

Forschungsbericht KLIMOPASS

Invasive Arten als Fischnahrung im Bodensee

von

Bonell, F. und Dr. Rösch, R.

Gefördert mit Mitteln des Ministeriums für Umwelt, Klima und
Energiewirtschaft Baden-Württemberg (UM)

März 2012

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
KONTAKT	Dr. Kai Höpker, Referat Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel; Tel.:0721/56001465, Kai.Hoepker@lubw.bwl.de ;
AUFTRAGGEBER	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg - Forschungsprogramm Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden- Württemberg (KLIMOPASS)
BEARBEITUNG	Mag. Biol. Frank Bonell, Dr. Roland Rösch LAZBW - Landwirtschaftliches Zentrum für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei Baden - Württemberg Atzenberger Weg 99 88326 Aulendorf
BEZUG	http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/ ID Umweltbeobachtung U81-W03-N11
STAND	März 2012, Internetausgabe Mai 2013

Nachdruck für kommerzielle Zwecke - auch auszugsweise - ist nur mit Zustimmung der LUBW unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

Zusammenfassung

Ziel des Projekts war, zu untersuchen, ob und inwieweit die Fische des Bodensees invertebrate Neozoen, insbesondere die Donau-Schwebegarnele *Limnomysis benedeni* und den Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus*, als Nahrung nutzen. Hierzu wurden insgesamt 1263 Fische, die sich aus 14 Fischarten zusammensetzten, beprobt. Die Befischungen fanden von April bis September 2011 monatlich am Bodensee-Obersee vor Langenargen und am Bodensee-Untersee statt.

In den einzelnen Monaten hatten bis zu 51 % der gefangenen Barsche (September) und bis zu 50 % der gefangenen Kaulbarsche (September) Neozoen gefressen. Bei Felchen und Stichlingen lagen die entsprechenden Prozentsätze deutlich niedriger.

Insgesamt wurden in den Mageninhalten 35 verschiedene Arten (-gruppen) von Nahrungsorganismen gefunden. In Kaulbarsch- und Barschmägen fand sich die größte Nahrungsdiversität aller untersuchten Fischarten.

Im April wurden in den Mägen an Neozoen fast nur *L. benedeni* festgestellt, im Juni und Juli überwogen *D. villosus*, und im September wurden beide Arten annähernd zu gleichen Teilen gefressen.

Die Untersuchungen ergaben, dass Barsch und Kaulbarsch die „neue Nahrung“ gut annehmen, Felchen und Stichlinge dagegen nur vereinzelt. Die wenigen Felchen, die *L. benedeni* gefressen hatten, hatten ihren Magen überwiegend damit gefüllt.

Barsche, die Neozoen gefressen hatten, hatten einen deutlich höheren Magenfüllgrad als die, die keine Neozoen gefressen hatten.

Ein weiterer Neozoe, der bis 2010 nur im östlichen Seeteil festgestellt worden war, *Katamysis warpachowskyi*, wurde in Mageninhalten von Fischen, die vor Langenargen gefangen wurden, gefunden. Damit wurde nachgewiesen, dass er sich 2012 schon deutlich über den östlichen Seeteil nach Westen ausgebreitet hatte. Die Untersuchung von Mageninhalten von Fischen eignet sich somit auch dazu, die Verbreitung von Nahrungsorganismen festzustellen.

Im Hinblick darauf, dass in den letzten Jahren in immer kürzeren Zeitabständen Neozoen im Bodensee festgestellt wurden, die sich großflächig etablierten, und somit das Nahrungsnetz im Bodensee einem ständigen Wandel unterliegt, ist es angezeigt, weiter zu untersuchen, ob und inwieweit die Neozoen als Fischnahrung angenommen werden und wie sich die geänderte Nahrungsbasis auf den Fischbestand auswirkt.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
1 Einleitung und Projektziele	6
2 Grundlagen	8
2.2 Bodensee	8
2.2.1 Nährstoffgehalt	8
2.2.2 Klima	9
2.3 Ertrag der Berufsfischerei	10
2.3.1 Bodensee-Obersee	10
2.3.2 Bodensee-Untersee	11
2.4 Neozoen	13
2.4.1 <i>Limnomysis benedeni</i>	14
2.4.2 <i>Katamysis warpachowskyi</i>	18
2.4.3 <i>Dikerogammarus villosus</i>	19
2.5 <i>Chaoborus</i> sp.	20
3 Material und Methoden	21
3.2 Netzbefischungen	21
3.3 Aufarbeitung des Fanges	23
3.4 Aufarbeitung des Magen- bzw. Darminhalts	23
3.5 Planktonproben	24
3.6 Statistische Auswertung	25
3.7 Gewicht des Mageninhalts	25
3.8 Altersbestimmung	27
3.9 Konditionsfaktor	27
3.10 Datenbank	28

4	Ergebnisse	29
4.2	Gefangene Fischarten	29
4.3	Probenahme	30
4.4	Nahrungsorganismen	30
4.5	<i>Katamysis warpachowskyi</i>	35
4.6	Ab welcher Fischgröße wurden <i>Limnomysis benedeni</i> und <i>Dikerogammarus villosus</i> gefressen?	36
4.7	Quantifizierung der Mageninhalte der Fische, die Neozoen gefressen hatten	37
4.8	Magenfüllgrade der Barsche	42
4.9	Mageninhalt in % des Gewichts	43
4.10	Wachstumsvergleich der 0+ Barsche	45
4.11	Konditionsfaktor	47
4.12	<i>Chaoborus</i> sp.	48
5	Diskussion	50
5.2	Probenahme und Neozoen	50
5.3	Einschleppung von Neozoen	51
5.4	Gefangene Fischarten	52
5.5	Gefressene Arten	52
5.6	Ab welcher Fischgröße wurde <i>Limnomysis benedeni</i> und <i>Dikerogammarus villosus</i> gefressen?	53
5.7	Quantifizierung der Mageninhalte	53
5.7.1	Barsche	53
5.7.2	Kaulbarsche	54
5.7.3	Felchen	54
5.7.4	Stichling	54
5.8	Magenfüllung	55
5.9	Wachstumsvergleich der 0+ Barsche	57

5.10	Konditionsfaktor	58
5.11	<i>Chaoborus</i> sp.	58
5.12	Gesamtdiskussion	59
6	Schlussfolgerungen und Ausblick	63
7	Literatur	64
8	Kooperationen	70
9	Danksagung	71

1 Einleitung und Projektziele

Im vergangenen Jahrhundert und bis heute fanden und finden tiefgreifende Veränderungen im Bodensee statt. Neben den Änderungen im Nährstoffgehalt des Bodensees in den letzten 70 Jahren (zusammenfassender Überblick in www.IGKB.org) nahm die mittlere Wassertemperatur seit 1962 um 0,03 °C/Jahr zu (Straile et al. 2003; KLIWA 2007). Im Jahreslauf des Pegelstandes, wie auch in Klimaextremen haben sich in den letzten Jahren Änderungen ergeben, die auf einen Einfluss des Klimawandels hindeuten (KLIWA 2007).

Neozoen sind ein weltweites Problem. Ihr Auftreten hat in vielen Gebieten zu einer starken Veränderung der Artenzusammensetzung geführt, die oft heimische Arten verdrängte und insgesamt nicht nur positive Auswirkungen hat. So hat beispielsweise in den Großen Seen Nordamerikas die Einwanderung des Meerneunauges (*Petromyzon marinus*) und nicht heimischer pelagisch lebender Arten die Fischlebensgemeinschaft des freien Wassers drastisch verändert (Christie 1974). In Mitteleuropa wird mittlerweile die Benthosfauna der großen Fließgewässer und insbesondere des Rheins überwiegend von Neozoen dominiert (Tittizer 1997, www.IKSR.org).

Auch im Bodensee tauchten in den letzten Jahren in immer kürzeren Abständen neu eingewanderte Arten auf (www.neozoen-bodensee.de). Eine besondere Qualität in diesem Zusammenhang haben der Große Höckerflohkrebs *Dikerogammarus villosus*, der erstmals 2003 im Bodensee festgestellt wurde (Mürle et al. 2003 u. 2004) und die Schwebegarnele *Limnomysis benedeni*, die erstmals 2006 im Bodensee nachgewiesen wurde (Fritz et al. 2006). Beide haben sich innerhalb weniger Jahre im gesamten Obersee ausgebreitet.

Im Bodensee-Untersee zeichnete sich zudem 2010 eine drastische Veränderung der Nahrung der Felchen ab. Im Frühjahr 2010 waren die Mägen der Felchen aus dem Gnadensee mit Larven der Büschelmücke *Chaoborus* sp. gefüllt. Aus den Vorjahren war dies nicht bekannt. *Chaoborus* sp. ist räuberisch und ernährt sich wie die Jungfische von Zooplankton (Steinbach 1988).

Ziel des Projekts war insbesondere, zu untersuchen, ob die Fische die Neozoen als Nahrung annehmen und ob sich die Nahrungszusammensetzung der einzelnen Fischarten im Vergleich zur Situation vor dem Auftreten der Neozoen änderte. Im Bodensee-Untersee wurde noch zusätzlich untersucht, welchen Anteil *Chaoborus* sp. in der Fischnahrung hat.

2 Grundlagen

2.2 Bodensee

Der Bodensee (Abb. 1) ist nach Plattensee und Genfer See der drittgrößte See in Mitteleuropa. Er hat eine Fläche von 536 km², davon hat der Bodensee- Obersee 473 km² und der Bodensee-Untersee 63 km². Der Obersee haben eine maximale Tiefe von 254 m und der Untersee eine maximale Tiefe von 48 m.

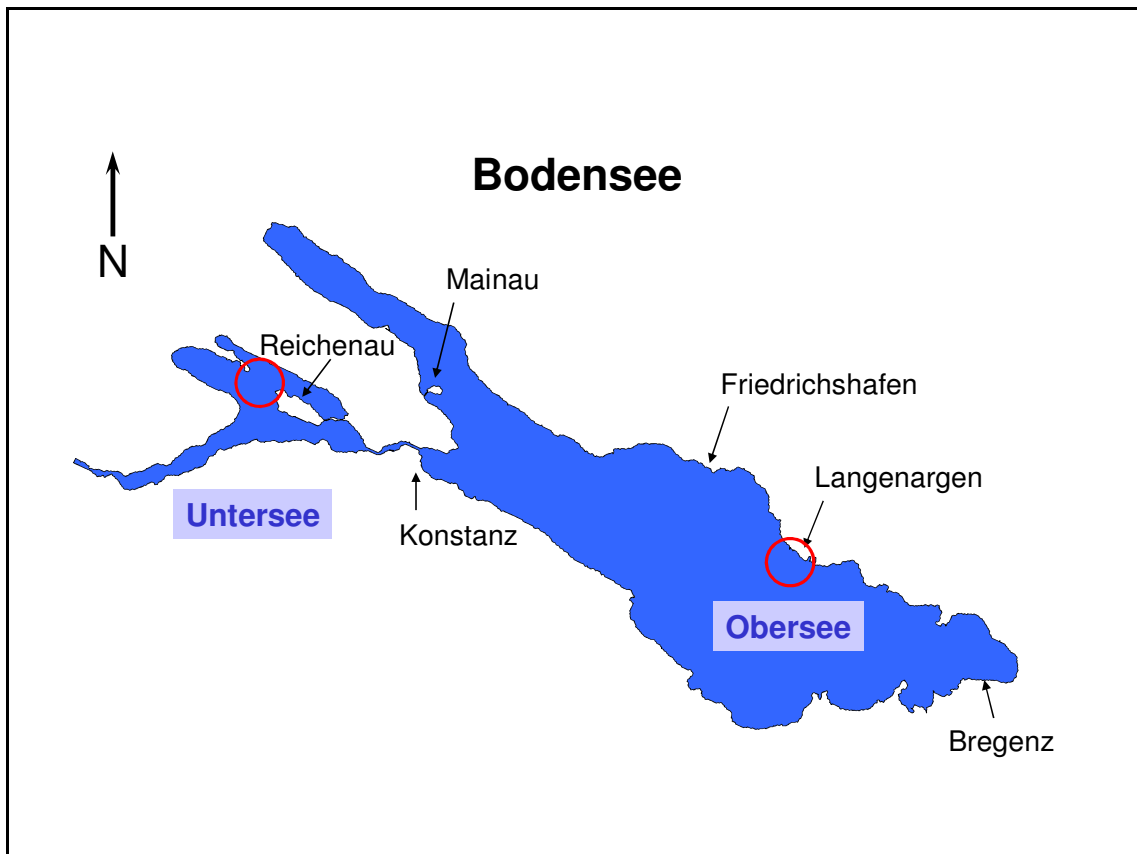


Abbildung 1: Bodensee mit Probestellen (rot eingekreist).

2.2.1 Nährstoffgehalt

Bis in die 1950er Jahre war der Bodensee ein typischer nährstoffarmer (oligotropher) Voralpensee. Mit einsetzendem Bevölkerungswachstum, verstärkter Industrialisierung und Intensivierung der Landwirtschaft im Einzugsbereich nahm, ab den 1950er Jahren, der Nährstoffgehalt zu (Abb. 2). Schon in den 1960er Jahren

wurde sichtbar, dass sich der See deutlich verändert. Dies äußerte sich u. a. in verstärktem Algenwachstum, stärkerem Wachstum submerser Makrophyten, in der Änderungen der Artenzusammensetzung im Phyto- und Zooplankton, aber auch in Alterszusammensetzung und Ertrag der fischereilich wichtigen Fischarten (s. u.). Daraufhin wurden verstärkt Anstrengungen unternommen, um den Nährstoffeintrag in den Bodensee zu verringern. In der Folge wurde der Anstieg des Nährstoffgehalts gestoppt und seit den 1980er Jahren nimmt der Nährstoffgehalt wieder ab (Re-oligotrophierung). Mittlerweile ist der Bodensee wieder ein nährstoffarmer See wie Anfang der 1950er Jahre. Diese Veränderungen sind in Güde et al. (1998) und Zintz et al. (2009) ausführlich dargestellt.

2.2.2 Klima

Am Bodensee zeigten sich in den letzten Jahren deutliche Anzeichen der Klimaveränderung. So hat sich in den letzten 50 Jahren der Bodensee im Schnitt jährlich um 0,03 °C erwärmt (Beniston & Jungo 2002; Straile, et al. 2003; Jöhnk et al. 2004; KLIWA 2007). Auch die Zahl der Extremereignisse wie Niedrig- oder Hochwasser nahm signifikant zu (Wahl 2009). Besondere Beispiele hierfür sind das Extremhochwasser im Jahr 1999, das Extremniedrigwasser im Winter 2006 und der sehr warme Sommer 2003. Es wird davon ausgegangen, dass derzeit durch die Klimaveränderung für wärmeliebende Organismen wesentlich günstigere Überlebens- und Entwicklungsbedingungen vorhanden sind als in früheren Jahren. Ein Beispiel hierfür, aus dem Bereich der Fische, ist die Populationsentwicklung des Karpfens (*Cyprinus carpio*). Karpfen gehören mit einem geringen Bestand zum natürlichen Fischarteninventar des Bodensees (www.IBKF.org). Im Jahr 2003 entwickelte sich jedoch erstmals seit Beginn der Fangstatistik im Jahr 1910, begünstigt durch die im Frühjahr/ Sommer 2003 sehr warmen Wassertemperaturen, ein großer, für einen nährstoffarmen See untypischer Karpfenbestand (Rösch 2008).

2.3 Ertrag der Berufsfischerei

2.3.1 Bodensee-Obersee

Im Bodensee kommen mehr als 30 Fischarten vor. Davon wird jedoch nur ein kleiner Teil wirtschaftlich genutzt. Für den Bodensee-Obersee wird seit 1910 eine Statistik der fischereilichen Erträge der Berufsfischerei geführt (www.IBKF.org). Bis in die 1950er Jahre lag der jährliche Gesamtertrag der Berufsfischer bei ca. 300-600 t und bestand meist zu mehr als 70 % aus Felchen (Abb. 2). Mit dem Einsetzen der Eutrophierung nahm der fischereiliche Ertrag zu und im Jahr 1956 wurden im Bodensee-Obersee erstmals mehr als 1000 t Fisch gefangen. Bis 2005 wurde dieser Wert nur in wenigen Jahren unterschritten. Mit bis zu 1900 t wurden in den 1980er Jahren die höchsten Erträge erzielt. In dieser Zeit war der Anteil der Felchen am Gesamtertrag meist unter 50 %. In den letzten Jahren nahm der fischereiliche Ertrag wieder deutlich ab. Er liegt derzeit (2010) mit ca. 700 t jährlich nur noch wenig über dem vor Beginn der Eutrophierung. Felchen haben wieder einen Anteil von bis zu 80 % am Gesamtertrag. Zu Beginn der Eutrophierung war der Barschertrag niedrig. Danach nahm der Barschertrag stark zu und in den 1960er bis 1990er Jahren war der Barsch nach den Felchen die zweitwichtigste Fischart des Bodensees. In den letzten Jahren ging der Barschertrag jedoch wieder stark zurück und im Jahr 2010 war der Barschertrag mit nur noch 34 t so niedrig wie schon seit 60 Jahren nicht mehr. Eine detaillierte Beschreibung der Veränderungen im Fischbestand und fischereilichen Ertrag geben Eckmann & Rösch (1998). Die Daten des fischereilichen Ertrags der letzten Jahre finden sich unter www.IBKF.org.

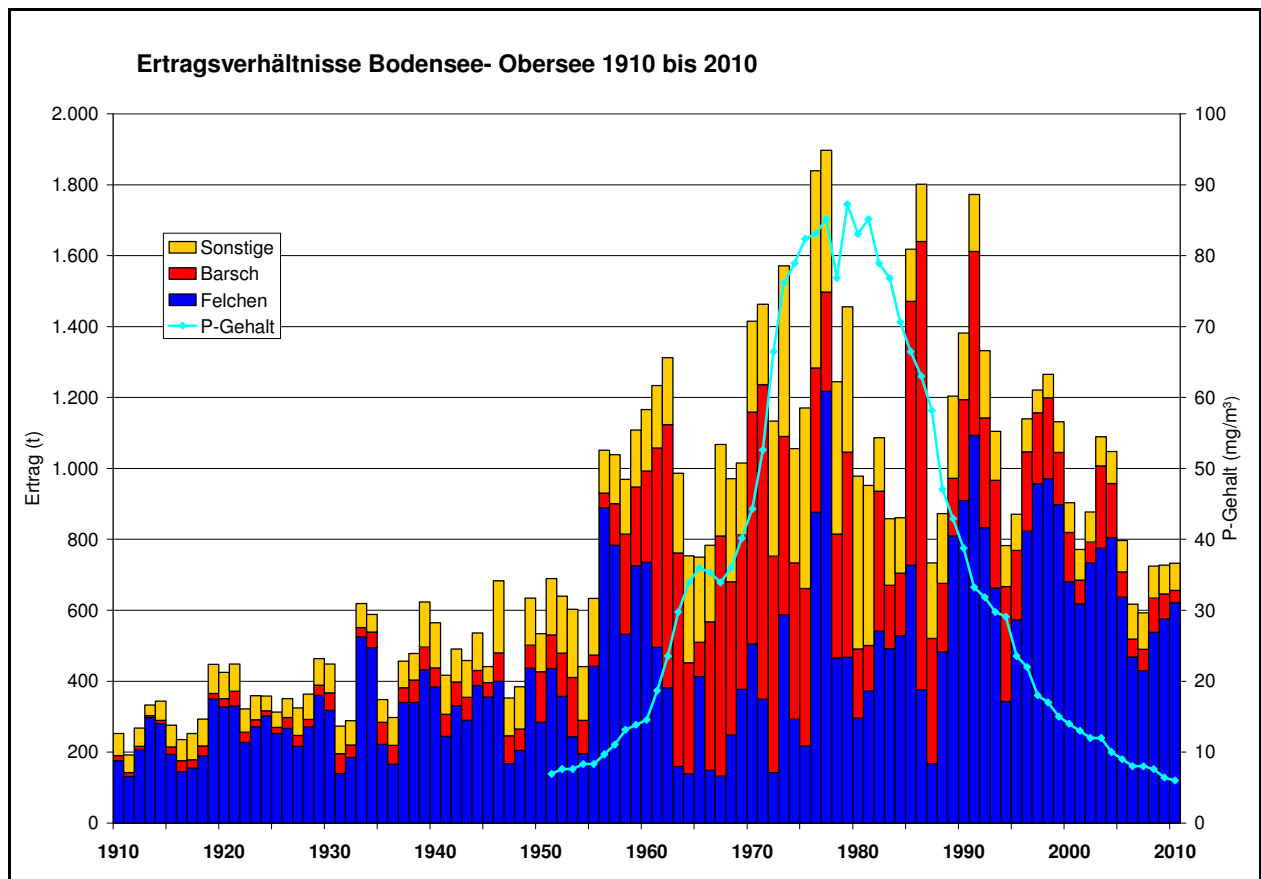


Abbildung 2: Ertrag der Berufsfischerei (1910-2010) sowie die Entwicklung der Phosphatkonzentration im Bodensee-Obersee.

2.3.2 Bodensee-Untersee

Auch für den Bodensee-Untersee existiert seit 1910 eine Statistik der Fänge der Berufsfischer (Abb. 3).

Der Verlauf des Ertrags der Berufsfischerei lässt sich in 3 Zeiträume einteilen: bis 1964, 1965 – 2000, 2001 bis heute. Im ersten Zeitraum lag der Ertrag fast immer unter 150 t. Felchen machten ca. 30 % des Ertrages aus, Barsche 10 – 20 % und die anderen Fischarten > 50 %. Danach stieg der Ertrag steil an und erreichte im Jahr 1972 mit nahezu 500 t den höchsten Wert seit Bestehen der Statistik. Die Anteile der einzelnen Arten am Gesamtfang blieb \pm gleich. Danach ging der Ertrag, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, kontinuierlich zurück. Seit dem Jahr 2000 liegt der Ertrag wieder im Bereich vor der Eutrophierung. Bemerkenswert ist, dass in den letzten Jahren der Anteil der Felchen am Gesamtfang ständig gestiegen ist und mit nahezu 80 % in den letzten Jahren einen Wert erreicht hat, der dem aktuellen Wert am Bodensee-Obersee entspricht. Dieser Wert ist aber völlig unterschiedlich zu

dem Wert vor der Eutrophierung. Die Gründe hierfür sind weitgehend unbekannt. Es könnte damit zusammenhängen, dass nicht mehr so intensiv auf die anderen Fischarten gefischt wird, aber auch an Veränderungen im See selbst.

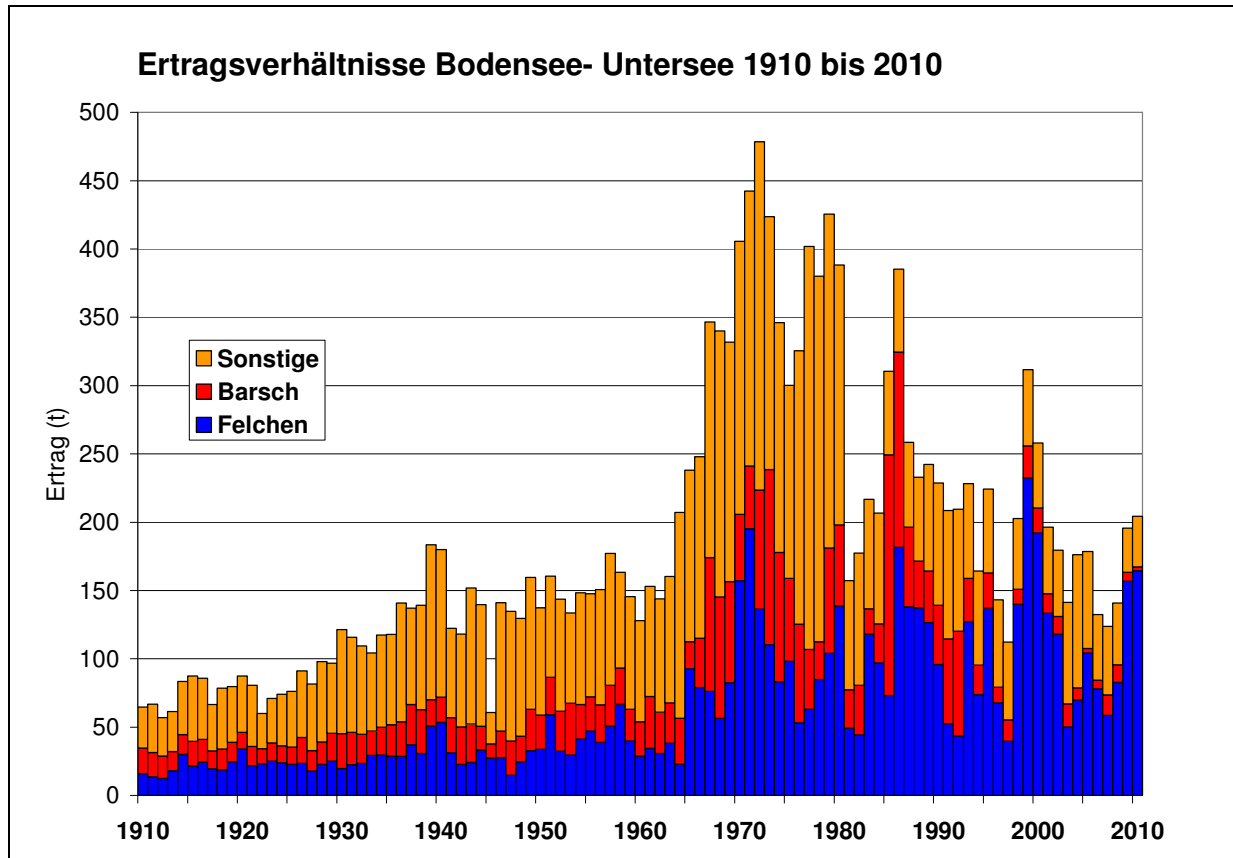


Abbildung 3: Ertrag der Berufsfischerei (1910-2010) im Bodensee-Untersee.

2.4 Neozoen

Definition

Das Wort Neozoen kommt aus dem Griechischen und bedeutet „neue Tiere“. Nach der offiziellen Definition werden hierunter nur Tierarten gezählt, die nach dem Jahr 1492 durch das Zutun des Menschen in neue Gebiete eingewandert sind und diese, durch eigenständigen Populationsaufbau über mindestens drei Generationen hindurch, erobert haben (Kinzelbach 1972, 1978).

Invasive Arten sind Arten, die in ein Gebiet einwandern, in dem sie nicht heimisch sind und sich dort ausbreiten.

In den letzten Jahren kam es durch erhöhte Mobilität, Öffnung von Schifffahrtswegen, zunehmenden Warenverkehr, und u.a. zunehmenden Handel mit Lebewesen zu Zierzwecken zu einer verstärkten Einschleppung von (aquatischen) Neozoen und Neophyten in Mitteleuropa. Mit der Klimaerwärmung wurde bzw. wird erstmals das Überleben von Arten möglich, die „normalerweise“ einen mitteleuropäischen Winter nicht überstehen.

Für den Bodensee sind verschiedene Neozoen dokumentiert (Tab. 1) (www.neozoen-bodensee.de). Besonders bemerkenswert sind die Einschleppung der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* Mitte der 1960er Jahre, der erste Nachweis des Großen Höckerflohkrebs *D. villosus* im Jahr 2003 und der erste Nachweis der Schwebegarnele *L. benedeni* 2006 (Fritz et al. 2006). *L. benedeni* hat sich innerhalb kurzer Zeit rasant ausgebreitet und bildet heute große Bestände im ganzen Bodensee (www.neozoen-bodensee.de). Es wird vermutet, dass die Klimaerwärmung die Ausbreitung von *L. benedeni* begünstigt. Im Frühjahr 2009 wurde im östlichen Bodensee-Obersee, am grünen Damm bei Hard, eine weitere Schwebegarnelenart *Katamysis warpachovskyi* Sars, gefunden (Hanselmann 2010). Sie war noch 2010 auf den östlichen Seeteil beschränkt.

Tabelle 1: Aquatische Neozoen des Makrozoobenthos des Bodensees (aus Hanselmann 2011).

Aquatische Neozoen des Makrozoobenthos, die seit dem 19. Jahrhundert in den Bodensee eingewandert sind.			
Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Erstfund	Fundort
<i>Viviparus ater</i>	Italienische Sumpfdeckelschnecke	1958	Arbon
<i>Dreissena polymorpha</i>	Wandermuschel, Zebramuschel	1966	Obersee
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	Neuseeländische Zwergdeckelschnecke	1972	Untersee
<i>Girardia tigrina</i>	Tigerplanarie, Gefleckter Strudelwurm	1986	Keine Angabe
<i>Haitia acuta</i>	Spitze Blasenschnecke	1988	Mettnau
<i>Dikerogammarus villosus</i>	Großer Höckerflohkrebs	2002	Immenstaad
<i>Branchyura sowerbyi</i>	Kiemenwurm	2003	Großraum Rohrspitz
<i>Corbicula fluminea</i>	Grobgerippte Körbchenmuschel	2003	Rohrspitz
<i>Gyraulus parvus</i>	Kleines Posthörnchen	2004	Bregenzer Ach, Rohrspitz
<i>Proasellus coxalis</i>	Mittelmeer Wasserassel	2005	Untersee u. westl. Obersee
<i>Limnomysis benedeni</i>	Donau Schwebegarnele	2006	Hard
<i>Crangonyx pseudogracilis</i>	Schreitender Flohkrebs	2008	Hard
<i>Katamysis warpachowskyi</i>	Gefleckte Schwebegarnele	2009	Hard
<i>Caspiobdella fadejewi</i>	Donau Fischegel	2010	Stein am Rhein
<i>Craspedacusta sowerbyi</i>	Süßwasserqualle	?	?
<i>Astacus leptodactylus</i>	Sumpfkrebs	?	?
<i>Eriocheir sinensis</i>	Wollhandkrabbe	?	?
<i>Orconectes limosus</i>	Kamberkrebs	?	?
<i>Pacifastacus leniusculus</i>	Signalkrebs	?	?

2.4.1 *Limnomysis benedeni*

L. benedeni (Donau- Schwebegarnele) (Abb. 4) gehört zur Familie der Mysidacea. Im deutschsprachigen Raum wird sie häufig wegen ihres Aussehens als „Schwebegarnele“ bezeichnet. Taxonomisch gehört sie zu den Malacostraca (höhere Krebse) und hier zur Unterklasse der Peracarida. In dieser Unterklasse finden sich auch die Amphipoda (Flohkrebse) und Isopoda (Asseln).



Abbildung 4: Donau-Schwebegarnele (*Limnomysis benedeni*).

L. benedeni erreicht eine Größe von 7 bis 15 mm und hat eine Gelegegröße von 20 bis 40 Eiern pro Tier (Mauchline 1980). Die weiblichen Tiere haben wie alle Peracarida ein Marsupium (Abb. 5), eine ventral am Thorax gelegene Brutkammer. Dadurch lassen sie sich auch leicht von den Männchen unterscheiden (Abb. 6).

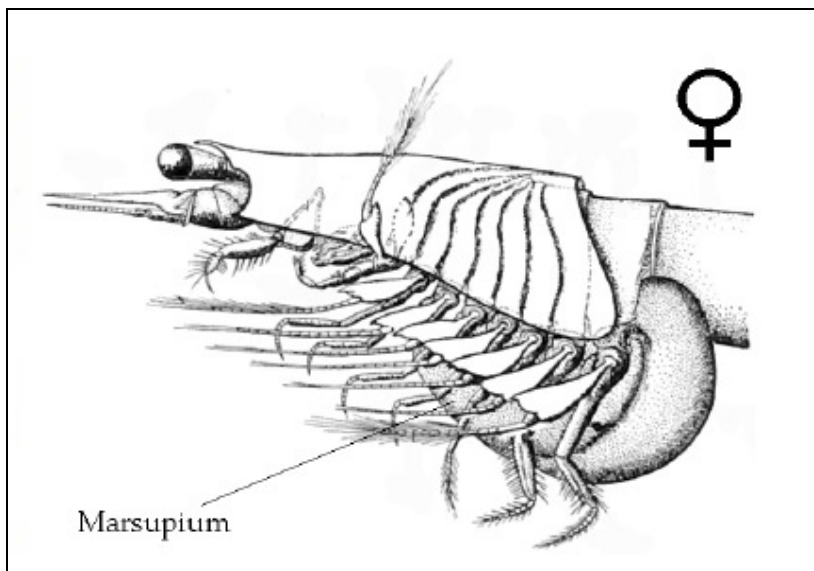


Abbildung 5: weibliche *L. benedeni* mit Marsupium (aus Kelleher 1999).

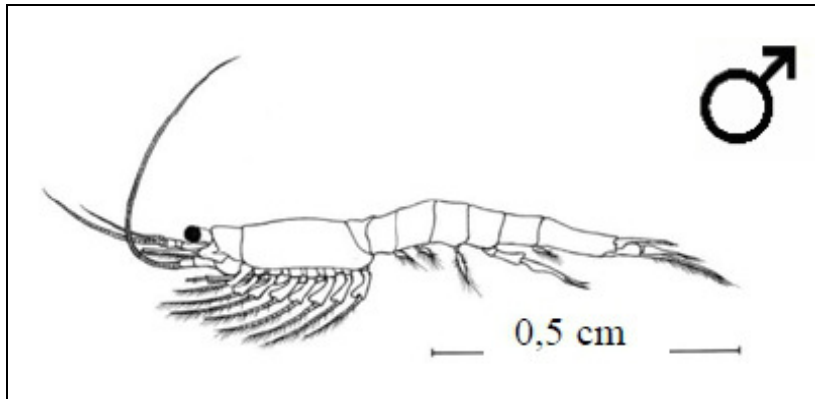


Abbildung 6: Männliche *L. benedeni* (aus Kelleher 1999).

Ihren Ursprung hat *L. benedeni* in der Pontokaspis (Schwarzmeerraum). Durch den Main- Donau- Kanal konnte sie bis in den Rhein vordringen. Der Rheinfluss bei Schaffhausen stellt eine natürliche Barriere für diese Art dar. Daher ist anzunehmen, dass sie nicht von selbst in den Bodensee einwandern konnte, sondern anthropogen eingeschleppt wurde. Erstmals wurde *L. benedeni* 2006 am Grünen Damm in Hard entdeckt (Fritz et al. 2006). Seit dieser Zeit hat sich *L. benedeni* im gesamten Bodensee massiv ausgebreitet und ist im Uferbereich (Halde) im gesamten Bodensee in großen Mengen zu finden (www.neozoen-bodensee.de).

L. benedeni ernährt sich hauptsächlich von feinen Partikeln aus Algen, Detritus oder Aufwuchs (Wittmann & Ariani 2000; Gergs et al. 2008). Sie lebt bodennah und bevorzugt grobe Strukturen aus Steinen, abgestorbenem Holz oder Wasserpflanzen (Wittmann 1995; Gergs et al. 2008). Durch ihre Präferenz zu Uferbereichen ist sie auch häufig in Hafenanlagen im Bereich von Booten oder Bojen zu finden. Taucher haben immer wieder berichtet, dass sich *L. benedeni* im Winter zu großen Schwärmen mehrere Meter über Grund zusammen finden (Rindt 2009). Dies wurde im Bodensee durch Echolotuntersuchungen des Instituts für Seenforschung (ISF) 2009 belegt. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen *L. benedeni*- Schwärme in einer Tiefe von ca. 3 bis 15 m. Die Aufnahmen entstanden im Januar 2009 zwischen 15:00 und 17:00 Uhr. Die roten Pfeile markieren die *L. benedeni*- Schwärme. Dass es sich bei diesen Schwärmen kleinerer Organismen um *L. benedeni* handelt, wurde von Tauchern überprüft.

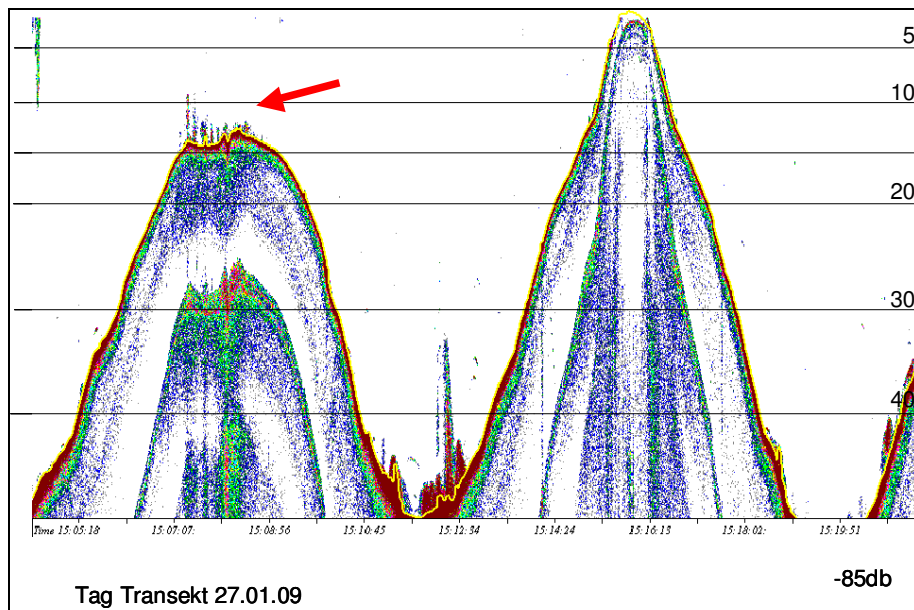


Abbildung 7: Tag Echolot Aufzeichnung des ISF vom 27. 01. 2009.

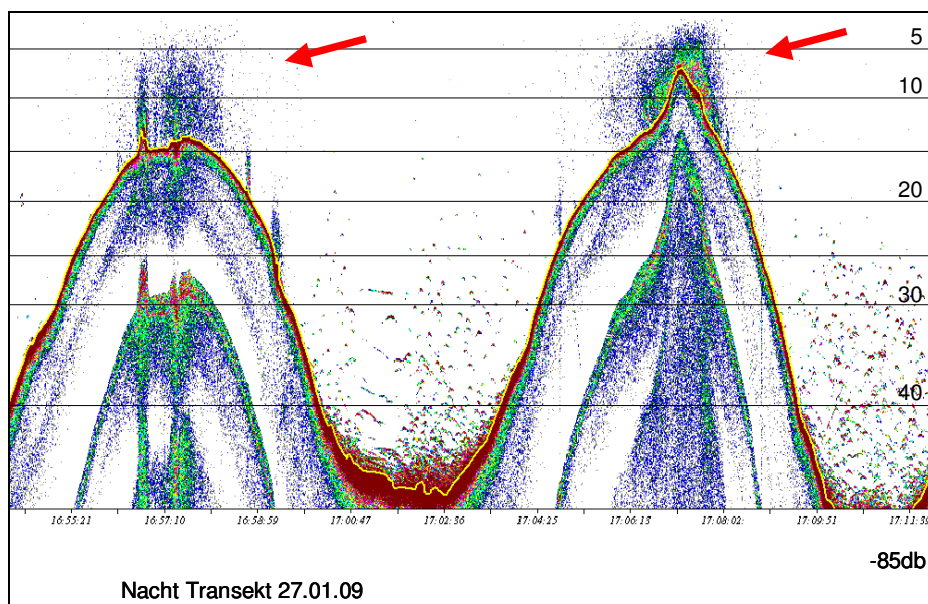


Abbildung 8: Nacht Echolot Aufzeichnung des ISF vom 27. 01. 2009.

Ab dem Spätherbst legen die Tiere keine Gelege mehr an. Sie investieren ihre Energie den Winter über in Wachstum und legen erst im Frühjahr ein großes Gelege an. Nachdem die Larven dieses Geleges das Marsupium verlassen haben, sterben die Elterntiere. Die daraus geschlüpften Tiere so wie die Folgegenerationen des Sommers, werden auch als Sommergeneration bezeichnet. Als Adulte erreichen sie nicht die Größe der Tiere der Wintergeneration und ihre Gelege bleiben kleiner

(Hanselmann 2008). Dies kann als Anpassung an den Fischfraß gedeutet werden (Hanselmann 2011). Abbildung 9 stellt den Lebenszyklus von *L. benedeni* dar.

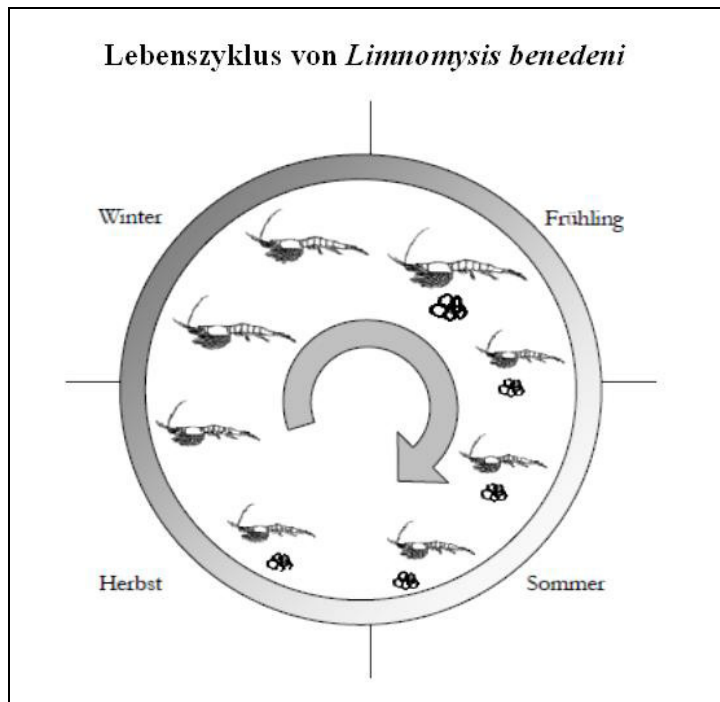


Abbildung 9: Lebenszyklus von *L. benedeni* im Bodensee (aus Friedel 2010).

2.4.2 *Katamysis warpachowskyi*

K. warpachowskyi (gefleckte Schwebegarnele) gehört ebenfalls zu den Mysida mit Ursprung in der Pontokaspis (Wittmann & Ariani 2009). Auch sie ernährt sich wie *L. benedeni* hauptsächlich von Detritus. Des Weiteren weiß man erst wenig über diese Art. Die beiden Schwebegarnelen-Arten sehen sich ähnlich. *K. warpachowskyi* bleibt etwas kleiner als *L. benedeni* und ist stärker pigmentiert (www.neozoen-bodensee.de). Im Jahr 2009 wurde sie erstmals, wie bereits *L. benedeni* drei Jahre zuvor, am Grünen Damm in Hard entdeckt (Hanselmann 2010).

K. warpachowskyi machte 2009 stellenweise etwa 40 % der Mysiden bei Hard aus (Hanselmann 2011). Bis im Dezember 2010 konnte sie nur in der Bregenzer Bucht nachgewiesen werden (www.neozoen-bodensee.de). Im Zuge dieser Untersuchung wurden vereinzelt Fische vor Langenargen gefangen, die *K. warpachowskyi* gefressen hatten. Dies unterstreicht das Ausbreitungspotential dieser Art. Es ist davon auszugehen, dass auch sie in wenigen Jahren am gesamten Bodenseeufer zu finden sein wird.

2.4.3 *Dikerogammarus villosus*

Dikerogammarus villosus (Großer Höckerflohkrebs) (Abb. 10) wird zu den Amphipoda gezählt und hat ebenso wie die vorgenannten Schwebegarnelen seinen Ursprung in der Pontokaspis (www.neozoen-bodensee.de). Er wird etwa 20 mm groß (Grabow 2000) und ist an den zwei Höckern an den Urosomsegmenten leicht von den heimischen Flohkrebsen zu unterscheiden (siehe Pfeil Abb. 10). Auch er nutzte den Main- Donau- Kanal als Ausbreitungsweg und drang so bis in den Rhein vor (Schöll et al. 1995; Bij De Vaate & Klink 1995). 2003 wurde er erstmals im Bodensee nachgewiesen (Mürle et al. 2003). Die Art ernährt sich räuberisch. Das hat in vielen Gewässern zu massiven Veränderungen in der Biozoonose geführt (Dick & Platvoet 2000). Auch im Bodensee kam es schon kurz nach seiner Entdeckung zu ersten Veränderungen der Benthosfauna. Bereits 2005 hatte die Häufigkeit von *Gammarus roeselii* in den Habitaten, in denen auch *D. villosus* vorkam, um über 95 % abgenommen (Rey & al. 2005). Verantwortlich ist vermutlich der große Prädationsdruck, den *D. villosus* auf *G. roeselii* ausübt. *G. roeselii* kann sich nur durch Abwanderung vor dem gefressen werden schützen (Hesselschwerdt & al. 2008 u. 2009). Mit Stand 2010 hat sich *D. villosus* im gesamten Bodensee etabliert. Vielerorts kommt er bereits häufig vor (www.neozoen-bodensee.de).



Abbildung 10: *Dikerogammarus villosus*

2.5 *Chaoborus* sp.

Chaoborus sp. (Büschelmücke) ist kein Neozoon im Bodensee. Sie gehört taxonomisch zur Familie der Chaoboridae (Büschelmücken). Nach der Hochzeit legt das Weibchen bis zu 300 Eier, die spiralgig in Gallerte eingehüllt auf der Wasseroberfläche schwimmen. Normalerweise überwintert diese Art im Larvenstadium (Grabow 2000). Die Larven sind durchsichtig und stehen waagrecht im Wasser (Engelhardt 1989). Sie werden etwa 12 mm lang und sind räuberisch (Grabow 2000). Ihre Beute sind hauptsächlich kleine Krebstiere wie Daphnien. Tagsüber können sich *Chaoborus* sp. Larven in anaerobe (sauerstofffreie) Bereich zurückziehen und sind so vor Fressfeinden geschützt (Maddrell 1998). *Chaoborus* sp. ist dementsprechend eine typische Art eutropher, im Profundal sauerstofffreier Seen. Bezogen auf den Bodensee herrschten allenfalls im Gnadensee um die 1980er Jahre solche Bedingungen (www.IGKB.org).

Im Jahr 2010 wurden im Bodensee-Untersee in Felchenmägen Massen von *Chaoborus* sp. gefunden. In den Untersuchungen zum Zooplankton des Untersees, die vom Institut für Seenforschung monatlich durchgeführt werden, wurden *Chaoborus* sp. nur als Einzelfunde erwähnt (www.IGKB.org; IGKB 2009).

3 Material und Methoden

3.2 Netzbefischungen

Alle Beprobungen fanden monatlich mittels Netzbefischungen statt. Zu diesem Zweck wurden Kiemennetze, so wie ein Zugnetz (Jungfischwade) verwendet. Die Netze wurden als Bodennetze oder als verankerte Schwebnetze gesetzt. Tabelle 2 gibt die Maschenweiten der verwendeten Netze an. Die Bodennetze sind 2 m hoch und die Schwebnetze sind 7 m hoch. Die Netze waren je nach Maschenweite zwischen 10 und 30 m lang. Die Jungfischwade ist 20 m lang und im Maximum 2 m hoch. Die Jungfischwade wird in ca. 1 m Wassertiefe ausgelegt (Abb. 11) und dann in Richtung Ufer gezogen, dabei bildet sich eine Tasche. Das Netz wird so bis ans Ufer gezogen (Abb. 12 u. 13). Durch die Auswahl der Maschenweiten wurde der Schwerpunkt der zu fangenden Altersklassen auf Jungfische (0+) und juvenile Fische gelegt.



Abbildung 11: Auslegen der Jungfischwade.



Abbildung 12: Einholen der Jungfischwade.



Abbildung 13: Einholen der Jungfischwade.

Tabelle 2: Maschenweiten der verwendeten Netze.

Netze	
	Maschenweiten (mm)
Barschsatz	10, 15, 20, 28
Felchensatz	20, 26, 32
Jungfischwade	4

Aufgrund vorliegender Erfahrungen zur Freßrhythmik der Fische im Bodensee wurden die Netze im Tageslauf so gesetzt, dass die Nahrungsaufnahme der Fische sowohl in der Abend- als auch in der Morgendämmerung beprobt werden konnte. Die Barschnetze wurden als Bodennetze auf Grund gesetzt, die Felchennetze einige

Meter über Grund als verankerter Schwebsatz. Mit der Jungfischwade wurde das Flachwasser bis max. 1 m Wassertiefe befischt. Die Netze wurden sowohl im Bodensee-Obersee wie auch im Bodensee-Untersee eingesetzt. Dabei wurden die Barsch- und Felchennetze am Abend (ca. 2 Stunden nach Sonnenuntergang) nach ca. 2 h Expositionszeit zum ersten Mal kontrolliert und die gefangenen Fische entnommen, nach Maschenweite getrennt aufbewahrt und sofort auf Eis gekühlt, um die Verdauung zu verlangsamen. Danach wurden die Netze wieder gesetzt und morgens maximal 3 h nach Sonnenaufgang wieder gehoben. Die Wassertiefe, in der die Netze gesetzt wurden, wurde im Jahreslauf entsprechend der Hauptaufenthaltstiefe der Fische gewählt, allerdings nicht tiefer als 35 m.

Die Jungfischwade wurde im Lauf eines Tages morgens und abends eingesetzt. Mit dieser Befischungsmethode wurden gezielt die 0+ Jungfische (Jahrgang 2011) im Lauf des Sommers (Juni, Juli, August und September) beprobt. Im September hatten einige 0+ Barsche bereits eine Größe erreicht, so dass sie zusätzlich auch im 10 mm Bodennetz gefangen werden konnten.

3.3 Aufarbeitung des Fanges

Die pro Netz gefangenen Fische wurden nach Arten sortiert, gezählt und von mindestens 10 Fischen jeder Art Länge, Gewicht und Geschlecht bestimmt und Schuppen oder Kiemendeckel zur Altersbestimmung entnommen. Danach wurde der Magen bzw. bei magenlosen Fischen der Vorderdarm in ein entsprechend nummeriertes Glasgefäß überführt und mit 90% vergelltem Ethanol fixiert.

3.4 Aufarbeitung des Magen- bzw. Darminhalts

In einem ersten Schritt wurde der Magenfüllgrad (0: leer; 1: bis 1/3 gefüllt; 2: zwischen 1/3 und 2/3 gefüllt und 3: über 2/3 gefüllt) abgeschätzt und der Mageninhalt jedes Fisches auf das Vorkommen von Neozoen untersucht. Proben, die Neozoen enthielten, wurden markiert. Diese Proben wurden nachfolgend genau ausgezählt, um eine Quantifizierung des Mageninhalts durchführen zu können. Das genaue

Erfassen des Mageninhalts ist sehr zeitintensiv, daher wurden die Mageninhalte der Fische, die keine Neozoen gefressen hatten, nicht weiter ausgewertet.

Karpfenartige Fische wurden zwar während des gesamten Untersuchungszeitraums gefangen, aber nur im April und Mai beprobt. Diese Fische zerkleinern mit ihren Schlundzähnen ihre Nahrung schon während der Nahrungsaufnahme, dadurch wird eine genaue optische Bestimmung der Mageninhalte sehr schwierig. Die aufgenommene Nahrung der karpfenartigen Fische wurde im Rahmen dieses Projekts deshalb nicht detailliert untersucht. Die Fischarten, die einen Magen besitzen, schlucken die Nahrung meist ganz. Somit ist dieser Mageninhalt meist unzerkleinert und die Organismen einfacher bestimmbar. Bei den karpfenartigen Fischen sind dagegen nur Teile der Nahrungsorganismen zu finden. Im Rahmen des Klimopass-Projekts wäre die extrem aufwändige Untersuchung des Darminhalts der Karpfenartigen mit vertretbarem Aufwand nicht möglich gewesen. Daher wurde das Hauptaugenmerk auf die Fischarten gelegt, die einen Magen haben.

3.5 Planktonproben

Im Bodensee-Untersee wurden im Bereich der gesetzten Netze mit einem Planktonnetz Proben genommen, um gegebenenfalls die von den Fischen aufgenommene Nahrung mit dem Nahrungsangebot im See vergleichen zu können. Pro Netz und Befischung wurden jeweils drei Planktonproben (Anfang, Mitte und Ende Netz) genommen. Das verwendete Planktonnetz hatte eine Maschenweite von 100 µm, eine Länge von 95 cm und einen Durchmesser der Öffnung von 40 cm. Abbildung 14 zeigt das benutzte Planktonnetz.



Abbildung 14: Planktonnetz (L 95 cm; D 40 cm, Maschenweite 100 μ m).

3.6 Statistische Auswertung

Es handelt sich bei der statistischen Auswertung um deskriptive Statistik. Die Daten sind größtenteils nominal- sowie ordinalskaliert, weswegen nicht parametrische statistische Auswertungsverfahren zur Anwendung kamen.

Relevante Daten wurden mittels Shapiro-Wilk-W-Test auf Normalverteilung überprüft. Für die Auswertung wurde die Datenanalyse- Software JMP (9) und Excel (2000) verwendet.

3.7 Gewicht des Mageninhalts

In einem ersten Schritt wurden alle Proben darauf untersucht, ob Neozoen gefressen worden waren. Diejenigen Mageninhalte, bei denen Neozoen gefunden wurden, wurden weiter untersucht. Die Nahrungsorganismen wurden möglichst genau bestimmt und deren Anzahl pro Magen gezählt. Die Bestimmung erfolgte nach Möglichkeit bis auf Artniveau bzw. bis auf das höchste noch sicher bestimmbar Niveau.

Die Quantifizierungen der Mageninhalte erfolgten über die Trockengewichte der unterschiedlichen Arten, die gefressen wurden. Durch die Quantifizierungen kann gezeigt werden, wie groß der Gewichtsanteil einzelner Futterorganismen am gesamten Mageninhalt eines Fisches ist.

Die Trocknung erfolgte in einem Trockenschrank bei 62 °C für mindestens 12 Stunden. Vorversuche hatten gezeigt, dass nach dieser Zeit auch bei größeren Nahrungsindividuen (z. B. Gammariden) Gewichtskonstanz erreicht war. Vor dem Wiegen kamen die Proben zum Auskühlen für eine Stunde in einen Exsikkator. Die Schalen, in denen die Nahrungsorganismen getrocknet wurden, wurden zuvor eingewogen. Dafür wurden sie für 2 Stunden bei 62 °C im Trockenschrank getrocknet, um dann ebenfalls eine Stunde im Exsikkator auszukühlen. Auch hier war die angewandte Zeit über Vorversuche so ermittelt worden, dass Gewichtskonstanz erreicht wurde.

Bei Nahrungsorganismen, die nur selten oder nur in manchen Monaten gefunden wurden, wurden alle Individuen eines Monats gewogen und das Durchschnittsgewicht ermittelt.

Bei häufigen oder in allen Monaten vorkommenden Arten wurden die durchschnittlichen Gewichte über Aliquote bestimmt. Dazu wurde die Anzahl (n) an Individuen, die für die Ermittlung des durchschnittlichen Trockengewichtes pro Art pro Monat gewogen wurden, so groß gewählt bzw. so lange erhöht, bis der Standardfehler des mittleren Trockengewichtes $\leq 5\%$ war. Dies bedeutet, dass die ermittelten mittleren Trockengewichte mit einer Wahrscheinlichkeit von 68 % nicht mehr als 5 % vom tatsächlichen mittleren Trockengewicht abweichen. Obwohl nicht alle Daten normalverteilt waren, wurden für eine bessere Verständlichkeit die Mittelwerte berechnet. So lassen sich die Ergebnisse auch besser mit anderen Arbeiten vergleichen. Die Anzahl der Individuen pro Schale richtete sich nach ihrer Größe. Je größer die Individuen waren, desto weniger reichten pro Schale aus, um sie mit der Feinwaage genau wiegen zu können. Die Feinwaage hat eine Messgenauigkeit von 0,1 mg.

Um eine möglichst große Mischung zu erreichen, wurden alle Individuen einer Art eines Monats, die gewogen wurden, zuerst in einem Gefäß gesammelt und dann zufällig auf die vorbereiteten Wiegeschalen verteilt.

Mit den Zooplanktonproben wurde anders verfahren. Hier wurden alle anderen Arten aus der Probe entfernt, so dass nur mehr das Zooplankton übrig war. Dieses wurde

dann in eine Wiegeschale gegeben, getrocknet und gewogen. So wurde das Trockengewicht der zuvor durch Zählen ermittelten Planktonmenge der Probe ermittelt.

3.8 Altersbestimmung

Das Alter der Barsche wurde anhand der Kiemendeckel, das der anderen Fischarten anhand der Schuppen bestimmt.

Die Mehrzahl der Fische aus der Jungfischwade ließ sich anhand der Größe der Altersklasse 0+ zuordnen. Im Zweifelsfall wurde aber auch dort das Alter anhand von Kiemendeckeln oder Schuppen bestimmt.

3.9 Konditionsfaktor

Mit dem Fulton'schen Konditionsfaktor kann die Kondition, Beleibtheit bzw. der Ernährungszustand von Fischen berechnet werden. Die Grundlage dafür beruht auf der Hypothese, dass ein schwerer Fisch bei gleicher Länge die bessere Kondition hat als ein leichter (Bagenal 1978). Tabelle 3 gibt die Formel für den Fulton'schen Konditionsfaktor an.

Tabelle 3: Formel Fulton'scher Konditionsfaktor.

$K = 100 * W / L^3$	
K	Konditionsfaktor
W	Gewicht
L	Länge

3.10 Datenbank

Für die im Rahmen des Projekts erhobenen Daten wurde eine Datenbank angelegt. Diese wurde so angelegt, dass sie mit der bereits bestehenden Bodensee-Datenbank der Fischereiforschungsstelle Langenargen kompatibel ist. In der Datenbank sind neben Fischnummer, Art, Länge, Gewicht, Geschlecht und Alter auch die ausgewerteten Mageninhalte enthalten.

4 Ergebnisse

4.2 Gefangene Fischarten

Im Beprobungszeitraum wurden insgesamt 14 verschiedene Fischarten gefangen (Tab. 4). Insgesamt wurden 1335 Fische gefangen und untersucht. Bei Barsch, Kaulbarsch, Felchen und Stichling wurden genügend Exemplare gefangen, um sie weiter auswerten zu können. Die anderen Fischarten, wie Hecht, Zander und Bachforelle, wurden nur vereinzelt gefangen. In den blau markierten Arten konnten Neozoen nachgewiesen werden. Die karpfenartigen Fische sind gelb markiert.

Tabelle 4: Artenliste der gefangenen Fische (blau – Fische in denen Neozoen gefunden wurden; gelb - Karpfenartige).

Artenliste Fische 2011		Anzahl
Barsch	<i>Perca fluviatilis</i>	578
Felchen	<i>Coregonus sp.</i>	348
Kaulbarsch	<i>Gymnocephalus cernua</i>	297
Stichling	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	40
Quappe	<i>Lota lota</i>	8
Hecht	<i>Esox lucius</i>	2
Zander	<i>Sander lucioperca</i>	1
Bachforelle	<i>Salmo trutta f. fario</i>	1
Äsche	<i>Thymallus thymallus</i>	6
Schmerle	<i>Barbatula barbatula</i>	4
Ukelei	<i>Alburnus alburnus</i>	16
Hasel	<i>Leuciscus leuciscus</i>	13
Rotaugen	<i>Rutilus rutilus</i>	20
Schleie	<i>Tinca tinca</i>	1

4.3 Probenahme

In den Monaten April bis September 2011 wurden insgesamt 1263 Fische weiter ausgewertet, davon hatten knapp 20 % (249 Stück) einen leeren Magen (Tabelle 5). Für die folgenden Auswertungen wurden nur Fische mit Mageninhalt herangezogen. Fische mit leeren Mägen wurden nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 5: Monatliche Verteilung der Fänge von April bis September 2011.

Monatliche Fänge 2011		
	alle Fische	Fische mit Mageninhalt
April	130	115
Mai	209	186
Juni	204	164
Juli	224	178
August	269	216
September	227	155
Summe	1263	1014

4.4 Nahrungsorganismen

In den beprobten Fischmägen wurden 35 verschiedene Arten und diverse durch den Verdauungsprozess nicht mehr genau bestimmbare Kleinfische gefunden (Tab. 6). Zwischen Morgen- und Abendfängen wurde in der Auswertung nicht unterschieden, da dies für die Ermittlung der Gesamtnahrungsspektren der einzelnen Fischarten nicht notwendig war. Die Neozoen, die gefunden wurden, sind grün unterlegt, *Chaoborus* sp., orange. Von *Chaoborus* sp. und Chironomidae wurden je nach Beprobungstermin Larven oder Puppen gefunden. Larven und Puppen der einzelnen Arten wurden für die Auswertung zusammengefasst. Die Bestimmung bis auf Gattungsniveau war nicht immer möglich, da die Verdauung beginnt, sobald die Nahrung im Magen angekommen ist. In Abhängigkeit davon, wie lange die letzte Nahrungsaufnahme vor dem Fang zurücklag, war die Nahrung unterschiedlich stark verdaut.

Tabelle 6: Artenliste der Mageninhalte (grün - Neozoen; orange - *Chaoborus* sp.).

Artenliste Mageninhalte der Fische 2011	
Donau Schwebegarnele	<i>Limnomysis benedeni</i>
Großer Höckerflohkrebs	<i>Dikerogammarus villosus</i>
Flussflohkrebs	<i>Gammarus roeselii</i>
Büschelmücken Larve	<i>Chaoborus</i> sp.
Zuckmücken Larve	Chironomidae
Zuckmücken Puppe	Chironomidae Puppe
Wenigborster	Oligochaeta
Bartmücken, Gnitzen	Ceratopogonidae
Erbsenmuschel	<i>Pisidium</i> sp.
mehrere Arten (Copepoden, Daphnien, Bosminen,...)	Zooplankton
Asseln	Isopoda
Kein deutscher Name bekannt; Ord. Köcherfliegen	<i>Oecetis</i> sp. Larve
Strudelwürmer	Turbellaria
Seeflohkrebs	<i>Gammarus lacustris</i>
Kein deutscher Name bekannt; Ord. Eintagsfliegen	<i>Centroptilum</i> sp. Larve
Schwarzmeer Schwebegarnele	<i>Katamysis warchowskyi</i>
Gemeine Schnauzenschnecke	<i>Bithynia tentaculata</i>
Egel	Hirudinea
Kein deutscher Name bekannt; Ord. Köcherfliegen	<i>Hydropsyche</i> sp. Larve
Artbestimmung nicht möglich	Fisch
Kein deutscher Name bekannt; Ord. Köcherfliegen	<i>Mystacides</i> sp. Larve
Kein deutscher Name bekannt; Ord. Köcherfliegen	<i>Athripsodes</i> sp. Larve
Aderhaft; Ord. Eintagsfliegen	<i>Ecdyonurus</i> sp.
Kein deutscher Name bekannt; Ord. Eintagsfliegen	<i>Caenis</i> sp.
Dreikantmuschel, Wandermuschel, Zebramuschel	<i>Dreissena polymorpha</i>
Büschelmücken Puppe	<i>Chaoborus</i> sp. Puppe
Kleinlibellen, Wasserjungfer	Zygoptera
Ruderwanzen	Corixidae
Kein deutscher Name bekannt; Ord. Eintagsfliegen	<i>Leptophlebiida</i> sp.
Zwergdeckelschnecke	<i>Potamopyrgus</i> sp.
Kein deutscher Name bekannt; Ord. Köcherfliegen	<i>Tinodes</i> sp.
Kein deutscher Name bekannt; Ord. Köcherfliegen	<i>Polycentropus</i> sp.
Federkiemenschnecke	<i>Valvata</i> sp.
Masken-Köcherfliege; Ord. Köcherfliegen	<i>Sericostoma</i> sp.
Wasserassel	<i>Asellus aquaticus</i>
flaches Posthörnchen, Tellerschnecke	<i>Gyraulus</i> sp.
Wassermilbe	<i>Hydrodroma</i> sp.
Kein deutscher Name bekannt; Unterfam. der Chironomidae	Tanypodinae

Die Abbildungen 15, 16 und 17 zeigen Beispiele von Mägen, die überwiegend mit Neozoen (*L. benedeni* und *D. villosus*) gefüllt sind.



Abbildung 15: Barschmagen mit *L. benedeni* u. *D. villosus*; Mai 2011.



Abbildung 16: Felchenmagen mit *L. benedeni*; Mai 2011.



Abbildung 17: Barschmagen mit *D. villosus*; Juni 2011.

Abbildung 18 zeigt von April bis September für Barsch, Felchen, Kaulbarsch und Stichling den Anteil der Fische, die Neozoen gefressen hatten.

Die Abbildung zeigt deutlich, dass die Barschartigen (Flussbarsch und Kaulbarsch) die neue Nahrung am stärksten annehmen. Je nach Monat und Fischart hatte etwa die Hälfte der beprobten Fische einer Art Neozoen gefressen. Stichlinge wurden in der zweiten Hälfte des Beprobungszeitraumes nicht mehr gefangen.

Insgesamt wurden 260 Fische mit *L. benedeni* und / oder *D. villosus* im Magen gefangen (199 Barsche, 44 Kaulbarsche, 4 Felchen, 10 Stichlinge, 2 Trüschen und 1 Hasel). Trüschen und Hasel wurden auf Grund ihrer geringen Stückzahl nicht in Abb. 18 abgebildet.

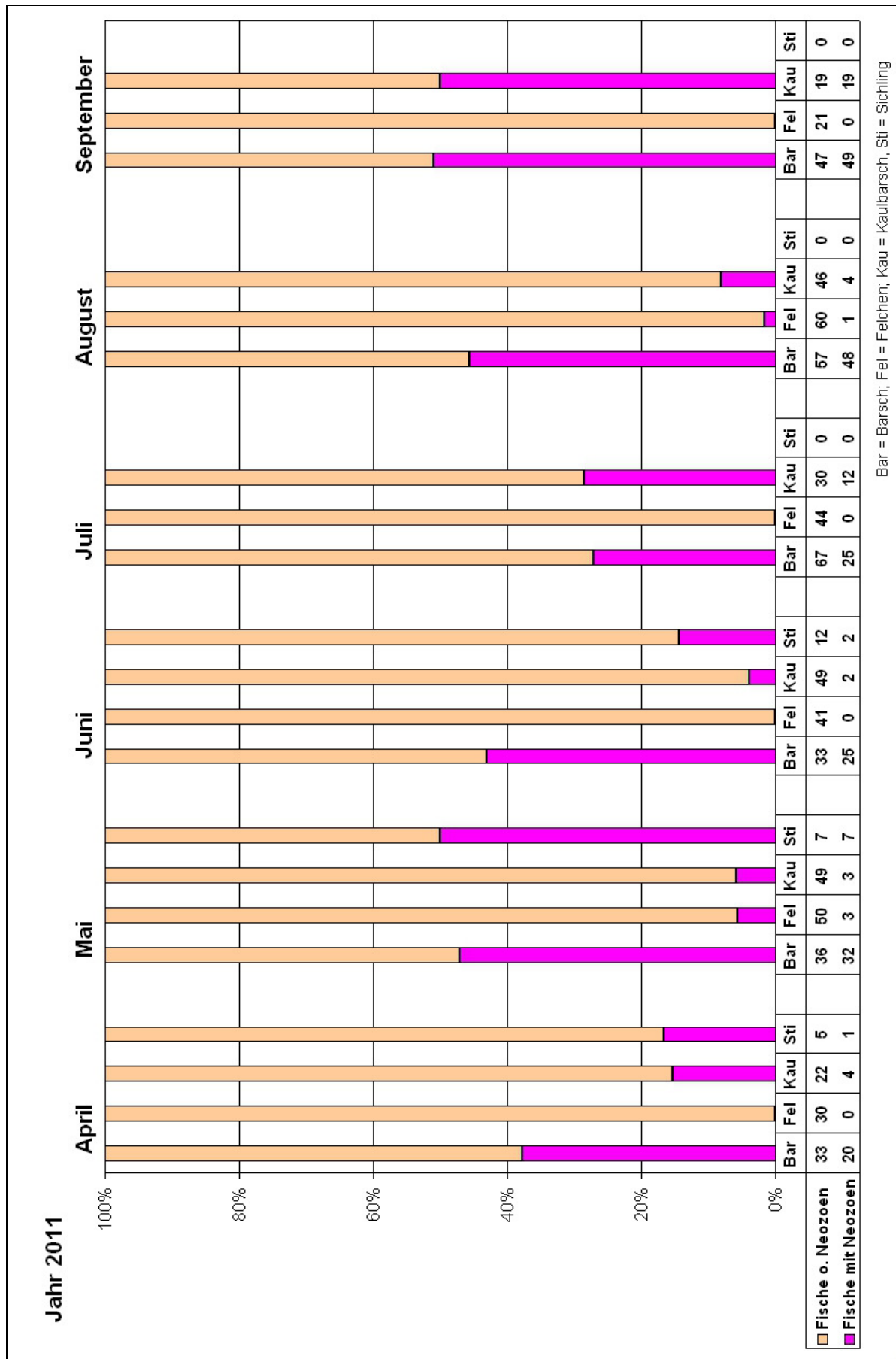
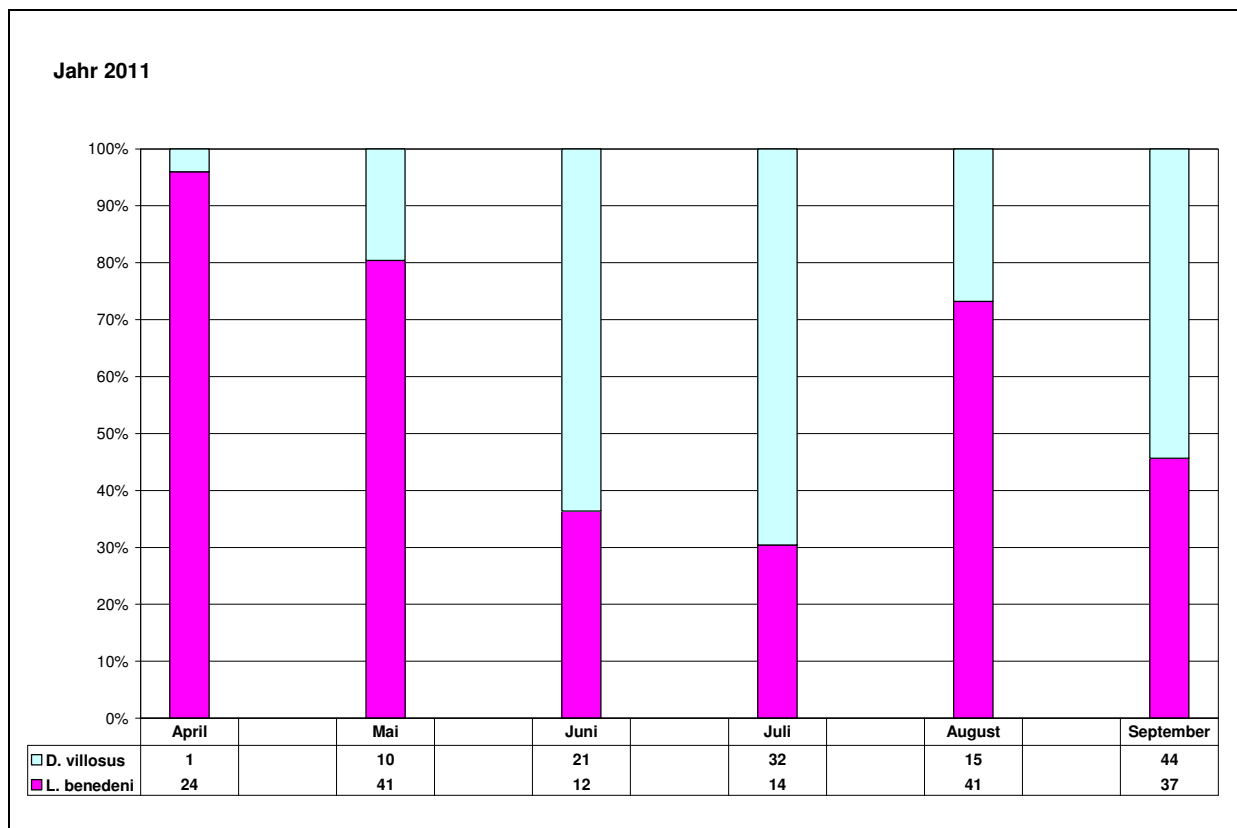


Abbildung 18: Anteil der Fische die Neozoen gefressen hatten.

Abbildung 19 zeigt das Verhältnis von *Dikerogammarus villosus* zu *Limnomysis benedeni* aller gefangenen Fische eines Monats, die Neozoen im Magen hatten. *Katamysis warpachowskyi* wurde in der Abbildung nicht berücksichtigt, da sie nur sehr vereinzelt gefressen wurde. Im April wurden beispielsweise bei den Beprobungen 24 Fische mit *L. benedeni* und 1 Fisch mit *D. villosus* gefangen.



**Abbildung 19: Verhältnis von *D. villosus* zu *L. benedeni* in den monatlichen Fängen;
Tabellenwerte entsprechen Fischen (n) / Monat.**

4.5 *Katamysis warpachowskyi*

K. warpachowskyi wurde erstmals 2009 im Bodensee- Obersee in der Bregenzer Bucht nachgewiesen. 2010 wurde sie vereinzelt bis Wasserburg nachgewiesen. 2011 wurde sie in Mägen von Barsch und Stichling vor Langenargen entdeckt (Abb. 20). In den Mägen fanden sich in einem Barsch vier Exemplare, ansonsten wurden pro Fisch nur ein bis zwei gefunden.

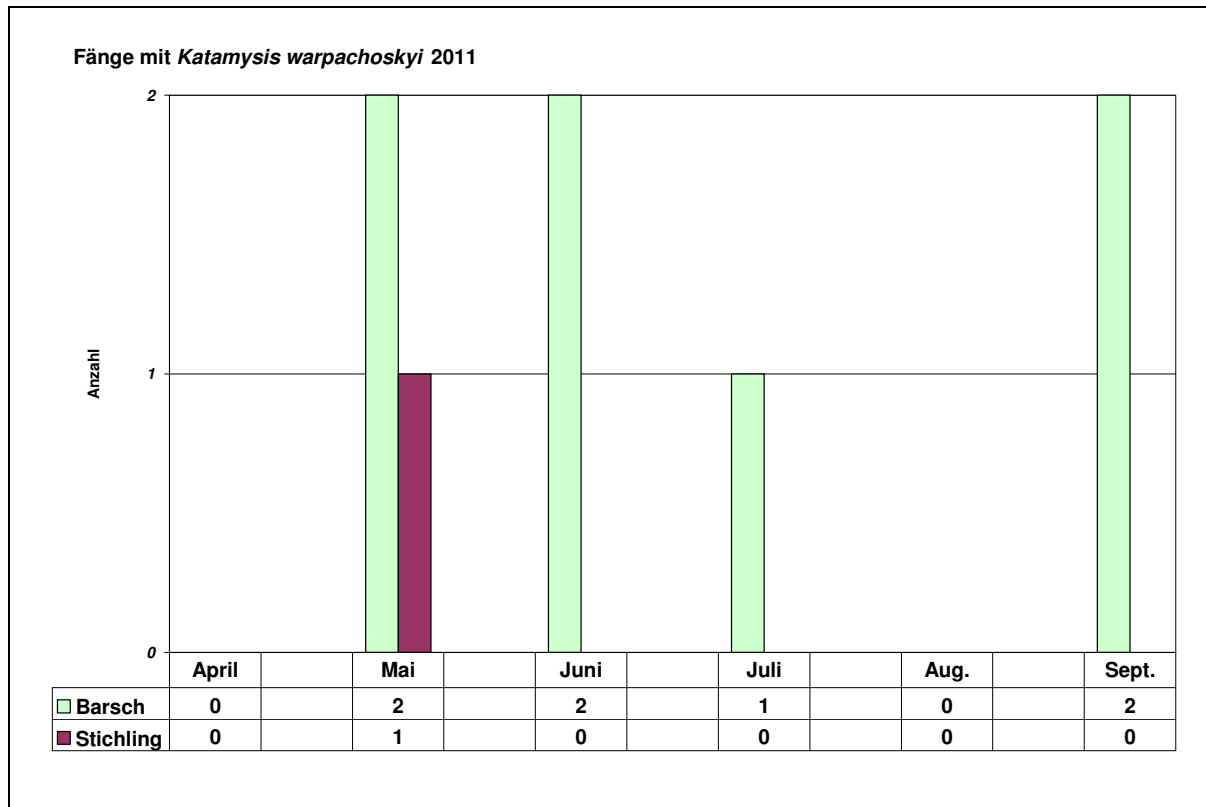


Abbildung 20: Fische mit *Katamysis warpachowskyi* im Magen.

4.6 Ab welcher Fischgröße wurden *Limnomysis benedeni* und *Dikerogammarus villosus* gefressen?

Die Beute wird von den Fischen mit Magen meist als Ganzes verschluckt, daher ist die Größe der Maulspalte bei größerer Beute oftmals ein limitierender Faktor für die Futteraufnahme. Tabelle 7 und 8 zeigen, ab welcher Fischgröße *L. benedeni* und *D. villosus* von den 2011 untersuchten Fischarten gefressen wurde. Ein Stichling mit 60 mm war der kleinste gefangene Fisch mit *L. benedeni* im Magen. Bei den Barschen maß der kleinste 63 mm und bei den Kaulbarschen 68 mm. Von den genannten Arten wurden auch kleinere Exemplare gefangen, diese hatten jedoch keine *L. benedeni* im Magen. Der Kaulbarsch wurde wie der Stichling im Mai gefangen, zu dieser Zeit lebten noch die „großen“ *L. benedeni* aus der Wintergeneration. Sie erreichen Größen bis 12 mm.

Tabelle 7: Kleinste Fische, die *L. benedeni* gefressen haben.

Die kleinsten Fänge mit <i>Limnomysis benedeni</i> im Magen					
Art	Länge (mm)	Gew. (g)	Fangorte	Fangmonat	Anzahl <i>L. benedeni</i>
Barsch	63	2,7	Obersee	08	6
Kaulbarsch	68	4,4	Obersee	05	1
Felchen	270	144	Untersee	08	1
Stichling	60	2,7	Obersee	05	4
Quappe	123	71,2	Obersee	04	2
Hasel	155	28,8	Obersee	05	3

Tabelle 8: Kleinste Fische, die *D. villosus* gefressen haben.

Die kleinsten Fänge mit <i>Dikerogammarus villosus</i> im Magen					
Art	Länge (mm)	Gew. (g)	Fangorte	Fangmonat	Anzahl <i>D. villosus</i>
Barsch	67	2,8	Obersee	07	1
Kaulbarsch	72	5,3	Obersee	09	2
Felchen	-	-	-	-	-
Stichling	65	3,4	Obersee	05	1
Quappe	208	62,6	Obersee	05	2
Hasel	-	-	-	-	-

4.7 Quantifizierung der Mageninhalte der Fische, die Neozoen gefressen hatten

Alle Mageninhalte der Fische, die Neozoen gefressen haben, wurden ausgezählt, und es wurde ein mittleres Gewicht für alle gefressenen Arten für jeden Monat per Wägung ermittelt. So konnte berechnet werden, wie hoch der gewichtsmäßige bzw. der prozentuelle Anteil der einzelnen gefressenen Arten bzw. der Neozoen am gesamten Mageninhalt war. Weiterhin konnte vereinfacht dargestellt werden, wie sich die quantitative Nahrungszusammensetzung bei den verschiedenen Fischarten im Jahresverlauf 2011 verändert hat.

Die Abbildungen 21 bis 24 zeigen die schematische monatliche Nahrungszusammensetzung und ihre Veränderung im Jahresverlauf für einzelne Fischarten. Dargestellt wurden lediglich Monate, in denen mindestens 3 (n) Fische einer Art Neozoen gefressen hatten. Alle gefressenen Arten, die unter 1 % vertreten waren, wurden unter „Sonstige“ zusammengefasst.

Abbildung 21 zeigt die durchschnittliche Nahrungszusammensetzung der Barsche, die Neozoen gefressen haben. Bei den Neozoen fressenden Barschen bilden Zooplankton, *D. villosus* und *L. benedeni* den Hauptanteil der Nahrung. Sie machten in jedem Monat mindestens 80 % der Nahrung aus. Sie haben jedoch noch viele weitere Nahrungsorganismen gefressen.

Eine Auftrennung der Barsche aus Abbildung 21 in zwei Gruppen, Barsche bis 10 g und Barsche über 10 g, hat ergeben, dass die kleineren Barsche im Juni, Juli und August mehr *L. benedeni* und teilweise mehr Zooplankton als die Großen fraßen aber weniger *D. villosus*. Im September ändert sich das Fraßverhalten der Barsche bis 10 g deutlich. *D. villosus* macht in diesem Monat den Hauptanteil ihrer Nahrung aus. Betrachtet man aber den gesamten Untersuchungszeitraum, zeigt sich, dass die Barsche über 10 g ein größeres Nahrungsspektrum nutzen als die Barsche bis 10 g. In einem Barsch wurden 7 verschiedene Arten im Magen gefunden. Nur Kaulbarsche (Abb. 22) sind noch generalistischere Räuber. Die maximale Artenzahl in einem Kaulbarschmagen betrug ebenfalls 7. Insgesamt wurden in den Kaulbarschmägen mehr verschiedene Arten als in den Barschmägen gefunden. Die maximale Artenzahl ohne Sonstige betrug bei den Kaulbarschen 18 verschiedene Arten und bei den Barschen 14.

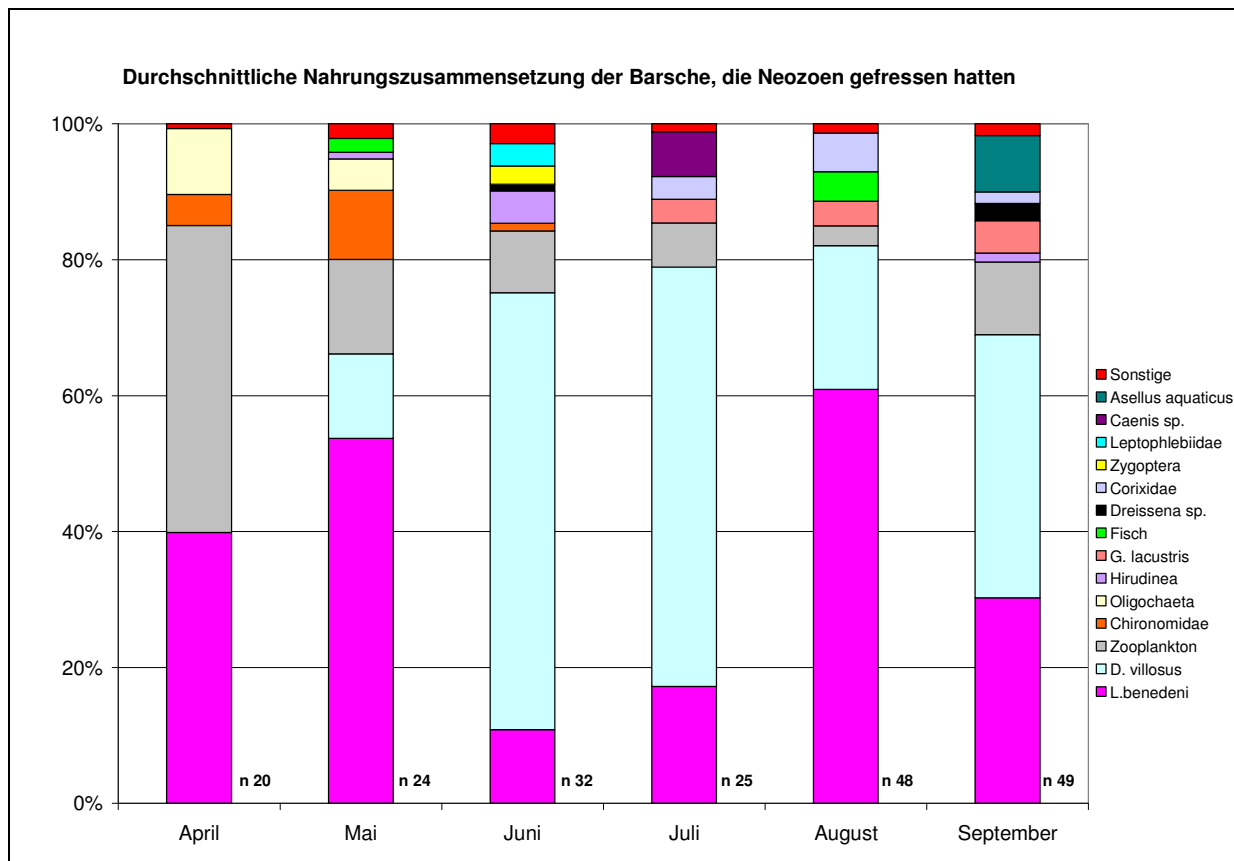


Abbildung 21: Monatliche Nahrungszusammensetzung der Barsche, die Neozoen gefressen haben; (auf Trockengewichtsbasis).

Kaulbarsche nutzen Neozoen als Nahrung (Abb. 22). Der Neozoenanteil in der Nahrung lag zwischen 50 und 75 %. Im April und Mai war fast die Hälfte der Nahrung *L. benedeni*, im Sommer ging der Anteil stark zurück. Von Juni bis September macht *D. villosus* den Hauptneozoenanteil aus. Der Zooplanktonanteil war jedoch deutlich geringer als bei den Barschen.

Im Juni wurden zwar 57 Kaulbarsche gefangen, aber nur in zweien konnten Neozoen nachgewiesen werden. Daher wurde der Juni für diese Auswertung nicht herangezogen.

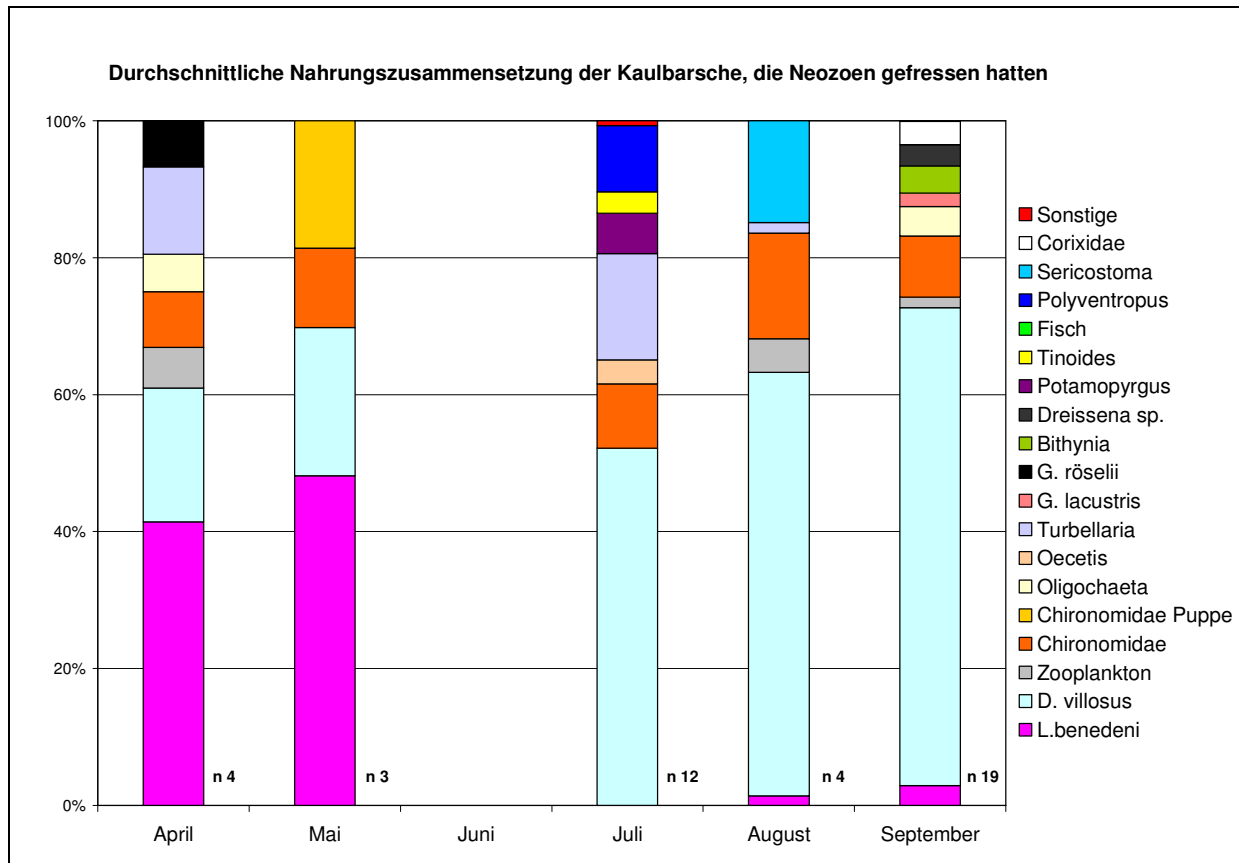


Abbildung 22: Monatliche Nahrungszusammensetzung der Kaulbarsche, die Neozoen gefressen haben.

In Abbildung 23 ist die Nahrungszusammensetzung der Felchen dargestellt. Felchen haben während der gesamten Untersuchungsdauer fast immer nur Zooplankton gefressen. Im Mai wurden drei Felchen, die *L. benedeni* im Magen hatten, gefangen und im August noch ein einzelnes Exemplar mit einem sehr großen *L. benedeni* Anteil im Magen. Bei den Felchen, die im Mai gefangen wurden, lag der durchschnittliche Anteil von *L. benedeni* zwischen 45 und 99 % des gesamten Mageninhaltes.

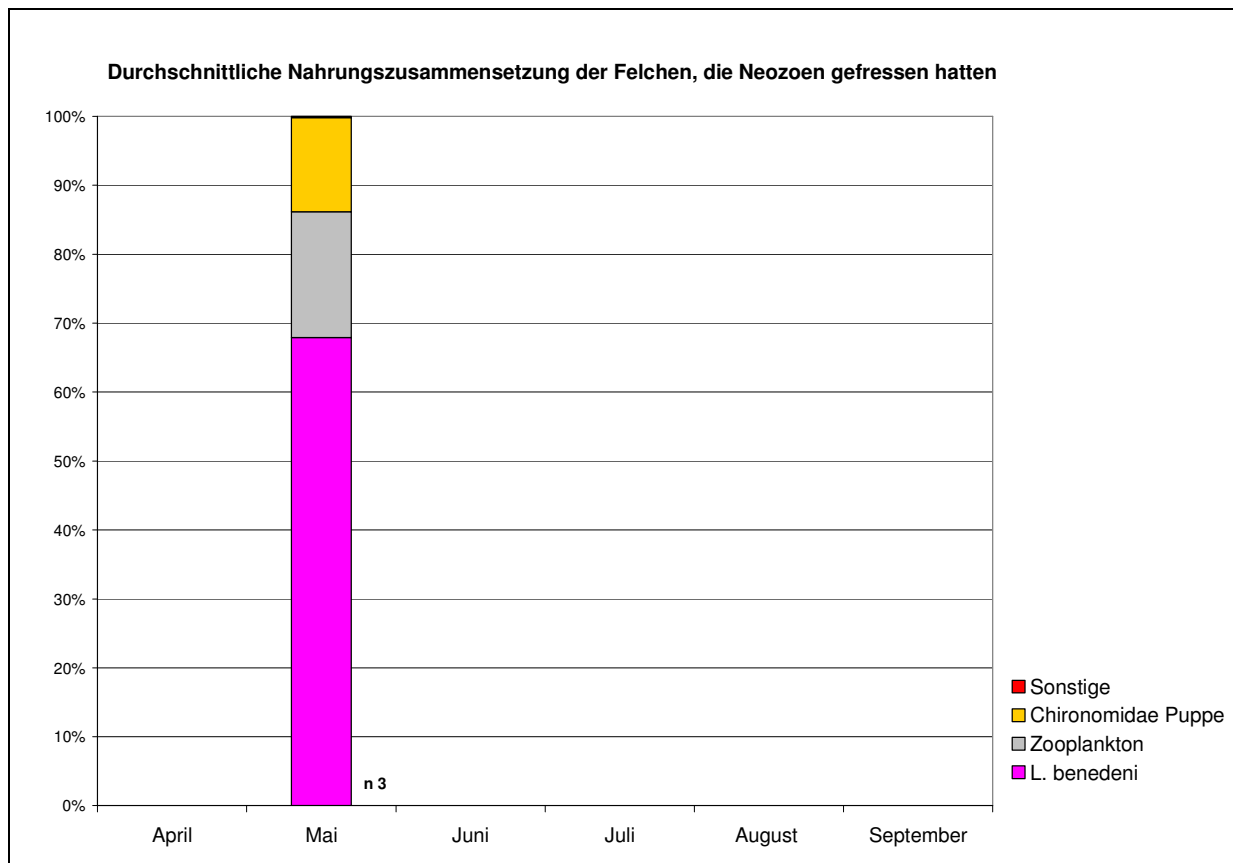


Abbildung 23: Nahrungszusammensetzung der Felchen im Mai, die Neozoen gefressen haben.

Abbildung 24 veranschaulicht die Nahrungszusammensetzung der Stichlinge im Monat Mai. Stichlinge wurden im April bei den Befischungen auf Felchen und im Mai und Juni mit der Jungfischwade gefangen. Im April wurde nur ein Fisch mit *L. benedeni* im Magen gefangen und im Juni nur zwei. Lediglich der Mai lieferte genügend Exemplare für die Auswertung. Interessant ist, dass in einem Stichling ein Exemplar von *K. warpachowskyi* nachzuweisen war. Bis dato war davon ausgegangen worden, dass *K. warpachowskyi* vor Langenargen noch nicht vorkommt. *K. warpachowskyi* konnte auch noch vereinzelt in Barschen nachgewiesen werden (Abb. 20). Der Anteil von *L. benedeni* lag im Mai bei den *L. benedeni* fressenden Stichlingen zwischen 73 und 100 % des gesamten Mageninhaltes. *D. villosus* wurde nur in einem Stichlings- Magen nachgewiesen. Bei diesem machte *D. villosus* gewichtsmäßig 93 % des Mageninhaltes aus, was sich mit knapp 13 % im Durchschnitt widerspiegelt.

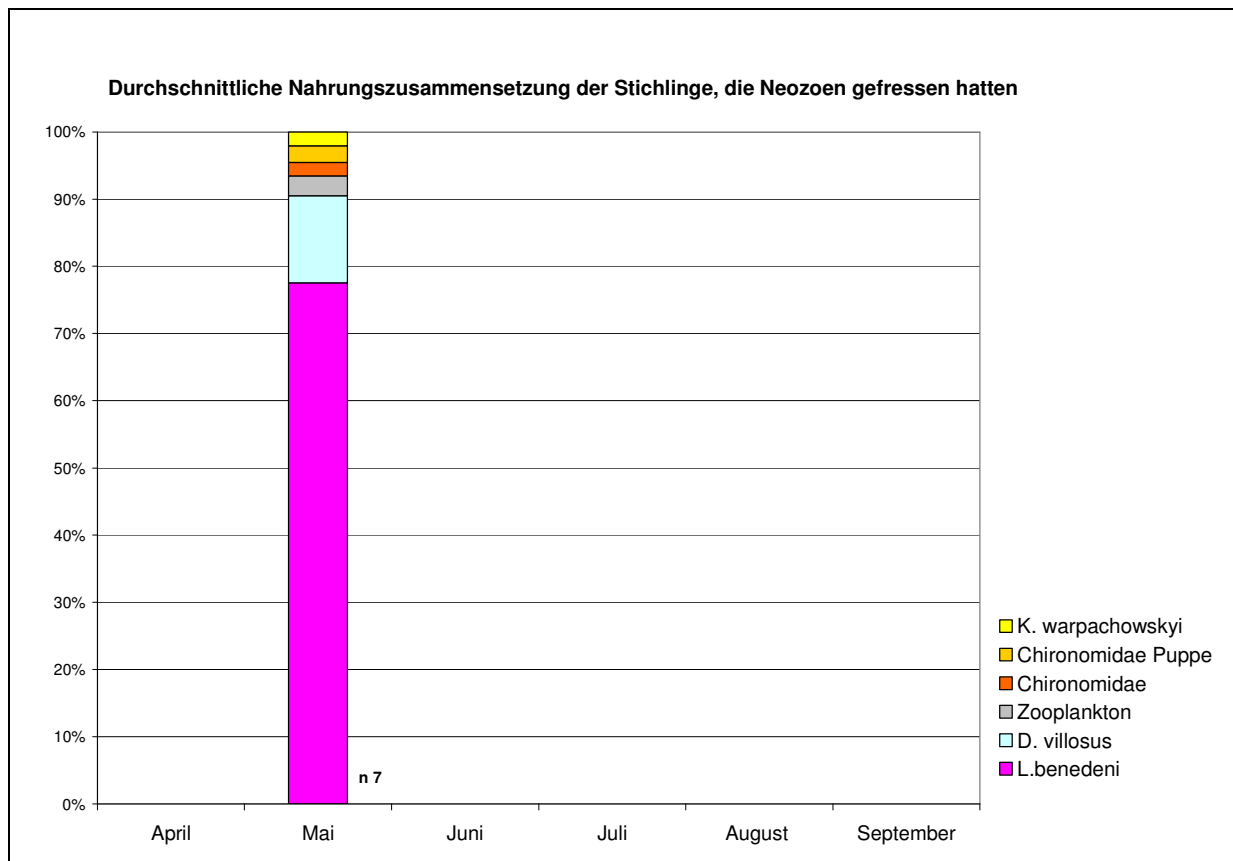


Abbildung 24: Nahrungszusammensetzung der Stichlinge im Mai, die Neozoen gefressen haben.

4.8 Magenfüllgrade der Barsche

Der direkte Vergleich der Zentralwerte des Magenfüllgrades der Barsche (Abb. 25), die Neozoen gefressen hatten (n=199), mit denen die keine Neozoen gefressen hatten (n=379), zeigte deutlich, dass die Barsche mit Neozoen im Magen einen höheren Zentralwert für den Magenfüllgrad aufwiesen, anders formuliert, diese Barsche hatten beim Fang meist mehr gefressen als die Gruppe ohne Neozoen.

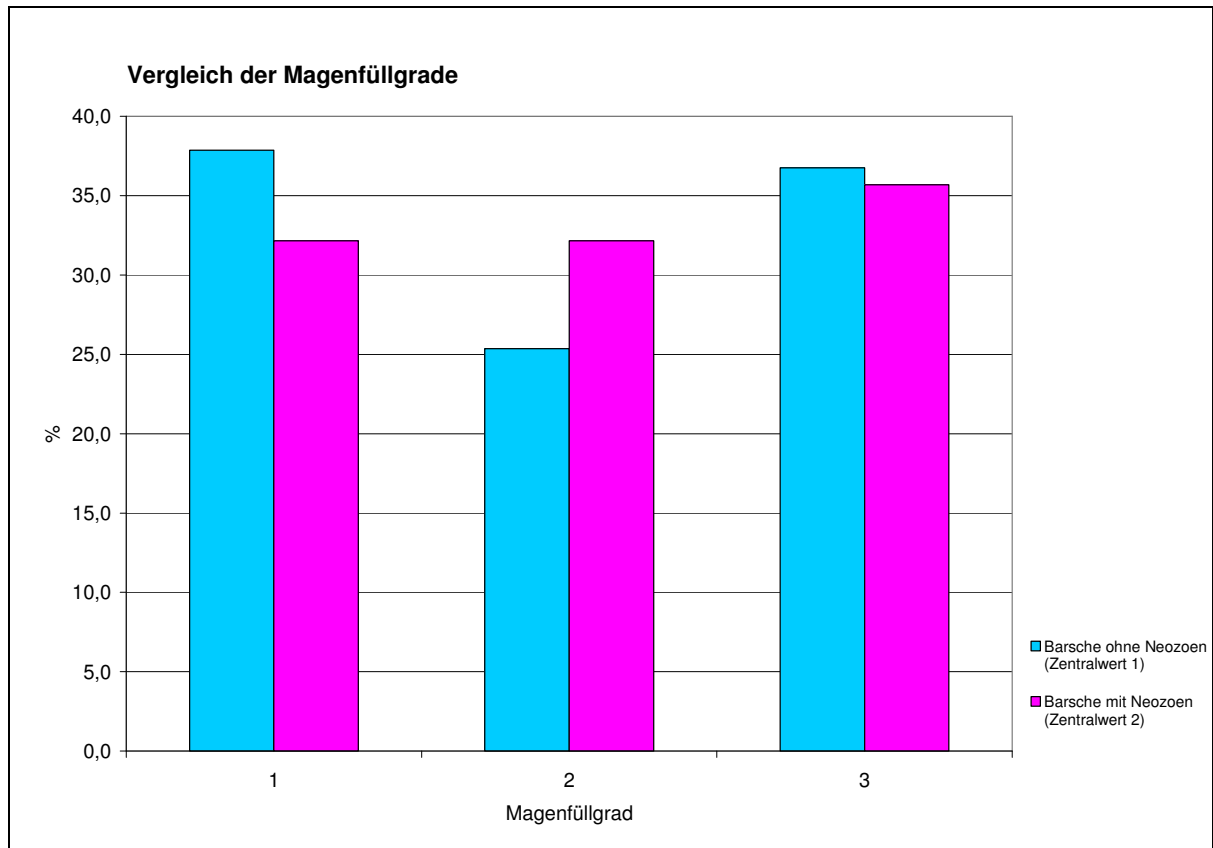


Abbildung 25: Prozentsätze der Barsche mit entsprechendem Magenfüllgrad (1 – 3). Getrennt nach Barschen mit und ohne Neozoen im Magen.

4.9 Mageninhalt in % des Gewichts

Für den Vergleich wurden nur Barsche mit Neozoen im Magen herangezogen. Abbildung 26 zeigt, dass mit zunehmender Fischgröße das Trockengewicht des Mageninhalts bei den Barschen steigt.

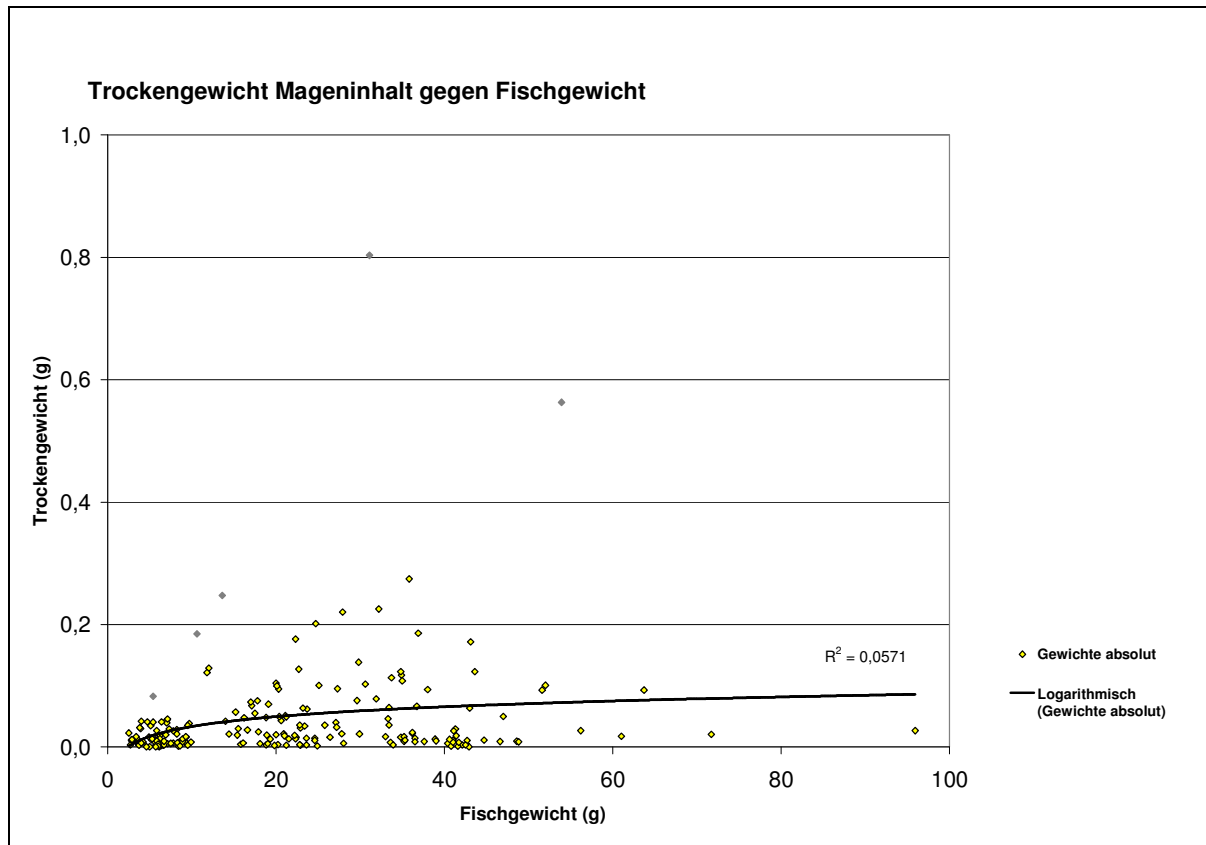


Abbildung 26: Trockengewicht Mageninhalt aufgetragen gegen das Fischgewicht der Barsche; "Ausreißer" sind grau markiert.

Im zweiten Schritt wurde aus dem Trockengewicht des Mageninhalts und dem Gewicht des jeweiligen Fisches der relative Anteil (%) des Mageninhalts am Fischgewicht berechnet. Dies ist in Abbildung 27 gegen das Fischgewicht aufgetragen. Die Kurve zeigt eine Abnahme des relativen prozentuellen Magengewichts mit zunehmender Fischgröße. Das bedeutet, dass bei kleinen bzw. jungen Barschen der Anteil des Mageninhalts einen größeren Anteil am Gesamtgewicht ausmacht als bei größeren bzw. älteren Barschen. Es zeigen sich des Weiteren zwei Gruppen von Barschen, kleine bis 10 g und größere zwischen 10 und 50 g.

Bei gleichem Fischgewicht zeigt die relative Magenfüllung sehr große Unterschiede. Bei kleinen Barschen schwankt dieser Wert zwischen 0 und 2 %, bei den größeren lag der Wert des relativen Mageninhalts meist deutlich niedriger. Ein Fisch mit einem Körpergewicht von gut 30 g hatte jedoch einen Mageninhalt, der > 2,5 % des Körpergewichtes ausmachte. Dieser Fisch hatte 85 *D. villosus* im Magen. Bei diesem und bei den anderen grau markierten „Ausreißern“, waren die Mägen voll mit Neozoen. In einem anderen Ausreißer mit etwa 55 g fanden sich 377 *L. benedeni*.

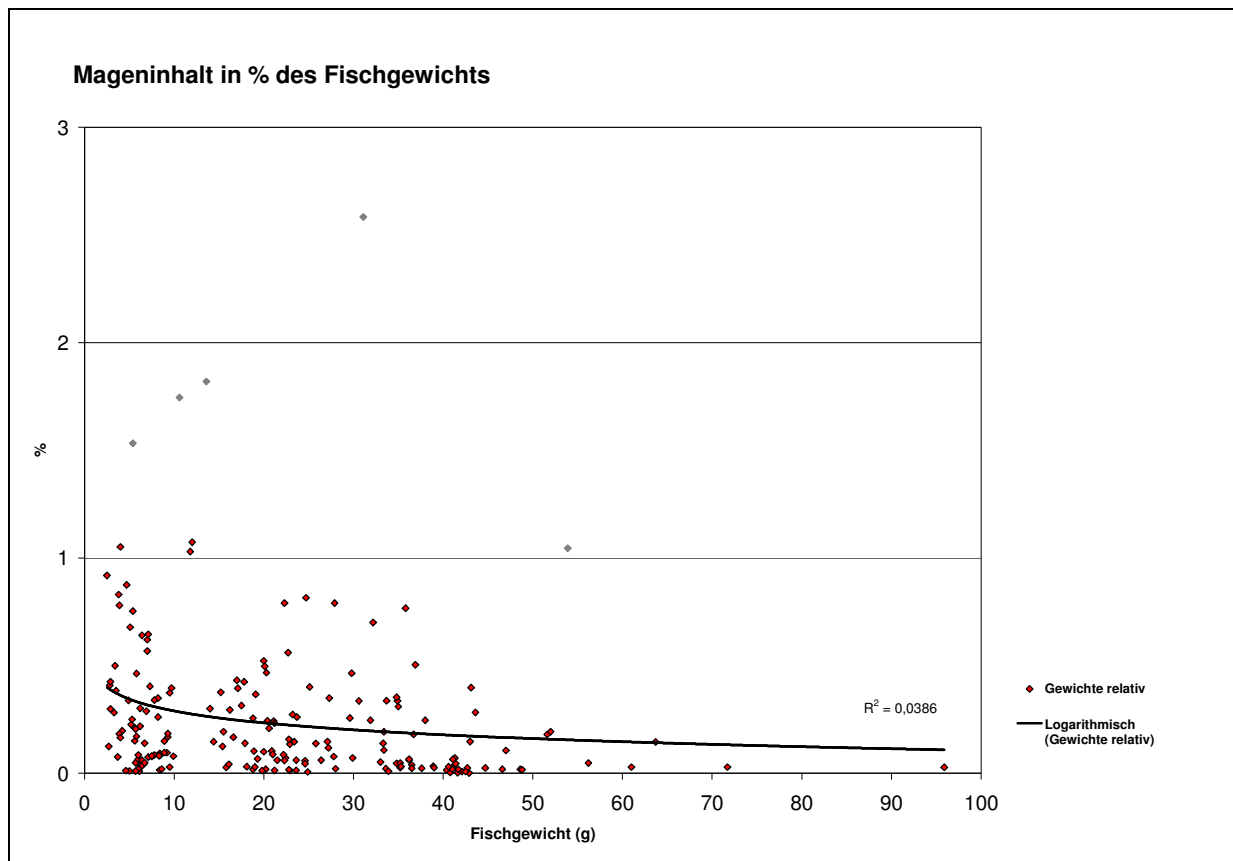


Abbildung 27: Relativer Vergleich Mageninhalt gegen Fischgewicht der Barsche; "Ausreißer" sind grau markiert.

4.10 Wachstumsvergleich der 0+ Barsche

Um das Wachstum der verschiedenen Barschjahrgänge vergleichen zu können, wurde die Jahresendlänge der 0+ Barsche aus früheren Jahren mit dem des Untersuchungsjahres verglichen. In den Jungbarschen des Untersuchungsjahres, fanden sich häufig die Neozoen *D. villosus* und *L. benedeni*.

Verglichen wurden jeweils die Fänge aus der Jungfischwade vor Langenargen im Monat September. Vergleichsjahre sind 1997, 2000, 2005, 2006, 2009, 2010. In diesen Jahren waren im Monat September genügend 0+ Barsche vor Langenargen gefangen worden, um das Wachstum (Länge und Gewicht) statistisch vergleichen zu können. Die Abbildungen 28 und 29 zeigen das minimale und das zentrale Wachstum in den einzelnen Jahren. Eine Altersbestimmung der 0+ Barsche wurde nur in den Jahren 2010 und 2011 durchgeführt. Aus den anderen Vergleichsjahren gibt es keine Altersbestimmung. Die Werte sind allerdings in fast allen Jahren so eindeutig, dass mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden kann,

dass es sich ebenfalls um 0+ Barsche handelt. Lediglich das Jahr 2005 bildet eine Ausnahme. Hier ist anzunehmen, dass sich unter den 0+ Barschen auch mehrere ältere Barsche (1+) befinden, daher sind die Werte dieses Jahres so hoch. Die Werte des Jahres 2005 sind deshalb mit einer Klammer markiert. Beim Vergleich der Mindestlänge (bzw. des kleinsten und leichtesten im jeweiligen September gefangenen Barsches) (Abb. 28) kann man sicher sein, dass nur 0+ Fische miteinander verglichen werden.

Beide Abbildungen zeigen den Trend zu größerer Länge und höherem Gewicht in den letzten Jahren. In Abbildung 29 sind zudem die Standardfehler der Mediane der einzelnen Jahre angegeben.

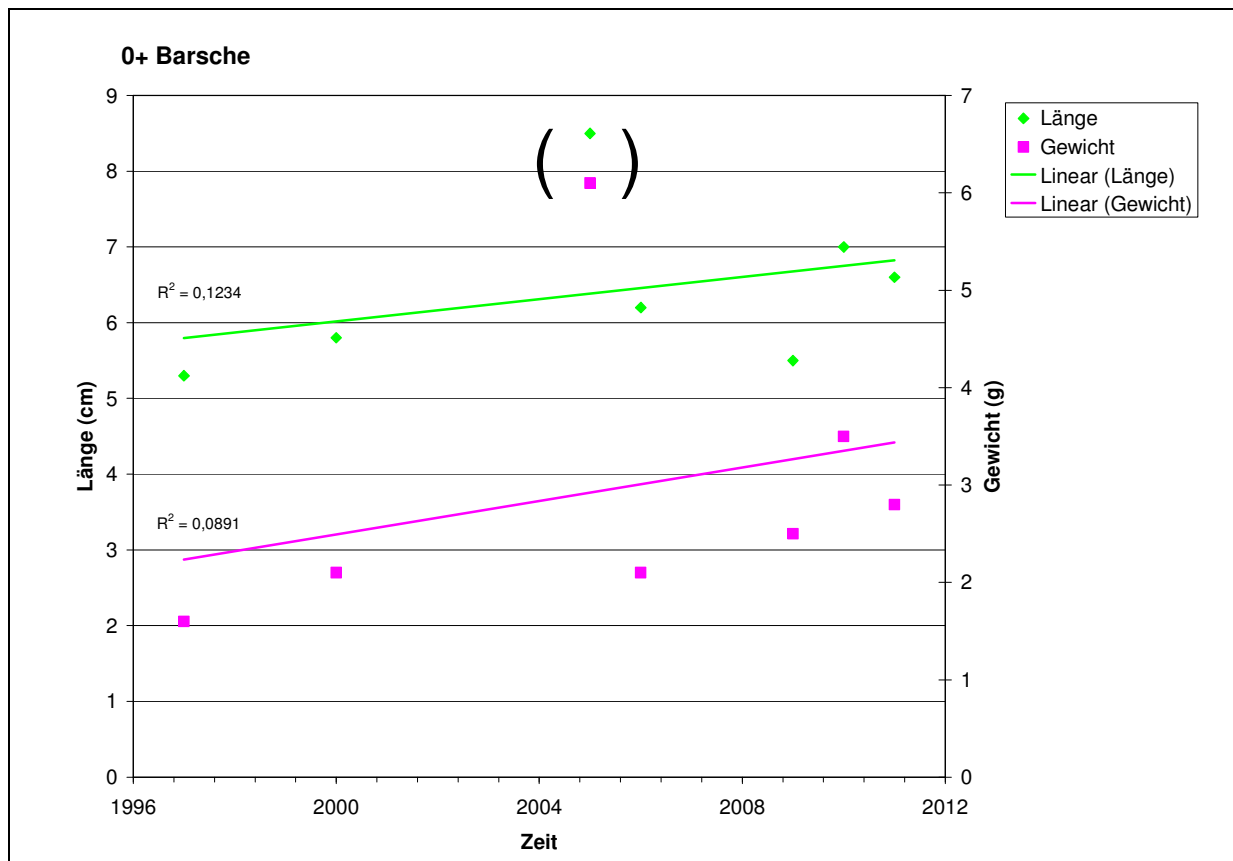


Abbildung 28: Kleinste Länge und kleinstes Gewicht der 0+ Barsche im September.

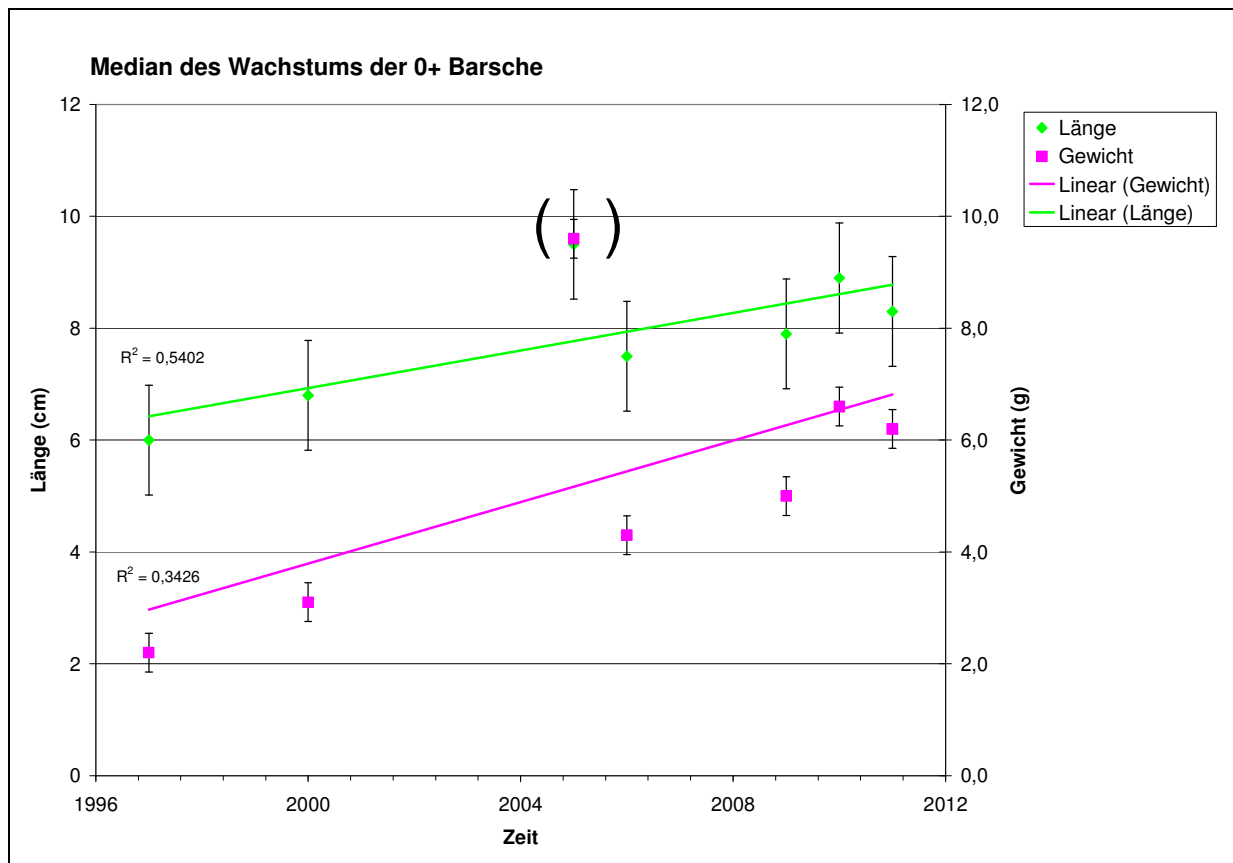


Abbildung 29: Median von Länge und Gewicht der 0+ Barsche, jeweils September.

4.11 Konditionsfaktor

Um den Ernährungszustand der 0+ Barsche am gesamten Bodensee vergleichen zu können, wurden die mittleren Konditionsfaktoren der 0+ Barsche aus den Projektbefischungen mit denen aus dem Jungfischmonitoring der Fischereiforschungsstelle und der Universität Konstanz verglichen. Dieses Jungfischmonitoring wird seit 1997 zwischen Mai und September einmal monatlich an drei verschiedenen Standorten (Birнау, Mainau und Langenargen) zeitgleich durchgeführt. Verglichen wurden die Daten der Monate August und September. Sie stellen das Ende der Wachstumsperiode und das Ende der Projektprobenahme dar. Tabelle 9 fasst die ermittelten Konditionsfaktoren der 0+ Barsche der unterschiedlichen Standorte zusammen.

Die Probengröße für die Ermittlung des Konditionsfaktors lag zwischen $n=12$ (September Untersee) und $n=44$ (August Birнау).

Die Mediane der Konditionsfaktoren der einzelnen Probestellen liegen, mit Ausnahme des Septemberwerts vom Untersee, mit geringer Abweichung nahe bei 1. Der niedrigste Wert 0.93 findet sich in der September- Probe vom Untersee. Der höchste Wert mit einem 1.04 findet sich in der August- Probe vom Untersee und der von Birnau sowie in der September- Probe von Langenargen. Der zentrale Konditionsfaktor beträgt für den August 1,02 und für den September 1,00. Die Konditionsfaktoren von August und September unterscheiden sich mit Ausnahme des Untersees kaum. Die im Untersee im September gefangenen Jungbarsche hatten jedoch einen „deutlich“ geringeren Konditionsfaktor als im August, obwohl die Nahrungszusammensetzung in den beiden Monaten recht ähnlich war.

Tabelle 9: Mediane der Konditionsfaktoren (KF) mit Standardabweichung des Medians (+/-) der 0+ Barsche unterschiedlicher Fangorte am Bodensee 2011.

0+ Barsche Projekt			
	Langenargen	Untersee	
August	1,02 +/- 0,06	1,04 +/- 0,03	
September	1,04 +/- 0,03	0,93 +/- 0,03	
0+ Barsche Jungfischmonitoring Bodensee			
	Birnau	Mainau	Langenargen
August	1,04 +/- 0,04	1 +/- 0,05	1,02 +/- 0,09
September	0,99 +/- 0,04	1,01 +/- 0,03	1 +/- 0,38

4.12 *Chaoborus* sp.

Die Fänge, die *Chaoborus* sp. gefressen hatten, beschränkten sich auf den Bodensee-Untersee. Im April hatte etwa ein Drittel der Felchen *Chaoborus* sp. im Magen (Abb. 30). Zu dieser Zeit fanden sich auch in den Planktonproben vermehrt *Chaoborus* sp.. Abbildung 31 zeigt die Planktonprobe vom 26.04.2011 die um 21:30 genommen wurde. Oberhalb der Beschriftung ist eine Schicht mit *Chaoborus* sp. zu sehen. Im April unterschied sich der Magenfüllgrad der Fische mit *Chaoborus* sp. im Magen kaum vom Magenfüllgrad der Fische, die keine *Chaoborus* sp. gefressen hatten. Danach wurde *Chaoborus* sp. nur noch vereinzelt sowohl in Fischmägen als

in Planktonproben gefunden. Von einem Massenaufreten, wie dies 2010 der Fall gewesen ist, kann man 2011 daher nicht sprechen.

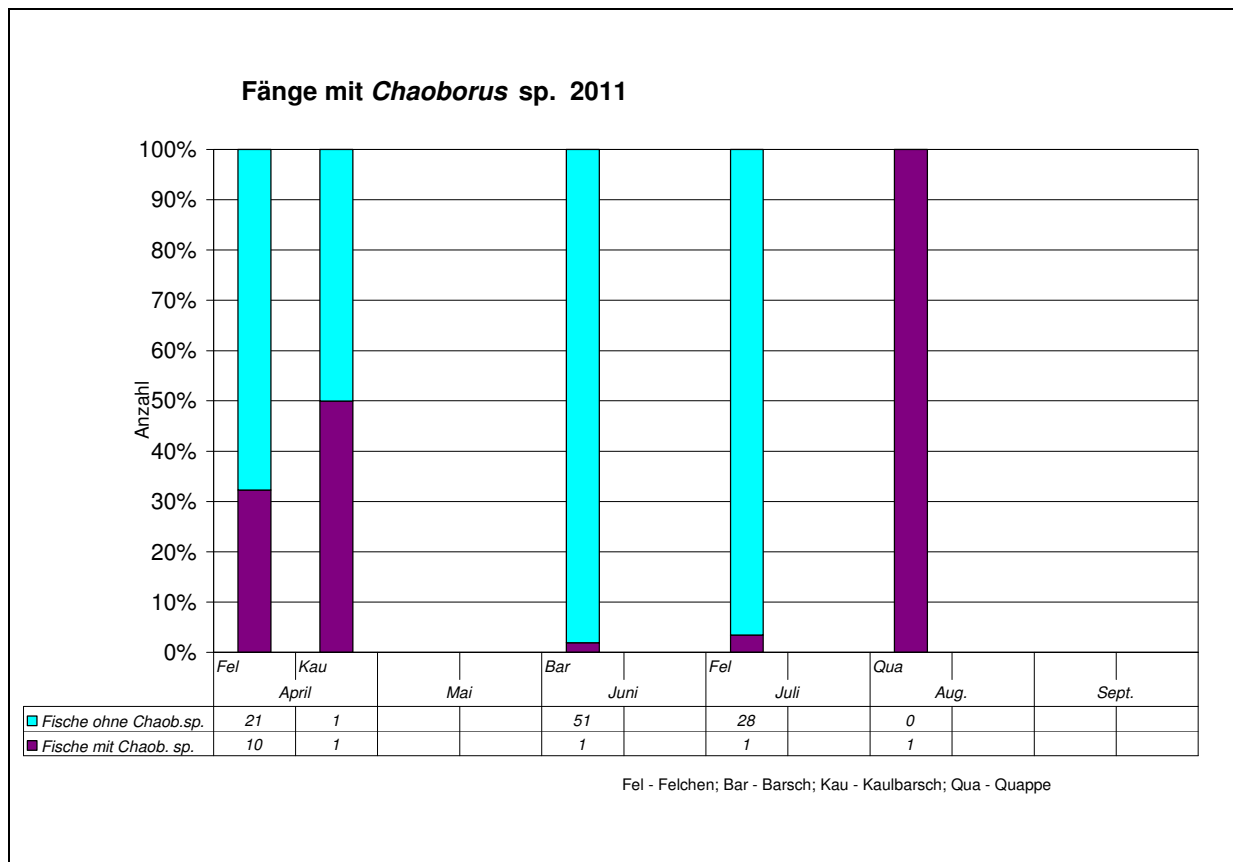


Abbildung 30: % Anteil der Fische, die *Chaoborus* sp. gefressen hatten.

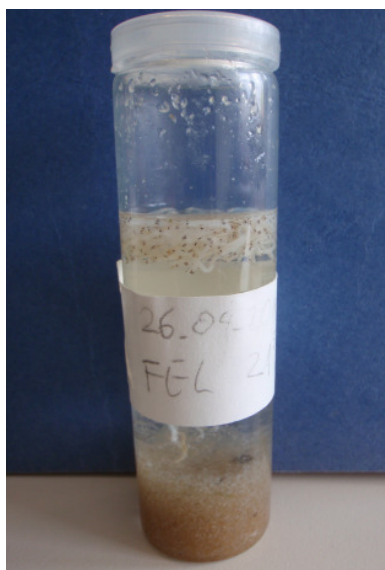


Abbildung 31: Planktonfang Bodensee-Untersee mit *Chaoborus* sp.; 26.04.2011; 21:30. (unten Zooplankton, oben *Chaoborus*)

5 Diskussion

5.2 Probenahme und Neozoen

Von den Zielfischarten konnten jeden Monat genügend gefangen werden, um verwertbare Daten zu erhalten. Nur eine Befischung im September auf Felchen musste wiederholt werden. Von den 1263 untersuchten Fischen hatten 249 Fische leere Mägen. Die Expositionszeiten wurden kurz gehalten (2 bis 3 Stunden), um zu vermeiden, dass die Fische ihren Mageninhalt verdauen, während sie im Netz gefangen sind. Daher ist anzunehmen, dass die Fische, die leere Mägen hatten, gefangen wurden, bevor sie gefressen hatten. Auch in der Jungfischwade gab es einen geringen Anteil von Fischen mit leeren Mägen.

Der Neozoenanteil in der Nahrung von Barsch und Kaulbarsch stieg in der zweiten Hälfte der Beprobungszeit deutlich an. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass die 2011 geschlüpften Jungfische erst ab Juli oder August eine Größe erreichten, ab der sie „adulte“ *L. benedeni* und *D. villosus* fressen können. Im Frühsommer kommen im See die jungen und damit kleineren *L. benedeni* und Gammariden vor. Diese wurden aber in den Mägen nur in begrenztem Umfang nachgewiesen.

Betrachtet man das Verhältnis von *L. benedeni* zu *D. villosus* in den Proben, so fällt auf, dass zu Beginn (April) der Beprobungen an Neozoen fast nur *L. benedeni* in den Mägen gefunden wurde. In der Mitte der Beprobungszeit (Juni, Juli) verschiebt sich das Verhältnis zu Gunsten von *D. villosus*. Danach nimmt die Anzahl an gefressenen Gammariden wieder ab und es werden wieder mehr *L. benedeni* gefressen. Diese Entwicklung spiegelt den Lebenszyklus der beiden Arten gut wieder. Da *L. benedeni* eine Wintergeneration bildet, ist sie im April mit großer Stückzahl und in großer Größe im See vertreten. Daher wird sie auch oft gefressen. Dann sterben diese Individuen nach der Reproduktion. Die ersten *L. benedeni* der Sommergeneration sind offensichtlich als Beute weniger interessant, da sie noch sehr klein sind und sich gut verbergen. Erst im Laufe des Sommers erlangen sie wieder größere Bedeutung als Fischnahrung. Im See ist die Anzahl von *D. villosus* im April noch niedrig, sie nimmt aber mit jedem Monat zu, und *D. villosus* kann daher auch immer häufiger

gefressen werden. Zudem zeigt dies auch, dass die Barschartigen nicht sehr wählerisch sind, was ihre Beute betrifft. Sie fressen mehr oder weniger das Nahrungsangebot im See. Allerdings bevorzugen sie wie die meisten Räuber möglichst große Beute, da diese die meiste Energie liefert. Bei den Barschen zeigte sich zudem noch, dass die Fische, die Neozoen gefressen hatten, im Median mehr gefressen hatten als die anderen (Abb. 27).

5.3 Einschleppung von Neozoen

Beispiele aus der Vergangenheit zeigen, dass neue Arten in einem Ökosystem häufig zu großen Veränderungen und nicht selten zu damit einhergehenden wirtschaftlichen Schäden führen (Gebhardt 1996). So hat sich z.B. der Fischbestand der Großen Seen in Nordamerika mit dem Einwandern des Meerneunauges (*Petromyzon marinus*) drastisch verändert (Christie 1974).

Die moderne Lebensweise der Menschen fördert zudem die Verbreitung fremder Arten. Daher wäre es zum Schutz der bestehenden Lebensräume von größter Bedeutung, Vorkehrungen zu treffen, die ungewollte Verschleppung und Ausbreitung fremder Arten möglichst verhindern. Das Bewusstsein für dieses Problem ist je nach Land unterschiedlich stark ausgeprägt. Länder wie Australien oder Neuseeland betreiben einen hohen Aufwand, um eingeschleppte Arten einzudämmen und Einschleppungen neuer Arten zu verhindern (Walker 1978).

Allgemein ist es wichtig, in der Bevölkerung ein Bewusstsein für dieses Problem zu schaffen und gleichzeitig über richtige Verhaltensregeln zur informieren. Das tut z.B. der „Blaue Anker“, ein Umweltprogramm der IWGB (Internationale Wassersportgemeinschaft Bodensee), das sich der unbeabsichtigten Verbreitung von Neueinwanderern am Bodensee durch Boote angenommen und das Merkblatt „Boote aus fremden Revieren- keine „blinden Passagiere“ einschleusen“ herausgegeben hat. Im Projekt ANEBO- Aquatische Neozoen im Bodensee- wurden ebenfalls Verhaltensregeln, um das Freisetzen von Neozoen zu verhindern, erarbeitet (www.neozoen-bodensee.de).

Wenn jedoch Neozoen eingeschleppt wurden und sich etabliert haben, bleibt nur zu erforschen, welche Veränderungen von diesen ausgehen und wie man möglicherweise den Bestand „managen“ kann. In einem größeren Ökosystem wie

dem Bodensee ist es hinreichend unwahrscheinlich, einen Neozoen wieder aus dem System entfernen zu können.

5.4 Gefangene Fischarten

Mit den Netzbefischungen (Schwebsatz, Bodennetz und Jungfischwade) wurde die Zone von der Haldenkante bis zum Ufer, in der sich die als Fischnahrung relevanten Neozoen (Mysiden und Gammariden) überwiegend aufhalten (www.neozoen-bodensee.de), erfasst. In dieser Zone finden sich auch die meisten Fischarten (www.ibkf.org). Dies spiegelt sich auch im gefangenen Artenspektrum wieder. Es wurden 14 der ca. 30 im Bodensee vorkommenden Fischarten gefangen (Tab. 4). Da großen Fischen die untersuchten Neozoen wahrscheinlich als Beute zu klein sind, wurden sie nicht gezielt befishet. Zum Fang großer Exemplare wie Hecht und Zander, die ebenfalls in diesem Seebereich vorkommen, sind kleinmaschige Kiemenetze nicht geeignet. Zudem ist das 0+ Aufkommen dieser Arten von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich. Auch in früheren Jahren wurden beim Jungfischmonitoring nur wenige 0+ Hechte und Zander gefangen.

5.5 Gefressene Arten

Je nach Fischart und Monat wurden unterschiedliche typische Arten als Nahrung gefressen. Bei den Felchen fand sich, wie erwartet, meist nur Zooplankton in den Mägen. Dies stimmt auch mit der Lebensweise dieser Fische überein. Das Felchen ist eine Fischart, die überwiegend im Freiwasser lebt und dort ihre Nahrung sucht. Die eher bodenorientierten *L. benedeni* wurden daher nur vereinzelt gefressen. *D. villosus* wurden nicht in den Felchenmägen nachgewiesen. Anders war dies bei den Barschartigen. Sie leben am Boden bzw. bodennah, dementsprechend fanden sich in ihren Mägen *L. benedeni* und *D. villosus*, sowie viele andere benthisch lebende Beuteorganismen wie beispielsweise diverse Köcherfliegen, Eintagsfliegen und Oligochaeten. Hinweise dafür, dass *L. benedeni* einen beträchtlichen Anteil der Nahrung der Jungbarsche ausmacht, lieferten bereits erste Untersuchungen an

Jungbarschen am Nordufer des Bodensee-Obersees im Sommer 2010 (Rösch, unveröffentlicht; Spranz 2011).

5.6 Ab welcher Fischgröße wurde *Limnomysis benedeni* und *Dikerogammarus villosus* gefressen?

Die Untersuchung ergab, dass Fische, im speziellen Barschartige, ab einer Länge von ca. 6 cm in der Lage sind, *L. benedeni* zu fangen und zu fressen. Diese Größe können 0+ Barsche bereits drei Monate (etwa Juli) nach ihrem Schlupf erreichen. Dies untermauert die Vermutung, dass *L. benedeni* gerade den Jungbarschen zugute kommt und sich positiv auf ihre Entwicklung auswirkt. Bei den kleinsten gefangenen Exemplaren von Felchen, Quappe und Hasel mit *L. benedeni* im Magen handelte es sich um nicht um 0+ Fische.

5.7 Quantifizierung der Mageninhalte

5.7.1 Barsche

Barsche nehmen die Neozoen *L. benedeni* und *D. villosus* als Nahrung an. Welche Art sie fressen, hängt offensichtlich von der Verfügbarkeit der jeweiligen Art im See ab. Eine Präferenz für eine Art ließ sich nicht feststellen. In den Monaten Juni und Juli wurden deutlich weniger *L. benedeni* gefressen als in den Vormonaten, dafür nahm der Verzehr von *D. villosus* stark zu. Diese Beobachtung deckt sich mit den Lebenszyklen der beiden Arten. Ende Mai sterben die großen *L. benedeni* der Wintergeneration und der noch kleine Nachwuchs ist offensichtlich als Beute weniger interessant. Ab diesem Zeitpunkt ist *D. villosus* in immer größerer Menge im Bodensee vertreten und wird daher immer häufiger gefressen.

Das breite Nahrungsspektrum, das bei den Barschen in den Mägen nachgewiesen wurde (Abb. 23), bestätigt ihr generalistisches Verhalten. Es macht deutlich, dass sich die Barsche dem wechselnden Nahrungsangebot im Bodensee anpassen.

5.7.2 Kaulbarsche

Der Kaulbarsch ist die Fischart, bei der in dieser Untersuchung das breiteste Artenspektrum in den Mägen gefunden wurde. In den Mägen der Kaulbarsche wurden ebenfalls *L. benedeni* und *D. villosus* gefunden. Zwischen Juni und September war der Nahrungsanteil von *L. benedeni* aber deutlich geringer als bei den Barschen. Dies könnte mit der bodennahen Lebensweise der Kaulbarsche einhergehen. Da *L. benedeni* in der Nacht einige Meter über Grund aufsteigt, ist sie möglicherweise für die Kaulbarsche eine schwierigere Beute als *D. villosus*.

5.7.3 Felchen

Das Felchen ist eine typische Freiwasserart, die sich vorwiegend von Plankton ernährt (Gebhardt 2000). Dieses Ergebnis brachten auch die Auswertungen der Mageninhalte in dieser Untersuchung. Wenn die Felchen etwas gefressen hatten, waren die Mägen fast immer mit Zooplankton gefüllt. Nur im Mai konnten drei Exemplare gefangen werden, die *L. benedeni* gefressen hatten. Eines davon hatte 505 *L. benedeni* im Magen, dies waren 99 % des Mageninhalts. Dies legt nahe, dass einzelne Felchen *L. benedeni* als Nahrung akzeptiert haben und diese gezielt fressen. Man kann davon ausgehen, dass diese Felchen an der Halde in Grundnähe gefressen haben. Dieser Sachverhalt sollte weiterhin beobachtet werden, um herauszufinden, ob *L. benedeni* zukünftig als Felchennahrung eine größere Bedeutung erlangt.

5.7.4 Stichling

Stichlinge wurden nur in der ersten Hälfte des Untersuchungszeitraums mit der Jungfischwade gefangen. In diese Zeit fällt auch ihre Laichzeit. Während dieser Zeit halten sie sich in den flacheren Bereichen des Sees auf. Nach der Laichzeit ziehen sich die Stichlinge in tiefere Bereiche zurück. Trotz der geringen Körpergröße wurde sowohl *L. benedeni* als auch *D. villosus* in den Mägen gefunden. Der kleinste Stichling mit *L. benedeni* im Magen maß 60 mm, der kleinste mit *D. villosus* maß 65 mm.

5.7.5 andere Fischarten

Die von den Karpfenartigen (Cypriniden) aufgenommene Nahrung wurde nicht näher untersucht, da bei ihnen eine zuverlässige Analyse und Quantifizierung des Mageninhalts im durch das Projekt vorgegebenen Zeitraum nicht durchführbar war. Karpfenartige zerkleinern ihre Nahrung schon bei der Nahrungsaufnahme mit den Schlundzähnen. Im Darm von Cypriniden finden sich dementsprechend nur meist kleine Teile der Nahrungsorganismen, deren Artbestimmung nur mit großem Aufwand und großer Erfahrung durchzuführen ist. Die genommenen Mageninhalte sind jedoch konserviert und stehen für weitere Untersuchungen zur Verfügung.

5.8 Magenfüllung

Bis auf wenige Ausnahmen zeigten die Barsche im Vergleich von Gesamtgewicht zu Trockengewicht des Mageninhalts bzw. zum prozentuellen Anteil des getrockneten Mageninhalts am Gesamtgewicht keine Auffälligkeiten. Bei genauer Betrachtung der höchsten Werte (grau) in den Abbildungen 28 und 29 zeigte sich, dass dies Barsche sind, deren Mägen prall voll mit Neozoen (*L. benedeni* und/ oder *D. villosus*) waren. Den höchsten Wert hatte ein Barsch mit 377 *L. benedeni* im Magen. Man könnte daraus schließen, dass die Neozoen eine Möglichkeit bieten, deutlich mehr zu fressen als mit der „herkömmlichen“ Nahrung.

Der Bodensee hat sich in den letzten Jahren wieder zu einem nährstoffarmen (oligotrophen) Voralpensee entwickelt. Das bedeutet, dass auch im Flachwasserbereich das Nahrungsangebot deutlich zurückgegangen ist. Das Massenaufkommen der Neozoen *L. benedeni* und *D. villosus* könnte diesen Trend zumindest für einzelne Fische (-arten) zeitweise umgekehrt haben. Gerade die Detritus fressende *L. benedeni* könnte einen Zugewinn an Nahrung im See darstellen, da durch sie Nährstoffe in der Wassersäule für die Fische verfügbar gemacht werden, die ansonsten im Seesediment gebunden blieben. Eine „Bilanzierung“ des Nahrungsangebots im Uferbereich steht jedoch aus, dies wäre zwingend anzuraten. Die Untersuchung hat gezeigt, dass es in allen beprobten Fischarten zumindest einzelne Vertreter gibt, die die neuen Nahrungsquellen nutzen. Einige dieser mit Neozoen gefüllten Mägen zeigen die Abbildungen 15, 16 und 17.

Für die Zukunft wäre es daher interessant, diese Fischarten hinsichtlich ihrer Ernährung, weiter zu beobachten, um gegebenenfalls Veränderungen bei der Nutzung von Neozoen als Nahrung festzustellen.

5.9 Wachstumsvergleich der 0+ Barsche

Ein Maß für das Nahrungsangebot auf der Halde im Jahreslauf sind Länge und Gewicht der Fische am Ende des ersten Lebensjahres. Vergleicht man die Längen und Gewichte der 0+ Barsche des vergangenen Jahrzehntes auf der Halde vor Langenargen, so zeigt sich, dass sowohl Jahresendlänge als auch Gewicht in den letzten Jahren anstiegen. Dies ist eine unerwartete Entwicklung, da man auf Grund der rückläufigen Nährstoffgehalte und des damit einhergehenden geringen Nahrungsangebots eigentlich annehmen müsste, dass die Fische dadurch langsamer wachsen. Dies geben auch die Erträge der Berufsfischerei wieder (www.ibkf.org), die gegenüber den 1980er Jahren stark zurückgegangen sind. Um 1980 betrug der Phosphorgehalt im Bodensee noch knapp 90 mg/m^3 . Heute befindet sich der Phosphorgehalt mit 6 mg/m^3 wieder nahezu auf dem Ursprungswert von vor Beginn der Eutrophierung. Über die Gründe für das unerwartete verbesserte Wachstum ist nur wenig bekannt. Neben klimatischen Einflüssen wie z.B. erhöhter Wassertemperatur im Sommer könnten zumindest für die Zeit ab ca. 2005 invertebrate Neozoen eine Rolle spielen. Insbesondere *L. benedeni* kann mit ein Grund für das verbesserte Wachstum der Barsche sein. Durch die detritivore Lebensweise dürfte die Schwebegarnele einen Nahrungszugewinn für die ufernah lebenden Fische im oligotrophen Bodensee darstellen. Detritus kann nicht direkt von den Fischen verwertet werden. Über den Zwischenschritt *L. benedeni* dürfte ein Teil des Detritus aber wieder für die Fische verfügbar werden. Das gilt aber nur für *L. benedeni*. *D. villosus* ist jedoch räuberisch. Durch das Auftreten von *D. villosus* dürfte das Futterangebot insgesamt nicht zunehmen, es sei denn, *D. villosus* wäre besser verfügbar als andere Benthosorganismen. Temperaturunterschiede im Vergleich zu früher dürfen aber nicht außer Acht gelassen werden. In den letzten Jahren hat sich der Bodensee im Vergleich zu früher deutlich erwärmt (KLIWA, 2007). Barsche reagieren auf warme Sommer mit einem deutlichen Wachstumsschub, wie es der Extremsommer 2003 nachdrücklich gezeigt hat (www.IBKF.org; Rösch 2004). Der hier angestellte Vergleich bezieht sich nur auf den Bereich des östlichen Bodensees vor Langenargen. Im westlichen Seeteil scheint das Gegenteil der Fall zu sein. Hier geht die Endlänge der Barsche zurück (Eckmann, mündliche Mitteilung).

5.10 Konditionsfaktor

Die einzelnen Werte der Konditionsfaktoren liegen so nahe zusammen, dass man daraus schließen kann, dass die Lebensbedingungen für die 0+ Barsche am gesamten Bodensee sehr ähnlich sein dürften. Die Streuung der Werte lässt sich zumindest teilweise dadurch erklären, dass das Gewicht der „vollen“ Barsche in die Rechnung einging und nicht das Gewicht der Barsche ohne Magen bzw. Darminhalt. Die Abbildungen 26 und 27 zeigen, dass der Magenfüllgrad der Barsche sehr unterschiedlich war. Der Konditionsfaktor im September vom Untersee hat mit 0,93 die größte Abweichung. Er weicht damit um 0,07 vom mittleren Konditionsfaktor des Septembers (1,00) ab. Der Vergleich der Untersee- Fänge von September und August brachte hervor, dass im September ein wesentlich größerer Anteil der 0+ Barsche, die für die Berechnung des Konditionsfaktors herangezogenen wurden, aus den Morgenbefischungen stammte als im August und dass der Anteil an leeren bzw. nur gering gefüllten Mägen im September deutlich höher war. Möglicherweise gingen die Fische ins Netz, bevor sie gefressen hatten. Dies ist eine mögliche Erklärung für den niederen Konditionsfaktor. Die Befischungsstelle war im August und September die gleiche und das Wetter war ebenfalls ähnlich.

Konditionsfaktoren eines Jahres sind lediglich Momentaufnahmen. Da in den letzten Jahren im Bodensee viele Veränderungen stattgefunden haben, wurden die aktuellen Werte mit früheren verglichen. Für die letzten 10 Jahre zeigt sich eine leichte Abnahme der Konditionsfaktoren der 0+ Barsche im September (2000: Median KF 1,13; 2005: Median KF 1,08; 2009: Median KF 1,01 und 2011: Median KF 1,00). Zusammengefasst heißt das, dass die Barsche zwar im Trend länger und schwerer werden, aber sich das Verhältnis zwischen Länge und Gewicht so verschoben hat, dass der Konditionsfaktor leicht abgenommen hat. Anders gesagt, das Gewicht der Barsche nimmt nicht im selben Verhältnis zu, wie ihre Länge.

5.11 *Chaoborus* sp.

Im Frühjahr und Frühsommer 2010 war festgestellt worden, dass *Chaoborus* sp. nahezu ausschließliche Nahrung der Felchen im Gnadensee war. Das legt nahe, dass *Chaoborus* sp. damals in großer Zahl im Gnadensee vorhanden war. Ein

derartiges Auftreten von *Chaoborus* sp. wäre jedoch eher zu Zeiten des eutrophen Bodensee-Untersees zu erwarten gewesen, nicht jedoch im oligotrophierenden Untersee. Dieses Massenaufreten von *Chaoborus* sp. dürfte auch Auswirkungen auf das Zooplankton gehabt haben. Leider liegen hierzu keine Untersuchungen vor. Ein Massenvorkommen wie im Jahr 2010 konnte 2011 nicht mehr festgestellt werden. Beim Jahr 2010 dürfte es sich somit um ein Ausnahmejahr gehandelt haben, dessen Ursache nicht bekannt ist.

In der Natur gibt es immer wieder starke Schwankungen bei einzelnen Tierarten. In der Insektenwelt gibt es viele Beispiele dafür. Es ist daher von Interesse, *Chaoborus* sp. am Bodensee-Untersee in den kommenden Jahren weiter verstärkt zu beobachten. Am Einfachsten ist dies über eine weitere Untersuchung des Mageninhalts der im Rahmen des Routine-Monitoring gefangenen Felchen zu erreichen. Möglicherweise kommt es wieder zu Massenaufreten, die dann gezielt untersucht werden sollten.

5.12 Gesamtdiskussion

Für den Bodensee-Obersee wird seit 1910 eine Statistik der fischereilichen Erträge der Berufsfischerei geführt (www.ibkf.org). Bis in die 1950er Jahre bestand der Ertrag der Berufsfischer zu mehr als 70 % aus Felchen. Mit dem Einsetzen der Eutrophierung nahm der fischereiliche Ertrag zu. In den 1980er Jahren wurden mit bis zu 1900 t jährlich die höchsten Erträge erzielt. In den letzten Jahren nahm der Ertrag wieder deutlich ab und liegt derzeit (Stand 2011) mit ca. 700 t jährlich nur noch wenig über dem vor Beginn der Eutrophierung. Eine detaillierte Beschreibung der Veränderungen im Fischbestand und fischereilichen Ertrag geben Eckmann & Rösch (1998). Seit den 1950er Jahren werden Wachstum und Alterszusammensetzung der wirtschaftlich wichtigsten Fischarten Felchen und Barsch regelmäßig untersucht (www.ibkf.org, Eckmann & Rösch 1998).

Im Jahr 2003 wurden erstmals *D. villosus* (Mürle et al. 2003) und im Jahr 2006 erstmals *L. benedeni* (Fritz et al. 2006) im Bodensee nachgewiesen. Beide Arten kommen heute im gesamten Bodensee teilweise in großen Mengen vor.

Mysiden bilden in vielen Seen Nordamerikas und Skandinaviens eine wesentliche Fischnahrung (Lasenby et al. 1986).

Der erste Vorschlag, Mysiden in Nordamerika auszubringen, um die Fischerträge zu steigern, kam 1939 von W. A. Clemens, einem Zoologen und Fischereibiologen aus Kanada (Clemens et al. 1939). 1949 wurde das Vorhaben dann erstmals verwirklicht (Larkin 1951).

In Skandinavien wurde in den 1970 er Jahren ein anderes Ziel verfolgt. Die starke hydroelektrische Nutzung vieler Gebirgsseen und die damit einhergehenden Wasserschwankungen führten zum Trockenfallenden der Litoralzonen, was in weiterer Folge zu einem Nahrungsverlust für die Fische führte. Die Ausbringung von *Mysis relicta* in diesen Seen sollte den Verlust kompensieren (Grimås 1961). Die Idee war, dass *Mysis relicta* als eine Art „Energie- Lift“ funktioniert, da sie sich von benthischem organischem Detritus ernährt und dadurch unabhängig von den trockenfallenden Litoralzonen war. Die Energie aus dem Detritus sollte auf diesem Weg für die Fische verfügbar werden und den Verlust der Nahrung aus den Litoralzonen wettmachen (Fürst 1972).

Aus den 1960 er und 1970 er Jahren sind für British Kolumbien 21 Ausbringungen dokumentiert, für das restliche Nord Amerika ca. 100 und für Schweden 61 (Lasenby et al. 1986). 50 der 61 Ausbringungen in Schweden waren erfolgreich (Fürst 1981). Erste Studien zeigten, dass sich die ausgebrachten Mysiden teils stark vermehrten und es dadurch in manchen Seen durch Verdrängung ursprünglicher Arten, wie z.B. Cladoceren, zu Veränderungen in den Benthos- und Plankton- Gemeinschaften kam. Das Wegfallen dieser Zooplankton- Arten wirkte sich auf manche pelagische Fischart negativ aus, da diesen ein Teil ihrer Nahrung fehlte. Für andere Zooplanktonarten wie Copepoden stieg der Räuberdruck, da sie als Nahrung an Wichtigkeit gewannen. Des Weiteren zeigte sich, dass Mysiden teilweise aus den Seen viele Kilometer flussabwärts wanderten (Fürst 1981). Auf bodenlebende (benthische) Fischarten, wie Bachforellen, Seeforellen, Trübschen und bodenlebende Coregonen, hatten die Mysiden einen positiven Einfluss bezüglich Anzahl, Wachstum und Qualität. Die Anzahl freischwimmender (pelagischer) Fische nahm dagegen ab (Fürst et al.1986).

Die Ausbreitungswege der Mysiden nach Europa bzw. in Mittel- Europa liefen und laufen hauptsächlich über zwei Wege, zum Einen über die Ostsee und das Rhein-

Delta und zum anderen über das Donau- Delta weiter über den Main- Donau- Kanal und das Rhein- System (Stich 2009). Manche Mysidenarten, wie *Hemimysis anomalia*, ernähren sich hauptsächlich von Zooplankton und weniger von Detritus. Diese Arten können großen Einfluss auf die Zooplanktongemeinschaften in Seen und damit indirekt auf die Bestände einzelner Fischarten, haben (Stich 2009; Fürst et al. 1986).

Die räumliche Verteilung von *L. benedeni* und einzelnen Fischarten, wie Cypriniden, Barsch und teilweise Felchen, legen zumindest zeitweise eine Überschneidung der Lebensräume im Bodensee nahe. Erste Untersuchungen ließen vermuten, dass zumindest Jungbarsche *L. benedeni* als Nahrung nutzen (Eckmann et al. 2008, Spranz 2011).

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung erhärten diese Vermutung. Sie zeigen des weiteren, dass vor allem benthisch lebende Fischarten Neozoen fressen. Ob sich durch diese neue Nahrungsquelle die Barscherträge stabilisieren oder eventuell sogar steigen, können nur längerfristige Untersuchungen zeigen. Die Jungbarsche scheinen jedoch von den Neozoen unmittelbar zu profitieren. Denn ein Vergleich von Jahresendlänge und Jahresendgewicht der 0+ Barsche über die letzten 10 Jahre deutet daraufhin, dass die Jungbarsche im Uferbereich vor Langenargen trotz insgesamt abnehmendem Nährstoffgehalt im Bodensee wieder größer werden. Anhand des starken Nährstoffrückgangs der letzten 20 Jahre und des Rückgangs des Barschertrags in dieser Zeit war dies nicht zu erwarten (Eckmann et al. 2008).

Felchen nutzen die neue Nahrungsquelle bislang nur vereinzelt. Die wenigen Felchen, die *L. benedeni* gefressen hatten, waren jedoch mit diesen vollgefressen. Dies deutet darauf hin, dass sich diese wenigen Exemplare auf den Verzehr von *L. benedeni* spezialisiert hatten. Im offenen See, dem Hauptaufenthaltsgebiet der Felchen, kommen üblicherweise keine Schwebegarnelen vor. Dementsprechend überschneiden sich die Lebensräume von beiden nur selten. Die Netze zum Fang von Felchen waren so gestellt worden, dass die Wahrscheinlichkeit, ufernah vorkommende Felchen zu fangen, hoch war. Natürlich stellen diese Fänge nur Momentaufnahmen dar und es ist keinesfalls klar, ob Fische, die zum Fangzeitpunkt keine Neozoen gefressen hatten, sich überhaupt nicht von diesen ernähren. Für die

Felchen besteht die Hoffnung, dass sie im Laufe der Zeit zumindest *L. benedeni* zunehmend als neue Nahrungsquelle nutzen.

Noch vor dem Auftreten von *L. benedeni* wurde in einer seeweiten Untersuchung der ufernah lebenden Fischbestände das Nahrungsspektrum der juvenilen Fische untersucht (Eckmann et al. 2008). Hierbei zeigte sich, dass mit dem Auftreten des Neozoen *D. villosus* diese Art den Flohkrebs *G. roeselii* in der Nahrung von Barschen weitgehend ersetzte.

Im Verlauf der Vegetationsperiode zeigten sich wesentliche Unterschiede in der Präferenz der Fische für die einzelnen Neozoen. Im April und Mai wurden deutlich öfter *L. benedeni* als *D. villosus* in den Mägen gefunden, in den Sommermonaten Juni und Juli dagegen überwiegend *D. villosus*. Im September glich sich dann der Anteil von *L. benedeni* dem von *D. villosus* in der Nahrung an. Dass nicht beide Arten über den gesamten Zeitraum in gleichem Maße gefressen wurden, sondern der Prädationsdruck zu gewissen Zeiten bei einer Art überwog, kann zur Folge haben, dass sich die andere Art durch den geringeren Räuberdruck besser vermehren kann. So könnten sich die Arten gegenseitig geholfen haben, sich besser im Bodensee anzusiedeln und ihre Bestände zu vergrößern.

Mit jeder Etablierung einer neuen Art kann es zu Veränderungen kommen, die zumindest untersucht und dokumentiert werden sollten, um Auswirkungen und Gefahrenpotentiale abschätzen zu können. Hier kommt dem Bodensee durch seine Größe und seine intensive Nutzung eine besondere Rolle als Modellgewässer für Klimawandel und invasive Arten zu.

6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die Neozoen *D. villosus* und *L. benedeni* von den ufernah vorkommenden Fischarten als Nahrung akzeptiert werden. Dass der Magenfüllungsgrad der Barsche, die Neozoen gefressen hatten, deutlich höher war als der der Exemplare, die keine Neozoen gefressen hatten, könnte darauf hindeuten, dass die Aufnahme von Neozoen einen Vorteil darstellt. Einen Hinweis in diese Richtung bietet auch die Feststellung, dass sich die Jahresendlänge der 0+ Barsche in den letzten Jahren leicht erhöht hat.

Ob das Auftreten der Neozoen längerfristig positive Auswirkungen auf den Fischbestand (hier Barsche) und den fischereilichen Ertrag hat, können nur weitere, längerfristige Untersuchungen zeigen, die nicht nur die Nahrungsaufnahme, sondern insbesondere weitere Parameter wie den Ernährungszustand und das Wachstum der Fische im Vergleich zu früheren Jahren mit einschließen.

Es wird daher angeregt, die Untersuchungen weiterzuführen. Denn in einem großen Gewässer wie dem Bodensee lassen sich Effekte, die durch das Auftreten der Neozoen verursacht werden, nur über längerfristige Beobachtungen von kurzfristigen Schwankungen unterscheiden.

7 Literatur

- Beniston M., Junco, P., 2002. Shifts in the distribution of pressure, temperature and moisture in the typical weather patterns in the Alpine region in response to the behavior of the North Atlantic Oscillation. *Theor. Appl. Climatol.* 71: 29-42.
- Bij De Vaate A. & Klink, A.G., 1995. *Dikerogammarus villosus* Sowinsky (Crustacea: Gammaridae) a new immigrant in the Dutch part of the Lower Rhine. *Lauterbornia* 20: 51-54.
- Bagenal T., 1978. IBP Handbook No. 3; Methods of Assessment of Fish Production in Fresh Waters. Third Edition. Blackwell Scientific Publications: 129.
- Christie W. I.. 1974. Changing the fish species composition of Great Lakes. *J. Fish. Res. Board Can.* 31 (5): 827-854.
- Clemens W. A., Rawson D. S. & MC Hugh J. L., 1939. A biological survey of Okanagan Lake, British Columbia. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 56: 70.
- Eckmann R., Rösch, R., 1998. Lake Constance fisheries and fish ecology. *Arch. Hydrobiol. Adv. Limnol.* 53: 285-301.
- Eckmann R., Mörtl. M., Baumgärtner, D., Berron, C., Fischer, P., Schleuter, D., Weber, A., 2008. Consumption of amphipods by littoral fish after the replacement of native *Gammarus roeseli* by invasive *Dikerogammarus villosus* in Lake Constance. *Aquatic Invasions* 3: 187-191.
- Engelhardt W., 1989. Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Pflanzen und Tiere unserer Gewässer. Eine Einführung in die Lehre vom Leben der Binnengewässer. 13. Auflage. Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart: 184.
- Friedel M., 2010. *Limnomysis benedeni* als Futterorganismus für Flussbarsche. Diplomarbeit. Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- Fritz B., Nisch, A., Wittkugel, C., Mörtl, M., 2006. Erstnachweis von *Limnomysis benedeni* Czerniavsky im Bodensee (Crustacea: Mysidacea). *Lauterbornia* 58: 157-160.

- Fürst M., 1972. Experiments on the transplantation of new fish-food organisms into Swedish impounded lakes. The feeding habit of brown trout and char in Lake Blåsjön. *Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* 18: 1114-1121.
- Fürst M., 1981. Results of introductions of new fish food organisms into Swedish lakes. *Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 59: 33-47.
- Fürst M., Hammer J. & Hill C., 1986. The introduction of *Mysis relicta* in Sweden: effects on fish species in impounded lakes. EIFAC Symposium on Habitat Modification and Freshwater Fisheries. Aarhus Denmark.
- Gebhardt H.; Kinzelbach R.; Schmidt-Fischer S., 1996. Gebietsfremde Tierarten; Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope. Situationsanalyse. Landsberg: ecomed Verlagsgesellschaft.
- Gebhardt H., Ness A., 2000. Fische. Die heimischen Süßwasserfische sowie Arten der Nord- und Ostsee. BLV Verlag. 5. Auflage: 30.
- Gergs R., Hanselmann A. J., Eisele I., Rothaupt K-O., 2008. Autecology of *Limnomysis benedeni* Czerniavsky, 1882 (Crustacea: Mysida) in Lake Constance, Southwestern Germany. *Limnologica* 38: 139-146.
- Grabow K., 2000. Farbatlas Süßwasserfauna Wirbellose. Verlag: Eugen Ulmer GmbH & Co, 70599 Stuttgart. 116.
- Grimås U., 1961. The bottom fauna of natural and impounded lakes in northern Sweden. (Ankervattnet and Blåsjön). *Inst. Freshwater Res. Drottningholm* 42: S. 183-237.
- Güde H., Rossknecht H., Wagner G. 1998. Antropogenic impacts on the trophic state of Lake Constance during the 20th century. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Adv. Limnol.* 53: 85-108.
- Hanselmann A. J., 2008. Einfluss von Temperatur und Invertebraten- Prädation auf die Population von *Limnomysis benedeni* im Bodensee. Diplomarbeit Universität Konstanz: 58 S. u. Ah..
- Hanselmann A. J., 2010. *Katamysis warpachowskyi* Sars, 1877 (Crustacea, Mysida) invaded Lake Constance. *Aquatic Invasions* 5, Supplement 1: 31-34.
- Hanselmann A. J., 2011. Bodenlebende Wirbellose am "Grünen Damm" (Vorarlberger Ufer, Bodensee). Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg Band

61 (im Druck) pp., (Institut für Umwelt und Lebensmittelsicherheit des Landes Vorarlberg) Bregenz.

Hanselmann A. J., Gergs R. & Rothhaupt K. O., 2011. Seasonal shifts in the life-cycle of the ponto-caspian invader *Limnomysis benedeni* (Crustacea: Mysida) – a physiological adaptation. *Hydrobiologia* 673: 193-204.

Hanselmann A. J., 2011. Räumliche und zeitliche Muster der Besiedelung des Bodensees mit Neozoen des Makrozoobenthos – eine Übersicht; *Lauterbornia* 72: 131-148.

Hesselschwerdt J., Necker J. & Wantzen K. M., 2008. Gammarids in Lake Constance: habitat segregation between the invasive *Dikerogammarus villosus* and the indigenous *Gammarus roeselii*. *Fundamental and Applied Limnology* 173: 177-186.

Hesselschwerdt J., Tscherner S., Necker J. & Wantzen K. M., 2009. A local gammarid uses kairomines to avoid predation by the invasive crustaceans *Dikerogammarus villosus* and *Orconectes limosus*. *Biological Invasions* 11: 2133-2140.

IGKB, 2009. Jahresbericht der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Limnologischer Zustand des Bodensees Nr. 36: 92.

Jöhnk K., Straile, D., Ostendorf, W., 2004. Extreme floods at Lake Constance - Climate impact on lake shore biocoenosis in the light of the 1999 centennial flood. *Limnologica* 34: 15-21.

Kelleher B., van der Velde G., Wittmann K. J., Faasse M. A. & Bij de Vaate A., 1999. Current status of the freshwater Mysida in the Netherlands: with records of *Limnomysis benedeni* (Czerniavky 1882), a pontocaspian species in Dutch Rhine branches. *Bulletin Zoologisch Museum Universiteit van Amsterdam*, 16: 89-94.

Kinzelbach R., 1972. Einschleppung und Einwanderung von Wirbellosen in Ober- und Mittelrhein (Coelenterata, Plathelminthes, Annelida, Crustacea, Mollusca). *Mainzer naturwiss. Archiv* 11: 109-150.

Kinzelbach R., 1978. Veränderungen der Fauna des Oberrheins. *Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ.* 11: 291-301.

- KLIWA. 2007. Zum Einfluss des Klimas auf den Bodensee. KLIWA-Berichte Heft 11. Erhältlich unter www.kliwa.de.
- Larkin P. A., 1951. Summary of Investigation conducted by the Fisheries Research Group, attached to the British Columbia Game Department, in 1949. Annual Report of the British Columbia Game Commission for 1949: 55-61.
- Lasenby D.C., Northcote T.G., Fürst M., 1986. Theory, practice, and effects of *Mysis relicta* introductions to North America and Scandinavian Lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1277-1284.
- Maddrell S. H. P., 1998. Why are there no Insects in the open sea? The Journal of Experimental Biology 201: 2461-2464.
- Mauchline J., 1980. The biology of Mysida. Advances in Marine Biology, 18: 1-369.
- Mürle U., Weber B. & Ortlepp J., 2003: *Synurella ambulans* (Amphipoda: Crangonyctidae) in Aare/Rhein. Lauterbornia 48: 61-66.
- Mürle U., Becker A. & Rey P., 2003. Ein neuer Flohkrebs im Bodensee: *Dikerogammarus villosus* (Grosser Höckerflohkrebs). – AGBU Thema des Monats Oktober, <http://www.bodenseeuer.de/archiv>.
- Mürle U., Becker A. & Rey P., 2004: *Dikerogammarus villosus* (Amphipoda) im Bodensee. Lauterbornia 49: 77-79.
- Rey P., Mürle U., Ortlepp J., Mörtl M., Scheifhacken N., Werner S., Ostendorp W. & Ostendorp J., 2005. Wirbellose Neozoen im Bodensee: 46 pp., (Landesanstalt für Umweltschutz Baden- Württemberg) Karlsruhe.
- Reyol Y., Fischer P., Lek S., Rösch R., & Eckmann R., 2005. Studying the temporal variation of the littoral fish community of Lake Constance (Germany), using Self-Organizing mapping. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63: 2294-2302.
- Rindt C., 2009. Garnelen-Schwärme vor der Kamera. St. Galler Tagblatt 18. 3. 2009.
- Rösch R., 2004. Seht gutes Wachstum der Barsche im Bodensee-Obersee im Sommer 2003. Aquakultur und Fischereiinformation; AUF AUF Heft 1 2004: 10
- Rösch R., 2008. Karpfen im Bodensee. Österreichs Fischerei 61 (4): 96-100.

- Schöll F., Becker C. & Tittizer T., 1995. Das Makrozobenthos des schiffbaren Rheins von Basel bis Emmerich 1986-1995. *Lauterbornia* 21: 115-137.
Dinkelscherben.
- Spranz L., 2011. Nahrungsspektrum von Jungbarschen (*Perca fluviatilis*) im oligotrophen Bodensee. Bachelor Thesis Hochschule Nürtingen: 44 S. u. Ah..
- Steinbach G., Bellmann H., 1988. Leben in Teich und Bach, 262-263.
- Stich H. B., Hoppe A., Maier G., 2009. Zooplankton composition in a gravel pit lake invaded by the Ponto- Caspian mysid *Hemimysis anomalia* G.O. Sars 1907. *Aquatic Invasions* (2009) Volume 4, Issue 4: 697-700.
- Straile D., Jöhnk K., Rossknecht H., 2003. Complex effects of winter warming on the physicochemical characteristics of a deep lake. *Limnol. Oceanogr.* 48: 1432-1438.
- Tittizer T., 1997. Ausbreitung aquatischer Neozoen (Makrozoobenthos) in den europäischen Wasserstrassen, erläutert am Beispiel des Main- Donau Kanals. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft. Band 4: 113-134.
- Wahl B., 2009. Folgen klimatischer Veränderungen für den Bodensee. 50-53, in: Vorarlberger Naturschutzrat (ed.): Natur und Umwelt in Vorarlberg.
- Walker D., Guppy J. C. (eds) 1978. "Biology and Quaternary Environments", Australian Academy of Sciences.
- Wittmann K.J., 1995. Zur Einwanderung potamophiler Malacostraca in die obere Donau: *Limnomysis benedeni* (Mysidacea), *Corophium curvispinum* (Amphipoda), und *Atyaephyra desmaresti* (Decapoda). *Lauterbornia* 20: 77-85.
- Wittmann K. J. & Ariani A. P.. 2000. *Limnomysis benedeni*: Mysidacé Ponto-Caspien nouveau pour les eaux douces de France (Crustacea, Mysidacea). *Vie et Milieu* 50: 117-122, Arago.
- Wittmann K. J.. 2007. Continued massive invasion of Mysidae in the Rhine and Danube river systems, with first records of the order Mysidacea (Crustacea: Malacostraca: Peracarida) for Switzerland. *Revue Suisse de Zoologie* 114: 65-86, Genève.

Wittmann K. J. & Ariani A. P.. 2009. Reappraisal and range extension of non-indigenous Mysidae (Crustacea, Mysida) in continental and coastal waters of eastern France. *Biological Invasions* 11: 401-407.

Zintz K., Löffler H. & Schröder H. G.. 2009. *Der Bodensee ein Naturraum im Wandel*. Jan Thorbecke Verlag.

8 Kooperationen

Im Rahmen des Projekts wurde mit der Universität Konstanz und dem IfS (Institut für Seenforschung) Langenargen, so wie mit der Universität Innsbruck zusammen gearbeitet.

9 Danksagung

Besonderer Dank gebührt der Fischereiforschungsstelle für die Bereitstellung des Arbeitsplatzes, dem Fischermeister der Fischereiforschungsstelle, Andreas Revermann, und dem staatlichen Fischereiaufseher vom Untersee, Friedhelm Glönkler, für Ihre tatkräftige Hilfe bei den Probenahmen.

Weiterer Dank gebührt Cornelius Becke für die intensive Mithilfe während seiner Praktikumszeit, sowie allen Mitarbeitern der FFS. Wenn nötig, waren sie immer da und halfen mit.

Ich möchte auch Almut Hanselmann, von der Universität Konstanz, für ihre interessante und hilfreiche Makrozoobenthos-Einführung danken.

Dr. Hans- Bernd Stich und Andrea Waldinger, vom ISF, möchte ich für die zur Verfügungstellung diverser Geräte und die Nutzung ihres Binokulars danken.

Ein Dankeschön auch an alle Kollegen vom IFS, die das Projekt unterstützt haben.