

Nationalpark
Berchtesgaden



Fischbiologie des Königssees

Nahrungsangebot und Nahrungswahl · Band II





Fischbiologie des Königssees

Nahrungsangebot und Nahrungswahl · Band II

Roland Gerstmeier

Die quantitative Erfassung benthaler Chironomiden (Diptera) des Königssees
Nahrungsökologische Untersuchungen an Fischen im Nationalpark Berchtesgaden
Zoologische Staatssammlung, München

Impressum:

Nationalpark Berchtesgaden
Forschungsbericht 23/1990

Herausgeber:
Nationalparkverwaltung Berchtesgaden
im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums
für Landesentwicklung und Umweltfragen

Alle Rechte vorbehalten!

ISSN 0172-0023
ISBN 3-922325-24-6

Satz und Druck:
Druckerei Plenk, Berchtesgaden

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-------|
| Die quantitative Erfassung benthaler Chironomiden (Diptera) des Königssees von Roland Gerstmeier | 5 |
| Einleitung | 5 |
| Beschreibung des Untersuchungsgebietes | 6 |
| 1. Allgemeine Angaben | 6 |
| 2. Lage der Probestellen | 7 |
| Material und Methoden | 8 |
| 1. Entnahme quantitativer Benthosproben | 8 |
| 2. Aufarbeitung der Bodenproben | 8 |
| 3. Bemerkungen über die Wahl der Methodik bei Benthosuntersuchungen | 8 |
| 4. Proben der Oberflächendrift und Zucht | 8 |
| 5. Artbestimmung und Präparation | 9 |
| Ergebnisse | 10 |
| 1. Artenliste | 10 |
| 2. Artenzahl im Vertikalprofil | 10 |
| 3. Bathymetrische Verteilung | 11 |
| 3.1 Bathymetrische Verteilung der Unterfamilien bzw. Tribus | 11 |
| 3.2 Bathymetrische Verteilung der wichtigsten Larven | 12 |
| 4. Mittlere Abundanzen der häufigsten Arten | 15 |
| 4.1 Larven und Puppen (Insgesamt) | 15 |
| 4.2 Saisonale Veränderung der mittleren Abundanzen der Micropsectra-Puppen | 16 |
| 4.3 Saisonale Veränderung der mittleren Abundanz der häufigsten Larven | 16 |
| 4.4 Saisonale Abundanzen in einzelnen Tiefenstufen | 19 |
| Diskussion | 21 |
| 1. Artenspektrum und bathymetrische Verteilung | 21 |
| 2. Mittlere und saisonale Abundanzen | 22 |
| 3. Vergleich der Chironomidenbesiedelung mit anderen Seen | 23 |
| 4. Chironomiden als Indikatoren für die Gewässergüte | 24 |
| Zusammenfassung | 26 |
| Danksagung | 26 |
| Literaturverzeichnis | 27 |
| | |
| Nahrungsökologische Untersuchungen an Fischen im Nationalpark Berchtesgaden von Roland Gerstmeier | 30 |
| Einleitung und Problemstellung | 30 |
| Übersicht zur Methodik bei Magenuntersuchungen | 31 |
| Material und Methoden | 33 |
| Zur Biologie der wichtigsten benthischen Fischnährtiere | 35 |
| 1. Sialis lutaria L. | 35 |
| 2. Phryganea bipunctata Retz. und Agrypnia varia F. | 35 |
| 3. Centropilum luteolum Müller | 36 |
| 4. Asellus aquaticus L. | 36 |
| 5. Radix ovata Drap. | 36 |
| 6. Chironomidae | 36 |

| | |
|--|----|
| Ergebnisse | 37 |
| 1. Varianzanalyse für die abhängigen Variablen Benthos, Plankton, Nekton und Chironomiden-Puppen | 37 |
| 2. <i>Perca fluviatilis</i> L. | 37 |
| 2.1 Verhältnis leere/volle Mägen | 37 |
| 2.2 Saturität | 37 |
| 2.3 Prozent-Verteilung der 5 Haupt-Nahrungsgruppen | 39 |
| 2.4 Prozent-Anteil der Benthos-Nahrungskategorien | 39 |
| 2.5 Prozent-Anteil der 5 Haupt-Nahrungsgruppen innerhalb der Längenklassen | 41 |
| 2.6 Unterschiede der Nahrungsaufnahme unter Berücksichtigung von Geschlecht, Alter, Reifegrad und Fanggerät | 41 |
| 3. <i>Coregonus macrophthalmus</i> Nüsslin | 43 |
| 3.1 Verhältnis leere/volle Mägen | 43 |
| 3.2 Saturität | 43 |
| 3.3 Prozent-Anteile der 5 Haupt-Nahrungsgruppen | 43 |
| 3.4 Prozent-Anteile der 5 Haupt-Nahrungsgruppen innerhalb der Längenklassen | 44 |
| 3.5 Prozent-Verteilung der Zooplanktonarten | 44 |
| 3.6 Prozent-Anteil der Benthos-Nahrungskategorien | 45 |
| 3.7 Mollusken-Verteilung | 45 |
| 3.8 Unterschiede der Nahrungsaufnahme unter Berücksichtigung von Geschlecht, Alter, Reifegrad und Fanggerät | 46 |
| 4. <i>Salvelinus alpinus salvelinus</i> L. | 46 |
| 4.1 Verhältnis leere/volle Mägen | 46 |
| 4.2 Saturität | 46 |
| 4.3 Prozent-Anteile der 5 Haupt-Nahrungsgruppen | 48 |
| 4.4 Verteilung der Zooplanktonarten | 48 |
| 4.5 Prozent-Anteile der Benthos-Nahrungskategorien | 48 |
| 4.6 Prozent-Anteile der 5 Haupt-Nahrungsgruppen innerhalb der Längenklassen | 49 |
| 4.7 Unterschiede der Nahrungsaufnahme unter Berücksichtigung von Geschlecht, Alter, Reifegrad und Fanggerät | 51 |
| 4.8 Die Grünsee-Seesaiblinge | 52 |
| 5. <i>Esox lucius</i> L. | 53 |
| 5.1 Leere/volle Mägen und Saturität | 53 |
| 5.2 Nahrung | 53 |
| 6. <i>Lota lota</i> L. | 53 |
| 7. <i>Cottus gobio</i> L. | 54 |
| 8. <i>Salvelinus fontinalis</i> Mitch. | 54 |
| 9. <i>Squalius cephalus</i> L., <i>Salmo trutta</i> f. <i>fario</i> L. und f. <i>lacustris</i> L., <i>Tinca tinca</i> L. und <i>Anguilla anguilla</i> L. | 54 |
| 10. Räuber-Beute-Diagramm Nekton | 54 |
| 11. Sørensen-Index | 54 |
| 12. Dominantenidentität | 55 |
| 12.1 Dominantenidentität der Mittelwerte aus beiden Jahren | 55 |
| 12.2 Dominantenidentität der einzelnen Untersuchungstermine | 56 |
| Diskussion | 57 |
| 1. Allgemeines | 57 |
| 2. Barsch | 57 |
| 3. Renke | 57 |
| 4. Seesaibling | 59 |
| 5. Die übrigen Fische | 60 |
| 6. Beziehung der Nahrungszusammenstellung mit der Fischlänge | 60 |
| 7. Nahrungskonkurrenz | 61 |
| Ausblick | 63 |
| Zusammenfassung | 63 |
| Danksagung | 64 |
| Literaturverzeichnis | 65 |
| Anhang | 67 |

Die quantitative Erfassung benthaler Chironomiden (Diptera) des Königssee

Roland Gerstmeier

Einleitung

Die Kenntnis der benthalen Invertebratenfauna unserer Seen ist im Vergleich zu skandinavischen und nordamerikanischen Gewässer sehr gering. Dies gilt besonders für Voralpen- und Alpenseen Bayerns, in denen abgesehen von einigen sporadischen Probeentnahmen (LUNDBECK 1936, PAGAST 1940), nur eine länger dauernde, kontinuierliche Benthosuntersuchung über den Starnberger See vorliegt (GERSTMEIER 1985a).

Hinsichtlich der Chironomidenfauna liegen quantitative Angaben über den Starnberger See (GERSTMEIER, 1989b) und anhand von Fangtrichter-Untersuchungen über den Bodensee (REISS 1968) und den Zürichsee (SCHÜRCH 1985; allerdings nur bis 40m Tiefe) vor.

Die Bodenfauna ist ein wichtiges Glied im biozönotischen Gefüge und Stoffkreislauf eines Sees. Sie reagiert mit den biologischen und chemischen Komponenten des Wasserkörpers, indem Detritus verarbeitet, anorganische Nährstoffe zurückgeführt und das Sediment durchmischt wird. Außerdem bilden die Organismen des Benthals eine bedeutende Nahrungsquelle für viele wirbellose Carnivore und für Fische.

Das Benthos, besonders die Chironomiden, ist ein guter Indikator für die Wasserqualität eines Gewässers, da es auf Veränderungen der darüberliegenden

Wassermassen sehr sensibel reagiert. Vor allem die Chironomidenfauna der tieferen Regionen eines Sees sollte unter diesem Gesichtspunkt betrachtet werden, da Unterschiede in den flachen Teilen verschiedener Seetypen nicht so offensichtlich sind (WIEDERHOLM 1973).

Die vorliegende Studie ist im größeren Rahmen des „Forschungsprojektes Königssee“ zu sehen, welches bisher die mehr grundlegenden, limnologischen Arbeiten SIEBECK's (1982) und detaillierte fischereibiologische Untersuchungen (GERSTMEIER 1985b, HECHT, FÖRSTER & PIRCHNER 1984, HOFFMANN 1984, KLEIN 1988, NEGELE et al. 1985) beinhaltet.

Pionierarbeit beim Sammeln von Makroinvertebraten leistete ENGELHARDT in den Jahren 1952 bis 1957, wobei bisher die Chironomiden von F. REISS (publ. in SIEBECK 1982) bearbeitet wurden. Eine erste Bestandsaufnahme der litoralen Makroinvertebratenfauna (bis 20m) erfolgte durch BLANK et al. (1985), die per Taucheinsatz die drei Substrattypen Fels, Geröllhalde und Weichsediment besammelten.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, eine Vorstellung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der Chironomidenfauna der Weichsedimente des Königssees bis in 190m Tiefe zu erhalten. Da SIEBECK (1982) in seiner Königssee-Studie Hinweise für eine mögliche Düngung des Königssees aus den jährlich wachsenden Nährstoffdepots bei St. Bartholomä und Sallet gibt, soll die Eignung von Chironomiden als Indikatoren für zunehmende Eutrophierungserscheinungen diskutiert werden.

Beschreibung des Untersuchungsgebietes

1. Allgemeine Angaben

Der Königssee existiert seit ca. 10000 Jahren. Sein in Dachsteinkalk liegendes Seebecken ist wahrscheinlich im ausgehenden Jura vor ca. 140 Millionen Jahren als Grabenbruch angelegt worden. Die endgültige

Trogform erhielt es durch Eiserosion während der Würmeiszeit. Mit zunehmendem Abschmelzen zog sich der Gletscher nach Süden zurück, bis er nur noch das Gebiet des Obersees einnahm. Im Bereich des Obersees verweilte der Gletscher längere Zeit. An seinem Westende entstanden zwei Wallmoränen, die von Anfang an für eine Trennung zwischen Königssee und Obersee gesorgt haben (SIEBECK 1982).

Von großer Bedeutung für den Stoffhaushalt des Königssees ist seine fjordartige Einbettung inmitten der steil aufragenden Gebirgszüge.

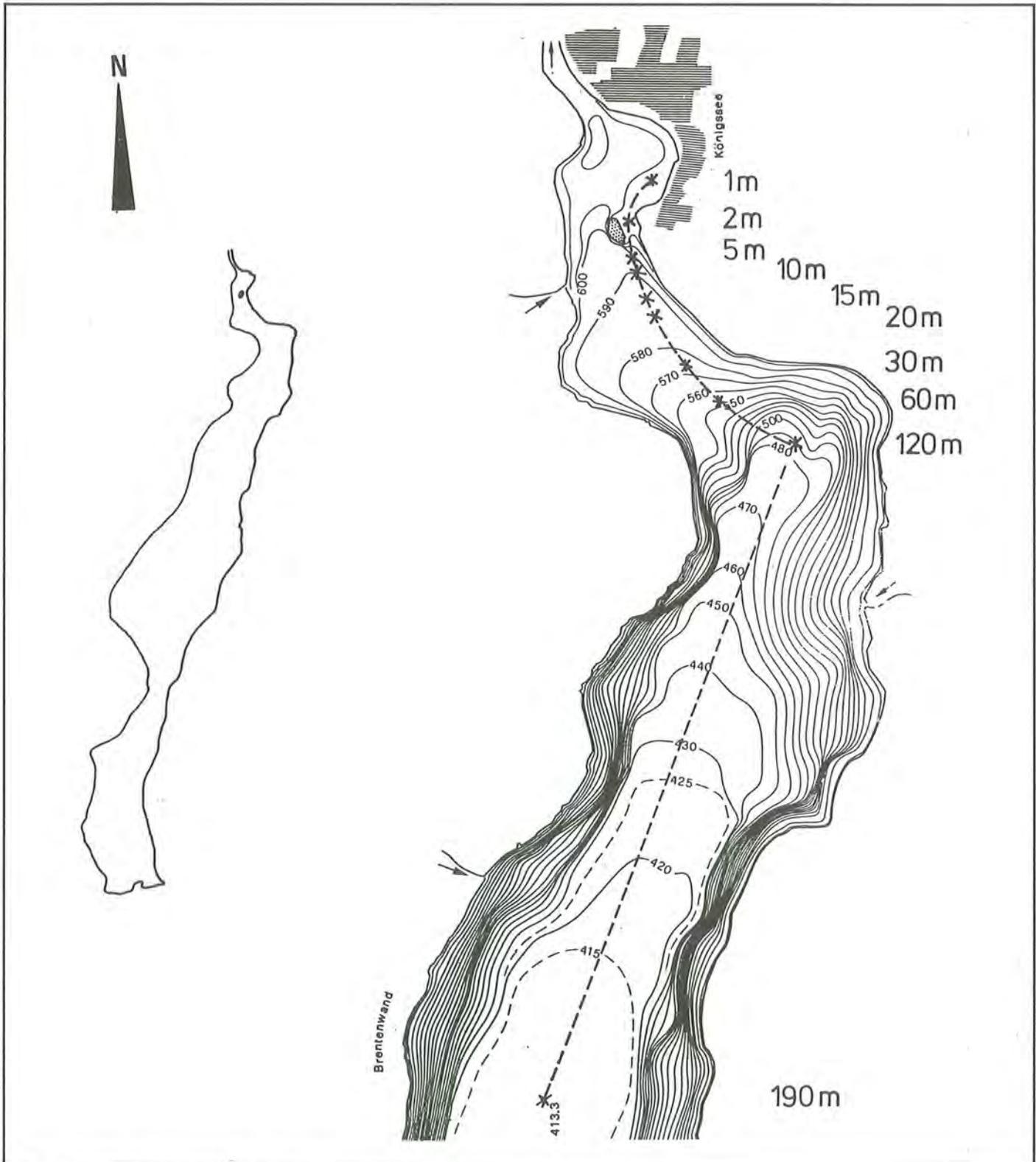


Abb. 1: Lage der Probestellen: Nordteil.

Die wesentlichen hydrobiologischen und limnologischen Daten (aus SIEBECK 1982) sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Hydrobiologische und limnologische Daten des Königssees.

| | |
|--------------------------------------|--|
| Seehöhe | 603,3m (ü. NN) |
| Seeoberfläche | 5,2km ² |
| Seevolumen | 511,8 x 10 ⁶ m ³ |
| Größte Tiefe | 190m |
| Mittlere Tiefe | 98,1m |
| Maximale Seelänge | 7,725km |
| Maximale Seebreite | 1,225km |
| Theoretische Wassererneuerung | 2,3 Jahre |
| Sichttiefe Ø | 15,5m |
| Leitfähigkeit | 117 - 174 S/cm |
| pH | 7,3 - 8,5 |
| NO ₃ - N | 0,3 - 0,6 mg/l |
| PO ₄ - P _{total} | 1 - 11 µg/l |
| O ₂ (Seegrund) | 6 - 7 mg/l |

2. Lage der Probestellen

Der in ungefährer Nord-Süd-Richtung gelegene, langgestreckte See läßt sich aufgrund der Verengung durch den Schuttkegel von St. Bartholomä in einen Nord- und einen Südteil gliedern. Dementsprechend wurden für die Untersuchung jeweils ein Transekt im Nord- bzw. Südteil ausgewählt, da eine flächendekende Besammlung des Seebodens ohnehin unmöglich erscheint. Der Verlauf dieser Transekte und die Lage der Probestellen ist den Abb. 1 und 2 zu entnehmen. Das Auffinden der einzelnen Probestellen erfolgte durch Anpeilen von Landmarken und mit Hilfe eines Echosounders. Eine zusätzliche Kontrolle der jeweiligen Tiefe war über das Meter-Zählrad der Winde möglich.

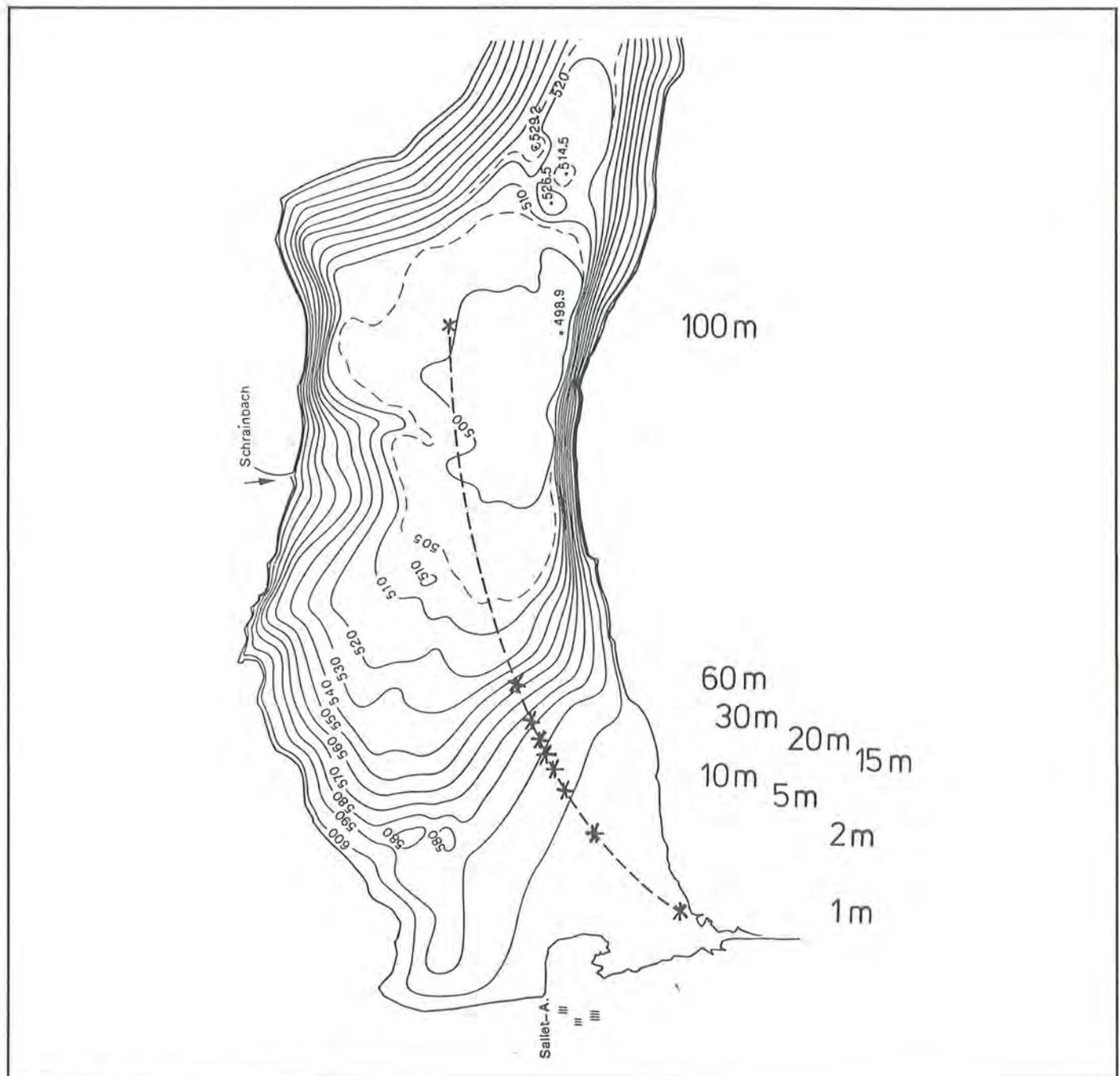


Abb. 2: Lage der Probestellen: Südteil.

Material und Methoden

1. Entnahme quantitativer Benthosproben

Eine regelmäßige Untersuchung fand monatlich von Mai bis Dezember 1986 statt. Aufgrund einer starken Eisbedeckung im Winter 1986 waren keine Untersuchungen vor diesem Zeitpunkt möglich. Zur Entnahme der quantitativen Benthosproben wurde ein automatisch schließender Ekman-Greifer (Fläche 153,94cm²; Umrechnungsfaktor pro m² 64,96) verwendet. Nach Möglichkeit wurden pro Probenstelle je drei Parallelproben entnommen. Das Herablassen des Greifers erfolgte per Hand und sehr langsam, um ein Aufwirbeln oder Wegblasen der obersten Sedimentschicht möglichst zu vermeiden – die meisten Benthosorganismen finden sich ja in den obersten 5–6cm (MILBRINK 1973). Ein Schließen des Greifers trat automatisch beim Emporziehen ein, was die Arbeit in großen Tiefen sehr erleichterte.

2. Aufarbeitung der Bodenproben

Die so erhaltenen Bodenproben wurden an der Entnahmestelle in einem Netz mit 350µm Maschenweite ausgewaschen. Die verbleibenden Schlammrückstände wurden im frischen Zustand im Labor mit Zuckerkörnung (spez. Gewicht: 1,12; ca. 300g Zucker/l H₂O) in einer nach LIND (1979) modifizierten Weise aufgeschwämmt: Die Schlammproben sind jeweils mit einer Schichthöhe von ca. 1 cm auf entsprechend viele Bechergläser verteilt, mit Zuckerwasser übergossen (Schichthöhe 7–10 mal so groß; SCHWOERBEL 1980) und in 3–4 Rührvorgängen kräftig umgerührt worden. Die nach dem Prinzip der Methode der dichteren Medien nun an der Oberfläche schwimmenden Organismen konnten so nach jedem Rührvorgang abgesammelt werden. Die Ausbeute lag hierbei für Chironomiden bei ca. 95%. Ausführliche Diskussion der Zuckeraufschwämmung findet sich bei ANDERSON (1959) und KAJAK et al. (1968).

Die aufgeschwämmten Organismen wurden kurz in Leitungswasser gespült und in 70%igem Alkohol konserviert.

3. Bemerkungen über die Wahl der Methodik bei Benthosuntersuchungen

Nach ELLIOTT (1977) lassen sich drei Grundtypen einer räumlichen Verteilung der Individuen einer Population aufstellen:

- 1) Gleichmäßige Verteilung
- 2) Zufällige Verteilung
- 3) Geklumpete Verteilung

Eine geklumpete Verteilung kann sehr verschiedene Verteilungsmuster haben und auch die drei Grundtypen selbst können überlappen. Die Wahl des richti-

gen Greifertyps (Grundflächengröße, Eindringtiefe, Schließmechanismus, generelle Handhabung) und die Anzahl von Parallelproben sind entscheidend, um über die tatsächliche Besiedelung des Benthals vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Mögliche Fehler resultieren einmal aus den rein technischen Funktionen wie Bodengreifer-Mechanismus, Auswaschen in Netzen und Auszählen, zum anderen in der statistischen Verteilung (ROTH & NEFF 1964). Die Häufigkeit von Individuen in verschiedenen Proben einer gleichen Probestelle kann z.T. um den Faktor 20 (!) schwanken (KAJAK 1963a). Autoren wie BERG (1938), DEEVEY (1941) und MUNDIE (1957), die eine zufällige (Poisson-)Verteilung der Bodentiere annahmen, plädierten für nur eine oder zwei Proben. Geht man von einer gehäuften (ungleichmäßigen) Verteilung aus, so wird eine größere Anzahl kleinerer Proben bevorzugt (LENZ 1951, 1955, TEBO 1955).

Die oben erwähnten drei Parallelproben sind ein Kompromiß zwischen einer Reihe verschiedenster Anforderungen wie statistische Genauigkeit, Zeitaufwand beim Sortieren und die Handhabung des schweren Greifers auf einem wind- und wellenanfälligem Boot.

Für die Bearbeitung profundaler Sedimente bis 190m Tiefe schien der automatisch schließende Ekman-Greifer am geeignetsten. Er erwies sich bei einem Vergleich mehrerer Greifer für Gesamtbenthos-Untersuchungen als das zweitbeste Gerät (FLANNAGAN 1970). Im Vergleich zu Cores, die von Tauchern genommen und gleich 100% gesetzt wurden, liegt er für den Fang von Chironomidenlarven, die zu 85% erfaßt werden, sogar an 1. Stelle.

Die Maschenweite des Netzes zum Auswaschen der Bodenproben lag mit 350µm unter den Durchschnittswerten in der Literatur (JONASSON 1955, NALEPA & ROBERTSON 1981b), trotzdem können damit jüngere Larvenstadien nicht quantitativ erfaßt werden.

Für eine genaue quantitative Benthosuntersuchung ist ein ungewöhnlich hoher zeitlicher und apparativer Arbeitsaufwand erforderlich!

4. Proben der Oberflächendrift und Zucht

Um einen größeren faunistischen Überblick der Chironomidenbesiedelung des Königssees zu erhalten, wurden zu verschiedenen Jahreszeiten (hauptsächlich im Frühsommer) Oberflächendriftingproben genommen. Dies geschah einmal durch Ziehen eines Driftnetzes mit dem Boot über längere Strecken, zum anderen durch Absammeln der Schwemmsäume an entsprechenden Uferstellen. Die so gewonnenen Puppen, Puppenexuvien und Imagines eignen sich sehr gut zur Artbestimmung, welche bei den Larven in vielen Fällen heute noch nicht möglich ist.

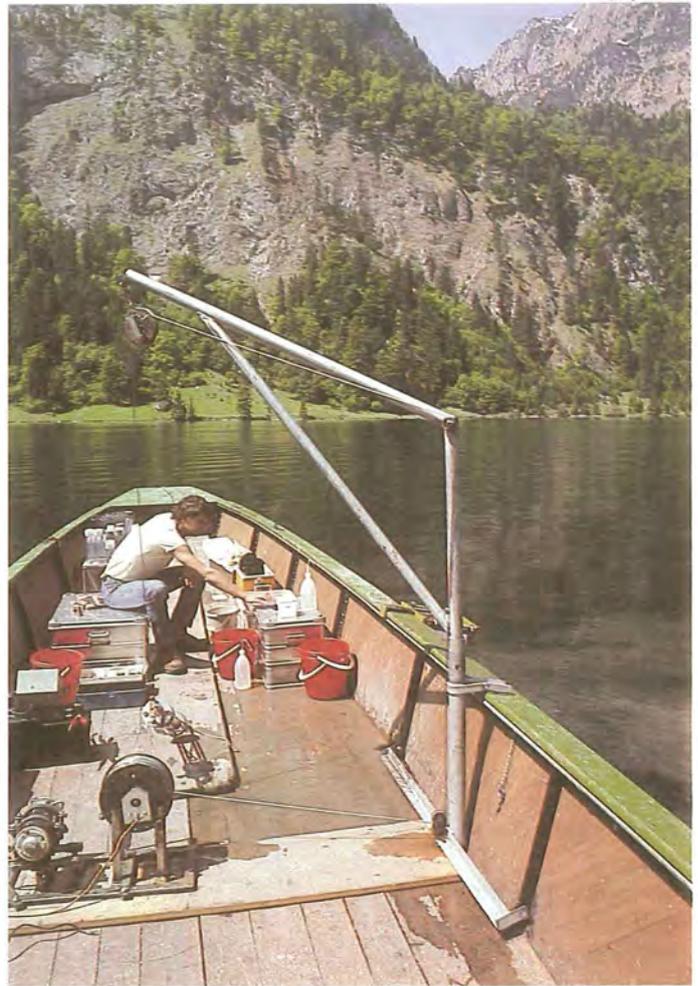
Um die schwierige Larvenbestimmung besser absichern zu können, wurden von den meisten Probenstellen Aufzuchten der Larven bis zur Imago versucht.

5. Artbestimmung und Präparation

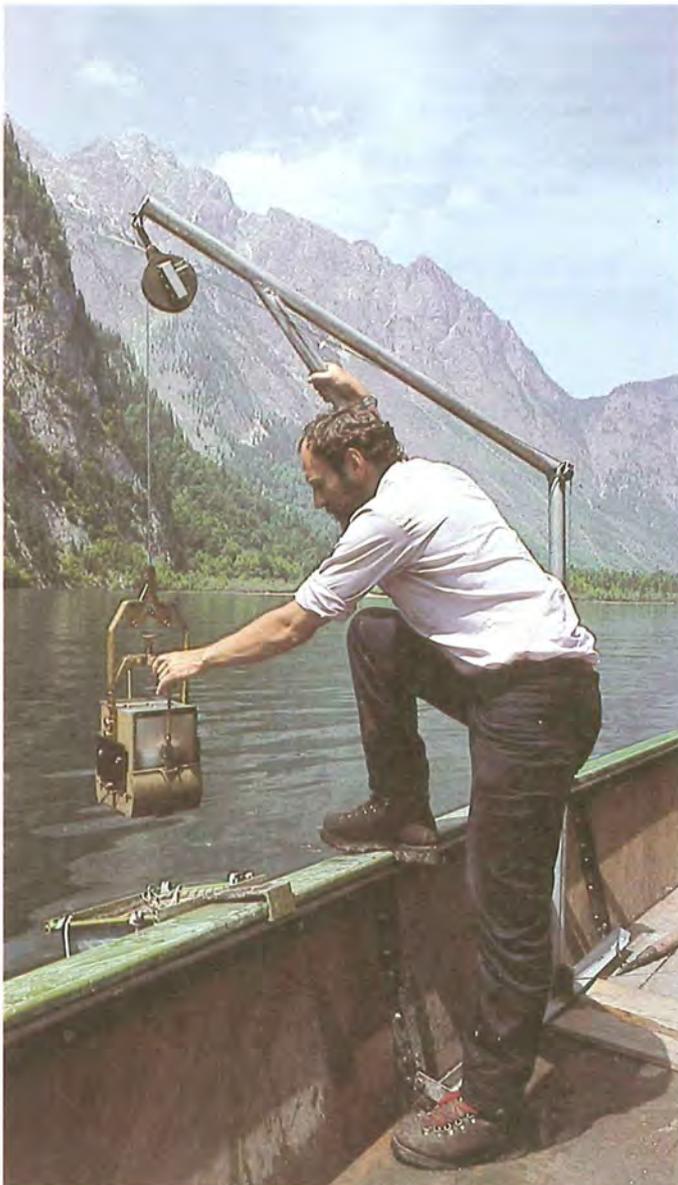
Als sehr geeignete Bestimmungsliteratur für die Chironomidenlarven aus den Weichsedimenten des Königssees erwies sich die Arbeit HOFMANN's (1971b) über „Taxonomie und Palökologie subfossiler Chironomiden (Diptera) in Seesedimenten“. Als Ergänzung wurde folgende Literatur verwendet:

BRYCE & HOBART (1972), CRANSTON (1982), FITTKAU (1962), HIRVENOJA (1973), LANGTON (1980, 1984), LENZ (1941a, b), MASON (1973), MOLLER-PILLOT (1978), PINDER (1978), REISS & FITTKAU (1971), REISS & SÄWEDAL (1981), SAETHER (1975d), SÄWEDAL (1976), SHILOVA (1966b), WIEDERHOLM (1983, 1986), WILSON & MCGILL (1982) und WÜLKER (1956).

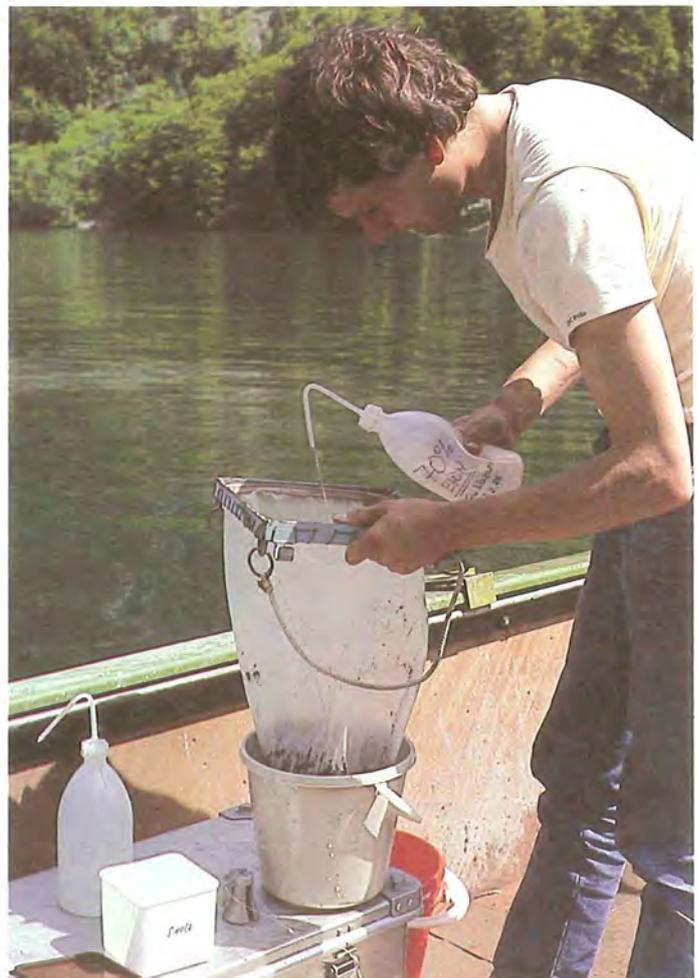
Die zur Artbestimmung vielfach notwendige Präparation erfolgte in Euparal, nach der von SCHLEE (1966) beschriebenen Methode.



Elektrische Winde mit Ausleger.



Bodengreifer im Einsatz.



Auswaschen der Bodenproben.

Ergebnisse

1. Artenliste

In Tab. 2 sind alle Chironomidenarten aufgelistet, die bisher aus dem Königssee bekannt sind. Die mit L (= Larve) oder P (= Puppe) markierten Arten wurden während des Untersuchungszeitraumes in den Bodenproben gefunden; der Tiefenbereich in dem diese Arten vorkommen ist angegeben. Die übrigen Arten entstammen Driftproben und Zuchten bzw. aus den Aufsammlungen von ENGELHARDT (s. SIEBECK 1982).

Tab. 2: Artenliste.

| Tanypodinae | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Ablabesmyia monilis (L.) | L, P 1m - 30m + 190m |
| Ablabesmyia phatta (EGG.) | |
| Arctopelopia barbitarsis (ZETT.) | L 5m + 20m |
| Arctopelopia griseipennis (v.d.WULP) | |
| Arctopelopia melanosoma (G.) | |
| Larsia sp. | L 15m |
| Macropelopia fehlmanni (K.) | L, P 10m - 120m |
| Nilotanypus dubius (MG.) | |
| Paramerina cingulata (WALK.) | |
| Procladius choreus-Typ | L, P 1m - 120m |
| Procladius sagittalis-Typ | |
| Thienemannimyia sp. | L 30m |
| Zavrelimyia sp. | |
| Diamesina | |
| Potthastia longimana K. | |
| Potthastia montium (EDW.) | |
| Protanypus caudatus EDW. | L, P 10m - 60m |
| Prodiamesina | |
| Prodiamesa olivacea (MG.) | L 1m - 15m |
| Orthocladiinae | |
| Corynoneura scutellata WINN. | L, P 1m - 15m |
| Corynoneura lobata EDW. | |
| Cricotopus fuscus (K.) | L, P 1m - 2m |
| Cricotopus cfr. reversus | |
| Eukiefferiella fuldensis LEHM. | |
| Heleniella ornatocollis (EDW.) | |
| Heterotrissocladius marcidus (WALK.) | L, P 1m-2m + 10m-120m |
| Heterotrissocladius sp. | L |
| Orthocladius frigidus (ZETT.) | L 10m |
| Paracladius alpicola (ZETT.) | L, P 10m - 30m |
| Parakiefferiella bathophila (K.) | L, P 1m - 5m |
| Parakiefferiella triquetra (PANKR.) | L 10m - 20m |
| Parakiefferiella smolandica (BRUNDIN) | P |
| Paratrichocladius rufiventris (MG.) | |
| Psectrocladius barbatipes (K.) | L, P 1m - 5m |
| Psectrocladius bisetus G. | |
| Psectrocladius psilopterus K. | |
| Psectrocladius sordidellus (ZETT.) | |
| Pseudosmittia ruttneri STR. | |
| Rheocricotopus effusus (WALK.) | |
| Rheocricotopus fuscipes (K.) | |
| Synorthocladius semivirens (K.) | |
| Thienemanniella sp. | |
| Thienemanniella sp. | |
| Tvetenia calvescens (EDW.) | |

Chironominae / Chironomini

| | |
|----------------------------------|----------------------|
| Chironomus anthracinus-Typ | L, P 1m - 30m |
| Chironomus sp. | |
| Cladopelma sp. | L 1m - 15m |
| Dicotendipes lobiger K. | L 2m - 15m |
| Harnischia sp. | |
| Kiefferulus tendipediformis G. | |
| Microtendipes britteni-Typ | L 2m + 10m - 15m |
| Microtendipes pedellus (DE GEER) | |
| Pagastiella orophila (EDW.) | L, P 1m - 5m |
| Paracladopelma camptolabis K. P | L 10m - 120m |
| Paracladopelma nigritula P | |
| Paratendipes albimanus (MG.) | L, P 1m - 20m |
| Paratendipes plebejus (MG.) | |
| Phaenopsectra sp. | |
| Polypedilum bicrenatum K. P | L 1m - 5m + 15m |
| Polypedilum sp. | |
| Sergentia coracina (ZETT.) | L, P 5m - 120m |
| Stenochironomus sp. | |
| Stictochironomus sp. | L, P 5m - 30m + 120m |

Chironominae / Tanytarsini

| | |
|--------------------------------------|---------------------|
| Cladotanytarsus sp. | L 1m - 10m |
| Micropsectra contracta REISS P | L 1m - 190m |
| Micropsectra coracina (K.) P | |
| Neozavrelia sp. | L 2m |
| Paratanytarsus austriacus K. | L 1m - 15m + 120m |
| Paratanytarsus bituberculatus (EDW.) | |
| Paratanytarsus laccophilus EDW. | |
| Stempellina bausei (K.) | L, P 1m - 15m |
| Stempellinella sp. | |
| Tanytarsus gibbosiceps K. | L 1m-20m + 60m-100m |
| Tanytarsus gregarius (K.) | |
| Tanytarsus mendax K. | |
| Tanytarsus quadridentatus BR. | |
| Tanytarsus brundini-/curticornis-Gr. | |
| Tanytarsus pallidicornis-Gr. | |

| | |
|----------------------------------|----|
| Taxa innerhalb der Probestellen: | 37 |
| Taxa insgesamt: | 76 |

2. Artenzahl im Vertikalprofil

Erwartungsgemäß ist ein Rückgang der Artenzahlen von den flacheren bis zu den tiefen Probestellen der beiden Transekte zu verzeichnen, allerdings erfolgt dieser Rückgang nicht stetig und ist durch Unterschiede zwischen diesen beiden Transekten gekennzeichnet (Abb. 3).

Im Nordteil (N) werden maximale Artenzahlen in 1, 2 und 10m Tiefe erreicht, eine starke Verringerung erfolgt in 5m Tiefe. Ab 10m bis 60m zeigt die Kurve eine relativ kontinuierliche Abnahme. In 120m Tiefe erhöht sich die Artenzahl wiederum um 2 Arten, lediglich 2 Arten sind in 190m Tiefe vertreten.

Im Südteil (S) wird die maximale Artenzahl in 15m erreicht. Die anfänglich geringe Artenzahl in 1m (12 Arten) bleibt in 2, 5 und 10m konstant; ab 15m erfolgt eine kontinuierliche Abnahme bis in 100m Tiefe.

Folgende Gattungen besiedeln die tiefsten Probestellen der beiden Transekte:

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| 190m Tiefe (Nordteil): | Ablabesmyia Micropsectra |
|------------------------|-----------------------------|

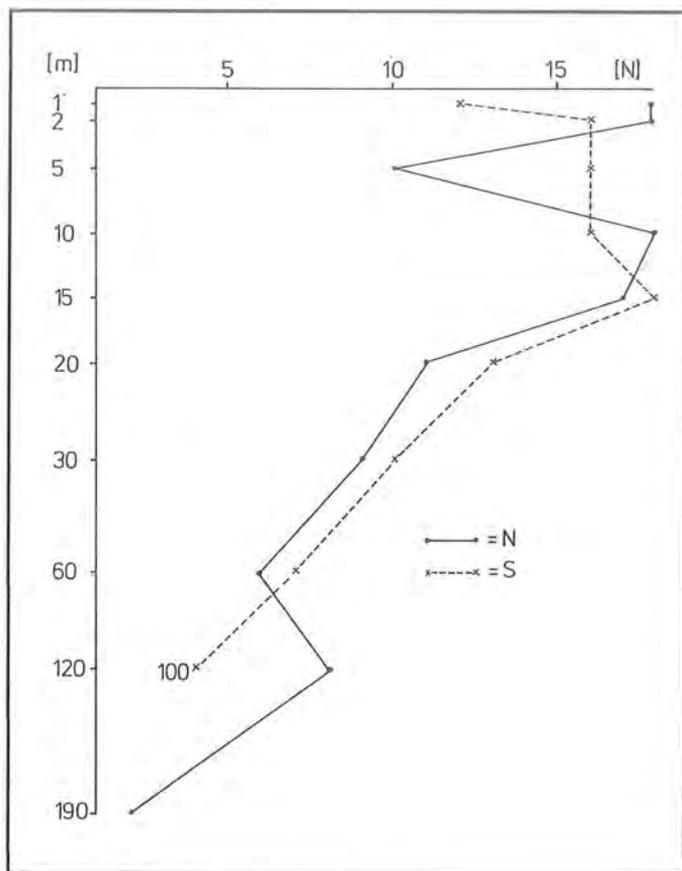


Abb. 3: Artenzahl im Vertikalprofil.

120m Tiefe (Nordteil):
 Heterotrissocladius
 Macropelopia
 Micropsectra
 Paracladopelma
 Paratanytarsus
 Procladius
 Sergentia
 Stictochironomus

100m Tiefe (Südteil):
 Micropsectra
 Paracladopelma
 Procladius
 Tanytarsus

3. Bathymetrische Verteilung

3.1 Bathymetrische Verteilung der Unterfamilien bzw. Tribus

Die bathymetrische Verteilung der Unterfamilien basiert auf den addierten Mittelwerten der einzelnen Taxa über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Die Tribus Chironomini dominiert dabei im Nordteil (Abb. 4) in 1, 2, 15, 20 und 30m. Die mittleren Tiefenstufen werden in 5m von den Tanypodinae, in 10m von den Orthoclaadiinae angeführt. Das Profundal ab 60m wird dann ganz von den Tanytarsini beherrscht, die allerdings ihre maximalen Individuenzahlen in 1m bis 10m erreichen.

Die bathymetrische Verteilung der Unterfamilien im Südteil (Abb. 5) ist derjenigen des Nordteiles prinzipiell ähnlich, eine große Ausnahme stellt jedoch der 1m-Bereich dar, welcher ganz eindeutig von den Tanypodinae dominiert wird. Auch in 5m Tiefe ist die Dominanz der Tanypodinae eindeutig. Wie im Nordteil, übernehmen die Orthoclaadiinae in 10m die klare Führung vor den anderen Gruppen. Ab 15m bis zur größten Tiefe von 100m erreichen wiederum die Tanytarsini ihre maximale Verbreitung. Die Chironomini sind lediglich in 2m Tiefe sehr stark vertreten.

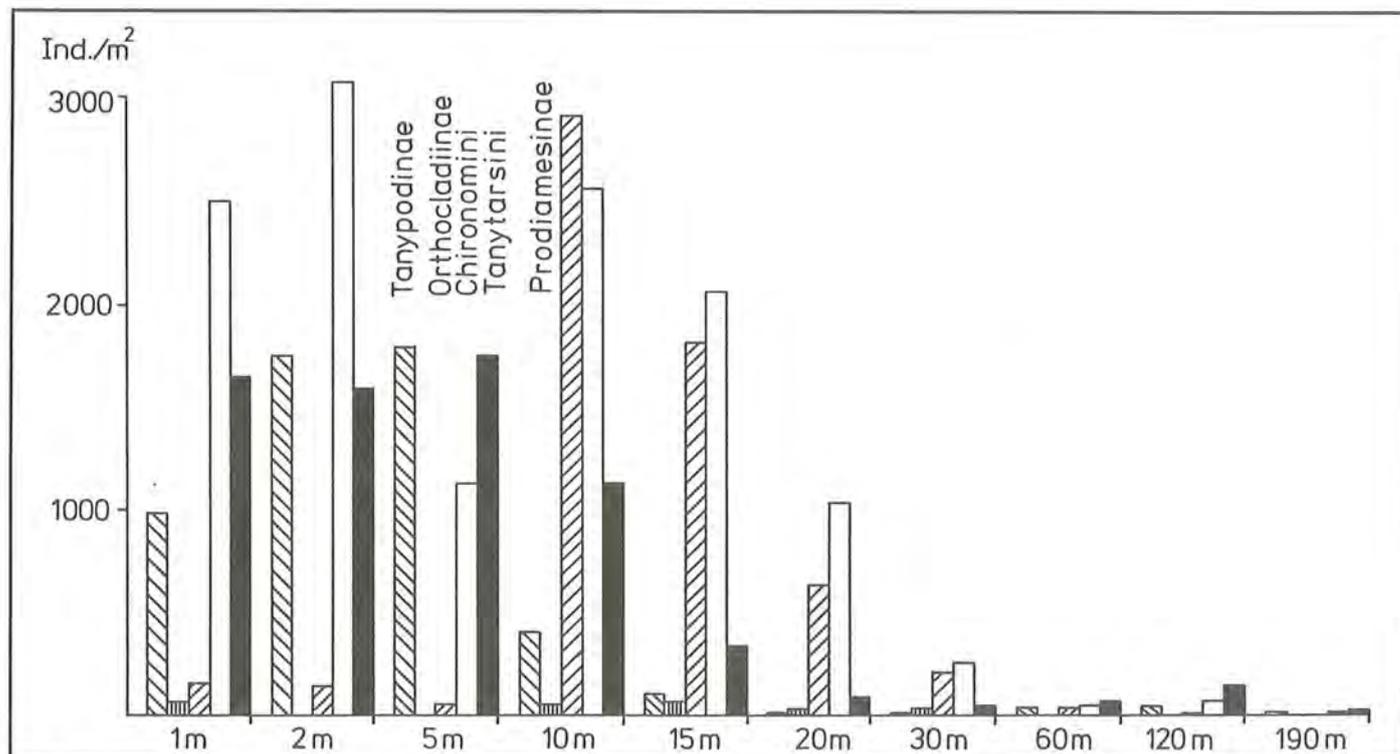


Abb. 4: Bathymetrische Verteilung der Unterfamilien/Tribus: Nordteil.

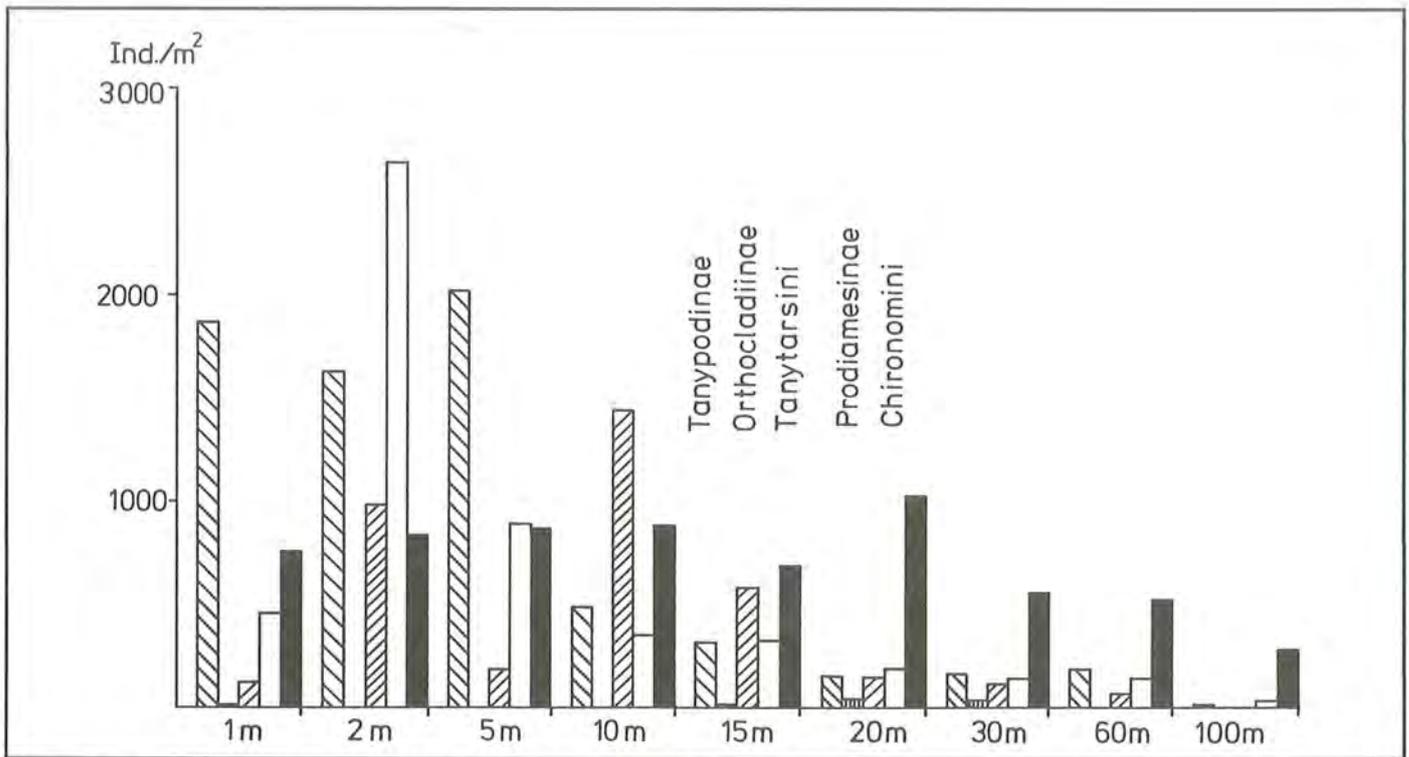


Abb. 5: Bathymetrische Verteilung der Unterfamilien/Tribus: Südteil.

3.2 Bathymetrische Verteilung der wichtigsten Larven

Auch die bathymetrische Verteilung der wichtigsten Chironomidenlarven im Benthal des Königssees ba-

siert auf den Mittelwerten des gesamten Untersuchungszeitraumes. Zu den einzelnen Terminen kann sich also eine davon grundsätzlich verschiedene vertikale Verteilung ergeben.

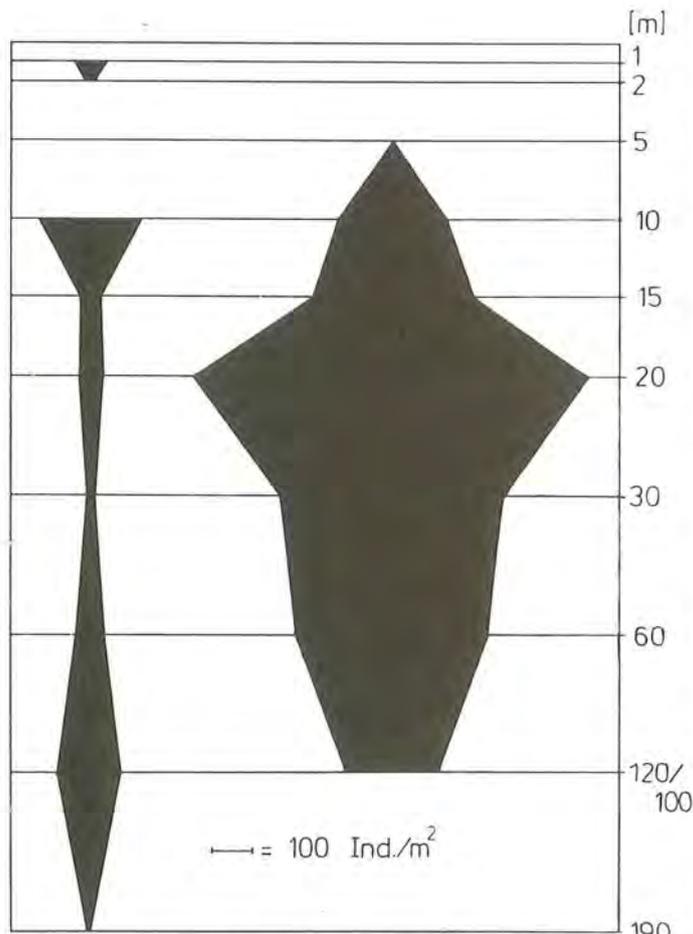


Abb. 6: Bathymetrische Verteilung von *Micropsectra*; Links: Nordteil, Rechts: Südteil.

Typische Bewohner des Profundals des Königssees – sowohl anhand der vertikalen Verteilung als auch aufgrund der Abundanzen – sind die Larven der Gattungen *Micropsectra*, *Heterotrissocladius* und *Paracladopelma* (Abb. 6 – 8). Auffallend ist dabei die unterschiedliche Besiedelung von Nord- und Südteil durch die beiden *Micropsectra*-Arten (Abb. 6). Die hauptsächliche Entfaltung dieser Gattung liegt im Südteil des Königssees, wobei die maximale Verbreitung in 20m (\bar{O} 997 Ind./m²) liegt. Der Maximalwert im Nordteil liegt bei 252 Ind./m² in 10m Tiefe. Die dünne Besiedelung des Nordteiles in 1m – 2m deutet möglicherweise auf eine dritte (litorale) *Micropsectra*-Art hin.

Auch *Heterotrissocladius* ist ein ausgesprochener Profundal-Bewohner (Abb. 7) mit maximaler Verbreitung in 20m (Nordteil, \bar{O} 319 Ind./m²) bzw. in 30m (Südteil, \bar{O} 105 Ind./m²). Wie bei *Micropsectra* muß auch bei *Heterotrissocladius* mit einer zweiten, litoralen, Art gerechnet werden.

Die Larven der Gattung *Paracladopelma* leben – in nennenswerter Zahl – am tiefsten im Profundal des Königssees; ihr Abundanzmaximum erreichen sie im Nordteil in 30m, im Südteil sogar in 60m Tiefe (Abb. 8).

Eine Mittelstellung zwischen Sublitoral und Profundal nimmt *Stictochironomus* ein. Die Larven dieser Gattung haben ihre maximale Verbreitung zwischen 10m und 30m (Maximalwert in 15m: 1570 Ind./m²) und

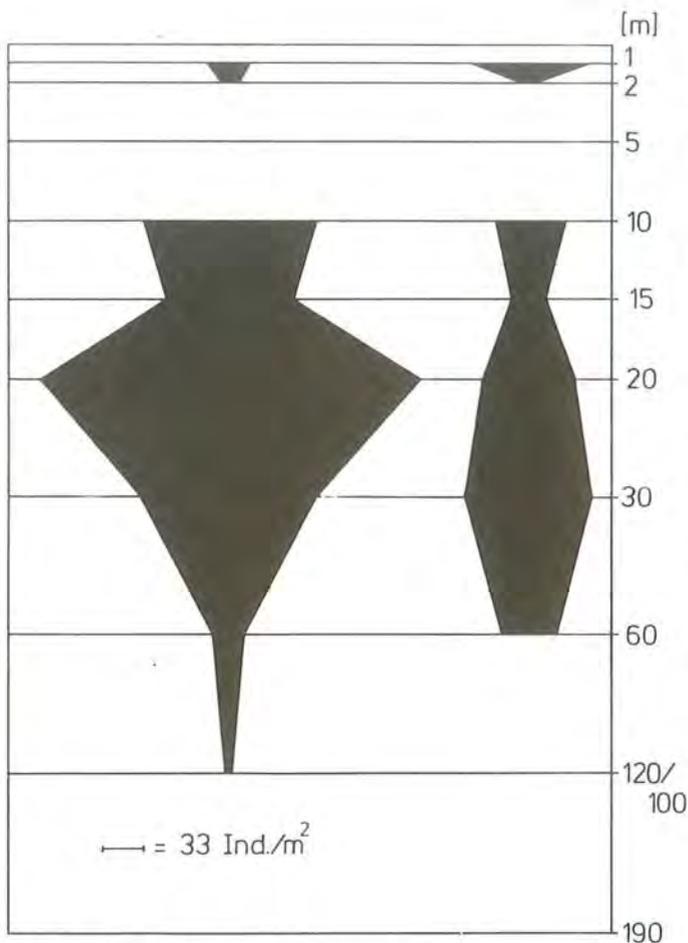


Abb. 7: Bathymetrische Verteilung von *Heterotrissocladius*.

kommen fast ausschließlich im Nordteil des Königs-sees vor (Abb. 9). Ein geringer Bestand in 120m er-
weitert das bathymetrische Spektrum nur unwesent-
lich. Die Besiedelung des Südteiles von 5m – 30m ist
so gering, daß auf eine Darstellung verzichtet wurde.

Sergentia coracina erreicht etwas höhere durch-
schnittliche Individuenzahlen und besiedelt schwer-
punktmäßig das Sublitoral von 5m bis 15m, mit maxi-
mal 1766 Ind./m² in 15m (Abb. 10). Die Besiedelung
im Profundal bis 120m ist ausgesprochen dünn.

Bei *Procladius* ist der Besiedelungsschwerpunkt
noch weiter in Richtung Litoral verlegt (Abb. 11); in
beiden Seeteilen wird die maximale Besiedelungs-
dichte in 5m erreicht (Maximum im Südteil: Ø 1988
Ind./m²).

Ebenfalls in 5m besitzt die Gattung *Tanytarsus* ihre
maximale Verbreitung (1514 Ind./m², Nordteil). Eine
dünne Besiedelung erfolgt auch im Profundal des
Südteiles von 60m bis 120m (Abb. 12).

Eine stark begrenzte Tiefenverteilung ist für *Paracla-
dius* charakteristisch; im Bereich von 10m bis 30m
liegt der Maximalwert mit Ø 2426 Ind./m² im Nordteil
in 10m Tiefe (Abb. 13).

Sehr unterschiedlich sind die Besiedelungsdiagram-
me zwischen Nord- und Südteil für *Chironomus*; wäh-
rend im Nordteil die maximale Individuendichte in 1m

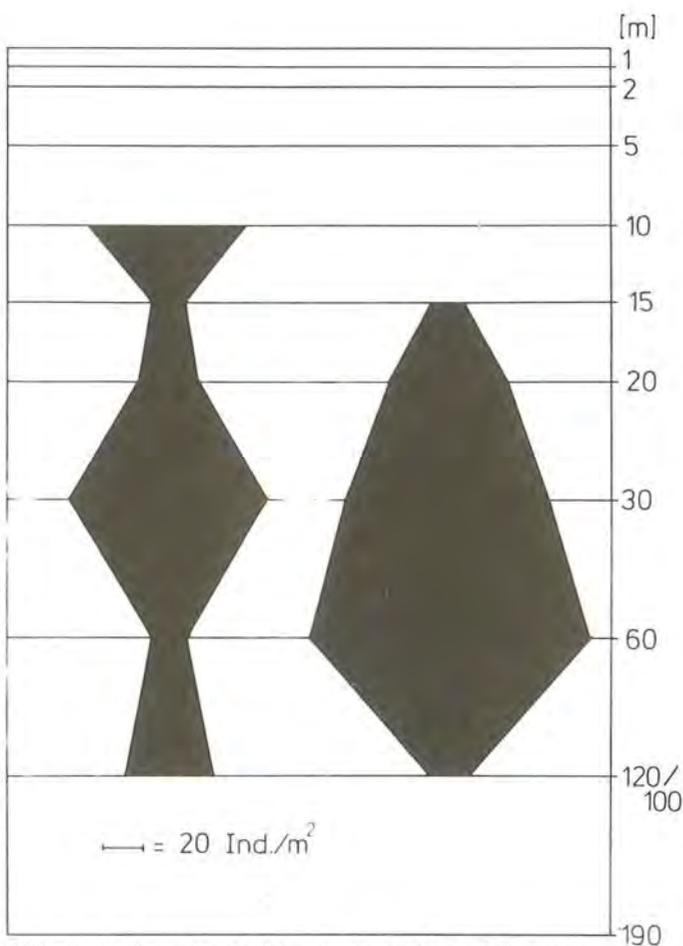


Abb. 8: Bathymetrische Verteilung von *Paracladopelma*.

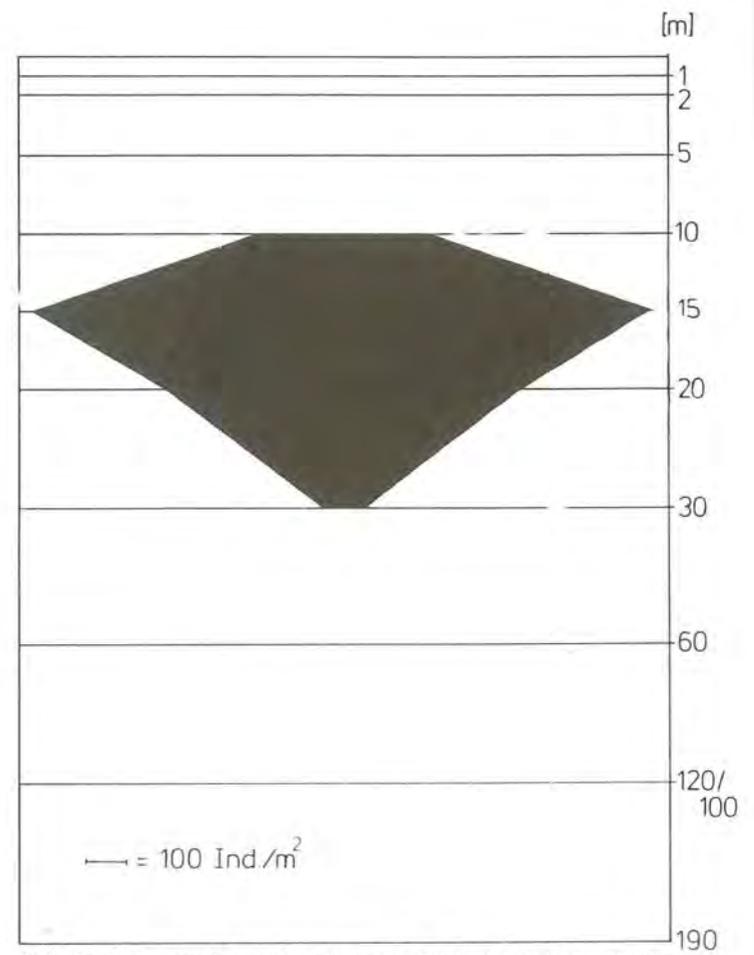


Abb. 9: Bathymetrische Verteilung von *Stictochironomus*: Nordteil.

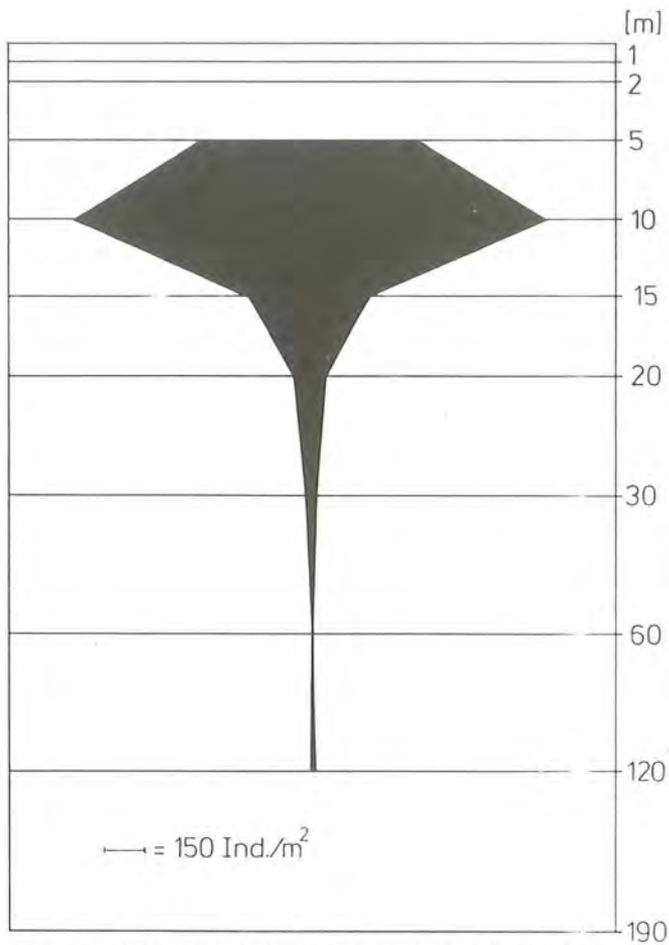


Abb. 10: Bathymetrische Verteilung von *Sergentia coracina*: Nordteil.

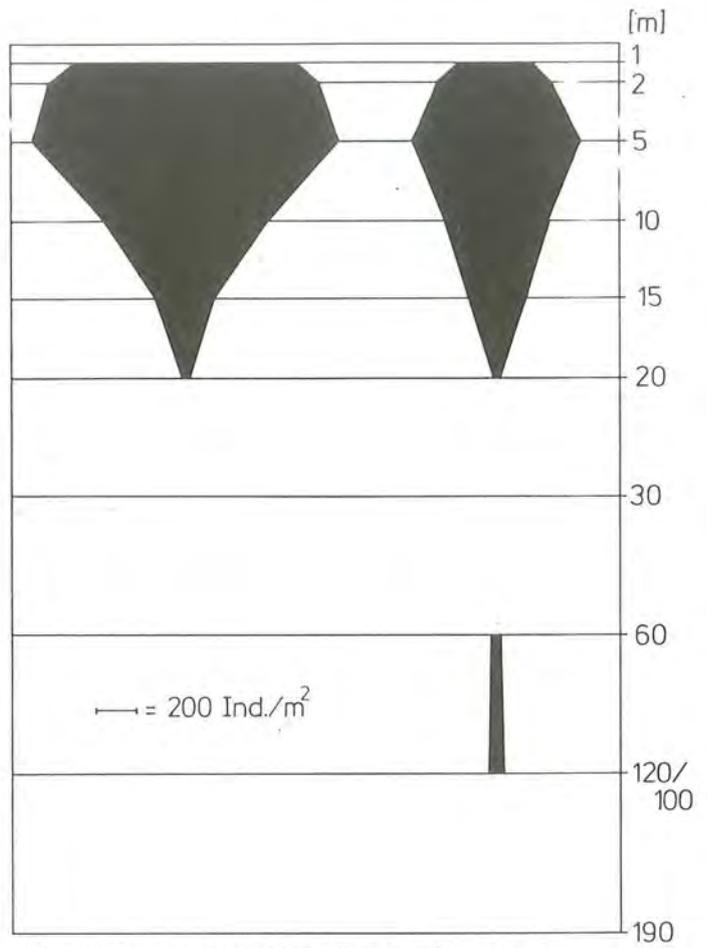


Abb. 12: Bathymetrische Verteilung von *Tanytarsus*.

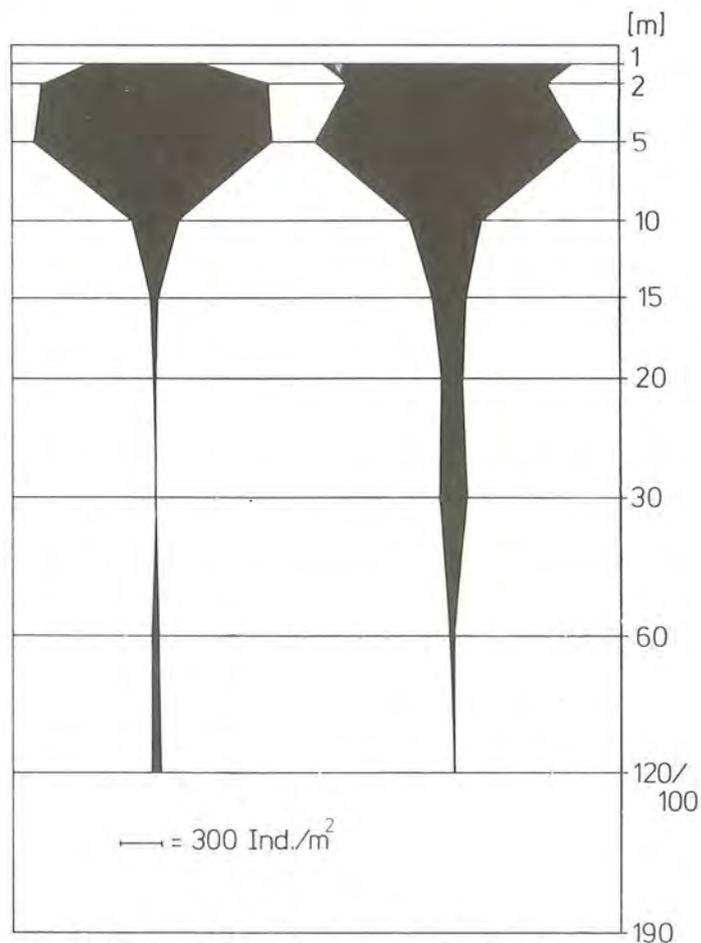


Abb. 11: Bathymetrische Verteilung von *Procladius*.

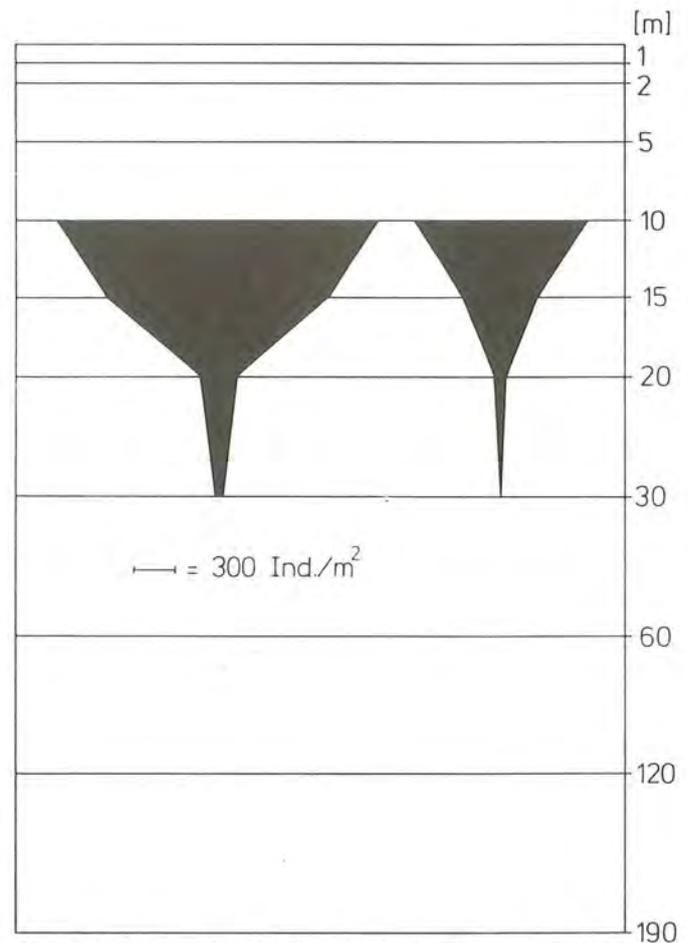


Abb. 13: Bathymetrische Verteilung von *Paracladius alpicola*.

Tiefe liegt (418 Ind./m²) wird der Höchstwert von 252 Ind./m² im Südteil in 10m Tiefe erreicht (Abb. 14).

Als charakteristische Litoralart mit nennenswerter Besiedelungsdichte soll hier lediglich *Pagastiella orophila* aufgeführt werden (Abb. 15). Die Art kommt im ganzen See von 1 m bis 5m vor und hat ihre maximale Verbreitung in 2m (2057 Ind./m² im Nordteil).

4. Mittlere Abundanzen der häufigsten Arten

4.1 Larven und Puppen (Insgesamt)

Den Diagrammen liegen die durchschnittlichen Individuenzahlen pro m² von sämtlichen Larven bzw. Puppen während des gesamten Untersuchungszeitraumes für beide Transekte zugrunde, wobei jeweils alle Tiefenstufen zusammengefaßt sind.

Maximale Larvenzahlen werden im Nordteil im Juli, im Südteil im August erreicht (Abb. 16). Danach sinken die Individuenzahlen bei beiden Transekten bis zum Minimalwert im Oktober ab, um bis Dezember wieder mehr oder weniger stetig anzusteigen. Abgesehen vom August-Wert, sind die Abundanzen im Nordteil deutlich höher als im Südteil des Sees.

Der Kurvenverlauf der Puppen-Abundanzen ist dem der Larven relativ ähnlich, beide Maxima (Nord-, Süd-

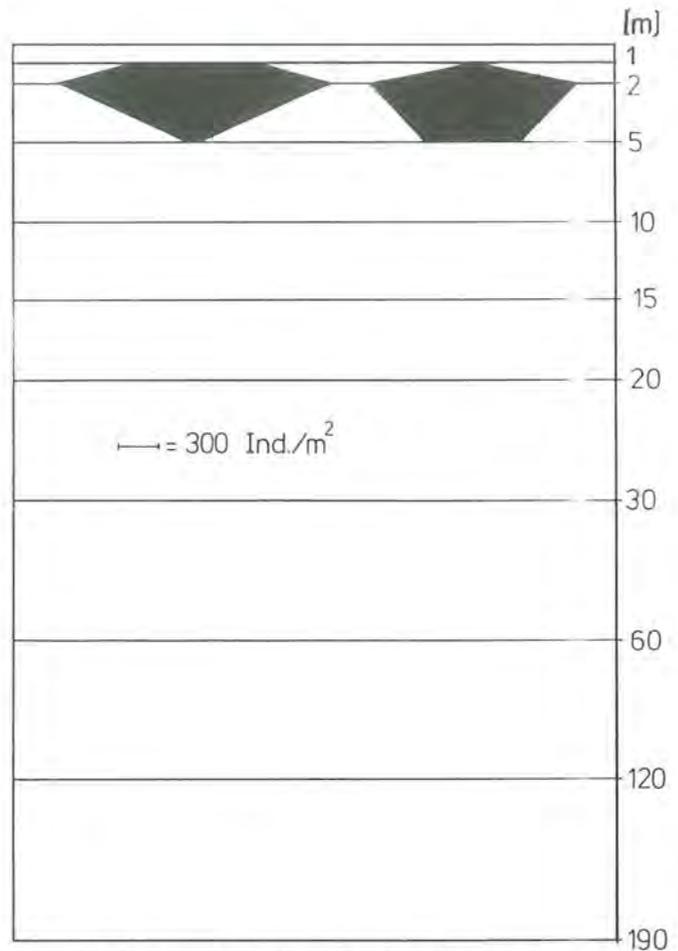


Abb. 15: Bathymetrische Verteilung von *Pagastiella orophila*.

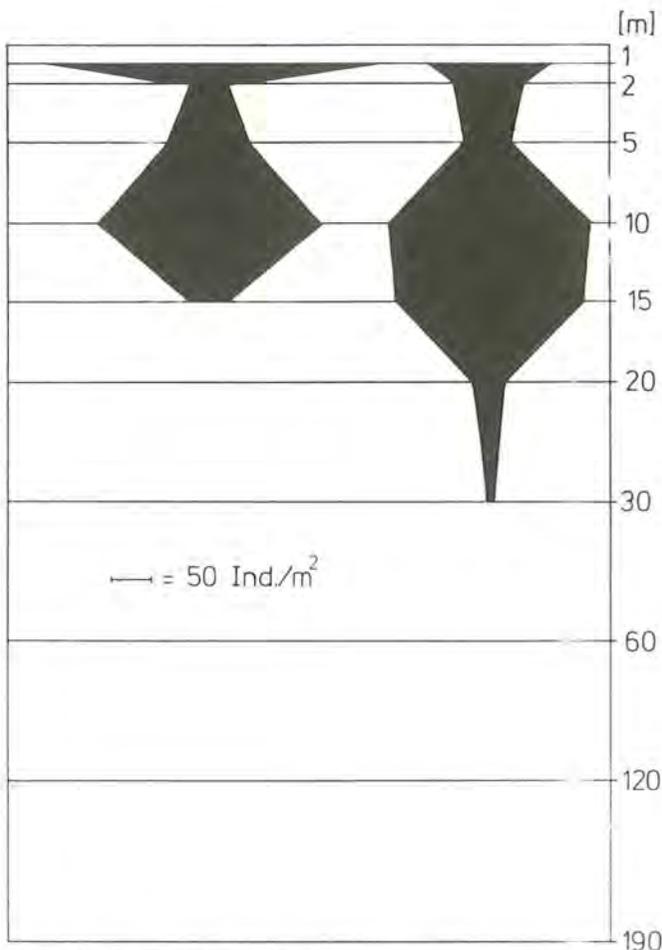


Abb. 14: Bathymetrische Verteilung von *Chironomus*.

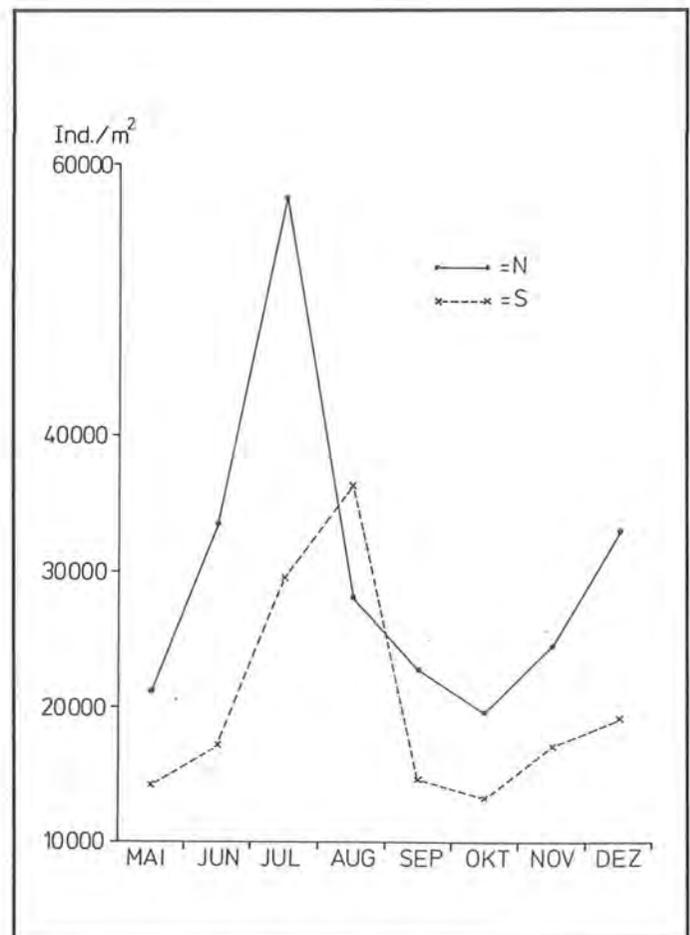


Abb. 16: Jahreszeitliche mittlere Abundanz aller Larven.

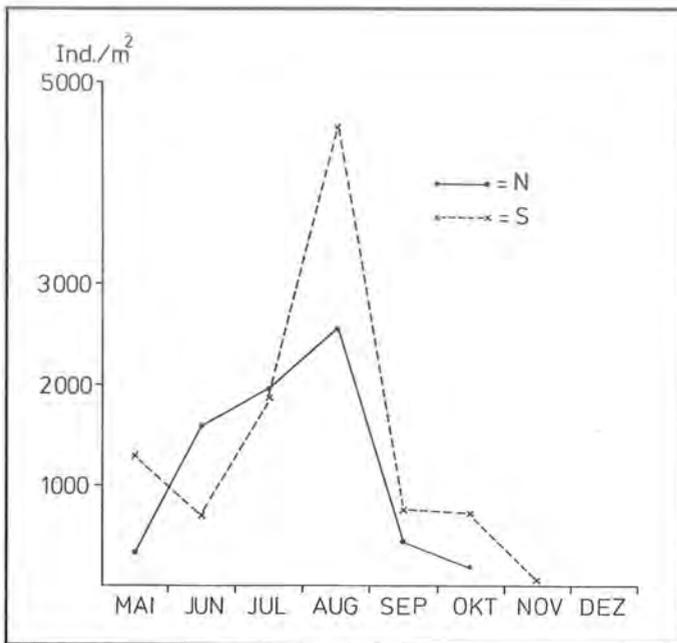


Abb. 17: Jahreszeitliche mittlere Abundanz aller Puppen.

teil) liegen im August (Abb. 17). Im Gegensatz zu den Larven, wurden im Südteil mehr Puppen gefunden als im Nordteil. Hier liegt auch der Abundanzwert für Mai höher als der Juniwert. Der hohe Abundanzwert von August im Südteil wird im wesentlichen durch *Paracadius*-Puppen verursacht. Im Dezember konnten keine Puppen mehr in den Bodenproben nachgewiesen werden.

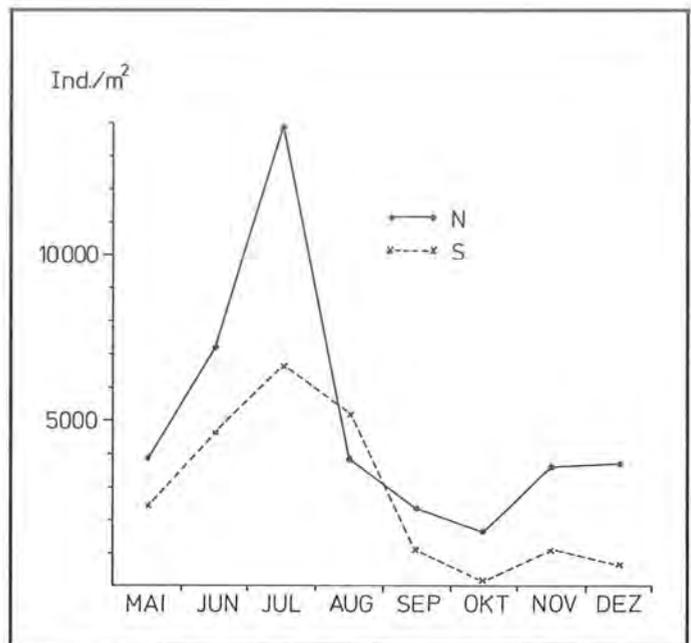


Abb. 19: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: Tanytarsus.

4.2 Saisonale Veränderung der mittleren Abundanzen der *Micropsectra*-Puppen

Chironomiden-Puppen traten in den Bodenproben nur sehr vereinzelt auf und konstant nennenswerte Abundanzen während des gesamten Untersuchungszeitraumes sind nur für die Gattung *Micropsectra* zu verzeichnen.

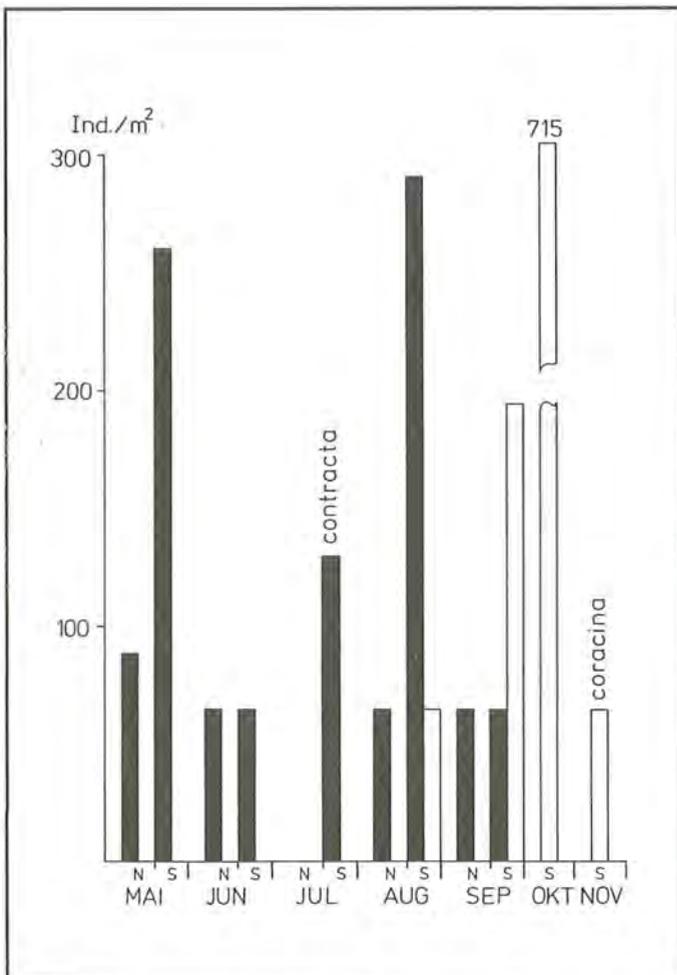


Abb. 18: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: *Micropsectra*-Puppen.

Während *Micropsectra contracta* mehr oder weniger regelmäßig von Mai bis September in beiden Transekten vertreten ist, kommt *M. coracina* nur im Südteil vor und zwar in der Zeit von August bis November (Abb. 18). Das Maximum von 715 Puppen/m² wird im Oktober erreicht. *M. contracta* zeigt im Südteil jeweils 1 Maximum im Mai und August. Die Werte für *M. contracta* resultieren aus dem Tiefenbereich 10m bis 120m, diejenigen für *M. coracina* von 20m bis 60m.

4.3 Saisonale Veränderung der mittleren Abundanz der häufigsten Larven

Die Abundanzwerte der Tanytarsus-Larven verlaufen bei beiden Transekten sehr ähnlich (Abb. 19). Das Maximum an Individuen ist im Juli zu vermerken, im Nordteil beträgt dieser Wert 13966 Ind./m². Zum Herbst hin sinken die Individuenzahlen, um im November (im Nordteil auch noch Dezember) wieder anzusteigen. Sieht man von August ab, liegen die Abundanzwerte im Nordteil deutlich höher.

Im Gegensatz dazu ist der Kurvenverlauf für *Micropsectra* relativ starken Schwankungen unterworfen und differiert auch zwischen den beiden Transekten z.T. recht stark (Abb. 20). Die Abundanzwerte im Südteil sind um ein Vielfaches höher (im Oktober 24x) als im Nordteil des Königssees, lediglich die Dezemberwerte sind angeglichen. Im Südteil liegt die maximale Besiedelungsdichte in den Monaten Juni bis August (4158 Ind./m²), steigt im Oktober kurz an und fällt

bis Dezember stark ab. Umgekehrte Verhältnisse liegen im Nordteil vor, wo die Individuenzahlen von Mai zu Juni, Juli zu August und September zu Oktober sowie im Dezember nochmals kräftig ansteigen.

Auch die Gattung *Procladius* ist im Südteil stärker vertreten, das Maximum im August liegt bei 9614 Ind./m² (Abb. 21). Im Nordteil wird die maximale Besiede-

lungsdichte erst im September erreicht. Nach einem Zwischenanstieg im November in beiden Seeteilen, fallen die Kurven zum Dezember wieder ab.

Sergentia coracina ist im Südteil des Königssees nur in den Monaten November und Dezember in sehr geringen Individuendichten (65 bzw. 32 Ind./m²) gefunden worden (Abb. 22). Im Nordteil tritt diese Art erst-

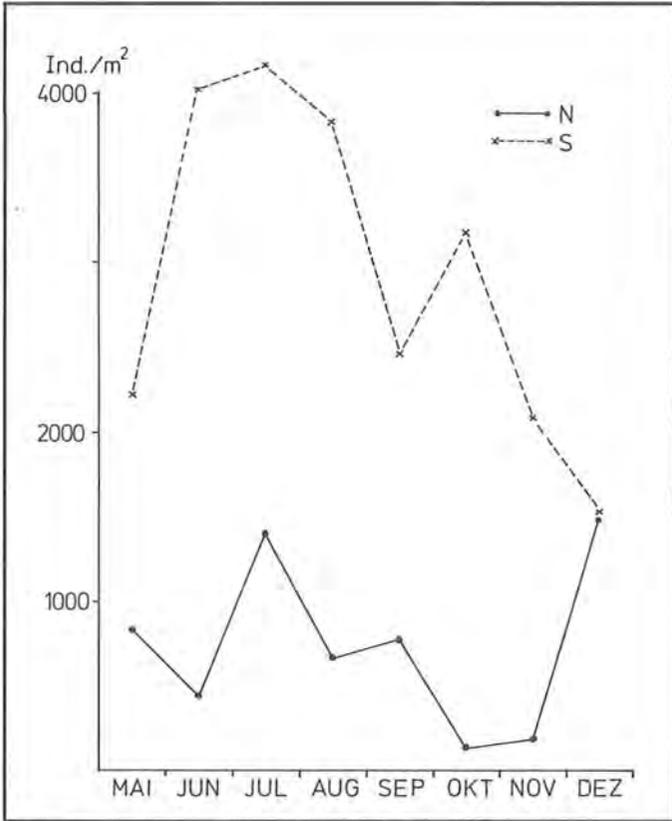


Abb. 20: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: *Micropsectra*.

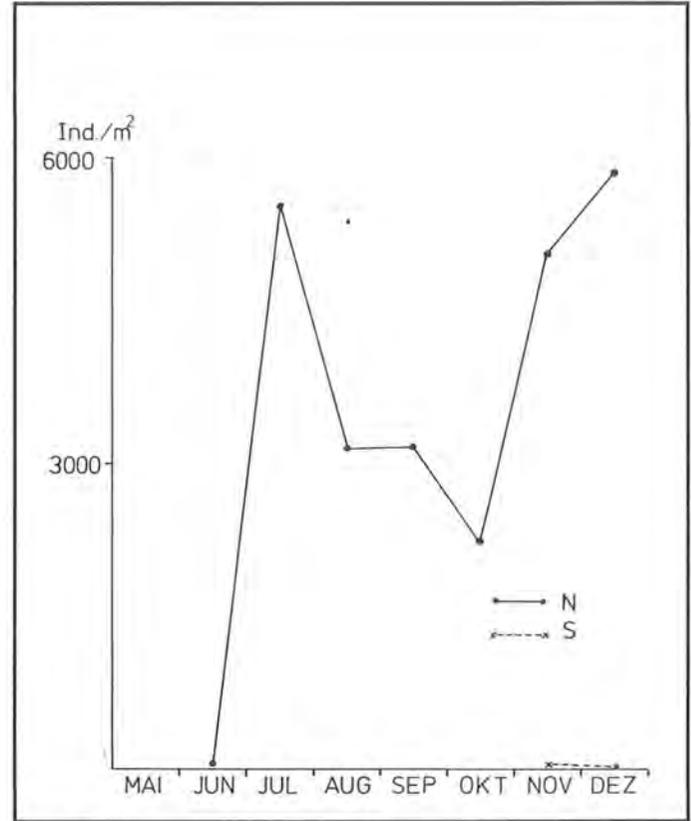


Abb. 22: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: *Sergentia coracina*.

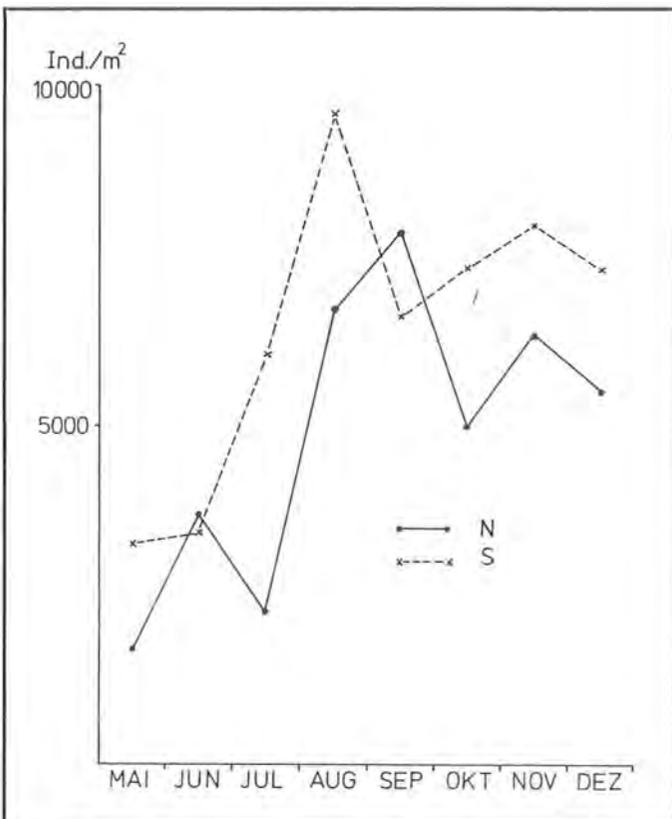


Abb. 21: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: *Procladius*.

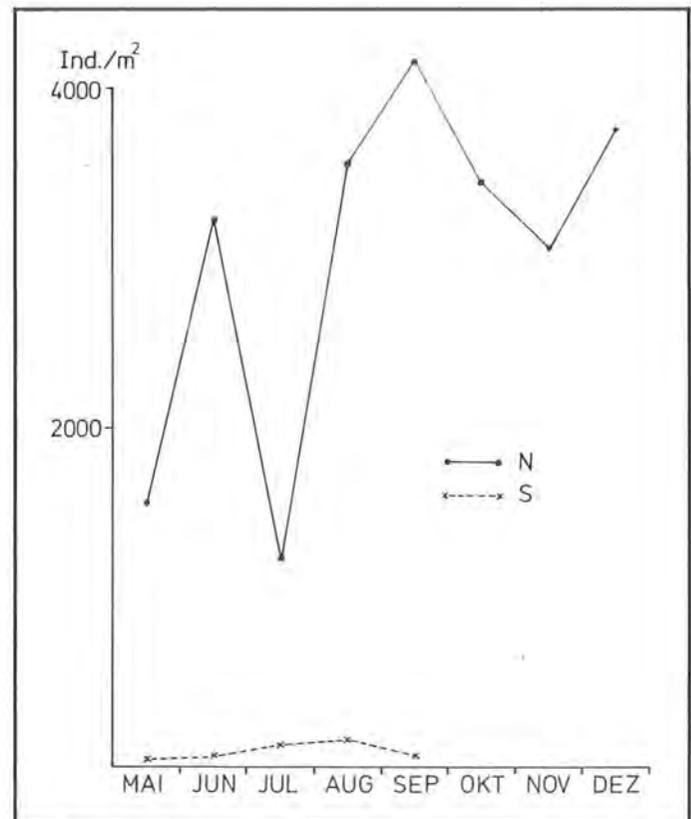


Abb. 23: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: *Stictochironomus*.

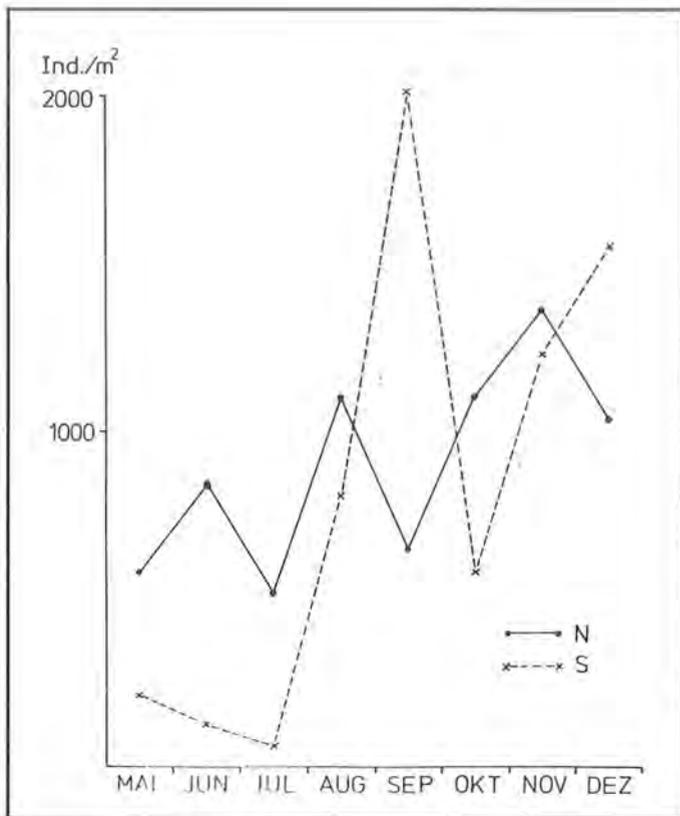


Abb. 24: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: Chironomus.

mals im Juni mit ebenfalls niedriger Individuendichte (65 Ind./m²) auf, erreicht im Juli ein erstes Maximum und fällt dann bis Oktober ab. Ein zweiter steiler Anstieg im November führt im Dezember zu dem Maximalwert von 5845 Ind./m².

Auch *Stictochironomus* erlangt im Südteil kaum nennenswerte Besiedlungsdichten. Im Nordteil erfolgt im Juni ein erster Anstieg der Individuenzahlen, die Kurve sinkt im Juli auf ihren Minimalwert und erreicht im September mit 4157 Ind./m² ihr Maximum (Abb.

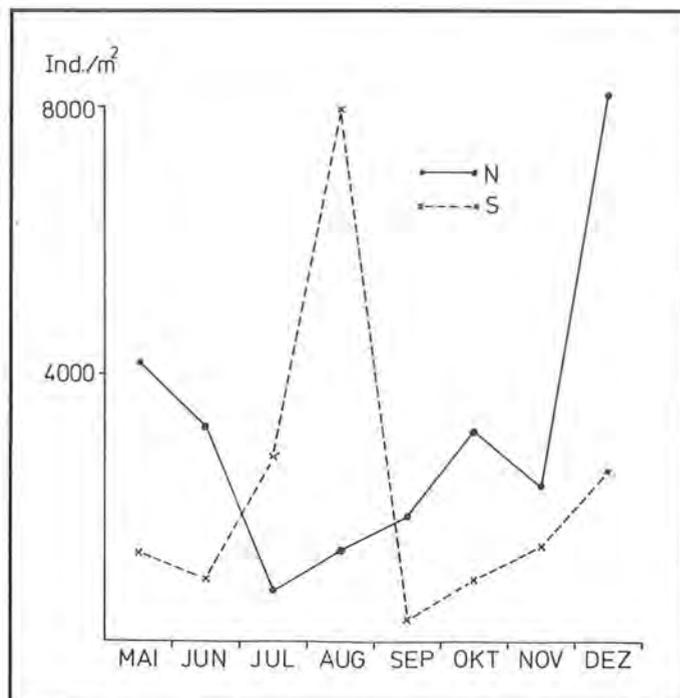


Abb. 25: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: *Pagastiella orophila*.

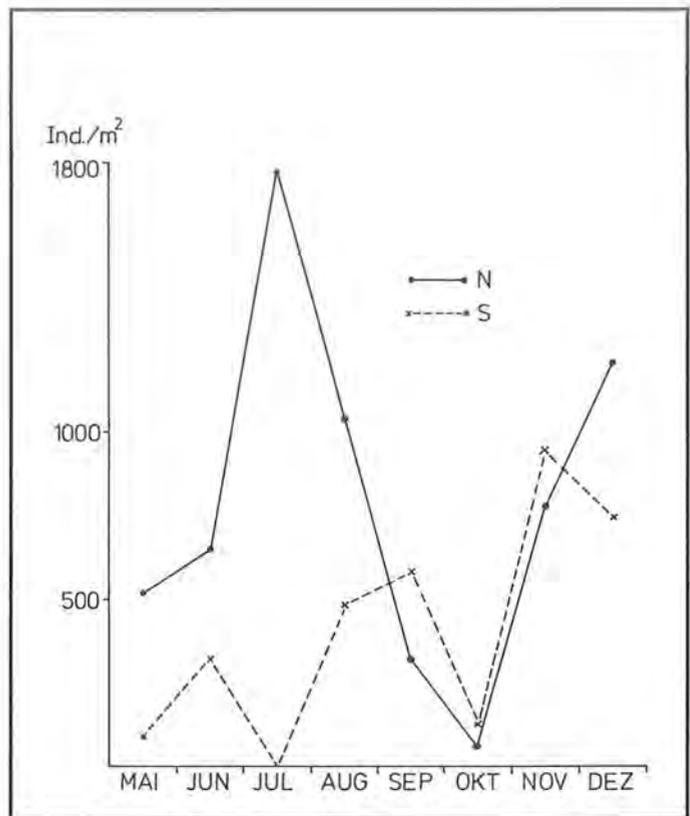


Abb. 26: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: *Heterotrissocladius*.

23). Die bis November wieder sinkenden Abundanzwerte steigen dann im Dezember ein erneutes Mal an.

Der Kurvenverlauf der Abundanzwerte für *Chironomus* unterliegt im Nordteil starken Schwankungen (Abb. 24). Im Südteil sinkt die Individuendichte von Mai bis Juli ab und steigt dann rapide bis September an (Maximum 2013 Ind./m²). Im Oktober wird ein zweites Maximum erreicht, bis Dezember steigt die Kurve wieder an.

Während *Pagastiella orophila* im Südteil ihre maximale Besiedlungsdichte im August erreicht, liegt der Maximalwert im Nordteil im Dezember mit 8152 Ind./m² (Abb. 25). Dieser Kurvenanstieg zum Dezember ist auch im Südteil zu beobachten.

Heterotrissocladius-Larven erreichen im Nordteil ihr Maximum im Juli (1776 Ind./m²), wo im Südteil überhaupt keine Larven gefunden wurden (Abb. 26). Von September bis November stimmt der Kurvenverlauf in beiden Transekten sehr gut überein. Während im Südteil die Abundanzwerte zum Dezember hin absinken, erfolgt im Nordteil ein weiterer Anstieg.

Keine *Paracladopelma*-Larven konnten von August bis Oktober in den Bodenproben des Nordteiles nachgewiesen werden. Hier wird das Maximum im Juni erreicht, ein zweiter Kurvenanstieg erfolgt im November und Dezember (Abb. 27). Dieser Anstieg zum Jahresende ist im Südteil noch ausgeprägter, 942 Ind./m² werden im Dezember erreicht.

Sehr einheitlich ist der Kurvenverlauf in beiden Transekten für *Paracladius alpicola* (Abb. 28). Diese Art

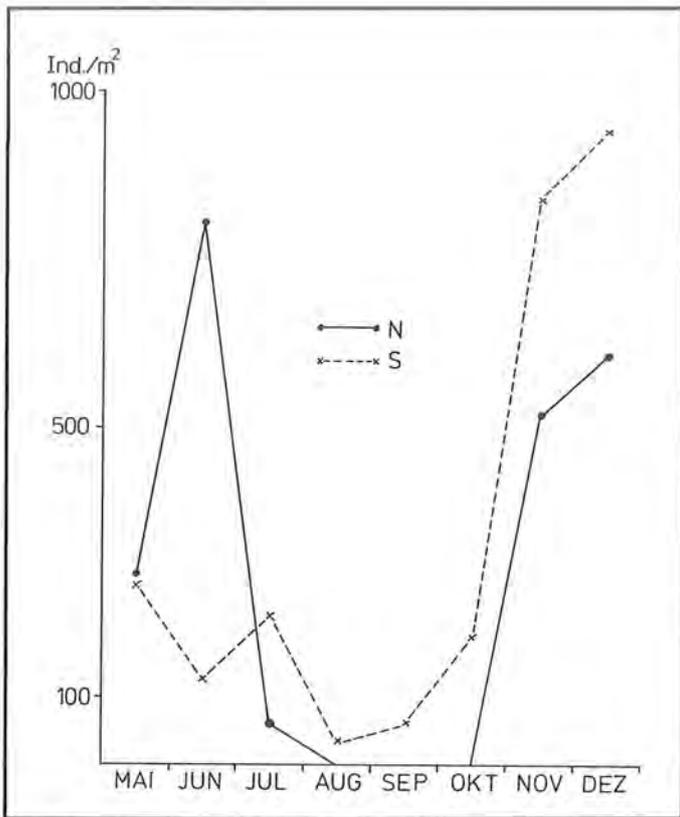


Abb. 27: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: Pracladopelma.

erzielt im Königssee die höchste Besiedelungsdichte bezüglich eines Untersuchungstermines: 19336 Ind./m² im Juli (14096 Ind./m² in 10m). Die Abundanzwerte nehmen dann bis Oktober stark ab, im November werden keine Larven mehr gefunden und erst im Dezember konnte wieder eine geringe Besiedelung im Nordteil nachgewiesen werden.

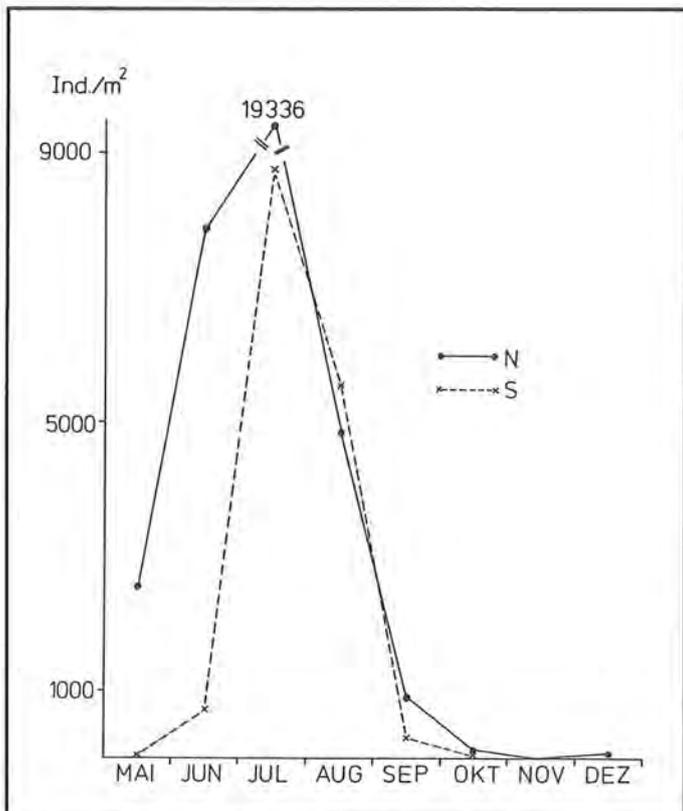


Abb. 28: Jahreszeitliche mittlere Abundanz: Paracladius alpicola.

4.4 Saisonale Abundanzen in einzelnen Tiefenstufen

Um feststellen zu können, ob in verschiedenen Tiefenstufen eventuell unterschiedliche saisonale Abundanzen vorliegen, wurden für die Tanytarsus-, Micropsectra-, Procladius- und Sergentia-Larven die absoluten Abundanzen im Jahresverlauf dargestellt (Abb. 29 – 32).

Für Tanytarsus ist der Kurvenverlauf in den meisten Tiefenstufen sehr einheitlich: einem Maximum im Sommer (Juni, Juli) folgt eine mehr oder weniger gleichmäßige Abnahme bis zum Jahresende (Abb. 29). In den tieferen Bereichen (5m – 15m) der beiden Transekte liegen kaum Unterschiede vor.

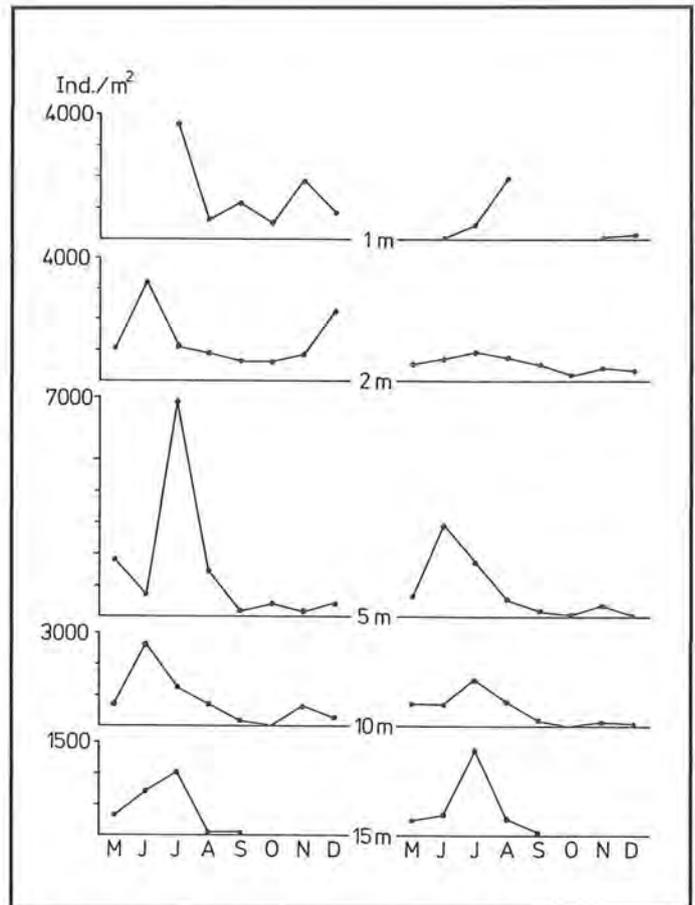


Abb. 29: Jahreszeitliche absolute Abundanz in einzelnen Tiefenstufen: Tanytarsus.

Im Gegensatz zu Tanytarsus läßt der Kurvenverlauf für Micropsectra keine Regelmäßigkeit erkennen, die Besiedelung der einzelnen Tiefenstufen ist ausgesprochen verschieden (Abb. 30) und zeigt keine besonderen saisonalen Präferenzen.

Das gleiche gilt im Prinzip für die Gattung Procladius, deren Besiedelungsdichte aber immerhin eine Präferenz für die Monate August und September erkennen läßt (Abb. 31). Im Durchschnitt werden in der zweiten Jahreshälfte deutlich höhere Abundanzwerte erzielt.

Sergentia coracina weist für jede dargestellte Tiefenstufe einen unterschiedlichen Kurvenverlauf auf

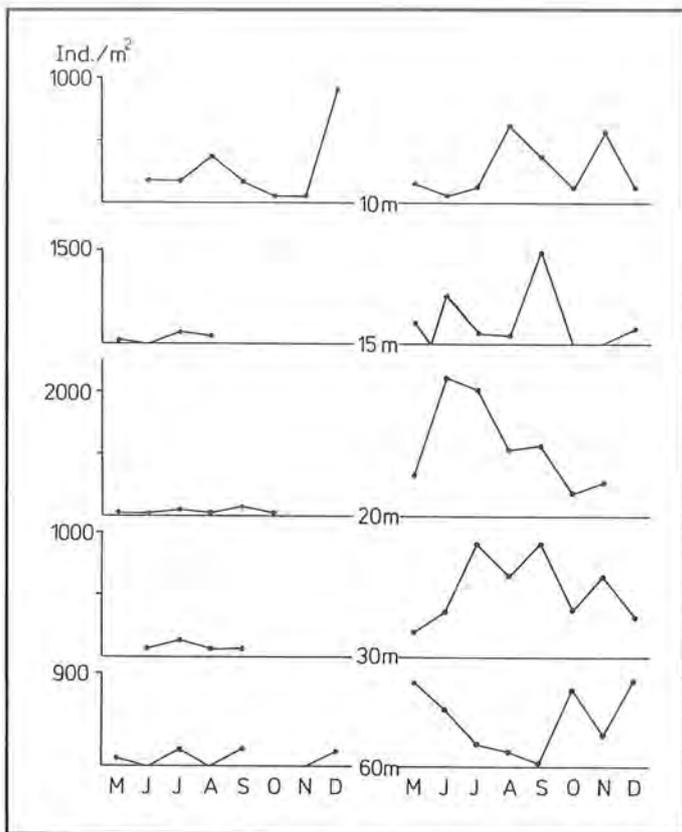


Abb. 30: Jahreszeitliche absolute Abundanz in einzelnen Tiefenstufen: *Micropsectra*.

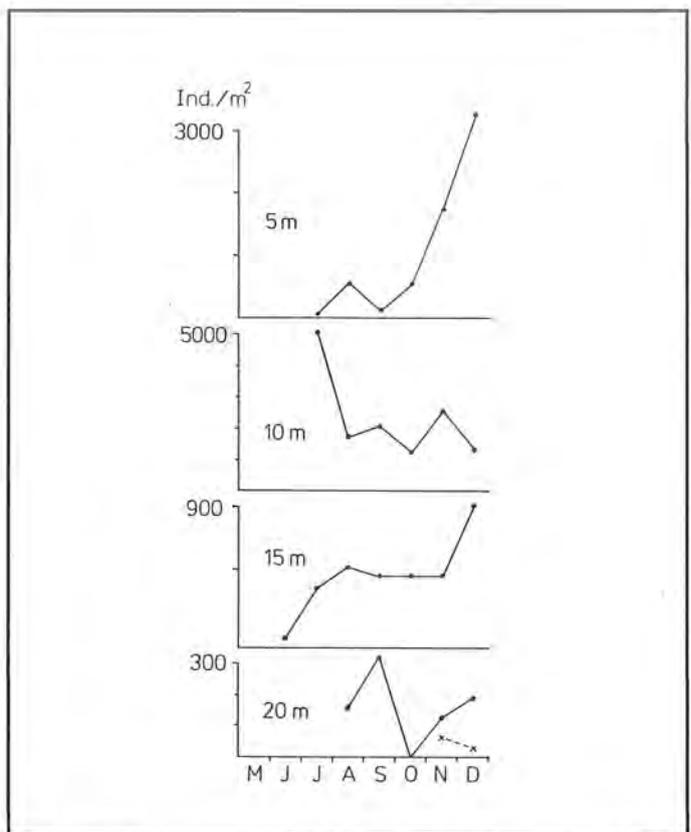


Abb. 32: Jahreszeitliche absolute Abundanz in einzelnen Tiefenstufen: *Sergentia coracina*.

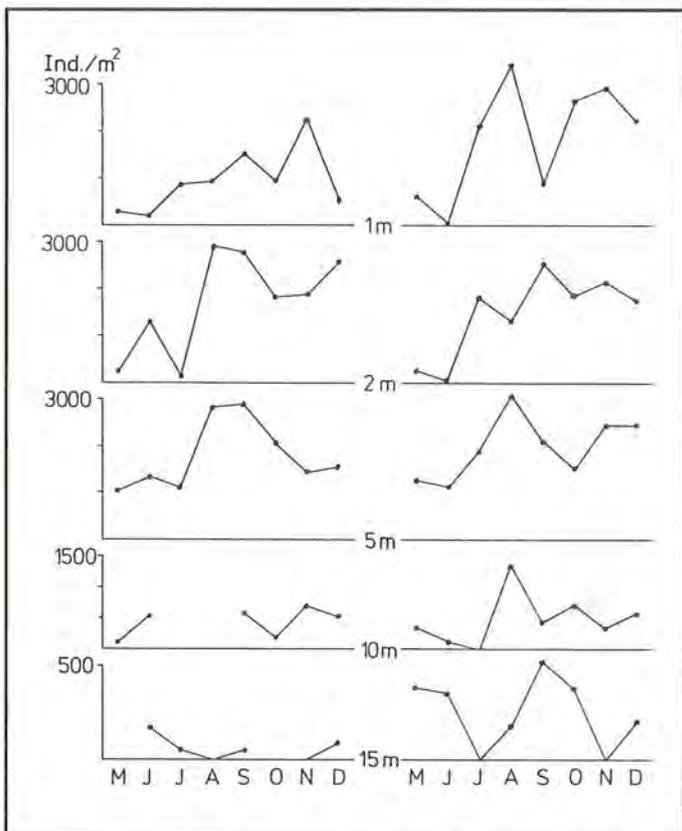


Abb. 31: Jahreszeitliche absolute Abundanz in einzelnen Tiefenstufen: *Procladius*.

(Abb. 32). Vergleichbar wären der 5m- und der 15m-Bereich, wo jeweils im Dezember maximale Individuenzahlen erreicht werden. In 10m Tiefe liegt die höchste Besiedlungsdichte im Juli, in 20m Tiefe im September. Im Südteil kommt diese Art lediglich in 20m Tiefe in den Monaten November und Dezember vor (in ausgesprochen geringer Abundanz).

Diskussion

Parakiefferiella bathophila
Psectrocladius sordidellus
Synorthocladius semivirens
Microtendipes pedellus
Pagastiella orophila
Tanytarsus brundini

1. Artenspektrum und bathymetrische Verteilung

REISS (1983) vertritt die Ansicht, daß es keine Arten gibt, die in ihrem Vorkommen streng auf die Profundalzone von Seen beschränkt sind, und führt als Beispiel *Micropsectra contracta* an, die eurybath bis in die flachen Uferbereiche hinein vorkommen kann. Ebenfalls werden flache Staubereiche von Fließgewässern besiedelt (GERSTMEIER unveröffentlicht). Trotzdem kann man die beiden *Micropsectra*-Arten im Königssee anhand der bathymetrischen Verteilung (Abb. 6) als typische Profundalbewohner bezeichnen.

Die folgende Einteilung nach verschiedenen ökologischen Kriterien ist im wesentlichen BRUNDIN (1949), LAVILLE (1971) und REISS (1968) entnommen.

Eine ausgesprochen eurybathe Verteilung ist von folgenden, im Königssee vorkommenden Arten bekannt:

Potthastia longimana
Prodiamesa olivacea
Heterotrissocladius marcidus
Parakiefferiella bathophila
Psectrocladius sordidellus
Microtendipes pedellus
Paratendipes albimanus
Sergentia coracina
Stempellina bausei
Tanytarsus gregarius

Bezüglich der Temperaturunterschiede kann man kaltstenotherme:

Arctopelopia griseipennis
Macropelopia fehlmanni
Protanypus caudatus
Heterotrissocladius marcidus
Sergentia coracina
Micropsectra contracta und *M. coracina*

und eurytherme Arten:

Ablabesmyia monilis und *A. phatta*
Prodiamesa olivacea
Corynoneura scutellata
Parakiefferiella bathophila
Psectrocladius sordidellus
Synorthocladius semivirens
Chironomus anthracinus
Paracladopelma camptolabis
Paratendipes albimanus
Paratanytarsus austriacus
Stempellina bausei

unterscheiden.

Eurytope Arten sind:

Ablabesmyia monilis
Potthastia longimana

Anzeiger für Oligotrophie sind:

Arctopelopia griseipennis
Protanypus caudatus
Paracladopelma nigrigula
Micropsectra coracina
Stempellina bausei

Typische Profundalarten sind:

Macropelopia fehlmanni
Protanypus caudatus
Paracladius alpicola
Chironomus anthracinus
Paracladopelma nigrigula
Sergentia coracina
Micropsectra contracta und *M. coracina*

Typische Litoralarten sind:

Parakiefferiella bathophila
Psectrocladius spp.
Pseudosmittia ruttneri
Pagastiella orophila
Paratanytarsus austriacus

Erstaunlich ist die Abwesenheit der kaltstenothermen *Tanytarsus*-Arten (*T. bathophilus*, *T. lugens*), die im Starnberger See die dritthäufigste Gattung stellten.

Dagegen konnte *Stictochironomus* nicht im Profundal des Starnberger Sees nachgewiesen werden. Die Gattung war früher wohl vorhanden (LUNDBECK 1936), bzw. beschränkt sich heute evt. auf die flachen Seebereiche im Südteil des Starnberger Sees. Daß die Verbreitung von *Stictochironomus* im Alpengebiet „unerklärliche“ Lücken aufweist und diese Gattung fehlt, wo sie eigentlich unbedingt erwartet werden müßte, stellte schon LUNDBECK (1936) fest.

Die bathymetrische Verteilung der Unterfamilien bei der Litoraluntersuchung (2m, 8m, 20m) differiert doch wesentlich von derjenigen der Gesamtuntersuchung. An den Stellen „Fels“, „Geröll“ und „Weichsediment“ (Marterl) dominieren jeweils die Orthocladinae (Mittelwert aus den 3 Tiefen), gefolgt von Chironominae (vor allem *Tanytarsini*) und *Tanypodinae* (BLANK et al. 1985). Die gleiche Reihenfolge wird auch in den einzelnen Tiefenstufen festgestellt. Dagegen dominieren vor St. Bartholomä die Chironominae vor den Orthocladinae und *Tanypodinae*. In den einzelnen Tiefenstufen dominieren in 2m und 20m die *Tanytarsini* (*Cladotanytarsus*, *Micropsectra*, *Tanytarsus*); in 8m und 20m erzielen die *Tanypodinae* höhere Abundanzen als die Orthocladinae.

Bei den Untersuchungen der Weichsedimente im Nord- und Südteil des Sees dominieren jeweils in 10m Tiefe die Orthocladinae, die mittlere Tiefe von 5m wird von den *Tanypodinae* beherrscht und die

Tanytarsini übernehmen erst im Profundal die Führung. An der vergleichbaren Stelle „Marterl“ (= Weichsediment) dominieren in 2m und 20m die Orthocla-diinae, in 8m die Tanytarsini. Die hohe Individuendichte von Chironomini in 2m Tiefe im Nord- und Südteil des Sees trifft offensichtlich für den Eiswinkel (Litoraluntersuchungen) nicht zu.

Aufgrund des relativ kurzen Untersuchungszeitraumes sind vergleichbare Aussagen sehr schwierig und selbst während eines mehrjährigen Untersuchungszeitraumes können z.T. erhebliche Abundanzschwankungen zwischen den einzelnen Jahren auftreten, wie dies von verschiedenen Autoren auch in anderen Seen festgestellt wurde (u.a. GERSTMEIER 1985; JONASSON 1970, 1972; LENZ 1954; LINDEGAARD & JONASSON 1979).

Die Tiefenverteilung von *Micropsectra contracta* ist in den drei bisher untersuchten Seen des Alpen- und Voralpengebietes sehr übereinstimmend. Im Bodensee kommt die Art von 5m – 210m, im Profundal des Starnberger Sees bis 100m (das Litoral wurde nicht untersucht) und im Königssee von 10m – 190m vor. Anders sind die Verhältnisse bei *M. coracina*, die im Bodensee im wesentlichen auf das Litoral von 3m – 12m beschränkt ist (REISS 1968), im Profundal des Starnberger Sees von 30m bis 120m (es wurden keine Puppen in 20m gefunden!) auftritt und im Königssee den Bereich von 20m – 60m besiedelt.

Während MÜLLER (1952) bei der Untersuchung mehrerer märkischer Seen *M. coracina* ausschließlich im Litoral findet, ist die Art in 40m aus dem finnischen Keitele-See (PAASIVIRTA & SÄRKKÄ 1978) und dem Zürichsee (SCHÜRCH 1985) bekannt.

Zur Tiefenverbreitung von *Paracladopelma nigrifolium* sei hier nur noch vermerkt, daß diese Art im Lago Maggiore bis 350m Tiefe nachgewiesen wurde (LENZ 1959).

Ob *Stictochironomus* in 2 Arten vorkommt ist nicht sicher, kann aber auch nicht ausgeschlossen werden; die Tiefenverbreitung der Gattung gibt keine eindeutigen Hinweise. REISS (1968) fand im Bodensee *Stictochironomus pictulus* nicht tiefer als 10m und *Stictochironomus rosenscholdi* von 20m – 50m. LUNDBECK (1936) findet *Stictochironomus* im Starnberger See bis ca. 45m mit durchschnittlich 12% der gesamten Chironomidenlarven vertreten. Dagegen vermerkt PAGAST (1940), daß *Stictochironomus* außerhalb des Sandstrandes recht selten ist, dort aber sein Maximum in 15m – 20m Tiefe hat und unterhalb von 25m ganz verschwindet. Auch MOTHES (1966) findet *Stictochironomus*-Larven im Stechlinsee nur dort, wo sandiger Untergrund vorkommt. Hier wären weitere Untersuchungen in Alpen- und Voralpenseen dringend notwendig, handelt es sich doch um eine Gattung, die vielfach zur Seencharakterisierung herangezogen wurde!

Während im Bodensee *Sergentia coracina* hauptsächlich zwischen 20m und 40m angetroffen wurde

(REISS 1968), besiedelt die Art im Königssee schwerpunktmäßig das Sublitoral von 5m bis 15m. Im Starnberger See werden bis 50m nennenswerte Individuenzahlen erreicht (GERSTMEIER, 1989b), dagegen nimmt die Besiedelung im Königssee schon ab 20m rapide ab.

2. Mittlere und saisonale Abundanzen

Der Kurvenverlauf der Puppenabundanzen (Abb. 17) zeigt jeweils in beiden Transekten ein klares Maximum im August (25./26. 8.). Da das Puppensein nur wenige Tage dauert, findet die Hauptemergenz der Chironomiden-Imagines im Königssee im September statt; die letzten Imagines dürften im November schlüpfen. Eine geringere Emergenz findet das ganze Jahr über statt, wobei im Südteil im Mai eine zweite, etwas deutlichere Emergenz zu verzeichnen ist. Neben den in besonders hoher Zahl im September schlüpfenden Imagines von *Paracladius alpicola*, findet auch eine Emergenz der folgenden Arten statt:

| | |
|-------------------------------|-------------------------------|
| <i>Ablabesmyia</i> | <i>Paratendipes</i> |
| <i>Procladius</i> | <i>Stictochironomus</i> |
| <i>Protanypus caudatus</i> | <i>Micropsectra contracta</i> |
| <i>Corynoneura scutellata</i> | <i>Micropsectra coracina</i> |
| <i>Parakiefferiella</i> | <i>Paratanytarsus</i> |
| <i>Psectrocladius</i> | <i>Stempellina bausei</i> |
| <i>Chironomus</i> | <i>Tanytarsus</i> spp. |

Diese Entwicklung stimmt recht gut mit dem Kurvenverlauf der Larven überein, die im Juli bzw. August ihr Maximum und nach der Emergenz (September) im Oktober jeweils in beiden Transekten ihr Minimum erreichen.

Micropsectra contracta-Puppen sind mehr oder weniger gleichmäßig von Mai bis September in beiden Seeteilen vorhanden (Abb. 18), d.h. die Art schlüpft im Königssee das ganze Jahr über, wobei allerdings im Juni und noch deutlicher im September (maximale Puppenabundanz im August) eine vermehrte Emergenz zu beobachten ist.

Man kann also sagen, daß die Hauptmasse der Population im September schlüpft und somit *M. contracta* als univoltine Art bezeichnet werden kann. Dieses Ergebnis stimmt sehr gut mit den Ergebnissen im Starnberger See überein (GERSTMEIER, 1989b), steht allerdings in Diskrepanz zum Bodensee, in dem die Profundalpopulation von *M. contracta* keine erkennbare jahreszeitliche Schlüpfperiodik zeigt (REISS 1968).

Das Maximum von *M. coracina*-Puppen im Oktober (14./15. 10.) deutet auf die Hauptemergenz dieser Art im Oktober und November hin. Auch im Starnberger See findet diese Hauptemergenz im Oktober und November statt, allerdings tritt eine zweite, geringere Emergenz im April auf (GERSTMEIER, 1989b).

Ein Vergleich der Abundanzwerte der *Tanytarsus*-Larven mit derjenigen anderer Seen ist nicht möglich, da die Larven dieser Gattung nicht unterschieden

werden können. Bestimmbare Puppen lagen nur in vereinzelt Fällen vor, so daß auch auf dieser Ebene keine Aussage möglich ist. So kann lediglich vermerkt werden, daß die Gattung *Tanytarsus* im Königssee mit hohen Individuendichten auftritt (13966 Ind./m² im Juli), wobei in 5m die maximale Verbreitung erreicht wird (6886 Ind./m² im Juli).

Sergentia coracina gehört mit zu den häufigsten Chironomidenarten des Königssees. Als Charakterart des mesotrophen Seetypus erreicht sie im Königssee in 5m und 10m Tiefe durchaus beachtliche Besiedlungsdichten. Eine minimale Abundanz im April wurde auch für den Loch Lomond (Schottland) beobachtet (SLACK 1965), allerdings sinken dort die Individuenzahlen ab November, wohingegen sie im Königssee ansteigen. Bemerkenswert ist weiterhin, daß die Art offensichtlich den Nordteil des Sees bevorzugt, da im Südteil lediglich in den Monaten November und Dezember jeweils 1 Larve pro Greiferprobe (im Dezember 1 Larve pro 2 Greiferproben) gefunden wurde. Eine Erklärung hierfür ist sehr schwierig; möglicherweise ist das Nährstoffangebot im Südteil für *Sergentia coracina* ungünstiger als im Nordteil.

Auch *Stictochironomus* erlangt im Südteil kaum nennenswerte Besiedlungsdichten. Wie bei *Sergentia coracina* handelt es sich ja um eine Charaktergattung des mesotrophen Sees und möglicherweise ist das Nährstoffangebot im Südteil des Sees für diese Arten nicht optimal. Daß es ausreichend ist, beweist das Vorkommen von *Chironomus anthracinus*, der im Südteil in 10m Tiefe sogar seinen Maximalwert von 909 Ind./m² erreicht.

Die Besiedlungsdichten von *Paracladopelma* liegen in beiden Seeteilen mit durchschnittlich 313 Ind./m² deutlich höher als im Bodensee (dort maximal 89 Ind./m²; REISS 1968). Puppen werden von Mai bis Juli gefunden, d.h. die Emergenz erstreckt sich auf den Frühsommer. Dieses Ergebnis stimmt wiederum mit dem ersten Schlüpfmaximum im Mai im Bodensee überein.

Während im Starnberger See lediglich 1 Larve von *Paracladius alpicola* während des gesamten Untersuchungszeitraumes gefunden werden konnte, erreicht diese Art im Königssee an einem Termin die höchste Besiedlungsdichte aller Larven. Sowohl im Nord- als auch im Südteil ist der Kurvenverlauf der Larven-Abundanzen sehr einheitlich und im Juli werden maximale Abundanzen erreicht. Daraus läßt sich auch auf eine sehr einheitlich verlaufende Metamorphose schließen, denn im August treten daraufhin die Puppen in höchster Abundanz auf, so daß die Hauptemergenzen im September stattfindet.

3. Vergleich der Chironomidenbesiedelung mit anderen Seen

Vorab muß hier bemerkt werden, daß ein Vergleich anhand von Abundanzwerten nur Hinweise geben kann, da Anzahl der Proben, Art der Probenahme

(Greifer, Siebnetze), Verteilung der Probestellen und Schwankungen innerhalb eines Jahres sowie zwischen zwei Jahren bei den berücksichtigten Autoren stark variieren.

Als Vergleichsseen werden im wesentlichen Bodensee und Starnberger See herangezogen, die bisher als einzige Seen des Alpen- und Voralpengebietes hinsichtlich ihrer Chironomidenfauna über einen längeren Zeitraum untersucht wurden. Betrachtet man ausschließlich das Profundal (etwa ab 20m Tiefe) so liegen aus folgenden Seen Artenzahlen über Chironomiden vor:

| | | | |
|-----------------|----|-------------|-------------------|
| Bodensee | 26 | | – REISS 1968 |
| Zürichsee | 9 | (20m – 40m) | – SCHÜRCH 1985 |
| Lago Maggiore | 24 | | – LENZ 1954 |
| Starnberger See | 25 | | – GERSTMEIER 1985 |
| Königssee | 19 | | |

Sowohl im Profundal des Königssees, als auch des Bodensees und des Starnberger Sees ist *Micropsectra* die dominante Gattung. Da es bisher noch nicht möglich ist, die Larven der beiden in Frage kommenden Profundalarten *M. contracta* und *M. coracina* zu unterscheiden, ist lediglich eine Tendenz anhand der Puppen-Abundanzen möglich. Während *Micropsectra contracta*-Puppen sowohl im Profundal des Bodensees wie auch des Starnberger Sees (REISS 1968; GERSTMEIER, 1989b) dominieren, ist dies im Königssee *M. coracina*.

Die durchschnittliche Besiedelung des Starnberger Sees mit *Micropsectra*-Larven ist wesentlich höher, als im Königssee; als Vergleich sind hier die Abundanzwerte für 100m sowie die Maximalwerte für einen Termin angegeben:

| | |
|------------------------|--|
| Ø Besiedelung in 100m: | Starnberger See 934 Ind./m ² Königssee 227 Ind./m ² |
| Maximalwert: | Starnberger See 5644 Ind./m ² (in 60m) Königssee 2209 Ind./m ² (in 20m) |

Ein weiterer Vergleich soll noch für *Sergentia coracina* dargestellt werden (Tab. 3).

Tab. 3: Besiedelung von *Sergentia coracina* in verschiedenen Seen.

| | Lit. | Tiefe(m) | Ø-Abundanz m ² | Max.Abundanz m ² |
|-----------------|------|-----------|------------------------------|--------------------------------|
| Königssee | | 5 – 120 | 446 | 5067 |
| Starnberger See | 1 | 12 – 75 | 140 | – |
| Starnberger See | 2 | 10 – 96 | 142 | – |
| Starnberger See | 3 | 20 – 120* | 334 | 2089 |
| Stechlinsee | 4 | 20 – 68* | 38 | 204 |
| Bodensee | 5 | 7 – 100 | 200 | 1100 |
| Zürichsee | 6 | 9 – 40 | 66 | 212 |
| Crooked Lake | 7 | 8 – 32* | 3508 | 12441 |
| Lake Matamek | 8 | 8 – 90 | 150 – 400 | 6000 |

* = Maximaltiefe; 1) LUNDBECK 1936 2) PAGAST 1940 3) GERSTMEIER 1985 4) MOTHES 1966 5) REISS 1968 6) SCHÜRCH 1985 (Daten anhand von Fangtrichtern) 7) STAHL 1966 8) KREAMER & HARRISON 1984.

Hier muß aber berücksichtigt werden, daß *Sergentia coracina* ihre maximale Verbreitung im Königssee in 5m – 15m hat, die Untersuchungen im Starnberger

See erst ab 20m Tiefe begonnen. So ist der Höchstwert des Starnberger Sees in 20m Tiefe mit 2089 Larven/m² über 6x so hoch als der entsprechende Wert von 325 Larven/m² im Königssee.

4. Chironomiden als Indikatoren für die Gewässergüte

Die Larven der Chironomiden erfüllen aufgrund ihrer weiten Verbreitung, ökologischen Differenzierung, geringen Reaktionsbreite gegenüber einer Summe von Umweltfaktoren, relativ langen Lebensdauer und einfachen Aufsammlungsmöglichkeiten die notwendigen Voraussetzungen als Bioindikatoren (FRANK 1983). Sie bilden ökologisch differenzierte Assoziationen, die zur ökologischen und trophischen Charakterisierung von Gewässern herangezogen werden können.

Pioniere für die ersten Einteilungen des Trophiestatus von Seen und damit der Seetypenlehre anhand der Chironomidenfauna waren THIENEMANN (u.a. 1920, 1954), LENZ (1925, 1927), LUNDBECK (1926, 1936) und BRUNDIN (1949, 1956). Diese grundlegenden Arbeiten wurden in heutiger Zeit durch Indices und Bestimmungstabellen verfeinert (v.a. BRINKHURST et al. 1968, SAETHER 1979, WIEDERHOLM 1973, 1980a, c, 1981). Erste Ergebnisse der praktischen Anwendung dieser an skandinavischen und kanadischen Seen entwickelten Modelle beschreibt FRANK (1983) für mehrere Berliner Seen.

Die Zugehörigkeit zum ξ -oligotrophen Typ ergibt sich aus dem Bestimmungsschlüssel von SAETHER (1979).

Folgende, nach SAETHER (1979) charakteristische Profundalchironomiden kommen im Königssee vor:

- | | |
|-----------------------------|--|
| 1) Protanypus caudatus | α - γ -oligotroph |
| 2) Micropsectra coracina | β - ξ -oligotroph |
| 3) Micropsectra contracta | γ - ξ -oligotroph |
| 4) Paracladopelma nigritula | γ -oligotroph - η -mesotroph |
| 5) Macropelopia fehlmanni | γ - ξ -oligotroph |
| 6) Sergentia coracina | γ -oligotroph - λ -eutroph |
| 7) Chironomus anthracinus | ξ -oligotroph - ν -eutroph |
| 8) Tanytarsus gregarius | δ -oligotroph - μ -mesotroph |

Die SAETHER'sche Trophieeinteilung muß nun dahingehend ergänzt werden, daß die Arten 1) - 3) durchaus auch im mesotrophen See zu finden sind, die Gattung Micropsectra sogar in dominanter Abundanz (GERSTMEIER, 1989a). Dementsprechend genauer charakterisiert WIEDERHOLM (1974) die Micropsectra-Arten M. insignilobis - M. groenlandica - M. contracta - M. „praecox“ = notescens gemäß ihrer Tendenz zum mesotrophen Status. Benützt man WIEDERHOLM's (1980a, c) Benthic Quality Index (BQI),

$$BQI = \sum_{i=0}^5 \frac{n_i \cdot k_i}{N}$$

- wobei k_i = 5 für Heterotrissocladius subpilosus
 = 4 für Micropsectra spp. und Paracladopelma spp. spez. P. nigritula
 = 3 für Sergentia coracina und Stictochironomus rosenscholdi
 = 2 für Chironomus anthracinus
 = 1 für Chironomus plumosus
 = 0 wenn diese Indikatororganismen nicht auftreten
 n_i = Anzahl der Individuen der verschiedenen Gruppen
 N = Gesamtanzahl von Indikatororganismen

Der BQI variiert zwischen 5 und 0, wobei 5 den hypothetischen Fall von ultraoligotrophen Bedingungen repräsentiert und 0 den eines hypereutrophen Sees.

so errechnet sich für den Königssee als Durchschnittswert aus allen Tiefen, Terminen und den beiden Transekten ein BQI von 3.28. Differenziert man zwischen Nord- und Südteil, so ergibt der BQI für den Nordteil 3.02, der BQI für den Südteil 3.59. Letzterer Wert entspricht einem mesotrophen bis leicht oligotrophen Status und ist praktisch mit dem BQI von 3.6 des Starnberger Sees identisch (GERSTMEIER, 1989a). Diese Tatsache ist doch sehr überraschend, da der Königssee anhand seiner Wasserqualität bisher eindeutig als oligotroph eingestuft wurde (der Starnberger See dementsprechend als mesotroph, mit leichter Tendenz zur Oligotrophie).

Der etwas unterschiedliche BQI zwischen Nord- und Südteil wird durch die Gattungen Sergentia und Stictochironomus verursacht, die fast ausschließlich im Nordteil vorkommen und somit den etwas „schlechteren“ BQI-Wert bewirken.

Das Ergebnis des BQI wird allerdings auch durch die SAETHER'sche Einstufung - ξ -oligotroph - bestätigt, d.h. dem Königssee käme lediglich ein leicht oligotropher Charakter zu.

Mit der Bestimmungstabelle von SAETHER (1979) lassen sich also feinere Abstufungen erzielen; der BQI berücksichtigt ja auch nur wenige Arten, was wiederum den Vorteil hat, daß nur diese Arten einer Probe identifiziert werden müssen (CARTER 1980).

Möglicherweise wirken sich die von SIEBECK (1982) geäußerten Eutrophierungserscheinungen bereits auf die sehr sensible Profundalfauna aus und es wäre durchaus sinnvoll, erneute chemische und physikalische Untersuchungen parallel zu biologischen durchzuführen.

Des weiteren dringend notwendig wäre die Entwicklung eines benthischen Seetypensystems anhand der litoralen und/oder sublitoralen Fauna, wie es auch KANSANEN et al. (1984) fordern, um flache Seeteile charakterisieren zu können.

In diesem Zusammenhang sollte auch das Auftreten von Cladotanytarsus-Larven diskutiert werden, die nach SAETHER (1979) oft dort in Massen auftreten, wo eine leichte örtliche Verschmutzung in einem ansonsten oligotrophen See auftritt. Allerdings gibt SAETHER keine quantitativen Daten an, so daß ein Vergleich spekulativ bleiben muß. Die höchste Anzahl von Cladotanytarsus-Larven tritt in 1m Tiefe im Nordteil (Oktober) mit 1819 Ind./m² auf; der Maximalwert von 650 Ind./m² in 2m Tiefe im Südteil wird im Mai erreicht. Vergleichsweise niedrig ist dagegen die Abundanz von ca. 300 Larven/m² vor St. Bartholomä in 2m Tiefe (BLANK et al. 1985). Ob aufgrund dieses Wertes eine lokale Verschmutzung befürchtet werden kann, muß in Frage gestellt werden. Von der gesamten Artenzusammensetzung her gesehen, zeichnet sich vor St. Bartholomä eine doch etwas ungünstigere Situation (Chironomus, Cladotanytarsus) ab, als bei der entsprechend vergleichbaren Stelle „Geröll“

im unbelasteten Eiswinkel, wo Stempellina bausei und Micropsectra für einen oligotrophen Status sprechen.

Insgesamt gesehen muß die Eignung von Chironomiden als Indikatoren für die Gewässergüte als positiv bejaht werden. Zum gleichen Ergebnis kommen u.a. auch AAGAARD (1986), FRANK (1983), GERSTMEIER, 1989a) und WASSON (1984). Allerdings sollten diese Indices nicht als bereits fertige „Endprodukte“ angesehen werden; mit jeder ökologischen Chironomidenuntersuchung erweitert sich unser Wissen und die Indices können regional verändert und verfeinert werden. Mit einhergehen muß natürlich auch die weitere intensive Beschäftigung mit der Larvaltaxonomie, da sich ohne sicher bestimmbar Arten keinerlei eindeutige Aussagen machen lassen; denn die Art ist als ökologisch relevante Kategorie zu betrachten.

Zusammenfassung

Der Königssee ist nach dem Starnberger See und dem Bodensee der dritte Alpen- bzw. Voralpensee, der hinsichtlich seiner Chironomidenfauna untersucht wurde.

Bisher konnten im Königssee 76 Chironomidenarten nachgewiesen werden, wovon 19 Arten das Profundal (ab 20m Tiefe) besiedeln.

Sowohl im Profundal des Königssees, als auch des Bodensees und des Starnberger Sees ist *Micropsectra* die vorherrschende Gattung, im Profundal des Königssees dominiert *M. coracina*.

Die saisonale Veränderung der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung der Chironomidenfauna sowie ihre bathymetrische Verteilung in den Weichsedimenten des Königssees bis 190m Tiefe werden dargestellt.

Die tiefste Stelle von 190m Tiefe wird lediglich von den Gattungen *Micropsectra* und *Ablabesmyia* besiedelt.

Eine maximale Abundanz wurde in 10m Tiefe mit 14096 Larven/m² der Art *Paracladius alpicola* gefunden.

Die Chironomiden-Besiedelung des Königssees wird mit derjenigen anderer Seen verglichen und die Eignung von Chironomiden als Indikatoren für die Gewässergüte wird diskutiert. Dabei ergab die Anwendung zweier Indices zur Trophieindikation für den Königssee lediglich einen leicht oligotrophen Charakter.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. W. ENGELHARDT danke ich für die Projektleitung.

Prof. Dr. E.J. FITTKAU und Dr. F. REISS nahmen an den Untersuchungen regen Anteil, überprüften z.T. die Determinationen und ließen dem Projekt stets eine wohlwollende Unterstützung angedeihen.

Für die unermüdliche Hilfe bei der Probenahme, bei Bewältigung vieler technischer Schwierigkeiten und

für fachliche Diskussionen danke ich Dipl.-biol. W. TRAUNSPURGER.

Nicht unerwähnt bleiben soll in diesem Zusammenhang die Forstverwaltung, allen voran Herr GEIGER, der uns das Boot und viele Fahrer zur Verfügung stellte.

Technische Probleme wurden vor allem von den Werkmeistern der Zoologischen Staatssammlung, Herrn RIEDEL und Herrn HEIGL gelöst; Ihnen sei hier besonders gedankt.

Zahlreiche Präparate von Puppenexuvien wurden von Dr. P. LANGTON, Cambridgeshire, überprüft.

Literaturverzeichnis

- AAGAARD, K. (1986): The chironomid fauna of North Norwegian lakes, with a discussion on methods of community classification. — *Holarct. Ecol.* 9, 1 – 12.
- ANDERSON, R.O. (1959): A modified flotation technique for sorting bottom fauna samples. — *Limnol. Oceanogr.* 4, 223 – 225.
- BERG, K. (1938): Studies on the bottom animals of Esrom Lake. — *K. danske Vidensk. Selsk. Naturv. Math. Afd.* 8, 1 – 255.
- BLANK, K., HUBER, P., KOLBINGER, W. (1985): Zur Kenntnis der litoralen Fauna des Königssees, unter besonderer Berücksichtigung der Insekten. — *Dipl. Arbeiten der Ludwig-Maximilians-Universität München.*
- BRINKHURST, R.O., HAMILTON, A.L., HERRINGTON, H.B. (1968): Components of the bottom fauna of the St. Lawrence, Great Lakes. — *Univ. Toronto, Great Lakes Inst. Prelim. Rep.* 33, 50 pp.
- BRUNDIN, L. (1949): Chironomiden und andere Bodentiere der südschwedischen Urgebirgsseen. — *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 30, 1 – 914.
- BRUNDIN, L. (1956): Die bodenfaunistischen Seetypen und ihre Anwendbarkeit auf die Südhalbkugel. Zugleich eine Theorie der produktionsbiologischen Bedeutung der glazialen Erosion. — *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 37, 186 – 235.
- BRYCE, D., HOBART, A. (1972): The biology and identification of the larvae of the Chironomidae (Diptera). — *Entomologist's Gazette* 23, 175 – 217.
- CARTER, C.E. (1980): Methods of summarizing survey data from lakes, illustrated by reference to Lough Neagh, Northern Ireland. — In: MURRAY, D.A. (ed.): *Chironomidae. Ecology, Systematics, Cytology and Physiology*, 217 – 224, Pergamon Press, Oxford, New York.
- CRANSTON, P.S. (1982): A key to the larvae of British Orthocladinae (Chironomidae). — *Freshwater Biological Association, Scientific Publ.* 45.
- DEEVEY, E.S. (1941): *Limnological studies in Connecticut. VI. The quantity and composition of the bottom fauna of thirty-six Connecticut and New York lakes.* — *Ecol. Monogr.* 11, 413 – 455.
- ELLIOTT, J.M. (1977): Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. — *Freshwater Biological Association, Scientific Publ.* 25.
- FITTKAU, E.J. (1962): Die Tanypodinae (Diptera, Chironomidae). Die Tribus Anatopyniini, Macropelopiini und Pentaneurini. — *Abh. Larvalsystem. Insekten* 6, 1 – 453.
- FLANNAGAN, J.F. (1970): Efficiency of various grabs and corers in sampling freshwater benthos. — *J. Fish. Res. Bd. Can.* 27, 1691 – 1700.
- FRANK, C. (1983): Beeinflussung von Chironomidenlarven durch Umweltchemikalien und ihre Eignung als Belastungs- und Trophieindikatoren. — *Verh. Dtsch. Zool. Ges.* 1983, 143 – 146.
- GERSTMEIER, R. (1985a): Die quantitative Erfassung der profundalen Benthosfauna des Starnberger Sees, unter besonderer Berücksichtigung der Chironomiden (Diptera). — *Diss. Ludwig-Maximilians-Universität München.*
- GERSTMEIER, R. (1985b): Nahrungsökologische Untersuchungen an Fischen im Nationalpark Berchtesgaden. — *Arch. Hydrobiol./Suppl.* 72 (3), 237 – 286.
- GERSTMEIER, R.; (1989a): Lake typology and indicator organisms in application to the profundal chironomid fauna of Starnberger See (Diptera, Chironomidae). — *Arch. Hydrobiol.* 116 (2), 227 – 234.
- GERSTMEIER, R., (1989b): Phenology and bathymetric distribution of the profundal chironomid fauna in Starnberger See (F.R. Germany) (Diptera, Chironomidae). — *Hydrobiologia.* 184, 29 – 42.
- HECHT, W., FÖRSTER, M., PIRCHNER, F. (1984): Ökologisch-genetische Untersuchungen am Seesaiibling im Königs-, Ober- und Grünsee. — *Unpubl. Bericht.*
- HIRVENOJA, M. (1973): Revision der Gattung *Cricotopus* v.d. WULP und ihrer Verwandten (Diptera, Chironomidae). — *Ann. Zool. Fennici* 10, 1 – 363.
- HOFMANN, W. (1971b): Zur Taxonomie und Palökologie subfossiler Chironomiden (Diptera) in Seesedimenten. — *Arch. Hydrobiol., Beih.* 6, 1 – 50.
- HOFFMANN, R. (1984): Untersuchungen zum Gesundheitsstatus der Fische im Königssee. — *Unpubl. Bericht.*
- JONASSON, P.M. (1955): The efficiency of sieving techniques for sampling freshwater bottom fauna. — *Oikos* 6, 183 – 207.
- JONASSON, P.M. (1970): Population studies on *Chironomus anthracinus*. — *Proc. Adv. Study Inst. Dynamics Numbers Popul. (Oosterbeek)*, 220 – 231.
- JONASSON, P.M. (1972): Ecology and production of the profundal benthos in relation to phytoplankton in Lake Esrom. — *Oikos Suppl.* 14, 1 – 148.
- KAJAK, Z. (1963a): Analysis of quantitative benthic methods. — *Ekol. Pol. (A)* 11, 1 – 56.
- KAJAK, Z., DUSOGE, K., PREJS, A. (1968): Application of the flotation technique to assessment of absolute number of benthos. — *Ekol. Pol. (A)* 16, 607 – 620.
- KANSANEN, P.H., AHO, J., PAASIVIRTA, L. (1984): Testing the benthic lake type concept on chironomid associations in some Finnish lakes using multivariate statistical methods. — *Ann. Zool. Fennici* 21, 55 – 76.
- KLEIN, M. (1988): Fischereibiologische Untersuchungen an Fischbeständen des Königssees, Obersees und Grünsees im Nationalpark Berchtesgaden. — *Bayer. Landwirtschaftl. Jahrb.* 65 (6), 653 – 720.
- KREAMER, G., HARRISON, A.D. (1984): Seasonal and diurnal migration of larval *Sergentia coracina* (Diptera, Chironomidae) in Lake Matamek, Eastern Quebec. — *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22, 388 – 394.
- LANGTON, P.H. (1980): The genus *Psectrocladius* KIEFFER (Diptera, Chironomidae) in Britain. — *Entomologist's Gazette* 31, 75 – 88.
- LANGTON, P.H. (1984): A key to the exuviae of British Chironomidae. — P.H. LANGTON, *Cambridgeshire.* 324 pp.
- LAVILLE, H. (1971): Recherches sur les Chironomides (Diptera) lacustres du massif de Neovielle (Haut-Pyrenees). — *Annls Limnol.* 7, 173 – 414.
- LENZ, F. (1925): Chironomiden und Seetypenlehre. — *Die Naturwiss.* 13(1), 5 – 10.
- LENZ, F. (1927): Chironomiden aus norwegischen Hochgebirgsseen. Zugleich ein Beitrag zur Seetypenlehre. — *Nytt Mag. Naturvid.* 66, 111 – 192.
- LENZ, F. (1941a): Die Jugendstadien der Sectio Chironomariae (Tendipedini) connectentes (Subf. Chironominae = Tendipedinae). Zusammenfassung und Revision. — *Arch. Hydrobiol.* 38, 1 – 69.

- LENZ, F. (1941b): Die Metamorphose der Chironomidengattung *Cryptochironomus*. — Zool. Anz. 133, 29–41.
- LENZ, F. (1951): Probleme der Chironomiden-Forschung. — Verh. Internat. Verein. Limnol. 11, 230–245.
- LENZ, F. (1954): Die Bodenfauna des Lago Maggiore und ihre Lebensbedingungen. — Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 8, 273–322.
- LENZ, F. (1955): Qualitative und quantitative Untersuchungen der Sandfauna holsteinischer Seen. — Verh. Internat. Verein. Limnol. 12, 193–211.
- LENZ, F. (1959): Zur Metamorphose und Ökologie der Tendipedidengattung *Paracladopelma*. — Arch. Hydrobiol. 55, 429–449.
- LIND, O.T. (1979): Handbook of common methods in Limnology. The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1–199.
- LINDEGAARD, C. & JONASSON, P.M. (1979): Abundance, population dynamics and production of zoobenthos in Lake Myvatn, Iceland. — Oikos 32, 202–227.
- LUNDBECK, J. (1926): Die Bodentierwelt norddeutscher Seen. — Arch. Hydrobiol. Suppl. 7, 1–473.
- LUNDBECK, J. (1936): Untersuchungen über die Bodenbesiedlung der Alpenrandseen. — Arch. Hydrobiol. Suppl. 10, 207–358.
- MASON, W.T. (1973): An introduction to the identification of chironomid larvae. — Cincinnati, 1–90.
- MILBRINK, G. (1973): On the vertical distribution of *Oligochaetes* in lake sediments. — Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 53, 34–50.
- MOLLER-PILLOT, H.K.M. (1978): De Larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). — Nederl. faun. Meded. 1, 1–101.
- MOTHES, G. (1966): Ein Beitrag zur Kenntnis der Chironomiden des Stechlinsees. — Gew. Abwäss. 41/42, 85–93.
- MÜLLER, H. (1952): Die produktionsbiologischen Verhältnisse märkischer Seen in der Umgebung Storkows. — Z. f. Fisch. Hilfswiss. N.F., 95–246.
- MUNDIE, J.H. (1957): The ecology of Chironomidae in storage reservoirs. — Trans. R. ent. Soc. Lond. 109, 149–232.
- NALEPA, T.F., ROBERTSON, A. (1981b): Screen mesh size affects estimates of macro- and meiobenthos abundance and biomass in the Great Lakes. — Ca. J. Fish. Aquat. Sci. 38, 1027–1034.
- NEGELE, R.D., LEUNER, E., BOHL, E., LEYRER, R. (1985): Ökoparasitologische Untersuchungen an Fischen des Königs-, Ober- und Grünssees. — Unpubl. Bericht.
- PAASIVIRTA, L. SÄRKKÄ, J. (1978): Effects of pulp mill and municipal effluents and humus load on the macro- and meiobenthos of some Finnish lakes. — Verh. Internat. Verein. Limnol. 20, 1779–1788.
- PAGAST, F. (1940): Über Zusammensetzung und Verteilung der Bodenchironomidenfauna mitteleuropäischer Seen. — Schr. physik. ökonom. Ges. Königsberg 71, 387–403.
- PINDER, L.C.V. (1978): A key to the adult males of the British Chironomidae (Diptera). — Freshwater Biological Association, Scient. Publ. 37.
- REISS, F. (1968): Ökologische und systematische Untersuchungen an Chironomiden (Diptera) des Bodensees. Ein Beitrag zur lakustrischen Chironomidenfauna des nördlichen Alpenvorlandes. — Arch. Hydrobiol. 64, 176–323.
- REISS, F. (1983): Die faunistische Erfassung der Chironomidae Bayerns (Diptera, Insecta). In: BURMEISTER, E.G., REISS, F.: Die faunistische Erfassung ausgewählter Wasserinsektengruppen in Bayern (Eintagsfliegen, Libellen, Steinfliegen, Köcherfliegen, Zuckmücken). Teil 2, 145–193. — Inf. ber. d. Bay. Landesamtes f. Wasserwirtschaft 1983, 193 pp.
- REISS, F. FITTKAU, E.J. (1971): Taxonomie und Ökologie europäisch verbreiteter Tanytarsus-Arten (Chironomidae, Diptera). — Arch. Hydrobiol. Suppl. 40, 75–200.
- REISS, F., SÄWEDAL, L. (1981): Keys to males and pupae of the palaeartic (excl. Japan) Paratanytarsus THIENEMANN & BAUSE, 1913, n.comb., with descriptions of three new species (Diptera, Chironomidae). — Ent. scand. Suppl. 15, 507–537.
- ROTH, J.C., NEFF, S.E. (1964): Studies of physical limnology and profundal bottom fauna, Mountain Lake, Virginia. — Tech. Bull. Va agric. Exp. stn 169, 44 pp.
- SAETHER, O.E. (1975d): Two new species of *Protanypus* KIEFFER, with keys to nearctic and palaeartic species of the genus (Diptera, Chironomidae). — J. Fish. Res. Bd. Can. 32(3), 367–388.
- SAETHER, O.E. (1979): Chironomid communities as water quality indicators. — Holarc. Ecol. 2, 65–74.
- SÄWEDAL, L. (1976): Revision of the notescens-group of the genus *Micropsectra* KIEFFER, 1909. — Ent. scand. 7, 109–144.
- SCHLEE, D. (1966): Präparation und Ermittlung von Meßwerten an Chironomiden (Diptera). — Gew. Abwäss. 41/42, 169–193.
- SCHÜRCH, M. (1985): Zur Faunistik und Ökologie der Chironomiden (Diptera) des Zürichsees. — Diss. Universität Zürich, 35 pp.
- SHILOVA, A.I. (1966b): On the systematics of *Cryptochironomus* ex gr. *defectus* KIEFFER (Diptera, Chironomidae). — Trudy Inst. Biol. vnutr. Vod. 12, 214–238.
- SIEBECK, O. (1982): Der Königssee. Eine limnologische Projektstudie. — Forsch. Ber. 5/1982, 1–131, Nationalpark Berchtesgaden.
- SLACK, H.D. (1965): The profundal fauna of Loch Lomond, Scotland. — Proc. R. Soc. Edinb. Sec. B 69, 272–297.
- STAHL, J.B. (1966): Characteristics of a North American *Sergentia* Lake. — Gew. Abwäss. 41/42, 95–122.
- TEBO, L.B. (1955): Bottom fauna of a shallow eutrophic lake, Lizard lake, Pocahontas County, Iowa. — Am. Midl. Nat. 54, 89–103.
- THIENEMANN, A. (1920): Biologische Seetypen und die Gründung einer Hydrobiologischen Anstalt am Bodensee. — Arch. Hydrobiol. 13, 347–370.
- THIENEMANN, A. (1954): Chironomus. Leben, Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Chironomiden. — Die Binnengewässer 20, 834pp.
- WASSON, J.G. (1984): L'utilisation des peuplements larvaires de Chironomidae (Diptera) pour la diagnose Écologique des lacs: Essai d'application aux deux lacs de Clairvaux (Jura, France). — Rev. franc. Scienc. de l'eau 3, 395–408.
- WIEDERHOLM, T. (1973): Bottom fauna as an indicator of water quality in Swedens large lakes. — Ambio 2(4), 107–110.
- WIEDERHOLM, T. (1974): Bottom fauna and eutrophication in the large lakes of Sweden. — Acta Univ. Upsal. 270, 13pp.
- WIEDERHOLM, T. (1980a): Use of benthos in lake monitoring. — J. Wat. Poll. Contr. 52(3), 537–547.
- WIEDERHOLM, T. (1980c): Chironomids as indicators of water quality in Swedish lakes. — Acta Univ. Carol. Biol. 1978, 275–283.

WIDERHOLM, T. (1981): Associations of lake-living Chironomidae. A cluster analysis of BRUNDIN's and recent data from Swedish lakes. – Schweiz. Z. Hydrol. 43(1), 140 – 150.

WIDERHOLM, T. (ed.) (1983): Chironomidae of the holarctic region. Part 1. Larvae. – Ent. scand. Suppl. 19, 457pp.

WILSON, R.S., MCGILL, J.D., (1982): A practical key to the genera of pupal exuviae of the British Chironomidae (Diptera, Insecta). – Bristol Univ. Printing Office, 62pp

WÜLKER, W. (1956): Zur Kenntnis der Gattung Psectrocladius KIEFFER (Diptera, Chironomidae). – Arch. Hydrobiol. Suppl. 24(3), 1 – 66.

Nahrungsökologische Untersuchungen an Fischen im Nationalpark Berchtesgaden

Roland Gerstmeier

Einleitung und Problemstellung

Die in den Jahren 1982 und 1983 durchgeführten nahrungsökologischen Untersuchungen an Fischen des Königs-, Ober- und Grünsees sind Teil eines umfangreichen fischereibiologischen Projektes, welches in Zusammenarbeit mit anderen Institutionen die limnologischen Studien (SIEBECK 1982) am Königssee fortführt. Angeregt wurde das Gesamtprojekt vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, direkter Auftraggeber war die Nationalparkverwaltung Berchtesgaden.

Neben den ernährungsbiologischen Untersuchungen der Fische wurden im Rahmen dieses Projektes folgende Themenbereiche von verschiedenen Arbeitsgruppen behandelt:

- Abschätzung des Artenbestandes und Grundlagen der Populationsdynamik (Bayerische Landesanstalt für Fischerei, Starnberg)
- Gesundheitsstatus der Fische (Inst. f. Zoologie und Hydrobiologie der LMU, München)
- Parasitologische Untersuchungen (Bay. Landesanstalt f. Wasserforschung, Versuchsanlage Wiesenbach)
- Populationsgenetische und cytogenetische Untersuchungen an Seesaiblingen (Lehrstuhl f. Tierzucht der TU, Weihenstephan)

Die nahrungsökologischen Untersuchungen dienten vor allem der Frage, welche Art von Nahrung die Fische im Jahresverlauf aufnehmen und ob Nahrungskonkurrenzen zwischen den einzelnen Fischarten bestehen. Diese Frage kann keineswegs pauschal aufgrund zahlreicher vorangegangener Untersuchungen (GERSTMEIER 1986, HAEMPEL 1930, HARTMANN 1975, LANPERT 1971, SCHULZ 1975 und 1979) in anderen Seen beantwortet werden, da sich entsprechend der verschiedenen Seetypen Unterschiede ergeben. Es wurde versucht, die Bestimmung der Nahrungsbestandteile der Mageninhalte nach Möglichkeit auf dem Artniveau durchzuführen und die Menge der dominanten Nährtiere quantitativ zu erfassen. Des Weiteren werden Beziehungen der Nahrungszusammensetzung mit Geschlecht, Alter, Länge und Reifegrad sowie unterschiedliche Nahrungselektion der Fische in den einzelnen Seen aufgezeigt. Daraus ergeben sich wichtige Hinweise für die anderen Arbeitsgruppen hinsichtlich des Wachstums, der Populationsgenetik (Seesaibling), des Gesundheitsstatus, der Parasitierung und der Populationsstrukturen. Vor allem im Hinblick auf Besatzmaßnahmen mit Renken (die seit über 40 Jahren in nennenswertem Maße im Königssee vorgenommen werden) stellt sich die Frage nach eventuellen Auswirkungen auf die Seesaibling-Population aufgrund von Nahrungskonkurrenz. Eine wichtige Rolle dürften auch Hecht und Rutte spielen, die als Räuber einen großen Einfluß auf das Nahrungsnetz und damit die Populationsstruktur ausüben können. Letztendlich informieren diese Untersuchungen über die Lebensweise der einzelnen Fischarten und die Nahrungskettenstruktur der oben genannten drei Seen.

Übersicht zur Methodik bei Magenuntersuchungen

Eine umfassende Darstellung über Methoden zu Mageninhalts-Analysen und deren Anwendung findet sich bei HYSLOP (1980). Tabelle 1 bringt eine Zusammenfassung dieser Verfahren. Die meisten Methoden zur Darstellung der Ergebnisse von Magenuntersuchungen sind nicht frei von Kritik.

Die „Occurrence Methode“ zeigt die Bedeutung eines Nahrungsbestandteiles für die Ernährung des Fisches, gibt aber nicht die tatsächliche Menge (Masse) einer Nahrungskategorie an.

Der Nachteil der „Numerischen Methode“ besteht darin, daß kleine Nahrungsbestandteile, die in großer Zahl vorkommen, in ihrer Bedeutung überschätzt werden. Oft können durch Kauen und/oder Verdauungsprozesse zerstörte Nährtiere nicht mehr individuell gezählt werden. Eine Korrelation mit der Fischgröße (Länge, Gewicht) ist bei diesen Methoden ebenfalls nicht möglich.

Für Messungen von Mageninhalten ist die „Volumetrische Methode“ wahrscheinlich am repräsentativsten, da sie auf alle Nahrungsteile anwendbar ist. Bei gut verdauten Nahrungsbestandteilen allerdings sind direkte und indirekte Messungen nicht möglich und das gesamte Volumen des Mageninhalts sowie das Volumen der trennbaren Komponenten kann geschätzt werden. McHUGH (1940) mißt nur das Gesamtvolumen und schätzt die Volumenprozent der

einzelnen Bestandteile. Fehler in der Volumenabschätzung sind im allgemeinen unbedeutend gegenüber den Zählfehlern.

Die von SWYNNERTON & WORTHINGTON (1940) angewandte „Points Methode“ ist eine Mischung aus der numerischen und volumetrischen Methode, die ausgesprochen subjektiv ist. Sie kann nie die exakte Menge einer Nahrungskategorie wiedergeben und macht eine Korrelation mit der Fischgröße sowie einen Vergleich mit anderen Arbeiten unmöglich.

Die „Gravimetrische Methode“ ist in der Regel zeitaufwendiger und eignet sich bei konserviertem Material nicht so gut. Das Gesamtgewicht einer Nahrungskategorie kann in Prozent aller Mageninhalte, als Verhältnis zum Fisch-Frischgewicht (THORPE 1977) oder Fisch-Trockengewicht (ADAMS 1976) ausgedrückt werden.

Die größten Schwierigkeiten bei der Interpretation von Magenanalysen ergeben sich aus der Tatsache, daß die Variation zwischen den Individuen einer Probe oft größer ist, als zwischen durchschnittlichen Werten von zwei Proben (CADWALLADER 1975d). Fehler können auch durch unterschiedliche Verdauung verursacht werden. So konnte GANNON (1976) zeigen, daß Daphnia, aufgrund ihrer Verdaubarkeit in Mägen von Alosa pseudoharengus unterrepräsentiert ist. Ähnliche Beobachtungen konnten für andere Zooplankton-Arten gemacht werden (BERG 1979, DOUD 1974). Am Königssee trifft dies für Cyclops abyssorum zu. Je nachdem wie lange die Fische im Netz hängen und wie schnell die Fische zur Aufarbeitung gelangen, können sich durch unterschiedliche Verdauungszeit Fehler bei der Gewichts- und Volumenbestimmung ergeben. Im Netz gefangene Fische

Tab. 1: Methoden zur Magenuntersuchung von Fischen.

| | | |
|-----------------------------------|---|------------------------------------|
| I. Occurrence Methode | | |
| 1) Häufigkeit des Vorkommens: | Anzahl der Mägen, die ein oder mehrere Individuen einer Nahrungskategorie beinhalten (in % aller Mägen). | FROST 1946, 1954 |
| 2) Dominanz-Methode: | Verhältnis der Mägen, in denen eine bestimmte Nahrungskategorie von der Menge her dominant ist (in % aller Mägen). | FROST und WENT 1940 |
| II. Numerische Methode | | |
| | Summe aller Individuen (aller Mägen) einer Nahrungskategorie wird als Verhältnis gegen die restliche Nahrung ausgedrückt. | CRISP et al. 1978 |
| III. Volumetrische Methode | | |
| 1) Direkt: | a) Durch Volumenverdrängung b) Durch Absetzen in einem graduierten Röhrchen | WOLFERT und MILLER 1978, JUDE 1973 |
| 2) Indirekt: | Durch Kalkulation der durchschnittlichen Dimensionen a) indem eine bestimmte Anzahl von Individuen gemessen wird b) im Vergleich mit einem geometrischen Körper | McCOMISH 1966 LARIMORE 1957 |
| 3) Schätzung: | Bei gut verdauten Bestandteilen kann das gesamte Mageninhaltsvolumen und das Volumen der trennbaren Komponenten geschätzt werden. | PILLAY 1952 |
| IV. Points Methode | | |
| | Jeder Nahrungskategorie wird eine Anzahl Punkte zugewiesen, die von der Häufigkeit und der Größe der Bestandteile abhängt. | HYNES 1950 |
| V. Gravimetrische Methode | | |
| 1) Trockengewicht: | 60 – 150° C; zeitaufwendiger als Bestimmung des Naßgewichts | JONES 1973 |
| 2) Naßgewicht: | Entfernung von anhaftendem Wasser mit saugfähigem Papier oder durch Zentrifugieren. | PARKER 1963 HOWMILLER 1972 |

können evtl. ihre Nahrung erbrechen. Allerdings konnte PECHLANER (zitiert in SCHULZ 1975) bei Seesaiblingen feststellen, daß diese Fische bei Streß ihre Verdauung einstellen.

Nahezu unmöglich abzuschätzen sind schnell verdauliche Organismen wie Oligochaeten (KENNEDY 1969). Auf der anderen Seite werden bestimmte Nah-

rungsbestandteile viel langsamer verdaut, so daß eine selektive Akkumulation vorgetäuscht wird (MANN & ORR 1969). Optimal wäre eine Untersuchung von Fischen, die unmittelbar nach ihrer Hauptfresszeit gefangen werden, da Nahrung und Intensität der Nahrungsaufnahme während des diurnalen Zyklus variieren können (KEAST & WELSCH 1968, ELLIOTT 1970).

Material und Methoden

Insgesamt wurden in den beiden Jahren 1982 und 1983 jeweils im Frühjahr, Sommer und Herbst rund 1100 Magenproben von Fischen des Königs-, Ober- und Grünsee genommen und ausgewertet (Tab. 2). Dabei kamen folgende Fischarten zur Untersuchung:

| | |
|---|----------------------------|
| <i>Coregonus macrophthalmus</i> Nüsslin | = Renke |
| <i>Salvelinus fontinalis</i> Mitchell | = Bachsaibling |
| <i>Salvelinus alpinus salvelinus</i> L. | = Seesaibling |
| <i>Perca fluviatilis</i> L. | = Flußbarsch |
| <i>Esox lucius</i> L. | = Hecht |
| <i>Lota lota</i> L. | = Rutte, Trüsche, Quappe |
| <i>Cottus gobio</i> L. | = Koppe, Groppe, Mühlkoppe |
| <i>Squalius cephalus</i> L. | = Aitel, Döbel |
| <i>Salmo trutta f. fario</i> L. | = Bachforelle |
| <i>Salmo trutta f. lacustris</i> L. | = Seeforelle |
| <i>Tinca tinca</i> L. | = Schleie |
| <i>Anguilla anguilla</i> L. | = Aal |

Die Fische wurden von der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei gefangen, die hierzu folgende Fanggeräte einsetzte: Schwebnetze (der Maschenweiten: 25, 35, 40, 42, 50mm), Bodennetze (der Maschenweiten: 25, 35, 40, 50mm), ferner Reusen und Elektrofänger. Die Kiemennetze wurden in der Regel nachmittags ausgesetzt und am nächsten Morgen

wieder eingeholt. Unmittelbar nach Wiegen und Vermessen der Fische wurde die Leibeshöhle eröffnet, der Magen entnommen, aufgeschnitten und der gesamte Mageninhalt zur späteren Aufarbeitung in 70%-igem Alkohol konserviert. Da die Nahrungsorganismen im Magen am wenigsten verdaut sind, kam nur dieser zur Untersuchung. Der übrige Darmtrakt wurde nicht berücksichtigt. Nur beim Aitel, der als Weißfisch keinen definierten Magen besitzt, wurde der gesamte Darmtrakt untersucht.

Zur quantitativen Messung der aufgenommenen Nahrungsbestandteile eines Fisches wurde die „Volumetrische Methode“ gewählt. Die Bestimmung des Gesamt-Magenvolumens erfolgte direkt durch Absetzenlassen in graduierten Reagenzgläsern (5, 10, 25ml) oder bei sehr voluminösen Inhalten in Standzylinder (25 und 50ml). Das Volumen der einzelnen Nahrungsbestandteile wurde ebenfalls auf diese Weise bestimmt oder, wenn dies aufgrund sperriger Körperformate (z.B. große Radix-Individuen) oder fortgeschrittenem Verdauungszustand nicht möglich war, geschätzt. Die Determination erfolgte unter dem Stereomikroskop (10- bis 100-fache Vergrößerung), bei einigen Chironomiden mußten zur Artbestimmung mikroskopische Dauerpräparate (SCHLEE 1966) angefertigt werden. Anhand der Einzelvolumina ließen sich die Volumenprozent der fünf Hauptgruppen Benthon, Plankton, Nekton, Kinon und Chironomiden-Puppen errechnen. FITTKAU (1976) nennt die Ge-

Tab. 2: Zahl der untersuchten Fischmägen.

| | | April | | Juli | | Oktober | | |
|--|----|---------------------|------|------|------|---------|------|-------|
| Fischart | | 1982 | 1983 | 1982 | 1983 | 1982 | 1983 | Summe |
| Renke | K | 11 | 31 | 31 | 30 | 12 | 30 | 145 |
| Barsch | K | 28 | 30 | 40 | 30 | 15 | 46 | 189 |
| | O | 31 | 30 | 40 | 30 | 20 | 30 | 181 |
| See-saibling | K | 31 | 30 | 30 | 30 | 18 | 30 | 169 |
| | O | 37 | 30 | 31 | 30 | 20 | 30 | 178 |
| | Gr | / | / | / | / | 20 | 10 | 30 |
| Hecht | K | 14 | 7 | 15 | 12 | 16 | 16 | 80 |
| | O | 4 | / | 1 | / | / | / | 5 |
| Rutte | K | 24 | 4 | 8 | / | / | 11 | 47 |
| | O | 3 | 3 | / | 2 | / | 2 | 10 |
| übrige | K | 11 | 11 | 6 | 1 | 14 | 20 | 63 |
| | O | / | / | 1 | / | / | / | 1 |
| K = Königssee O = Obersee Gr = Grünsee | | <u>Summe</u> : 1098 | | | | | | |

samtheit der Zönosen der Oberflächen der Binnengewässer, auch Oberflächendrift genannt, Kinon und vereinigt somit die eng definierten Begriffe Neuston und Pleuston. Für die Chironomiden-Puppen wurde deshalb eine eigene Kategorie gewählt, da sie als Übergangsformen (nach Verlassen des Benthals bis zum Erreichen des Kinals) während ihres kurzfristigen Durchschreitens des Pelagials kaum zu Plankton oder Nekton gerechnet werden können.

Neben den von SIEBECK (1982) gefundenen 5 Planktonarten (Cyclops abyssorum, Daphnia hyalina, Bosmina longispina, Arctodiaptomus alpinus, Ceriodaphnia quadrangula) konnten in den Magenproben sehr vereinzelt noch Simocephalus vetulus und Pleuroxus uncinatus (beide det. DR. KOHMANN) nachgewiesen werden. Da eine exakte Ansprechbarkeit dieser Arten in den Magenproben nicht gewährleistet war, wurde S. vetulus zu Daphnia hyalina und P. uncinatus zu Bosmina longispina gerechnet. Zwischen den einzelnen Jugendstadien wurde nicht unterschieden.

Schleim, sowie verschiedene, für den Fisch unverdauliche Partikel wie Steine, Holzstücke und Pflanzenreste wurden nicht in die Berechnungen mit einbezogen. Das gleiche gilt für die, nur in sehr geringen Prozentzahlen vorkommenden Parasiten.

Die Speicherung der zahlreichen Einzeldaten konnte freundlicherweise an der IBM-Anlage der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, die statistische Verarbeitung am Lehrstuhl für Tierzucht der TU in Weihenstephan durchgeführt werden.

Für die Berechnung der Varianzanalysen und der Dominantenidentität wurden folgende Nahrungskategorien zugrundegelegt:

Plankton – Nekton – Kinon – Chironomiden-Puppen – Chironomiden-Larven – Irichoptera – Ephemeroptera – Plecoptera – Coleoptera – Mollusca – Asellus – Sialis – Odonata – Micronecta – Würmer – Ostracoda.

Zur Biologie der wichtigsten benthischen Fischnährtiere (Abb. 1)

1. *Sialis lutaria* L. (Megaloptera, Sialidae)

Die ersten Larvenstadien dieser Schlammfliege sind freischwimmend und bewohnen die Uferzone stehender oder vorwiegend langsam fließender Gewässer. Im weiteren Verlauf ihres Larvenlebens besiedeln sie fortschreitend größere Tiefen (bis 20 m) und leben hauptsächlich im Schlamm vergraben, wo sie sich räuberisch von Insektenlarven, Mollusken und Oligochaeten ernähren. Innerhalb der rund zwei Jahre dauernden Larvalperiode werden 10 Larvenstadien durchlaufen. Zur Verpuppung sucht die Larve eine geeignete feuchte Stelle (oft mehrere Meter vom Ufer entfernt), wo sie sich in den Erdboden vergräbt. Die

Puppenruhe (März bis Anfang Juni) ist nach zwei Wochen beendet. Die in den Mägen in wesentlich geringerer Zahl vorkommende Art *S. fuliginosa* wird bei der Darstellung der Ergebnisse zusammen mit *S. lutaria* als gemeinsame Kategorie *Sialis* geführt. Sialiden treten häufig in sehr hohen Populationsdichten auf und stellen im Königssee (zusammen mit den Chironomiden) die bedeutendste benthische Fischnährtiergruppe dar.

2. *Phryganea bipunctata* Retz. und *Agrypnia varia* F. (Trichoptera)

Die in den Mägen gefundenen Larven dieser zwei Arten konnten nicht unterschieden werden und sind als ein Taxon behandelt. Diese Köcherfliegenlarven sind Pflanzenfresser, die sich von Algen, Detritus und frischen oder faulen Teilen höherer Pflanzen ernähren. Die Verpuppung erfolgt in den aus Pflanzenteilen gebildeten Köchern. Die Flugzeit der Imagines findet Anfang Juni bis Ende August statt und dauert ca. 3–4 Wochen.

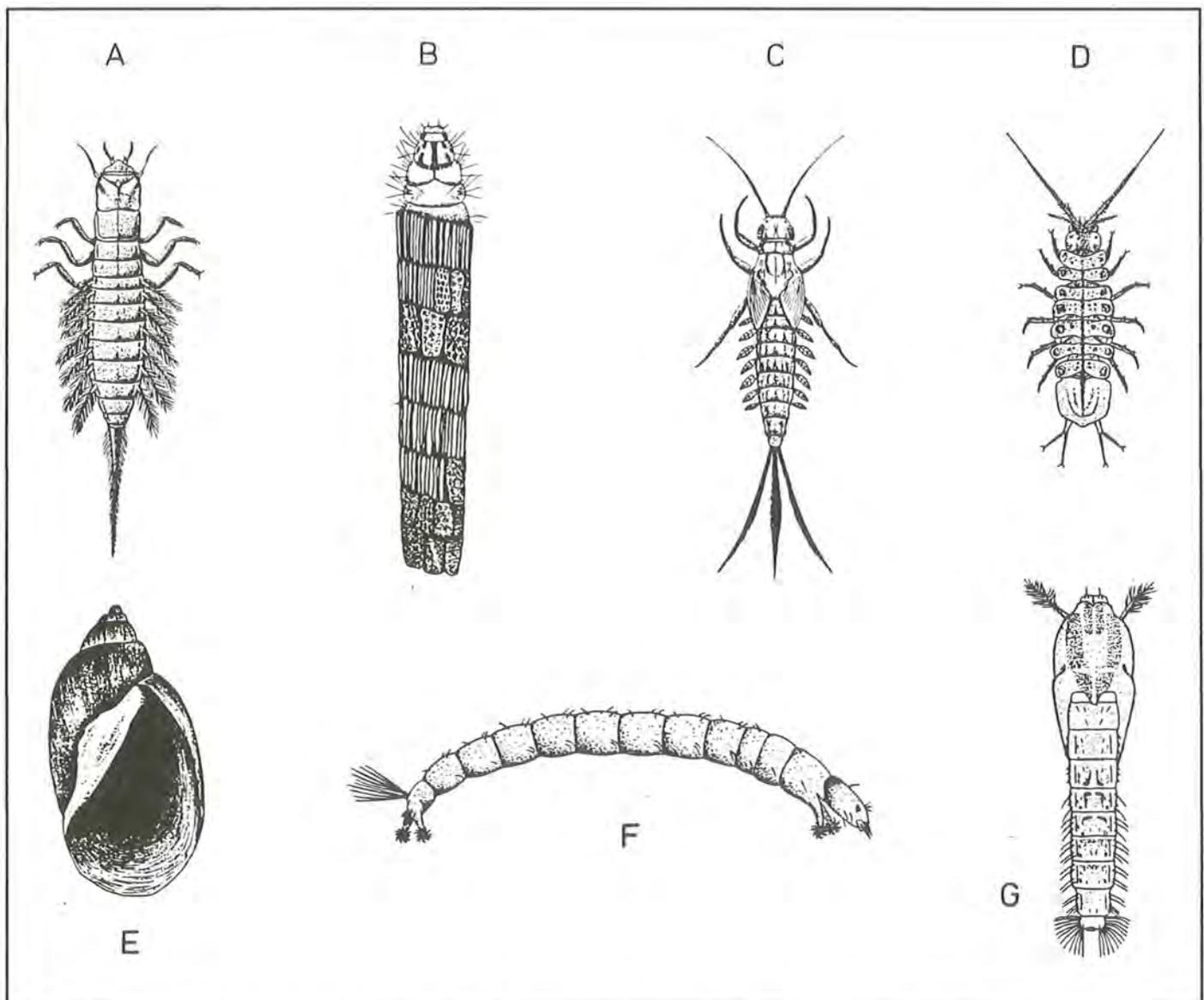


Abb. 1: Benthische Fischnährtiere. A = *Sialis lutaria*, B = *Phryganea bipunctata*, C = *Centropilum luteolum*, D = *Asellus aquaticus*, E = *Radix ovata*, F = Tanypodinen-Larve (*Procladius*), G = *Micropsectra contracta* (Chironomiden-Puppe).

3. *Centroptilum luteolum* Müller (Ephemeroptera, Baetidae)

Die vorwiegend rheophilen Larven (Bäche, Flüsse) kommen von Mai bis Oktober in der steinigen Uferzone von Seen vor, wo sie die Algenüberzüge des Substrates abweiden. Wie bei sehr vielen aquatischen Insektenlarven, ist unser Wissen über die Biologie von *C. luteolum* sehr lückenhaft.

4. *Asellus aquaticus* L. (Crustacea, Isopoda)

Die Wasserassel stellt keine großen Ansprüche an die Beschaffenheit ihres Wohngewässers, sie meidet allerdings stärkere Strömung. Als Nahrung dienen verwesende organische Stoffe. Trächtige Weibchen sind während des ganzen Jahres anzutreffen. Sie vermehren sich mehrfach.

5. *Radix ovata* Drap. (Gastropoda, Lymnaeidae)

Radix ovata ist wohl die anpassungsfähigste Süßwasserschnecke unserer Breiten. Sie bevorzugt pflanzenreiche, kleine stehende und langsam fließende Gewässer. In großen Gewässern ist sie meist im Uferbereich, seltener in großen Tiefen (bis 18 m) zu finden. In den Alpen trifft man sie noch in Höhen bis 2500 m an. Ihre Nahrung besteht aus Aas und Algenaufwuchs.

6. Chironomidae (Diptera, Nematocera)

Chironomiden besiedeln nahezu jedes Gewässer, ihre Larven kommen nicht selten in ungeheuren Individuendichten (85.000/m², LINDEGAARD & JÓNASSON 1979) vor und ihre Lebensweise ist äußerst mannigfaltig. Neben den räuberischen, gehäuselosen Tanypodinenlarven (z.B. *Procladius* sp.) gibt es Schmarotzer und Kommensalen, Algen- und Detritusfresser (die meisten mit Gehäuse) und Blattminierer. Das Larvenleben kann wenige Wochen bis mehrere Jahre dauern und wird mit der Verpuppung beendet. Die Puppen verlassen das Benthon und steigen mit Hilfe des gasgefüllten Zwischenraumes zwischen Imago und Puppenhaut (mit mehr oder weniger starker Eigenbewegung) zur Wasseroberfläche auf. Die Puppenhaut platzt dort und die fertige Imago schlüpft innerhalb kürzester Zeit. Dabei haben die Hauptarten in den Seen des Voralpengebietes ihre Schlüpfmaxima im Frühjahr und Herbst. Die Paarung erfolgt in Schwärmen, die Eiablage unmittelbar oder einige Stunden (maximal wenige Tage) danach. Das adulte Stadium ist auf wenige Tage begrenzt.

Alle aus den drei Seen bekannt gewordenen Makroinvertebraten (inkl. Zooplankton) finden sich in den Artenlisten im Anhang.

Ergebnisse

1. Varianzanalyse für die abhängigen Variablen Benthos, Plankton, Nekton und Chironomiden-Puppen

Um zu klären, welche Faktoren einen signifikanten Einfluß auf die Verteilung der Haupt-Nahrungskategorien haben, wurde ein varianzanalytisches Modell gerechnet, das folgende Faktoren (Varianzursache) enthält: Fischart (FA), Geschlecht (GE), Altersklasse (AK), Reifegrad (RG), Maschenweite der Netze (MW), Fanggerät (FG), Datum (DAT) und See (SEE). Der Faktor Fischlänge wurde nicht in dieses Modell einbezogen, weil er kontinuierlich verteilt ist (also nicht in Stufen vorliegt) und somit als Einflußgröße nicht geeignet ist. Der Zusammenhang zwischen Fischlänge und Nahrung wird unter Punkt VI, 6. diskutiert.

Die Verteilung der Nahrungskategorien (logarithmierte Werte) kann aufgrund des Testes nach KOLMOGOROFF/SMIRNOFF als ausreichend normal angesehen werden, sodaß sie einer Varianzanalyse zugrundegelegt werden dürfen.

Die Ergebnisse sind in vereinfachter Form in Tab. 3 dargestellt. Es wird ersichtlich, daß Geschlecht, Alter und Untersuchungstermin statistisch gesehen keinen signifikanten Einfluß auf die Nahrungszusammensetzung haben.

2. *Perca fluviatilis*

Die Barsche gehören mit Seesaibling und Renke (nur im Königssee) zu den zahlenmäßig dominierenden Fischen des Königs- und Obersees.

2.1 Verhältnis leere/volle Mägen

Wie aus den Abbildungen 2 und 3 ersichtlich wird, sind in beiden Untersuchungs Jahren zu allen Terminen bedeutend mehr Rogner als Milchner untersucht worden. Durchschnittlich überwiegen die Fische mit vollem Magen gegenüber denjenigen, die keinerlei Nahrungsbestandteile gefressen hatten. Lediglich im Oktober 1982 in beiden Seen und im Königssee, Oktober 1983, verschiebt sich dieses Verhältnis bei den Rognern zugunsten der leeren Mägen. Bei den Milchnern sind Fische mit Mageninhalt immer in größerer Zahl vorhanden.

Tab. 3: Ergebnistafel der Varianzanalysen.

| | FA | GE | AK | RG | MW | FG | DAT | SEE |
|----------------|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| Plankton | + | | | + | | + | | + |
| Benthos | + | | | | | + | | |
| Nekton | | | | + | + | + | | |
| Chiron.-Puppen | + | | | | | | | + |

FA = Fischart, GE = Geschlecht, AK = Altersklasse, RG = Reifegrad, MW = Maschenweite, FG = Fanggerät, DAT = Datum (Untersuchungstermin), SEE = See.

Faktoren, die einen signifikanten Einfluß auf die Verteilung der Nahrungskategorien haben, sind mit „+“ gekennzeichnet.

2.2 Saturität

Die Saturität ist der prozentuelle Anteil des Mageninhalt am Gesamtgewicht des Fisches: $S = \frac{V \times 100}{G}$ wobei V das Volumen des Mageninhalt und G das

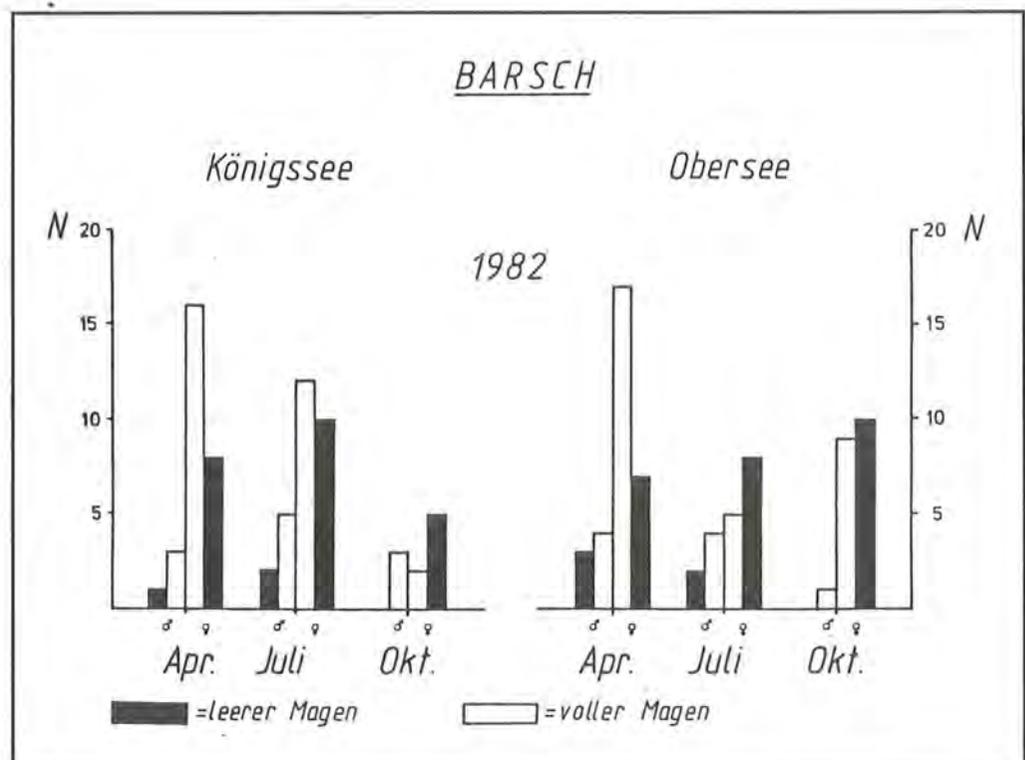


Abb. 2: Verhältnis leere/volle Mägen 1982.

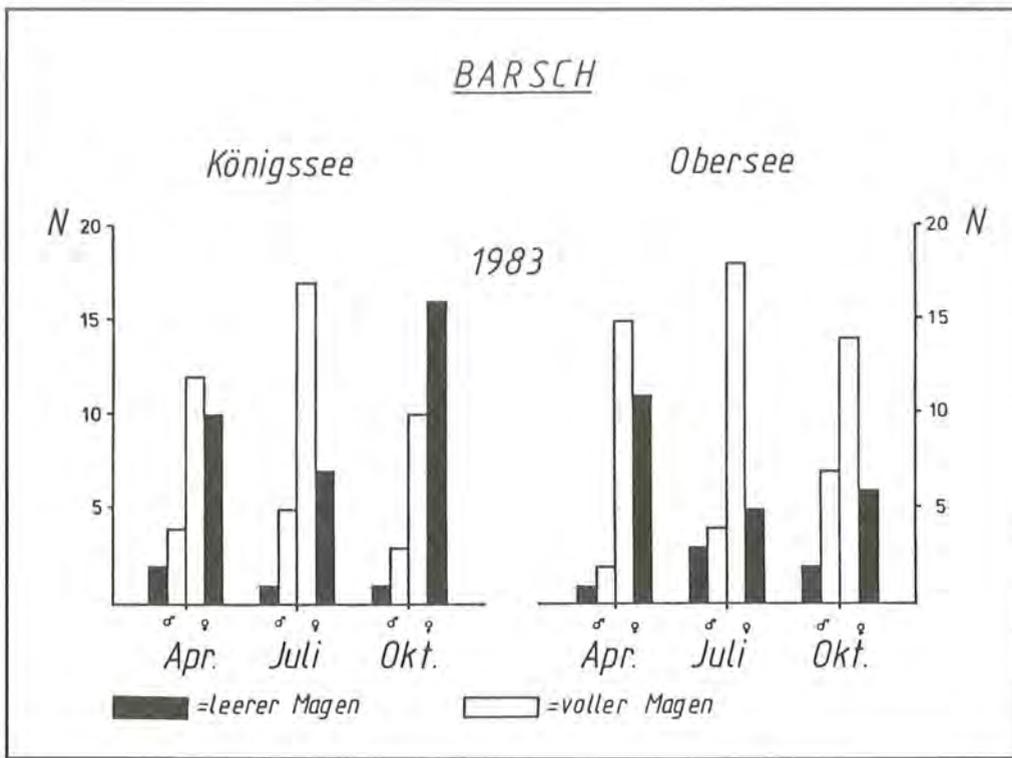


Abb. 3:
Verhältnis leere/volle Mägen
1983.

Fischgewicht bedeutet. SCHULZ (1975, 1979) verwendet an Stelle des Volumens das Gewicht des Mageninhaltes.

Über die Saturität lassen sich einmal Aussagen machen, wieviel die Fische zu den einzelnen Terminen gefressen haben, zum anderen kann man feststellen, ob mit zunehmenden Alter und Länge oder unterschiedlichem Geschlecht durchschnittlich mehr Nahrung aufgenommen wird.

Die durchschnittliche Saturität aller Fische zeigt bei den Barschen keine einheitliche Tendenz (Tab. 4). Sie nimmt 1982 im Obersee von April bis Oktober ab, 1983 dagegen stark zu. Im Königssee wird die höchste Saturität im Juli erreicht; die Fische scheinen hinsichtlich der 3 Untersuchungstermine im Juli ihre größte Freßaktivität zu haben.

Tab. 4: Durchschnittliche Saturitätswerte: Barsch.

A) KÖNIGSSEE

| | April | Juli | Okt. |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1982 | 0.64 28 0.29 | 1.29 30 0.46 | 0.93 10 0.54 |
| 1983 | 0.57 28 0.21 | 1.35 30 0.29 | 1.25 30 0.43 |

B) OBERSEE

| | April | Juli | Okt. |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1982 | 0.83 31 0.17 | 0.69 22 0.32 | 0.34 20 0.11 |
| 1983 | 1.37 30 0.29 | 2.84 30 0.54 | 4.69 30 0.75 |

S
N se

S = Saturität, N = Anzahl der Fische, se = Standardfehler.

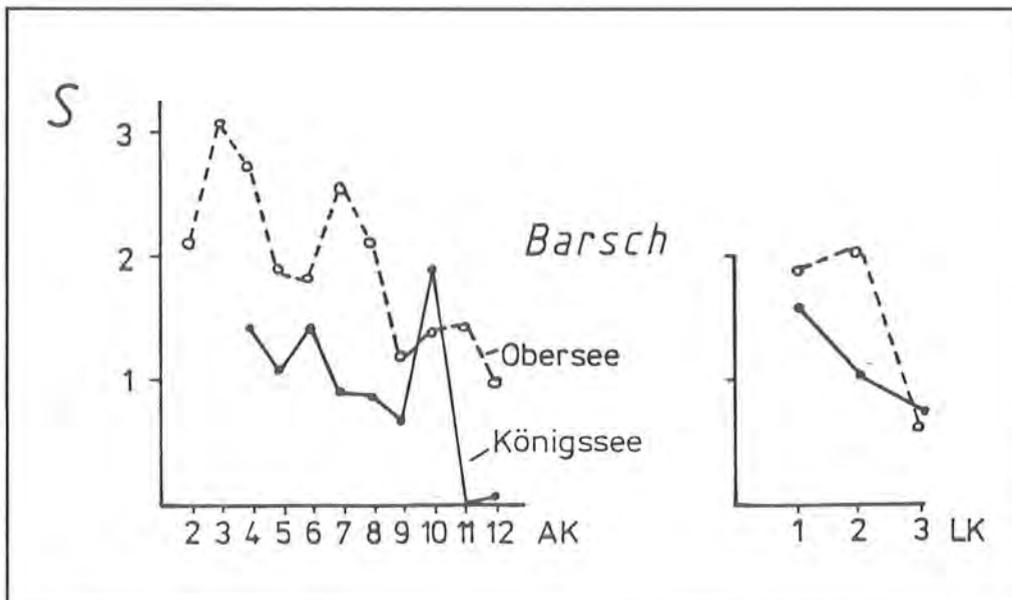


Abb. 4:
Saturitätswerte in den
einzelnen Alters- und Längen-
klassen (Längenklassen-
Einteilung s. 2.5.).

Innerhalb der Alters- und Längenklassen (Abb. 4) ergibt sich ein generelles Problem, das die Interpretation äußerst erschwert. In den niedrigen und hohen Klassen lagen den Untersuchungen jeweils zu wenig Individuen vor.

In Anbetracht dieser Einschränkung kann jedoch festgestellt werden, daß mit zunehmendem Alter, bzw. zunehmender Länge der Fische eine Verminderung der Saturität einhergeht. Die Barsche nehmen in höherem Alter bzw. bei größerer Länge – in allerdings beträchtlichen Schwankungen – relativ weniger Nahrung zu sich.

2.3 Prozent-Verteilung der 5 Haupt-Nahrungsgruppen

Innerhalb der 5 Haupt-Nahrungsgruppen charakterisieren die Abbildungen 5 und 6 den Barsch in seiner Nahrungswahl als sehr vielfältig im Vergleich zu den beiden anderen dominierenden Fischarten Renke und Seesaibling.

Im großen und ganzen bilden Nekton (ø 43%) und Benthos (ø 40%) die bedeutendste Nahrungsquelle, wobei der Nektonanteil im Obersee deutlich höher ist als im Königssee, umgekehrt der Benthosanteil im Königssee gegenüber dem Obersee überwiegt. Plankton wird in nennenswerter Zahl im Juli und Okto-

ber im Königssee (Abb. 5) aufgenommen, Chironomiden-Puppen finden sich zu Zeiten der Chironomiden-Emergenz (Frühjahr und Herbst) in hohem Anteil (April 1982). Hierbei handelt es sich fast ausschließlich um die im zeitigen Frühjahr schlüpfenden Arten *Micropsectra contracta*, *Heterotrissocladius marcidus* und *Protanypus caudatus*. Kinon-Organismen werden vom Barsch nicht gefressen.

2.4 Prozent-Anteil der Benthos-Nahrungskategorien

Prinzipiell ist das Nahrungsspektrum der Barsche an Benthos-Organismen im Königssee verschieden von dem im Obersee und auch zwischen den beiden Jahren sind größere Fluktuationen festzustellen (Abb. 7). Im Königssee wechselt die Haupt-Benthosgruppe im Verlauf des Jahres 1982 von *Sialis* im Frühjahr über Ephemeropteren-Larven im Juli zu Trichopteren-Larven im Oktober, wobei bei den Ephemeroptera *Centroptilum luteolum* zu fast 70% und bei den Trichopteren-Larven ausschließlich die Phryganeiden *Agrypnia varia* und *Phryganea bipunctata* beteiligt sind. 1983 bleibt *Sialis* zu den beiden ersten Terminen dominant, im Oktober übernehmen die Ephemeroptera mit 68% die 1. Position (ausschließlich *Centroptilum luteolum*).

Auch im Obersee ist *Sialis* im April 1982 die wichtigste Benthos-Nahrung, die im Juli aber dann von den Mol-

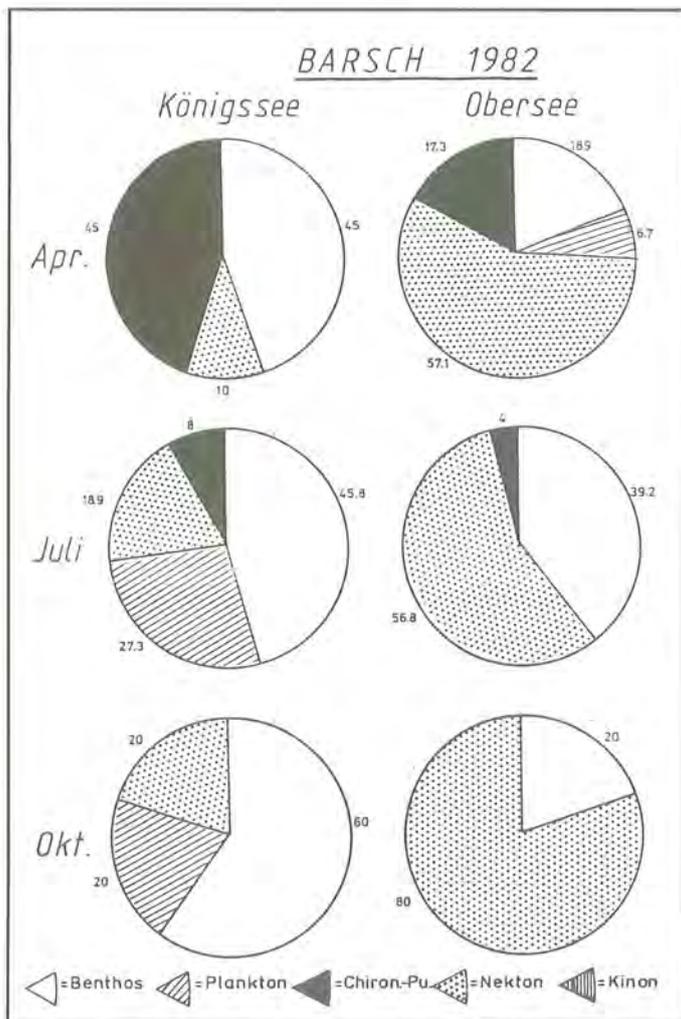


Abb. 5: Prozentverteilung der 5 Haupt-Nahrungsgruppen 1982.

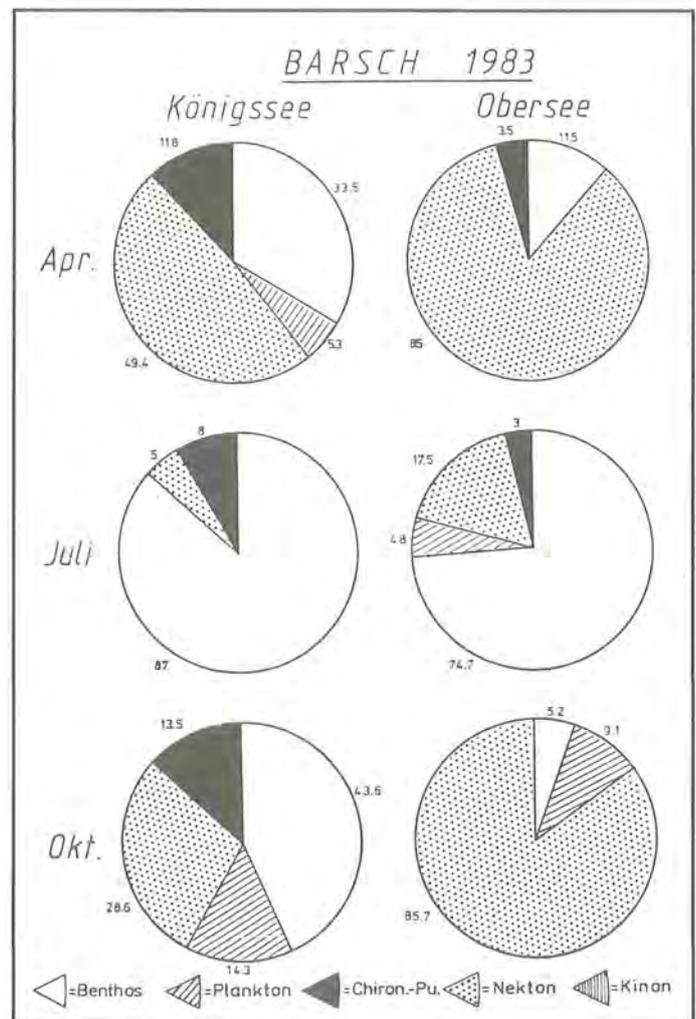


Abb. 6: Prozentverteilung der 5 Haupt-Nahrungsgruppen 1983.

lusken verdrängt wird. Im Oktober 1982 sind Mollusken und Trichopteren dann zu gleichen Teilen (50%) vertreten. Von den Mollusken wird ausschließlich die Art *Radix ovata* gefressen. 1983 bietet der Obersee wieder ein völlig verändertes Bild: Im Frühjahr übertreffen die Coleoptera (*Haliphus*-Larven) mit 44% die Sialiden (25%), die Mollusken treten im Sommer zugunsten der Trichopteren (51%) und Ephemeropteren (19%) zurück um wieder im Oktober gemeinsam mit Chironomiden-Larven die ersten Positionen (Mollusken 50%, Chironomiden-Larven 50%) zu besetzen, jetzt aber mit der Art *Valvata piscinalis alpestris*. Allerdings muß hierzu bemerkt werden, daß die Daten

für den Oktober-Termin im Obersee von begrenzter Aussagekraft sind, da nur jeweils zwei Fische in den beiden Jahren überhaupt Benthosnahrung gefressen hatten.

Von den Insektenlarven werden im Königssee also am häufigsten *Sialis lutaria* und *Centroptilum luteolum*, im Obersee die beiden Phryganaeiden sowie Käferlarven der Gattung *Haliphus* und *Sialis lutaria* aufgenommen. Bei den Chironomiden sind es im Königssee *Tanytarsus*-Larven (Juli 1983) und im Obersee Larven vom *Chironomus anthracinus*-Typ (Oktober 1983).

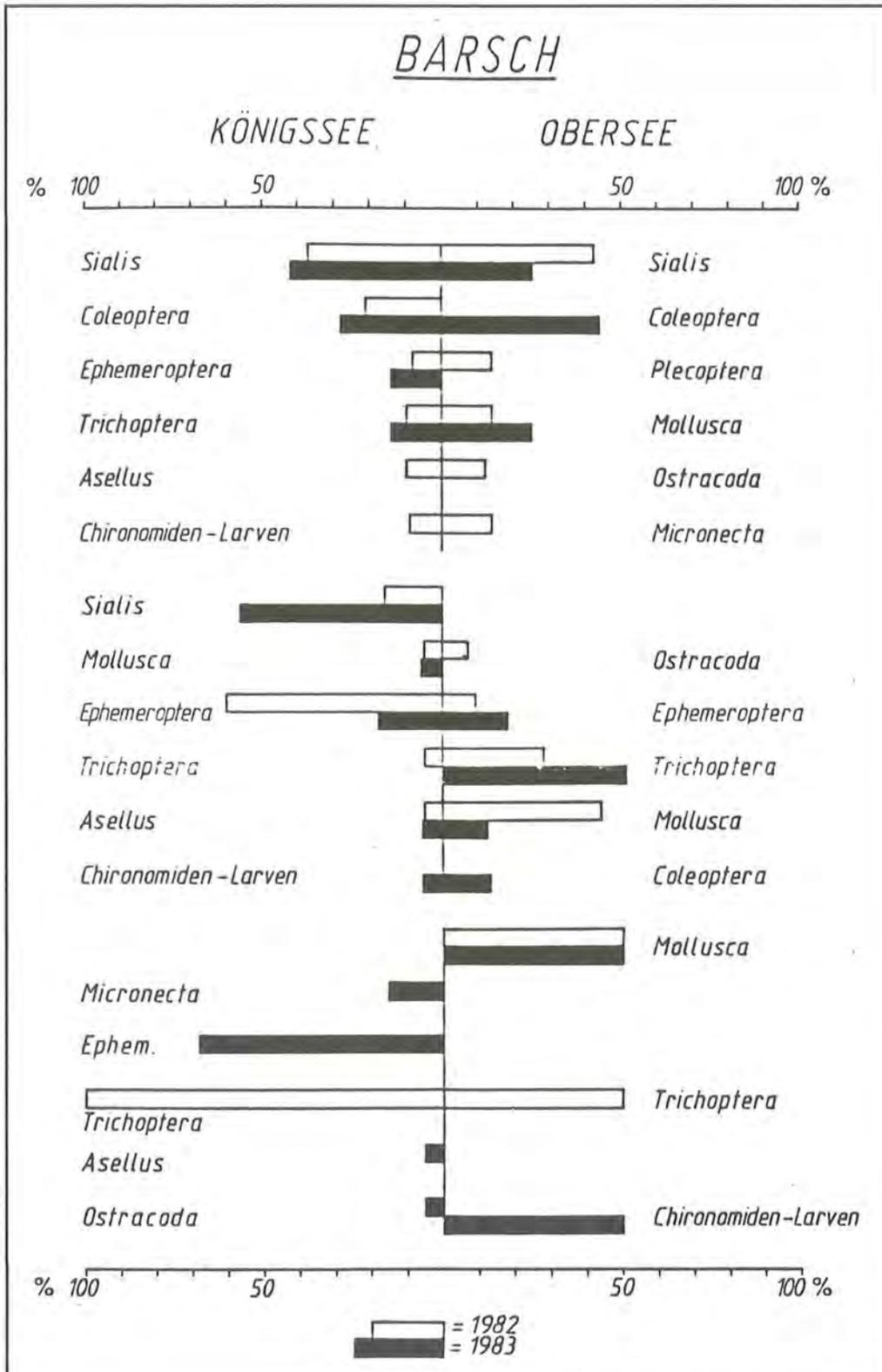


Abb. 7:
Prozentanteile der Benthos-
Nahrungskategorien.

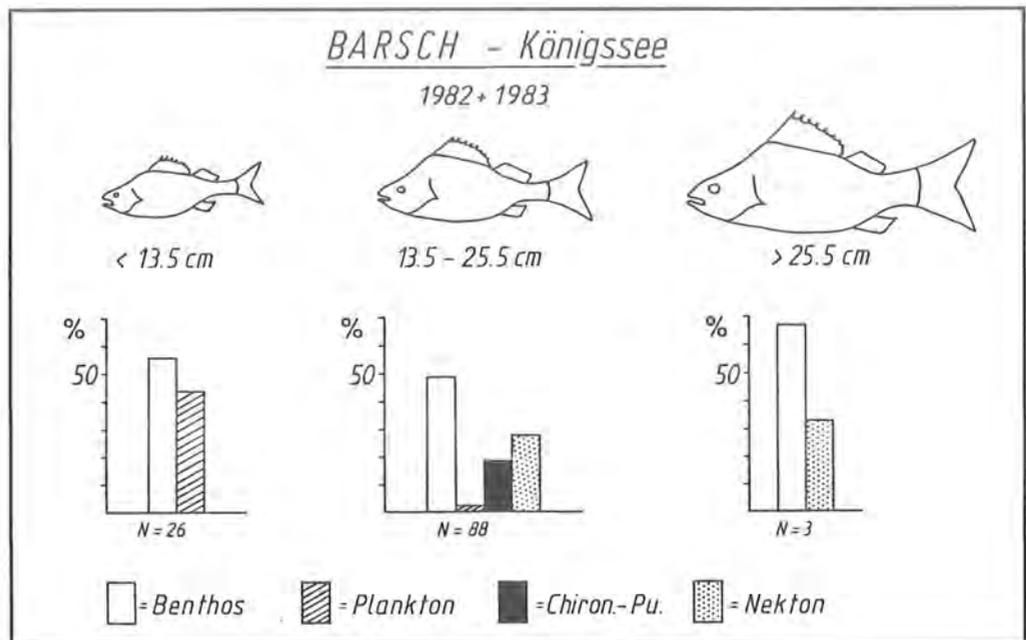


Abb. 8: Prozentanteile der 5 Haupt-Nahrungsgruppen innerhalb der 3 Längenklassen, 1982 und 1983 (Königssee).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß *Sialis*-, Trichopteren- und Ephemeropteren-Larven als Beutetiere in der Benthos-Kategorie dominieren und gelegentlich durch Mollusken, Chironomiden- und Käfer-Larven ergänzt bzw. ersetzt werden.

2.5 Prozentanteil der 5 Haupt-Nahrungsgruppen innerhalb der Längenklassen

Um eine eventuelle Abhängigkeit der Nahrungsaufnahme von der Größe der Fische feststellen zu können, wurden die Barsche in drei Längenklassen eingeteilt: I: <13.5cm; II: 13.5 – 25.5cm; III: >25.5cm. Wiederum besteht zwischen den Barschen des Königssees und des Obersees ein gravierender Unterschied: Alle drei Längenklassen der Königssee-Bar-

sche sind ausgesprochene Benthosfresser (Abb. 8), wohingegen die Obersee-Barsche mit zunehmender Länge vermehrt andere Fische fressen (Abb. 9). Lediglich die Fische der Längenklasse I nehmen auch Plankton auf (nur zwei von 88 Fischen der Längenklasse II hatten noch Plankton gefressen), bevorzugte Nahrungskategorie bleibt aber auch hier das Benthos.

2.6 Unterschiede der Nahrungsaufnahme unter Berücksichtigung von Geschlecht, Alter, Reifegrad und Fanggerät

Innerhalb der Benthos-Nahrungskategorien ist kein Unterschied in der Nahrungswahl zwischen Milchner und Rogner festzustellen. Im Königssee fressen die

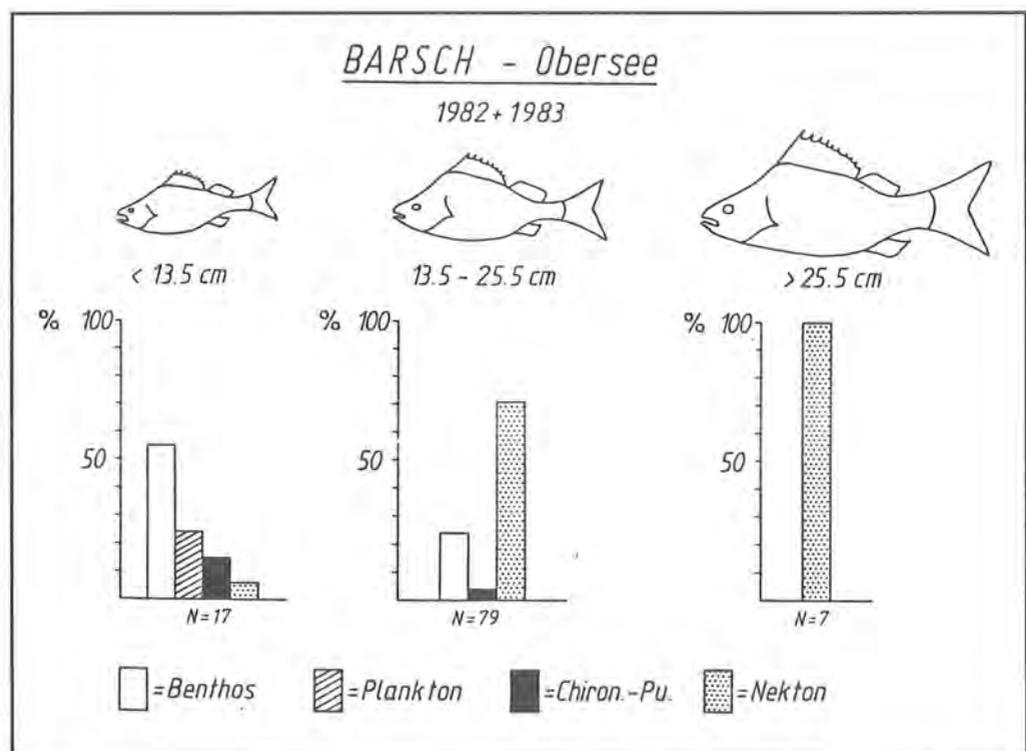


Abb. 9: Prozentanteile der 5 Haupt-Nahrungsgruppen innerhalb der 3 Längenklassen, 1982 und 1983 (Obersee).

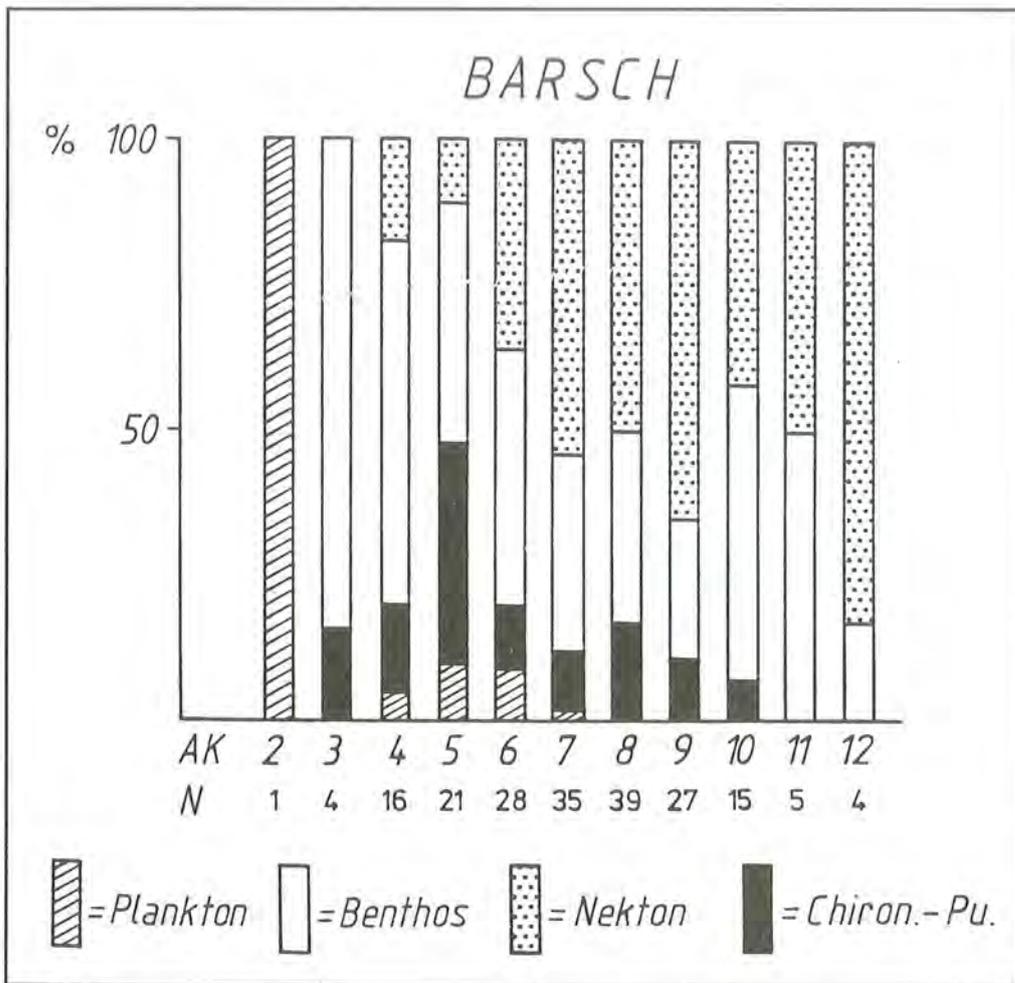


Abb. 10: Prozentanteile der Haupt-Nahrungsgruppen in den einzelnen Altersklassen, Königssee und Obersee. (AK = Altersklasse, N = Anzahl der Fische).

Rogner weniger Nekton, dafür mehr Chironomiden-Puppen als die Milchner. Umgekehrt nehmen die Rogner im Obersee mehr Nekton auf. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die männlichen Königssee-Barsche eine viel höhere durchschnittliche Sättigung (2.19) haben als die Rogner (0.75).

Um eine höhere Stichprobenzahl zu erreichen, wurden für die Verteilung der Haupt-Nahrungskategorien

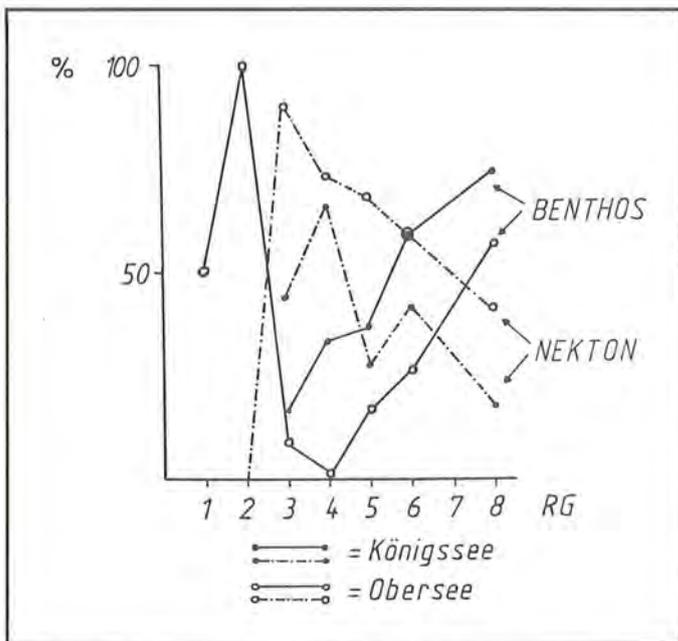


Abb. 11: Prozentverteilung von Benthos und Nekton in den einzelnen Reifegraden.

in den einzelnen Altersklassen die Fische aus Königssee und Obersee zusammengefaßt (Abb. 10). Trotzdem sind die niedrigen (2 und 3) und hohen (11 und 12) Altersklassen unterrepräsentiert.

Eine Zunahme des Nektonanteils mit dem Alter ist ab Altersklasse 6 zu erkennen, der Benthosanteil schwankt entsprechend der Höhe des Nektonanteils, die Anteile der Chironomiden-Puppen sind in diesen Altersklassen mehr oder weniger ausgeglichen. Benthos überwiegt in den Altersklassen 3 und 4, Chironomiden-Puppen sind in Altersklasse 5 von großer Bedeutung und Plankton spielt nur in der Altersklasse 2 eine Rolle.

Der Reifegrad (nach KESTEVEN 1960, 8 Kategorien) kennzeichnet den Entwicklungsstatus der Gonaden und Geschlechtsprodukte. Der Höhepunkt der Laichperiode wird bei beiden Geschlechtern mit dem Reifegrad 6 erreicht (= Laichreife). Eine Korrelation der Nahrungsaufnahme mit dem Zeitpunkt der Laichreife liegt beim Barsch nicht vor (Abb. 11). Die Aufnahme von Benthosorganismen steigt von Reifegrad 4 bis Reifegrad 8 kontinuierlich in beiden Seen, die Nektonaufnahme verringert sich, im Königssee allerdings mit einem Zwischenanstieg zur Laichreife.

Ein Vergleich zwischen den Fanggeräten ist nur im Königssee möglich, wo Bodennetze und Elektrofischgerät eingesetzt wurden. Wesentliche Unterschiede ergeben sich für den gesamten untersuchten Barschbestand nur bei den Ephemeropteren- und *Sialis*-Lar-

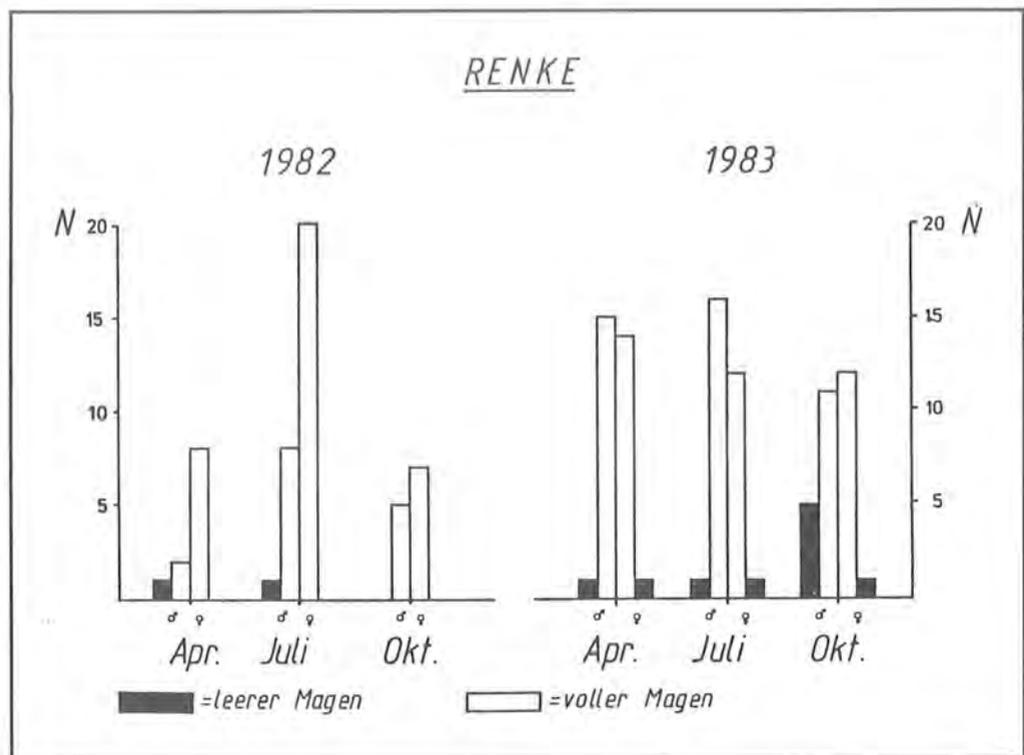


Abb. 12:
Verhältnis leere/volle Mägen.

ven. Die in Bodennetzen gefangenen Barsche hatten zu 15% Ephemeroptera und 46% *Sialis* gefressen, gegenüber 67% Ephemeroptera und 4% *Sialis* der elektrogefischten Barsche.

3. *Coregonus macrophthalmus* Nüsslin

Die exakte Artzugehörigkeit der Renke kann aufgrund der äußerst schwierigen taxonomischen Situation innerhalb der Gattung *Coregonus* noch nicht endgültig festgelegt werden. Nach über 40jährigem Besatz hat sich die Renke neben dem Seesaibling im Königssee als Hauptfischart etabliert; sie fehlt im Obersee und im Grünsee.

3.1 Verhältnis leere/volle Mägen

Zu allen Terminen überwiegen Fische mit vollem Mageninhalt (Abb. 12). Im Jahr 1982 wurden mehr Rogner untersucht, 1983 stellt sich das Geschlechtsver-

hältnis ziemlich ausgeglichen dar. Geschlechtsspezifisch unterschiedliche Freßaktivitäten können nicht festgestellt werden.

3.2 Saturität

Mit denselben Einschränkungen wie beim Barsch, wird auch bei der Renke eine gewisse Tendenz zur Abnahme der Saturität mit zunehmendem Alter ersichtlich (Abb. 13).

Die durchschnittlichen Saturitäten der einzelnen Termine ermöglichen keine Aussagen, auf eine Tabelle wird verzichtet.

3.3 Prozentanteile der 5 Haupt-Nahrungsguppen

Im Gegensatz zum Barsch, mit seinem vielfältigen Nahrungsspektrum, kann die Renke als ausgesprochener Planktonkonsument bezeichnet werden. Bis

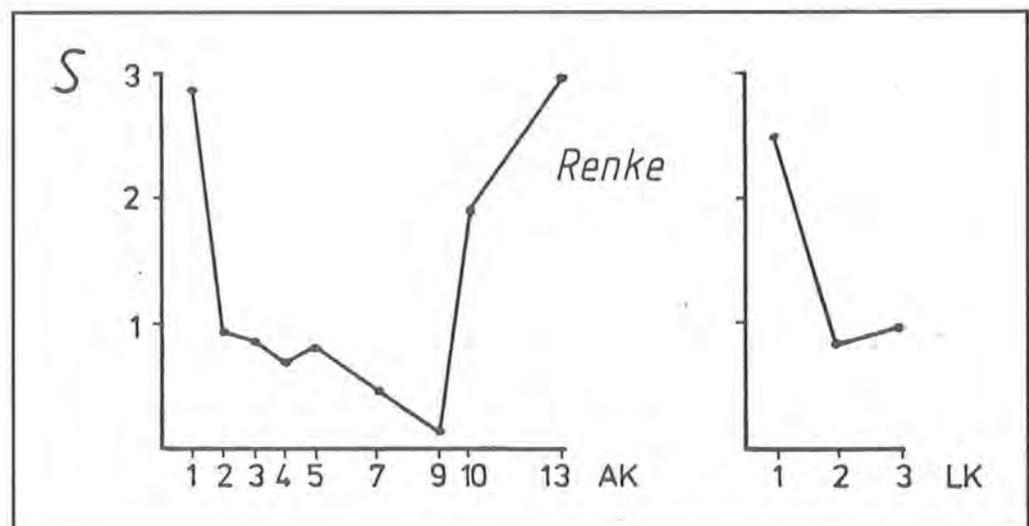


Abb. 13:
Saturitätswerte in den einzelnen Alters- und Längenklassen (Längenklassen-Einteilung s. 3.4).

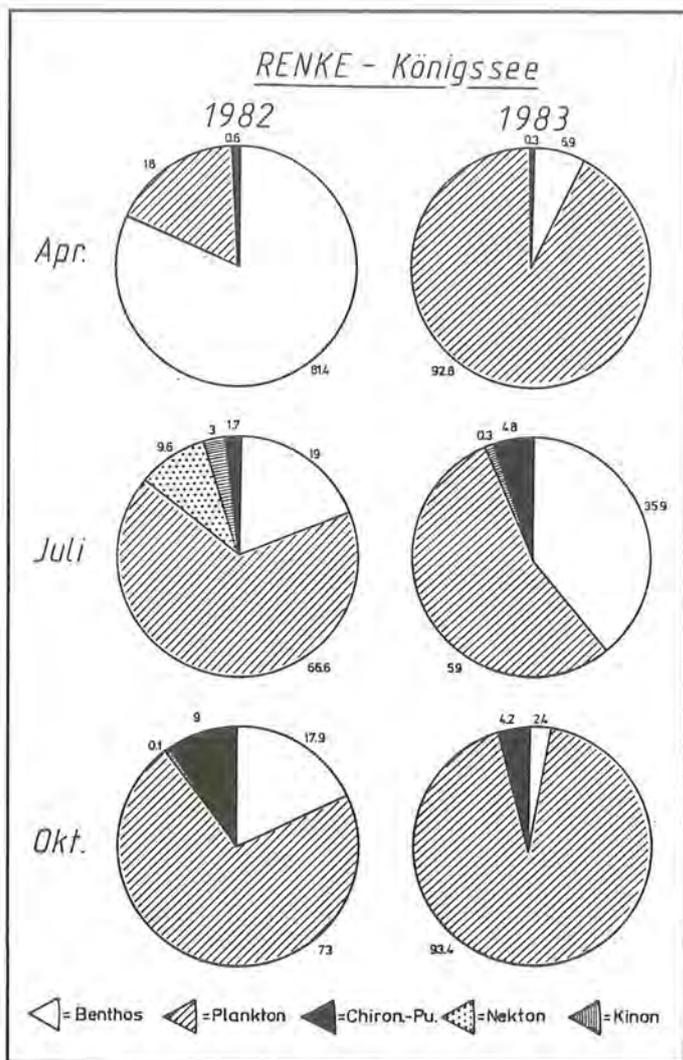


Abb. 14: Prozentanteile der 5 Haupt-Nahrungsgruppen.

auf den April-Termin 1982 ist das Plankton mit durchschnittlich 77% die ausschlaggebende Komponente (Abb. 14). Benthosnahrung wird im wesentli-

chen im Juli (beide Jahre) und im Oktober 1982 aufgenommen. Das gleiche gilt für die Chironomiden-Puppen; Nekton und Kinon sind nahezu unbedeutend. Der hohe Benthosanteil (81%) im April 1982 kann im folgenden Punkt (3.4) mit der unterschiedlichen Längenverteilung der Fische erklärt werden.

3.4 Prozentanteil der 5 Haupt-Nahrungsgruppen innerhalb der Längsklassen

Abb. 15 zeigt eine kontinuierliche Abnahme des Planktonanteils innerhalb der drei Längsklassen (I: <27.5cm; II: 27.5–35.5cm; III: >35.5cm) mit gleichzeitiger Zunahme der Benthos-Organismen. Wird in der Längsklasse I noch gar keine Benthosnahrung aufgenommen, so dominiert diese in der Längsklasse III mit 53%. Im April 1982 gehörten nun die untersuchten Fische ausschließlich den Längsklassen II und III an, womit der Benthosanteil ein Übergewicht bekommt. Chironomiden-Puppen werden in geringen Prozentzahlen (ø 5.8%) in allen Längsklassen gefressen, Nekton (12%) nur von Fischen der Längsklasse III.

3.5 Prozentverteilung der Zooplanktonarten

Die Prozentverteilung der fünf Planktonarten (+ Ehippien) zeigt klar die Bedeutung von *Cyclops abyssorum*, der zu allen drei Untersuchungsterminen als wichtigstes Crustaceen-Nährtier mit durchschnittlich 60% dominiert (Abb. 16). Dies ist weiter auch nicht verwunderlich, da *Cyclops* sowohl in der Anzahl als auch in der Biomasse die anderen Arten weit übertrifft (SIEBECK 1982). *Bosmina* und *Daphnia* erreichen noch nennenswerte Prozentzahlen (28% bzw. 6%), die übrigen Plankton-Nährtiere sind praktisch vernachlässigbar.

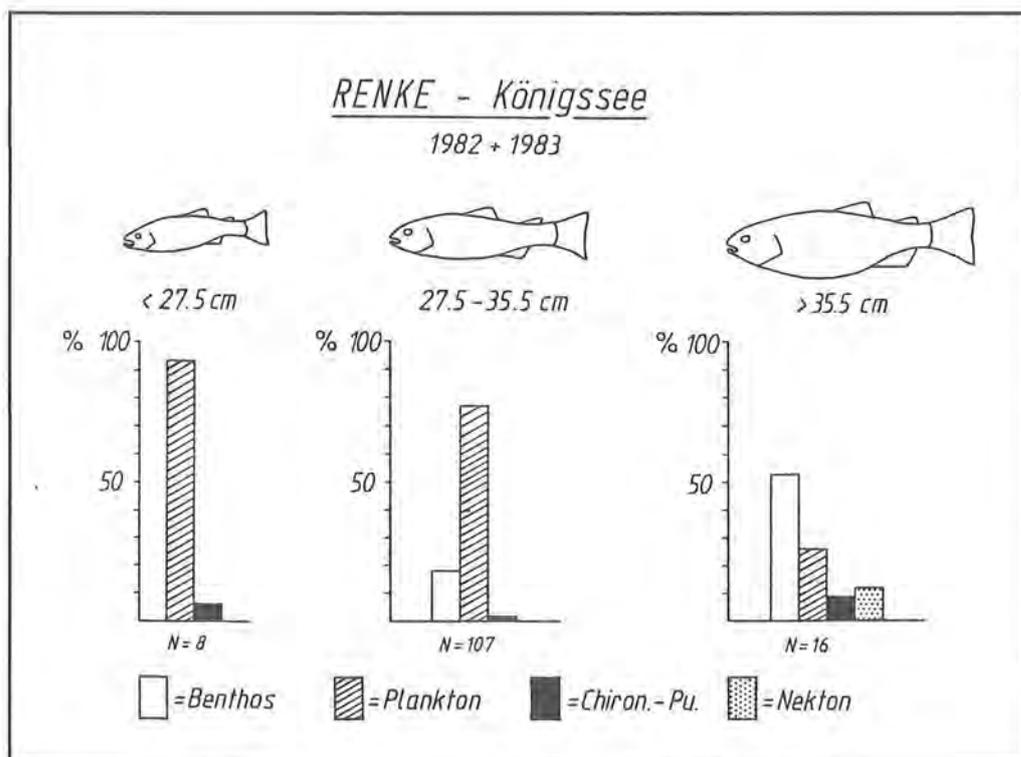


Abb. 15: Prozentanteile der Haupt-Nahrungsgruppen in den 3 Längsklassen.

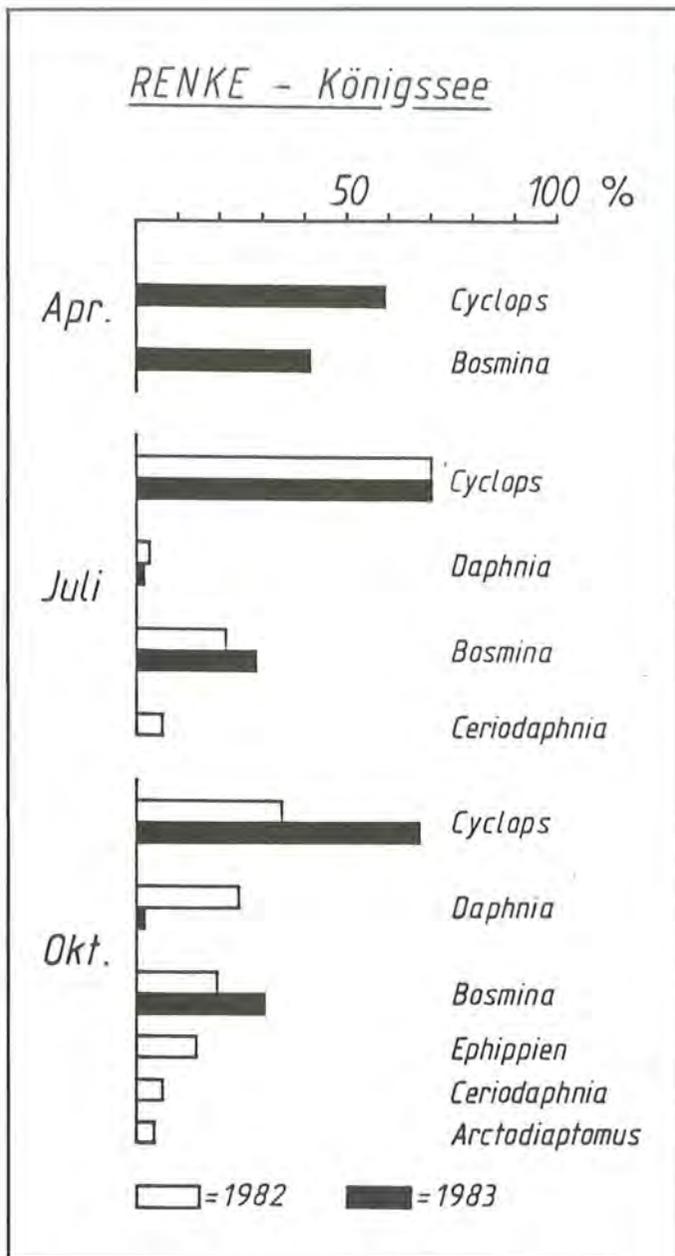


Abb. 16: Prozentverteilung der Zooplanktonarten.

3.6 Prozentanteil der Benthos-Nahrungskategorien

Waren beim Barsch noch sechs nennenswerte Nahrungskategorien im Nahrungsspektrum enthalten, so beschränkt sich die Renke auf nur drei Gruppen (Abb. 17), wobei die Mollusken die eindeutig bevorzugte Kategorie mit durchschnittlich 67% sind, gefolgt von den Chironomiden-Larven (\bar{x} 18%) und Ephemeroptera (\bar{x} 8%). Ephemeropteren-Larven werden nur im Juli gefressen, erstaunlicherweise aber nicht die sonst in den Mägen vorherrschende Art Centroptilum luteolum (nur im Juli 1983 zu 17% der Gesamt-Ephemeroptera), sondern Caenis horaria. Im Jahresverlauf ganz verschieden ist das Spektrum der aufgenommenen Chironomiden-Larven: Im April (1982) sind dies im wesentlichen die großen Tanypodinenlarven der Gattung Procladius, im Juli in beiden Jahren Macropelopia fehlmanni (als kaltstenotherme Profundalart ein typischer Vertreter oligotropher Seen) und im Oktober 1983 Paracladius alpicola. Für den Oktober 1982 ist keine eindeutige Präferenz festzustellen. Die Chironomiden-Larven sind im Oktober allerdings von untergeordneter Bedeutung, da hier zu 87% die Mollusken in den Mägen vertreten sind.

3.7 Mollusken-Verteilung

Die in den Renken-Mägen vorherrschenden Mollusken gehören der Muschelgattung Pisidium an (Abb. 18), die im Alpenraum mit etwa 14, schwer unterscheidbaren Arten auftritt. Die Pisidien sind eindeutig dominant, nur im Juli 1982 ist die Schnecke Radix ovata stärker vertreten. Im Oktober werden fast ausschließlich Pisidien gefressen.

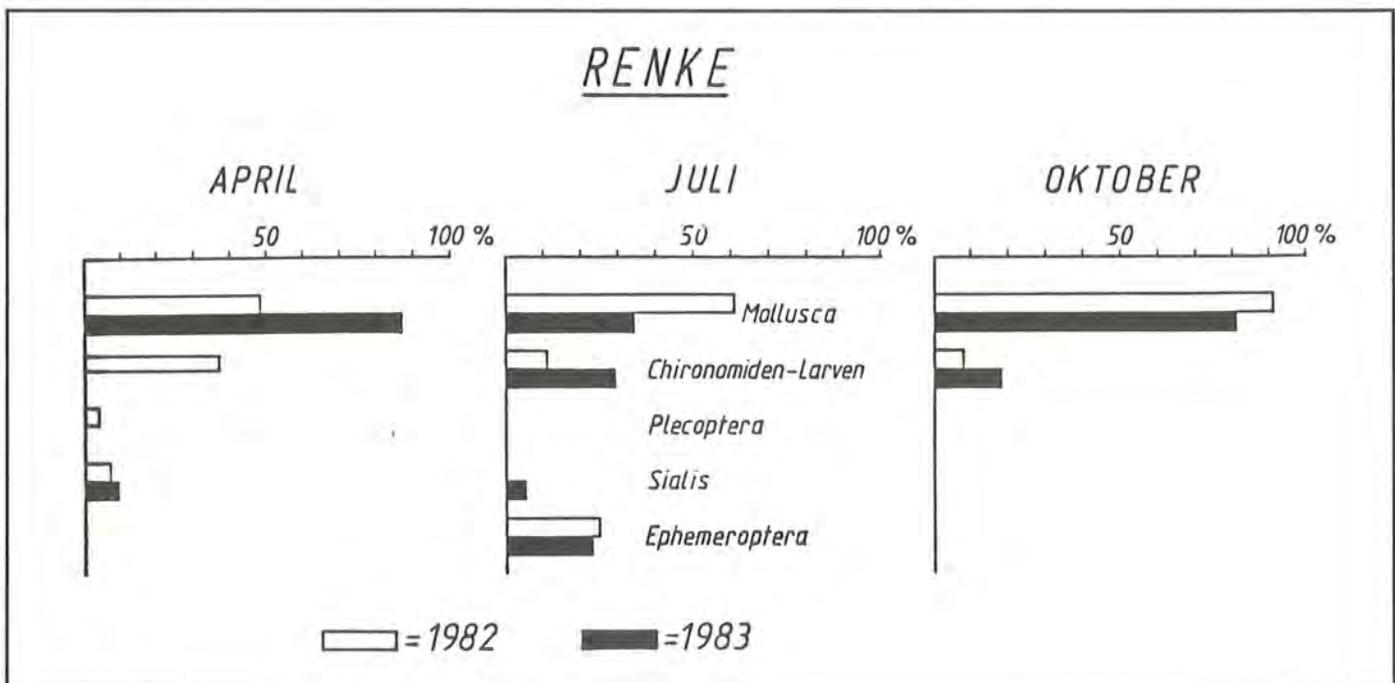


Abb. 17: Prozentanteile der Benthos-Nahrungskategorien.

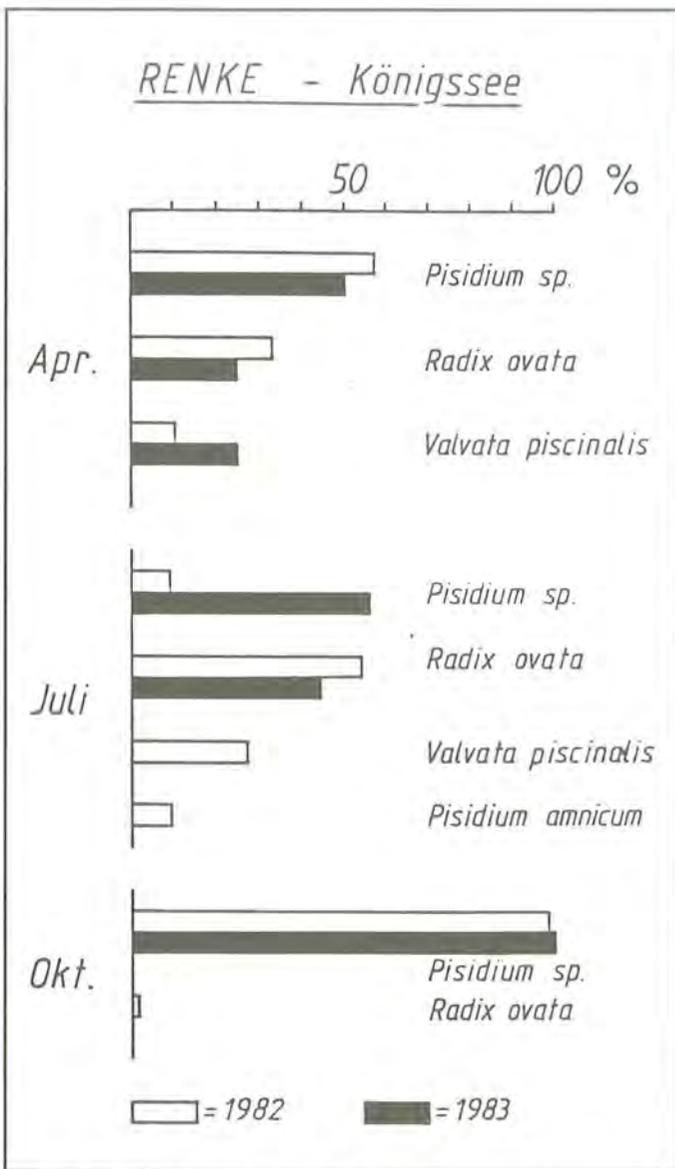


Abb. 18: Prozentverteilung der Mollusken-Arten.

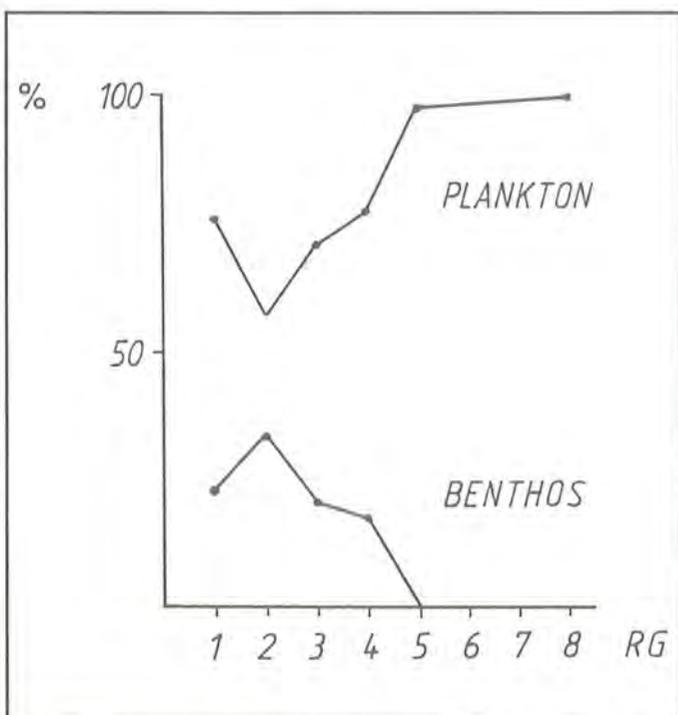


Abb. 19: Prozentverteilung von Plankton und Benthos innerhalb der einzelnen Reifegrade.

3.8 Unterschiede der Nahrungsaufnahme unter Berücksichtigung von Geschlecht, Alter, Reifegrad und Fanggerät

Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Nahrungsaufnahme bestehen nur beim Benthos, von dem die Rogner prozentuell mehr aufnehmen als die Milchner. Innerhalb der Planktonarten konnten keine Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Renken festgestellt werden.

Die Aufteilung der Haupt-Nahrungsgruppen in den einzelnen Altersklassen bringt gegenüber der Darstellung in den Längenklassen keine Verfeinerung der Aussagen. Außerdem lagen für die höheren Altersklassen zu wenig Fische zur Untersuchung vor.

Bei der Einteilung des Fischmaterials nach Reifegraden ergibt sich mit zunehmender Gonadenentwicklung ein Anstieg der Planktonnahrung mit gleichzeitiger Abnahme der Benthosorganismen (Abb. 19).

Zwischen Reifegrad 5 und 8 erfolgt ein Planktonanstieg um 2% auf 100%. Eine starke Abhängigkeit in der Zusammensetzung der fünf Haupt-Nahrungskategorien ergibt sich durch den unterschiedlichen Fang mit Boden- und Schwebnetzen. Die in Bodennetzen gefangenen Renken haben mit rund 37% einen wesentlich höheren Benthosanteil, als die Renken aus Schwebnetzen (3%).

4. Salvelinus alpinus salvelinus

Die Seesaiblinge bilden einen ursprünglich natürlichen Fischbestand in Königs- und Obersee. Die vom Menschen im Grünsee eingesetzten Seesaiblinge haben sich zu einer homogenen Population entwickelt, die allerdings nicht ohne anthropogene Beeinflussung blieb. Im Falle des Königssees erfolgte bis 1971 noch regelmäßiger Besatz.

4.1 Verhältnis leere/volle Mägen

Fische mit Mageninhalt überwiegen zu allen Terminen in beiden Seen (Abb. 20, 21). Im Oktober 1983 kamen vom Königssee fast ebensoviele Milchner mit leerem Magen zur Untersuchung, wie Tiere mit Mageninhalt. Insgesamt wurden in beiden Seen mehr Milchner (Königssee: 110, Obersee: 95) als Rogner (Königssee: 49, Obersee: 76) untersucht.

4.2 Saturität

Berücksichtigt man wiederum, daß in den niedrigen und sehr hohen Altersklassen zu wenig Fischmaterial den Untersuchungen zugrunde lag, so kann mit dieser Einschränkung wie bei der Renke eine Abnahme der Saturität von der Altersklasse 4 bis zu Altersklasse 9 festgestellt werden (Abb. 22).

Trägt man die Saturitätswerte innerhalb der einzelnen Längenklassen auf, so zeigt sich ebenfalls eine

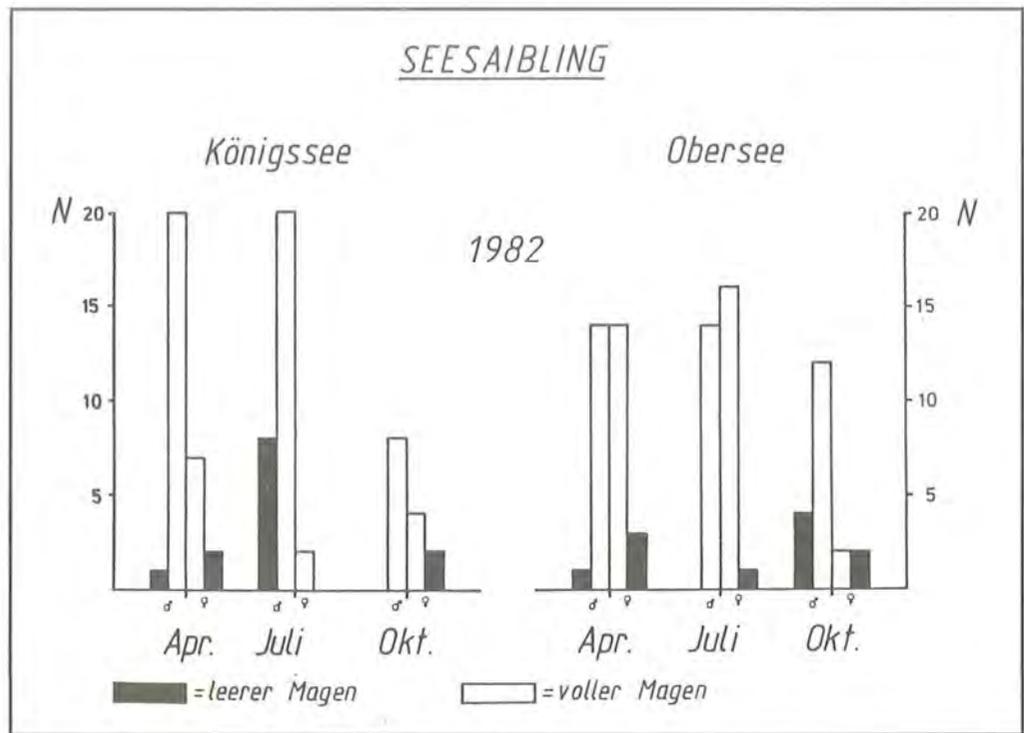


Abb. 20:
Verhältnis leere/volle Mägen 1982.

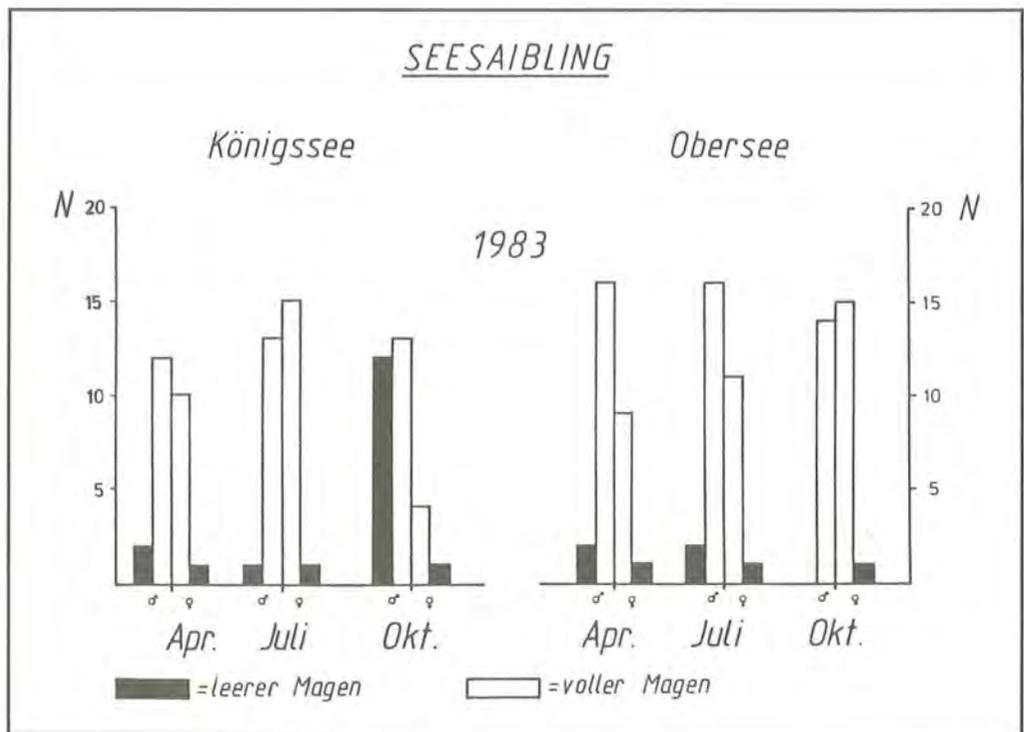


Abb. 21:
Verhältnis leere/volle Mägen 1983.

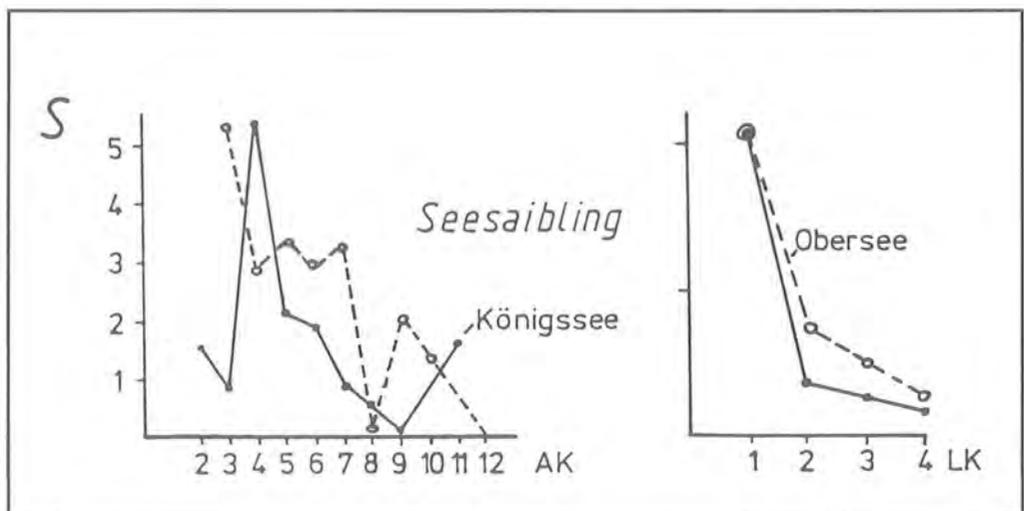


Abb. 22:
Saturitätswerte in den einzelnen Alters- und Längenklassen (Längenklassen-Einteilung s. 4.6).

Abnahme in beiden Seen (Abb. 22). Eine terminbedingte Tendenz der Saturitätswerte konnte nicht nachgewiesen werden.

4.3 Prozentanteile der fünf Haupt-Nahrungsgruppen

Auch der Seesaibling (wie die Renke) zeigt sich als typischer Planktonfresser: Plankton dominiert in beiden Seen zu allen Terminen mit einem Durchschnittswert von 72% (Abb. 23, 24). Abgesehen von den April-Terminen 1983 ist der Anteil der Chironomiden-Puppen immer höher als der Anteil der Benthosnahrung. Durchschnittlich wurden 1983 weniger Chironomiden-Puppen aufgenommen als 1982. Zusätzlich fällt auf, daß die Seesaiblings-Population des Königssees Chironomiden-Puppen stärker bevorzugt als die Seesaiblinge des Obersees. Dabei handelt es sich im Frühjahr um folgende Chironomidenarten: *Heterotrissocladius marcidus*, *Protanypus caudatus*, *Paracladius alpicola* und *Micropsectra contracta*. Im Sommer und Herbst gewinnen dann die Puppen von *M. contracta* die Oberhand, mit gelegentlicher Einstreuung von *Micropsectra coracina* und *P. alpicola* im Oktober.

Die Kategorie Nekton mit durchschnittlich 7% ist mit mehr oder weniger hohem Anteil zu allen Jahreszeiten vertreten. Kinon-Organismen in Prozentzahlen >0.1% tauchen nur bei den Obersee-Seesaiblingen

auf und sind im Prinzip für die Ernährung der Seesaiblinge nicht von besonderer Wichtigkeit.

4.4 Verteilung der Zooplanktonarten

Beim Seesaibling ist die Situation der Planktonverteilung bei weitem nicht so eindeutig auf *Cyclops abyssorum* fixiert, wie bei der Renke. *Cyclops* ist das ganze Jahr hindurch nur 1982 im Obersee dominant (Abb. 25). Im Königssee nimmt in beiden Jahren im Juli und Oktober *Bosmina longispina* die erste Position ein, im Obersee kommt *Bosmina* nur im Juli 1983 vor. Insgesamt gesehen wird *Cyclops* im Obersee in höheren Prozentzahlen (67%) gefressen als im Königssee (35%); der Unterschied ist signifikant ($p < 0.005$). Alle anderen Planktonorganismen spielen in beiden Seen praktisch kaum eine Rolle.

4.5 Prozentanteile der Benthos-Nahrungskategorien

Innerhalb der Benthos-Nahrungskategorien ergeben sich zwischen Königs- und Obersee kaum gravierende Unterschiede (Abb. 26). Von den vorherrschenden Gruppen werden die Ephemeroptera im Oktober im Königssee offenbar gemieden. Beide Jahre sind durch einen besonders einheitlichen Ablauf in der Nahrungszusammensetzung der Fische zu den ein-

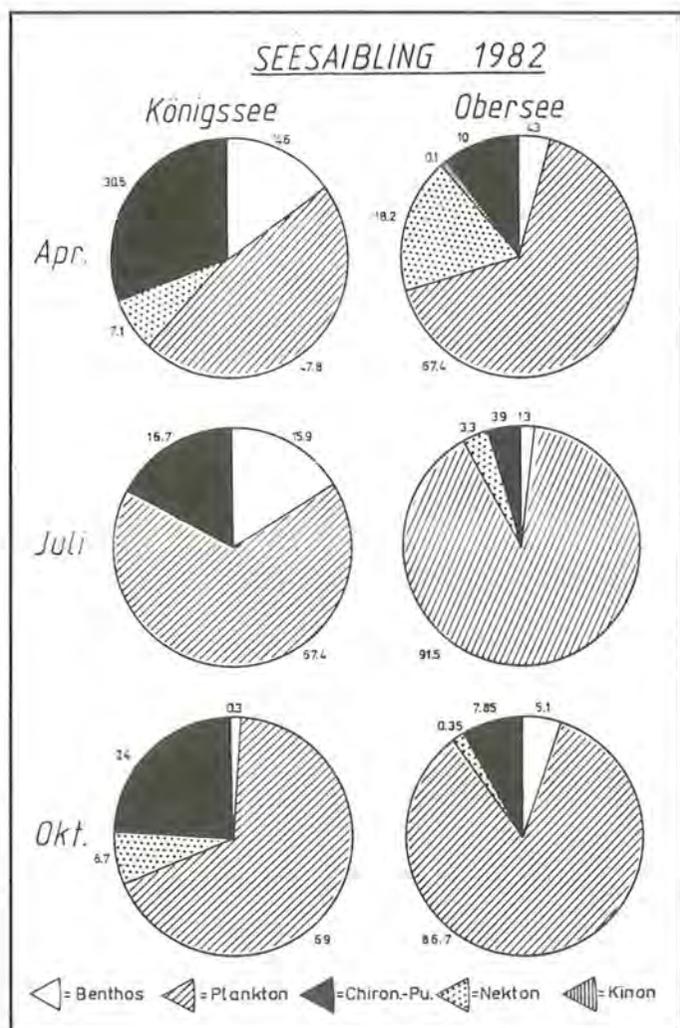


Abb. 23: Prozentanteile der 5 Haupt-Nahrungsgruppen 1982.

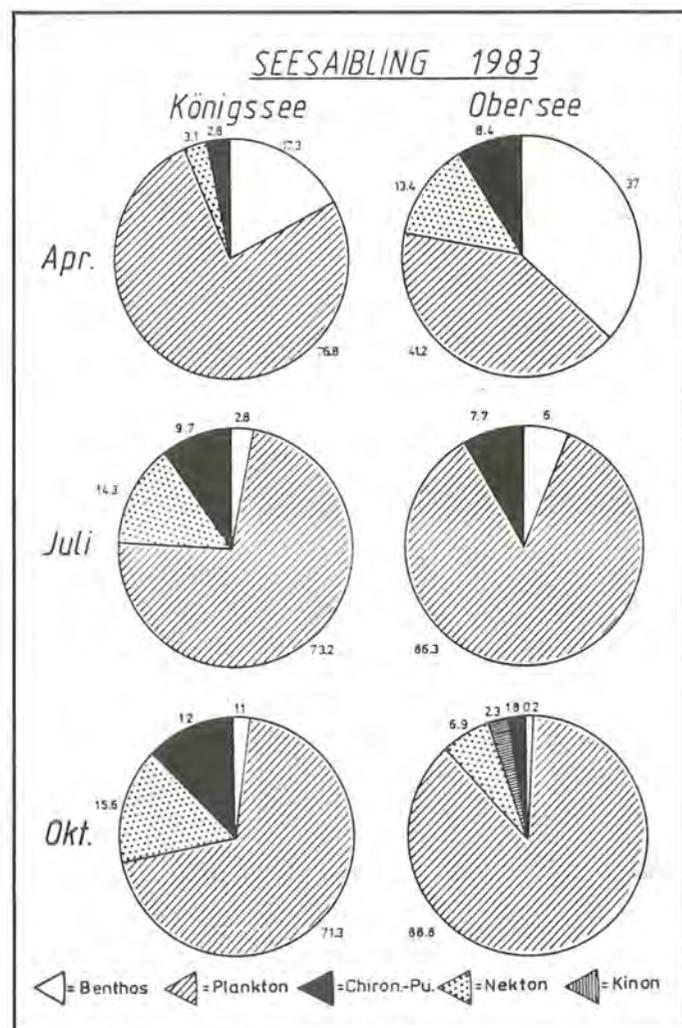


Abb. 24: Prozentanteile der 5 Haupt-Nahrungsgruppen 1983.

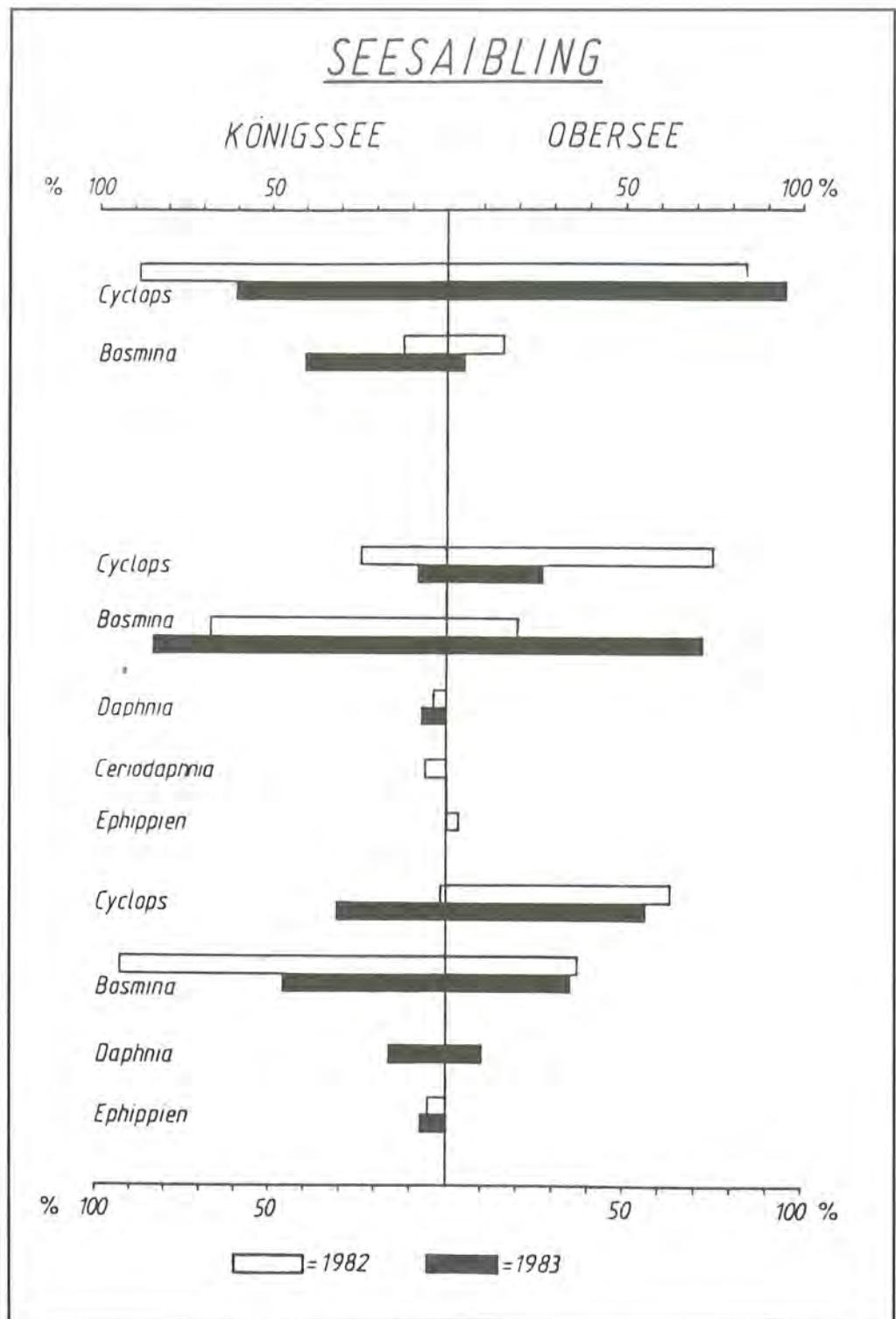


Abb. 25:
 Prozentanteile der Zooplankton-
 Arten (oben: April, Mitte: Juli,
 unten: Oktober).

zelenen Terminen in beiden Seen gekennzeichnet. Die im April überwiegend gefressenen *Sialis*-Larven (ø 59.5%) werden im Juli von den Chironomiden-Larven (ø 58.5%) verdrängt, welche wiederum im Oktober durch Trichopteren und Ephemeropteren ergänzt bzw. ersetzt (Königssee) werden. Coleoptera, Würmer, Ostracoden, Plecoptera und Mollusca treten im April und Juli in so geringen Prozentzahlen auf, daß sie nicht zur Hauptnahrung gerechnet werden können. Von den Mollusken wurde ausschließlich die Art *Radix ovata* in den Mägen gefunden.

Die Artzusammensetzung der wichtigsten Chironomiden-Larven differiert in beiden Jahren im Königs- und Obersee (Tab. 5).

Von den Eintagsfliegen-Larven werden im Königssee *Caenis horaria*, im Obersee *Ephemera sp.* gefressen. Die Phryganeiden sind die dominanten Arten innerhalb der Trichopteren.

4.6 Prozentanteile der fünf Haupt-Nahrungsgruppen innerhalb der Längenklassen

Beide Abbildungen (Abb. 27, 28) zeigen mit der Zunahme der Fischlänge (LK I: < 14.5cm; LK II: 14.5–22.5cm; LK III: 22.5–30.5cm; LK IV: > 30.5cm) eine klare Tendenz in der Verringerung des Planktonanteils. Werden in der Längenkategorie I nahezu ausschließlich Planktonorganismen gefres-

SEESAIBLING

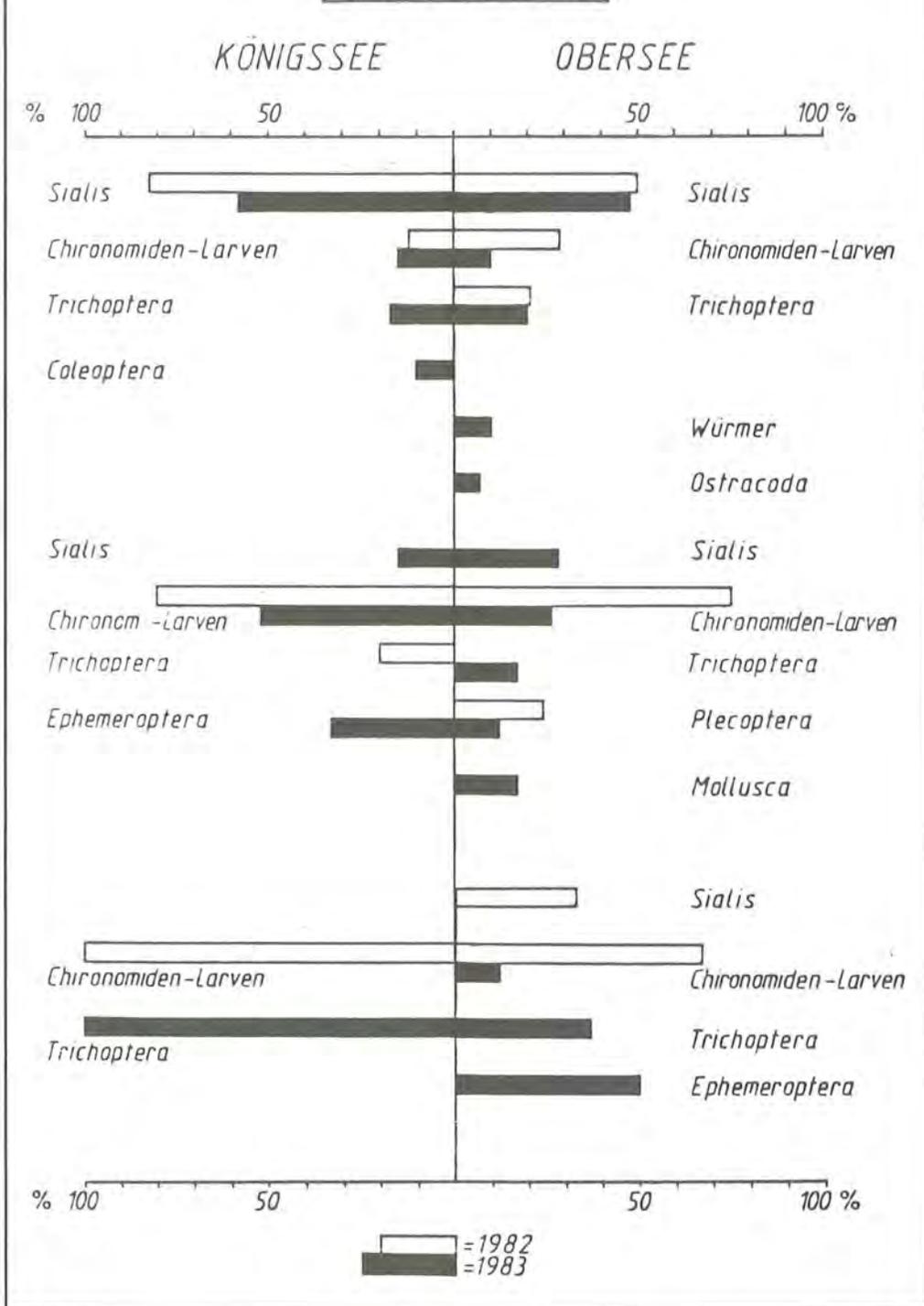


Abb. 26: Prozentanteile der Benthos-Kategorien (oben: April, Mitte: Juli, unten: Oktober).

Tab. 5: Dominante Chironomidenlarven in Seesaiblings-Mägen.

| | Königssee | | Obersee | |
|------|----------------------------|--------------|----------------------------|---|
| | 1982 | 1983 | 1982 | 1983 |
| Apr. | Psectrocladius* | Micropsectra | Tanytarsus | Ablabesmyia Micropsectra Tanytarsus |
| Juli | Tanytarsus | Micropsectra | Dicrotendipes lobiger | Procladius |
| Okt. | Chironomus anthracinus-Typ | / | Chironomus anthracinus-Typ | Micropsectra |

* Psectrocladius sp. konnte nur in Königssee-Fischen nachgewiesen werden.

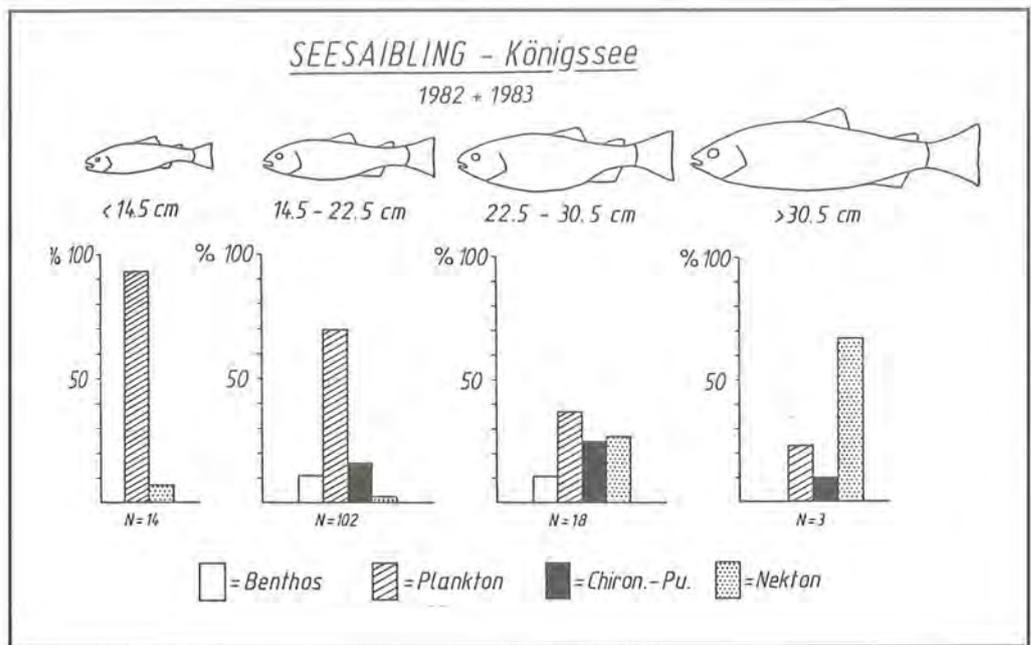


Abb. 27: Prozentanteile der Haupt-Nahrungskategorien in den 4 Längensklassen, 1982 und 1983 (Königssee).

sen, so kommen in Längensklasse II Benthosnahrung und Chironomiden-Puppen hinzu, die in der Längensklasse III einen noch größeren Anteil einnehmen. Ganz stark nimmt der Nektonanteil von Längensklasse III auf Längensklasse IV zu. Mit einer Zunahme der Länge läßt sich also beim Seesaibling eine Umstellung in der Nahrungswahl vom Plankton- zum Nektonfresser feststellen.

Wie schon unter Punkt 4.3 bemerkt wurde, ist der Anteil der Chironomiden-Puppen im Königssee höher als im Obersee, wohingegen im Obersee der Benthosanteil (ø 11.4%) über dem Anteil der Chironomiden-Puppen (ø 8.6%) liegt. Eine weitere Besonderheit ergibt sich noch im Königssee, wo mit zunehmender Fischlänge innerhalb der Planktonarten *Daphnia hyalina* stärker selektioniert wird.

4.7 Unterschiede der Nahrungsaufnahme unter Berücksichtigung von Geschlecht, Alter, Reifegrad und Fanggerät

Zwischen Milchner und Rogner bestehen hinsichtlich der Nahrungswahl bei den Planktonarten und innerhalb der Benthos-Nahrungskategorien im Königssee keine Unterschiede. Im Obersee ist die Tendenz erkennbar, daß Rogner mehr Chironomiden-Larven gegenüber Sialis-Larven fressen als die Milchner. Die Tendenz zur Abnahme des Planktonanteils mit gleichzeitiger Zunahme des Anteils von Chironomiden-Puppen und Nekton zeigt sich auch in Abhängigkeit vom Alter (Abb. 29). Aufgrund der engen Korrelation zwischen Alter und Länge, bieten die 10 Altersklassen gegenüber nur vier Längensklassen ein verfeinertes Bild. Eine eindeutige Beziehung ist bei der Nahrungsaufnahme auch durch den Reifegrad gegeben (Abb. 30).

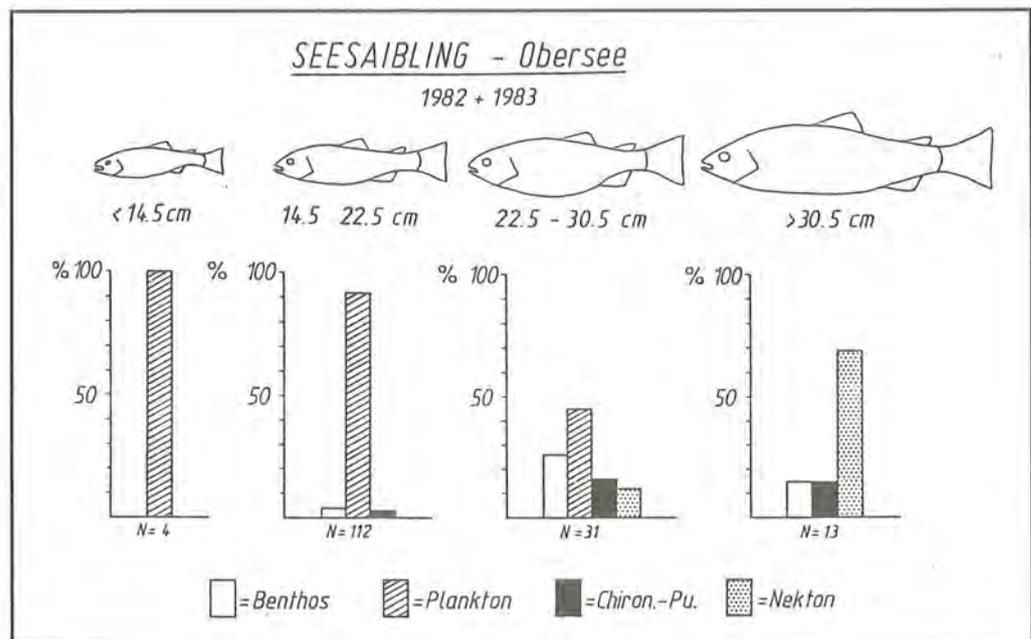


Abb. 28: Prozentanteile der Haupt-Nahrungskategorien in den 4 Längensklassen, 1982 und 1983 (Obersee).

SEESAIBLING

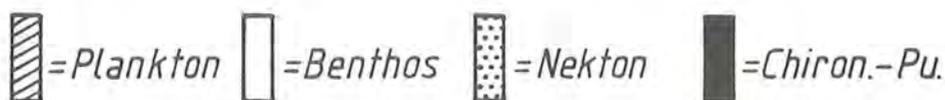
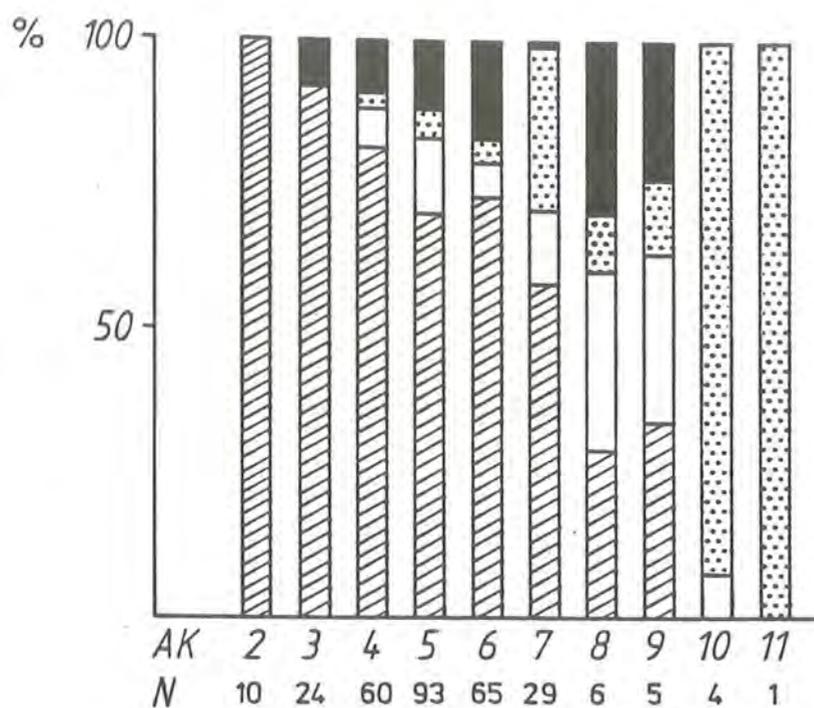


Abb. 29: Prozentanteile der Haupt-Nahrungsgruppen in den einzelnen Altersklassen, Königssee und Obersee. (AK = Altersklasse, N = Anzahl der Fische).

Nach einem Abfall des Planktonanteils von Reifegrad 1 auf 2, steigt dieser bis Reifegrad 4 (Königssee) bzw. 5 (Obersee) stark an, um dann wieder kontinuierlich zu fallen. Kurz vor der Laichreife stehende Tiere (RG 4,5) sind also durch einen kräftigen Anstieg der

Planktonnahrung gekennzeichnet. Ebenso wie bei der Renke, kamen zum Fang der Seesaiblinge nur Boden- und Schwebnetze zum Einsatz. Der Benthosanteil der Fische aus den Schwebnetzen lag nur bei durchschnittlich 0.6% und stieg bei den mit Bodennetzen gefangenen Fischen auf 14% an. Der Planktonanteil verringerte sich zwar um 28% auf durchschnittlich 62% in den Bodennetzen, ist aber immer noch viermal höher als der Benthosanteil.

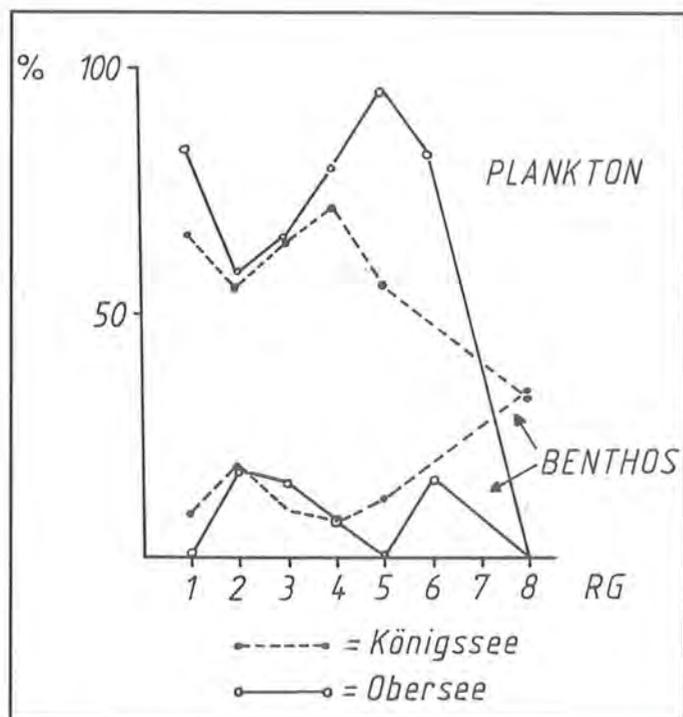


Abb. 30: Prozentverteilung von Plankton und Benthos innerhalb der einzelnen Reifegrade

4.8 Die Grünsee-Seesaiblinge

Von den jeweils im Oktober 1982 und 1983 insgesamt untersuchten 30 Seesaiblingen (22♂♂, 7♀♀) des Grünsees, befand sich nur ein Fisch ohne Mageninhalt. Die Grünsee-Seesaiblinge sind fast ausschließlich Planktonfresser (Tab. 6), lediglich ein einziger Fisch der Längensklasse IV hatte zu 100% Nekton (eine Identifizierung der Fischreste war nicht möglich) im Magen.

Im Gegensatz zu Königssee und Obersee, wo *Cyclops* und *Bosmina* in der Nahrung der Seesaiblinge dominieren, werden im Grünsee zu durchschnittlich 96% Daphnien gefressen. *Cyclops* (0.13%), *Bosmina* (0.67%) und Ehippien (3.3%) sind demgegenüber unbedeutend. An Benthos-Organismen wurden im Oktober 1982 eine Chironomiden-Larve der Gattung *Microtendipes* und im Oktober 1983 nicht mehr identifizierbare Chitintteile einer Insektenlarve gefunden.

Tab. 6:
Seesaibling – Grünsee.
%-Anteile der fünf Haupt-
Nahrungsgruppen in den
Längenklassen.

| | Okt. 1982 | Okt. 1983 |
|--------|-----------------------------|------------------------------|
| LK II | 100% Plankton | 89.4% Plankton/10.6% Benthos |
| LK III | 99.5% Plankton/0.5% Benthos | 100% Plankton |
| LK IV | 100% Nekton | / |

5. Esox lucius

Dem im Königs- und Obersee vorkommenden Hecht kommt als größtem Raubfisch und als Endwirt des Fischbandwurmes Triaenophorus nodulosus eine besondere Rolle innerhalb des Nahrungsgeflechtes zu.

5.1 Leere/volle Mägen und Saturität

Abgesehen vom Frühjahr finden sich zu allen Terminen mehr Fische mit Mageninhalt gegenüber Fischen mit leerem Magen (Abb. 31). Die fünf untersuchten Hechte vom Obersee (April und Juli 1982) hatten keinen Mageninhalt. Die hohe Zahl leerer Mägen zu den April-Terminen hängt offensichtlich mit der Laichzeit (Februar bis Mai) der Hechte zusammen, in der die Tiere keine bzw. weniger Nahrung zu sich nehmen. Dies drückt sich auch in den Saturitätswerten aus (Tab. 7), die im April deutlich niedriger liegen als zu den anderen Terminen.

Tab. 7: Saturitätswerte Hecht, Königssee.

| | April | Juli | Okt. |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1982 | 0.03 14 0.02 | 8.63 6 7.38 | 4.73 14 1.86 |
| 1983 | 0.51 7 0.37 | 1.88 11 0.70 | 4.79 16 1.03 |

S
N se

S = Saturität N = Anzahl der Fische se = Standardfehler

5.2 Nahrung

Über alle Termine verglichen, besteht die Nahrung des Hechtes zu ca. 80% aus Fischen und zu 20% aus Benthos. Ein junger Hecht (11cm lang) hatte Plankton der Art Simocephalus vetulus gefressen, das sich in dichter Vegetation in Ufernähe findet. Ab der gleichen Fischlänge (11 cm) wird aber auch schon Nekton aufgenommen, und zwar die kleinen bis mittleren Hechte, vor allem Elritzen und Köhlkopfen, in selteneren Fällen Barsche und Fische der eigenen Art, die größeren Hechte (ab ca. 45cm) im wesentlichen Elritzen und seltener Seesaiblinge (s. auch Tab. 8).

Benthos war bis zu einer Fischlänge von ca. 20cm vertreten, wobei die Libellenlarve Pyrrhosoma nymphula vor Asellus aquaticus und Centroptilum luteolum bevorzugt wurde. Allerdings hatten nur Milchner Benthosnahrung aufgenommen, die Rogner fressen ausschließlich Nekton.

6. Lota lota

Anhand des untersuchten Materials (57 Fische) nimmt die Rutte als Raubfisch nach dem Hecht die 2. Stelle ein. Die 34 Fische mit Mageninhalten enthielten über alle Termine durchschnittlich 84% Nekton und 16% Benthos. Ruten ab 40cm Länge ernähren sich fast ausschließlich von Fischen. Innerhalb des Nektons zeigen die Ruten in beiden Seen eine klare Präferenz für die Mühlkopfen (s. auch Tab. 8), gefolgt von Seesaiblingen (Obersee), Elritzen und Barschen

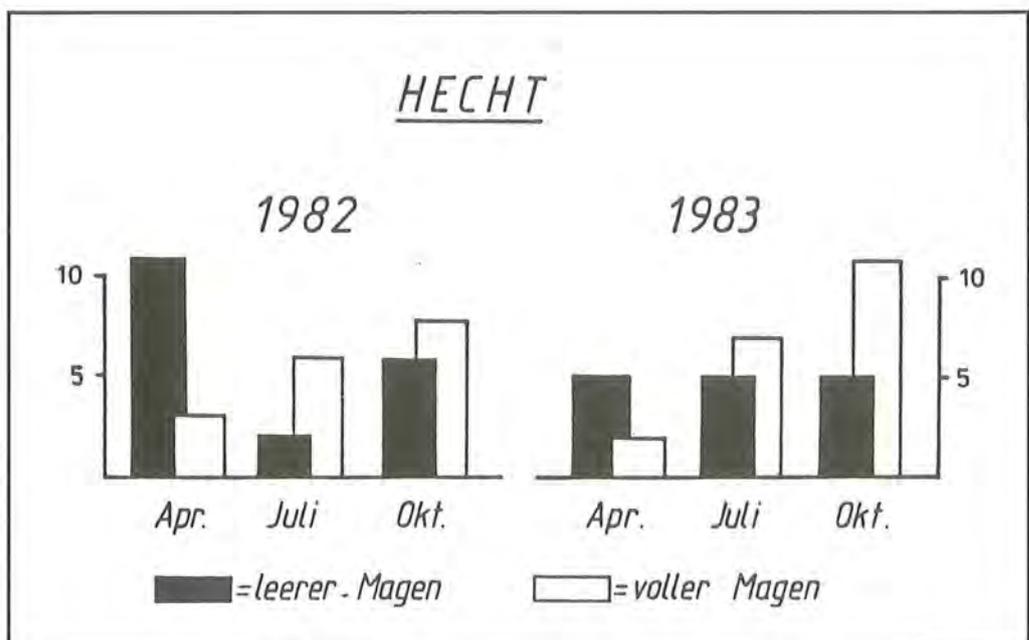


Abb. 31:
Anzahl leerer/voller Mägen
im Königssee.

(beide Königssee). Die Rutten bis ca. 45cm Länge nehmen dabei größtenteils Mühlkuppen auf, ab 45cm besteht die Tendenz, vermehrt Seesaiblinge und Barsche zu fressen.

Im Königssee weisen die Rogner einen höheren Nektonanteil als die Milchner auf. An Benthosorganismen werden hauptsächlich Asellus, Sialis und die Plecoteren-Larve Nemoura cinerea gefressen.

7. Cottus gobio

Die 28 untersuchten Fische stammen alle aus dem Königssee und wurden mit dem Elektrofischgerät gefangen. Als typischem Bewohner der Uferzone besteht die Hauptnahrung der Mühlkuppen aus Benthosorganismen (ø 98%). Nur im Oktober 1983 waren noch 5% Chironomiden-Puppen (nicht identifizierbare Thorax-Bruchstücke) an der Nahrungszusammensetzung beteiligt. Beliebteste Benthos-Nährtiere sind Asellus, Sialis, Phryganaeidae, Potamophylax (Trichoptera) und die Chironomidenlarve Microtendipes sp..

8. Salvelinus fontinalis

Von den 21 aus dem Königssee untersuchten Bachsaiblingen konnten nur 13 Fische mit Mageninhalt für die Auswertungen herangezogen werden. Die durchschnittliche Verteilung der Haupt-Nahrungskategorien ergibt dabei folgende Prozentwerte: Benthos 93%, Nekton 6% und Chironomiden-Puppen 1%. Innerhalb des Benthos dominieren die Phryganaeiden-Larven vor Sialis und Centroptilum luteolum. Mühlkoppe (70%) und Elritze (30%) sind die einzigen Beutefische (s. auch Tab. 8).

9. Squalius cephalus, Salmo trutta f. fario und f. lacustris, Tinca tinca und Anguilla anguilla

Aitel, Bach- und Seeforelle, Schleie und Aal spielen aufgrund ihres geringen Bestandes in Königs- und Obersee nur eine untergeordnete Rolle. Seeforelle und Schleie wiesen keinen Mageninhalt auf. Der Aal vom Juli 1982 aus dem Obersee hatte zu 100% Phryganaeidae gefressen. Von den drei Bachforellen mit Mageninhalt hatten 2 Fische zu jeweils 100% Mühlkuppen bzw. Seesaiblinge und ein Fisch zu 100% Sialis (Benthos) im Magen. Die fünf Aitel mit Mageninhalt erwiesen sich als reine Benthosfresser, wobei die zerstörten Chitintteile von Insektenlarven nicht mehr identifiziert werden konnten.

10. Räuber-Beute-Diagramm Nekton

Wie aus Tabelle 8 hervorgeht, ist die Mühlkoppe mit Abstand der beliebteste Beutefisch in beiden Seen. Eine Ausnahme macht der Hecht, der Elritzen (56%) gegenüber den Mühlkuppen (25%) bevorzugt. Im Königssee sind die Hauptbeutefische des Seesaiblings Fische der eigenen Art, während die Obersee-Seesaiblinge zu 60% wiederum den Mühlkuppen den Vorzug geben. Fischeier werden nur von Seesaiblingen gefressen, Barsche als Beutefische haben nur eine geringe Bedeutung innerhalb der Nektonnahrung von Hecht (10%) und Rutte (9%).

11. SØRENSEN-Index

Der von SØRENSEN (1948) entwickelte „Ähnlichkeitsquotient“ hat sich als brauchbarer Index erwiesen, um das Ausmaß der Übereinstimmung im Artenspektrum zweier Tierbestände zu beschreiben:

| Räuber Beute | Barsch | Hecht | Seesaib. | Renke | Bachfor. | Bachsaib. | Rutte |
|------------------|-----------|-------|-----------|-------|----------|-----------|----------|
| Mühlkoppe | 50 96 | 25 | 17 60 | 100 | 50 | 70 | 69 61 |
| Elritze | 50 4 | 56 | 17 - | - | - | 30 | 22 - |
| Barsch | - | 10 | - | - | - | - | 9 - |
| Seesaibling | - | 4 | 50 20 | - | 50 | - | - 39 |
| Eier | - | - | 16 20 | - | - | - | - |
| Hecht | - | 5 | - | - | - | - | - |
| Anzahl Fische | 6 25 | 20 | 6 5 | 2 | 2 | 1 | 11 6 |
| | Königssee | | Königssee | | Obersee | | |

Tab. 8:
Räuber-Beute-Diagramm
Nekton.
1982 und 1983 (in %).

$$I_A = 100 \cdot 2b / c + d$$

b = Zahl der in beiden Tierbeständen vorkommenden, c = Zahl der in dem einen, d = Zahl der in dem anderen der bei Tierbestände gefundenen Arten.

Dieser SØRENSEN-Index wurde für Chironomiden (Larven und Puppen) und übrige Insektenlarven berechnet und in einem Netzmuster dargestellt (Tab. 9). Werte von 100% zeigen höchste Übereinstimmung an. Größte Ähnlichkeit in der Nahrungsaufnahme von Chironomidenlarven (A) besteht zwischen den Seesaiblingen (beide Seen) und den Barschen des Obersees (92% bzw. 86%). Dieselben Prozentzahlen werden bei den Chironomiden-Puppen (B) zwischen Renke und Seesaibling vom Königssee mit den Seesaiblingen des Obersees erreicht. Aber auch Barsche und Seesaiblinge im Obersee erzielen mit 83% noch eine hohe Übereinstimmung.

Der im Netzmuster für Insektenlarven (C) höchste Wert (77%) wird zwischen Barschen und Mühlkopfen des Königssees erreicht. Mit 73% Übereinstimmung sind sich noch Renke und Seesaibling (Obersee) sowie die Seesaiblinge von Königs- und Obersee in ihrer Nahrungswahl sehr ähnlich.

12. Dominantenidentität

Während bei Untersuchung der Artidentität lediglich die vorkommenden Arten erfaßt werden, berücksichtigt die Dominantenidentität auch deren relative Häufigkeit (SCHWERDTFEGGER 1975). Die Dominantenidentität wurde von RENKONEN (1938) eingeführt (deshalb auch Renkonen'sche Zahl genannt) und ist ein Ausdruck für den Grad der Übereinstimmung in den Dominanzverhältnissen zweier Tierbestände.

Tab. 9: Sørensen-Index (Legende siehe nächste Seite!).

| A) Chironomidae – Larven | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|------|------|--|--|
| | 1/5 | 7/5 | 7/6 | 12/5 | 12/6 | | |
| 1/5 | | 75 | 71 | 53 | 82 | | |
| 7/5 | | | 77 | 55 | 92 | | |
| 7/6 | | | | 83 | 86 | | |
| 12/5 | | | | | 67 | | |
| 12/6 | | | | | | | |

| B) Chironomidae – Puppen | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----|-----|------|------|--|--|
| | 1/5 | 7/5 | 7/6 | 12/5 | 12/6 | | |
| 1/5 | | 62 | 86 | 67 | 50 | | |
| 7/5 | | | 92 | 71 | 73 | | |
| 7/6 | | | | 67 | 83 | | |
| 12/5 | | | | | 62 | | |

| C) Insekten (ohne Chironomidae) | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| | 1/5 | 2/5 | 6/5 | 7/5 | 7/6 | 12/5 | 12/6 | 31/5 |
| 1/5 | | 44 | 55 | 73 | 50 | 50 | 71 | 36 |
| 2/5 | | | 50 | 25 | 22 | 46 | 36 | 50 |
| 6/5 | | | | 40 | 73 | 67 | 62 | 60 |
| 7/5 | | | | | 73 | 67 | 62 | 40 |
| 7/6 | | | | | | 50 | 71 | 55 |
| 12/5 | | | | | | | 56 | 77 |
| 12/6 | | | | | | | | 46 |

1/5 = Renke (Königssee) 7/6 = Seesaibling (Obersee)
 2/5 = Hecht (Königssee) 12/5 = Barsch (Königssee)
 6/5 = Bachsaibling (Königssee) 12/6 = Barsch (Obersee)
 7/5 = Seesaibling (Königssee) 31/5 = Mühlkoppe (Königssee)

Die Dominantenidentität für zwei Fischarten berechnet man, indem man für jede Nahrungskategorie, die in diesen beiden Fischarten vorkommt, den Dominanzwert ermittelt und die geringeren Dominanzwerte jeder Art addiert:

$$I_D = d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n$$

Beispiel

1) Ermittlung des Dominanzwertes einer Nahrungskategorie (Chironomiden-Larven/Renke und Seesaibling):

Summe der einzelnen Volumenprozent-Werte:
 1 + 58 + 82 + 80 + 19 + 94 + 1 = 335 dividiert durch die Anzahl der in beiden Fischen vorkommenden Nahrungskategorien:

$$d = \frac{335}{10} = 33.5\%$$

2) Ermittlung der Dominantenidentität

| Nahr.kat. | Renke | Seesaibling | Dominanz |
|-------------------|-------|-------------|-----------------|
| 1. Chiron.-Larven | 33.5 | 0.46 | $d_1 = 0.46$ |
| 2. Chiron.-Puppen | 0.6 | 30.46 | $d_2 = 0.6$ |
| 3. Sialis | 6.4 | 13.03 | $d_3 = 6.4$ |
| 4. Plankton | 18.0 | 47.75 | $d_4 = 18.0$ |
| | | | $I_D = 25.46\%$ |

5. – 10. (jeweils bei einer Fischart 0, deshalb nicht aufgeführt).

Hohe I_D -Werte zeigen also einen guten Übereinstimmungsgrad in der Nahrungswahl zweier Fischarten an und deuten somit auf Nahrungskonkurrenz hin. Auch hier können mehrere Fischarten miteinander verglichen werden, wenn man die Ergebnisse in einem Netzmuster zusammenstellt.

12.1 Dominantenidentität der Mittelwerte aus beiden Jahren

In Tab. 10 sind die Ergebnisse zur Berechnung der Dominantenidentität aus den gepoolten Mittelwerten

Tab. 10: Dominantenidentität der Mittelwerte aus 16 Nahrungskategorien.

| | RE | HE | BF | BS | SS | SS | SS | RU | RU | BA | BA | MÜ |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| RE | | 6 | 3 | 6 | 76 | 82 | 75 | 6 | 3 | 24 | 22 | 14 |
| HE | | | 68 | 16 | 11 | 12 | 4 | 69 | 77 | 31 | 68 | 9 |
| BF | | | | 25 | 12 | 10 | 3 | 63 | 68 | 39 | 65 | 9 |
| BS | | | | | 15 | 14 | 3 | 24 | 14 | 43 | 29 | 30 |
| SS | | | | | | 87 | 70 | 12 | 10 | 44 | 24 | 15 |
| SS | | | | | | | 80 | 12 | 10 | 34 | 25 | 13 |
| SS | | | | | | | | 3 | 3 | 16 | 8 | 0 |
| RU | | | | | | | | | 62 | 39 | 68 | 29 |
| RU | | | | | | | | | | 25 | 65 | 2 |
| BA | | | | | | | | | | | 50 | 32 |
| BA | | | | | | | | | | | | 26 |

RE = Renke (Königssee) RU = Rutte 1. Königssee 2. Obersee
 HE = Hecht (Königssee) BA = Barsch 1. Königssee 2. Obersee
 BF = Bachforelle (Königssee) MÜ = Mühlkoppe (Königssee)
 BS = Bachsaibling Königssee
 SS = Seesaibling; 1. Königssee 2. Obersee 3. Grünsee

über 16 Nahrungskategorien aus beiden Jahren dargestellt. Erwartungsgemäß wird der höchste Übereinstimmungsgrad (87%) zwischen den Seesaiblingen des Königssees und des Obersees erzielt. Auffallend ist, daß die theoretische Konkurrenz zwischen den Seesaiblingen des Obersees und den Renken des Königssees größer ist (82%) als zwischen Renke und Seesaibling innerhalb des gleichen Sees (76%). Ansonsten besteht noch nennenswerte Konkurrenz zwischen den beiden Raubfischen Rutte und Hecht.

12.2 Dominantenidentität der einzelnen Untersuchungstermine

Splittet man nun diese gepoolten Werte in die einzelnen Fangtermine auf, so lassen sich Aussagen machen, ob die Nahrungskonkurrenz generell das ganze Jahr über besteht oder ob bestimmte Termine durch besonders hohe Konkurrenz gekennzeichnet sind.

Da sich die Dominantenidentität als Maß für die Übereinstimmung in der Nahrungszusammensetzung statistisch nicht direkt testen läßt, wurden den statistischen Berechnungen hier der Chi-Quadrat-Test, wie er von NEI & ROYCHOUDHURY (1974) als Homogenitätstest verwendet wurde, zugrundegelegt.

Ein Chi-Quadrat-Test ist allerdings nur zwischen solchen Fischarten sinnvoll, die eine ausreichende Stichprobengröße zu den einzelnen Terminen aufweisen. Dieser Fall ist nur bei den drei Hauptfischarten Renke, Seesaibling (nur Königs- und Obersee) und Barsch gegeben. Nicht selten besteht jedoch auch hier eine Diskrepanz zwischen biologischer und statistischer Interpretation. Signifikante Unterschiede zwischen zwei Terminen bedeuten nicht notwendigerweise, daß diese Fische nicht in Nahrungskonkurrenz zueinanderstehen. Relevant ist auf jeden Fall die Ablehnung der Nullhypothese (die Nullhypothese besagt hier: es bestehen keine Unterschiede in der Nahrungswahl zweier Fischarten), d.h., das zu testende

Fischmaterial zeigt Unterschiede in der Nahrungswahl, es besteht keine 100%ige Konkurrenz (in den Tabellen mit "*" gekennzeichnet).

Die Übereinstimmung in der Nahrungswahl zwischen denselben Terminen der beiden Jahre ist bei den 3 Hauptfischarten recht gut, beim Barsch allerdings deutlich niedriger als bei Renke und Seesaibling.

Signifikant verschieden sind die April-Termine der Renke und die Oktober-Termine der Königssee-Barsche (Tab. 11).

Tab. 11: Dominantenidentität von Renke und Barsch (Königssee) zu den einzelnen Terminen.

| | | | | | | |
|-----------|------|------|-------|------|------|-------|
| A) Renke | 4/82 | 7/82 | 10/82 | 4/83 | 7/83 | 10/83 |
| 4/82 | 100 | 36 | 36 | 25* | 45 | 21* |
| 7/82 | | 100 | 84 | 73 | 77 | 71 |
| 10/82 | | | 100 | 79 | 77 | 80 |
| 4/83 | | | | 100 | 66 | 95 |
| 7/83 | | | | | 100 | 66 |
| 10/83 | | | | | | 100 |
| B) Barsch | 4/82 | 7/82 | 10/82 | 4/83 | 7/83 | 10/83 |
| 4/82 | 100 | 42 | 15 | 53 | 42 | 31* |
| 7/82 | | 100 | 43 | 58 | 47 | 69 |
| 10/82 | | | 100 | 29 | 6* | 38* |
| 4/83 | | | | 100 | 38 | 54 |
| 7/83 | | | | | 100 | 33* |
| 10/83 | | | | | | 100 |

* = Nullhypothese wird bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von = 0.05 abgelehnt.

Die Dominantenidentitäten der Seesaiblinge (ohne Tabelle) zu den einzelnen Terminen liegen im Königssee bei durchschnittlich 77% (im Obersee 75%), d.h., das Nahrungsspektrum ist im Jahresverlauf relativ einheitlich, es bestehen nur geringe Unterschiede. Die Renke zeigt mit $\bar{\sigma}$ 62% ebenfalls recht einheitliche Nahrungsaufnahme, während die Barsche mit nur $\bar{\sigma}$ 40% (und 4 signifikanten Unterschieden) starke Schwankungen in der Nahrungszusammensetzung der beiden Jahre erwarten lassen.

Diskussion

1. Allgemeines

Die Auswahl der Nahrung wird wohl entscheidend von zwei Faktoren beeinflusst, erstens der Zusammensetzung des Nahrungsangebotes (abhängig vom Gewässertyp und der Jahreszeit) und des übrigen Fischbestandes in der natürlichen näheren Umgebung (also dem engeren Lebensraum) der betreffenden Fischart und zweitens, von den durch die Anatomie gegebenen Möglichkeiten der Nahrungsbewältigung. Mit geringem Einfluß dürften sich Alter, Größe (während der Phase aktiven Wachstums mit dem Alter korreliert), Laichzeit und unterschiedliches Verhalten der Geschlechter auf das Nahrungsspektrum auswirken. Unsere einheimischen Süßwasserfische nehmen mehr oder weniger eine gemischte Nahrung zu sich (MUUS & DAHLSTRÖM 1978), Spezialisierungen ergeben sich bei einzelnen Fischen (individuelle Nahrungsspezialisten) und mit Einschränkungen in der Larvalphase. Im großen und ganzen sind Fische, soweit sie sich von tierischer Nahrung ernähren, Allesfresser, d.h., sie nehmen auf, was im Nahrungsangebot zur Verfügung steht und was sie verschlucken können.

2. Barsch

Die Barsche des Königs- und Obersees lassen sich hinsichtlich ihrer Ernährungsökologie am ehesten mit den Barschen des Bodensees vergleichen, als dieser sich noch in einem oligotrophen Zustand befand. Im oligotrophen Bodensee fand ein Wechsel der Nahrung innerhalb der Längenklassen von Plankton über Benthos zu Fisch (meist Jungtiere der eigenen Art) statt, ein Jahresgang konnte nicht festgestellt werden (NÜMANN 1940). Die Bodennahrung bestand aus Chironomiden-Larven, dann folgten kleinere Muscheln und Schnecken. Der in zunehmenden Maße eutrophierte Bodensee zeigt heute ein stark verändertes Bild (HARTMANN 1975). Plankton (i.w. *Daphnia* und *Bythotrephes*) stellt bei Fischen bis zu einer Länge von 25cm dominante Nahrung im Sommer dar und wird auch noch von Fischen ≥ 26 cm teilweise genommen. Im Winter wird Plankton in allen Längenklassen durch Benthos ersetzt, wobei vor allem Chironomiden-Larven vertreten sind. Fische bilden für keine Längensklasse mehr die alleinige Nahrung, allerdings steigt der Fischanteil innerhalb der Längensklassen. Ähnliches Freßverhalten wie im Bodensee konnte im Piburger See, Österreich (GASSER 1976) und in schwedischen Waldseen (NYBERG 1979, STENSON 1979) nachgewiesen werden.

Dagegen sind im Königs- und Obersee Benthos und Nekton die wichtigsten Nahrungskategorien. Innerhalb des Benthos dominieren *Sialis*-, Trichopteren- und Ephemeropteren-Larven, Chironomiden-Larven

haben dagegen nur geringe Bedeutung. Königssee-Barsche sind ausgesprochene Benthosfresser, Obersee-Barsche nehmen mit zunehmender Länge vermehrt andere Fische (Mühlkoppen, Elritzen) auf.

Trotz dieser weitgehenden Ernährung von kleinen Bodenorganismen wächst der Bodenseebarsch sehr gut (HARTMANN 1975). Im Gegensatz hierzu konnte in anderen Gewässern bei geringem Fischangebot eine Verbutterung des Barschbestandes beobachtet werden (VOOREN 1972). Ergebnisse über die Wüchsigkeit der Königs- und Oberseebarsche, auch im Vergleich zu anderen Seen, liegen noch nicht vor.

Noch ein Befund scheint erwähnenswert: gegenüber Renke und Seesaibling treten mehr Fische mit leerem Magen auf, was vielleicht darin liegt, daß der im Netz gefangene Barsch gewöhnlich seinen ganzen Mageninhalt auswürgt (NÜMANN 1940). Dies trifft mit Sicherheit nicht generell zu, sonst hätte HARTMANN (1975) nicht eine kontinuierliche Zunahme des Magen-Füllungsgrades bei Bodenseebarschen (% leere Mägen: Dez./Jan. 55%, Febr. – Apr. 29%, Juni – Okt. 9%) im Jahresverlauf feststellen können.

3. Renke

Umfangreiche Untersuchungen zur Nahrungsaufnahme von *Coregonus macrophthalmus* sind bis jetzt nicht bekannt geworden. Einen allgemeinen Überblick zur Ernährungsbiologie der Coregonen bietet JACOBSEN (1982). Ausführliche Arbeiten liegen über Coregonen (*C. wartmanni* Bloch) des Achensees (SCHULZ 1979) und des Bodensees (ELSTER 1933) sowie des Schluchsees (LAMPERT 1971) vor. Bei letzterem handelt es sich um eine Mischpopulation aus *C. macrophthalmus* und *C. fera* (= *C. nasus*). Während für die Blaufelchen des Achensees (SCHULZ 1979) keine Beziehung zwischen Alter der Fische und ihrer Saturität gefunden wurde, läßt sich für die Renken des Königssees eine Tendenz zur Abnahme der Saturität bis zur Altersklasse 9 erkennen. *C. wartmanni* und *C. macrophthalmus* erweisen sich anhand der Literaturangaben von verschiedenen Seen als ausgesprochene Planktonkonsumenten. Die Renken des Königssees weichen aber innerhalb der Zooplankton-Kategorie von anderen Populationen ab: während in den meisten Seen (Tab. 12) Daphnien und Bosminen dominieren, ist dies im Königssee der Copepode *Cyclops abyssorum*.

Lange Zeit war man der Meinung, die Renken würden die Planktonorganismen über den Reusenapparat automatisch aus dem Wasser „sieben“ (JÄRVI 1921). Dies ist nicht der Fall, vielmehr werden die Plankton-Individuen einzeln aufgenommen, wobei eine Auslese nach der Größe vorgenommen wird (ausführliche Diskussion bei WAGLER 1941). Diese Erklärung wird durch die Untersuchungen verschiedener Renkenpopulationen (Tab. 12) mit Ausnahme der Königssee-Population indirekt bestätigt. Sogar in einem eutrophen norwegischen See, wo *Cyclops* im Plankton dominierte, wurde *Daphnia* selektiert

| Art | Zooplankton | Benthos | Chir.-Pu. | Literatur |
|---------------------------------------|---|---|----------------------|-----------------|
| <u>C. macrophthalmus</u> Königssee | <u>Cyclops abyssorum</u> (Apr., Juli, Okt.) | Mollusken (Pisidien) | Oktober | |
| Bodensee | <u>Daphnia</u> u. <u>Eph.</u> (Aug., Sept.) | - | / | Nümann 1940 |
| " | <u>Bosmina</u> , Copep. (November) | / | / | Surbeck 1925 |
| Schluchsee | <u>Daphnia</u> u. <u>Bosm.</u> (Sommer - Sept.) | <u>Asellus</u> Chir.Lar. Pisidien | - | Lampert 1971 |
| <u>C. wartmanni</u> Bodensee | <u>Heterocope</u> (Mai-Juni; Okt.- Dez.) <u>Daphnia</u> (Juni - Sept.) | / | / | Elster 1933 |
| Starnberger See | <u>Daphnia</u> (Feb.-Juli Okt., Nov.) <u>Copep.</u> (Jan., Feb.) <u>Bytho.</u> (Aug., Sept.) | Chir.Larv. (Feb.-Mai) < 5 % | Sept., Okt. | Gerstmeier 1983 |
| <u>C. lavaretus</u> ? Tegernsee | <u>Daphnia</u> , <u>Bosmina</u> | - | zu Emerg.- zeiten | Wagler 1930 a) |

- = nicht gefunden / = keine Angaben

Tab. 12:
Nahrungszusammensetzung verschiedener Renkenpopulationen.

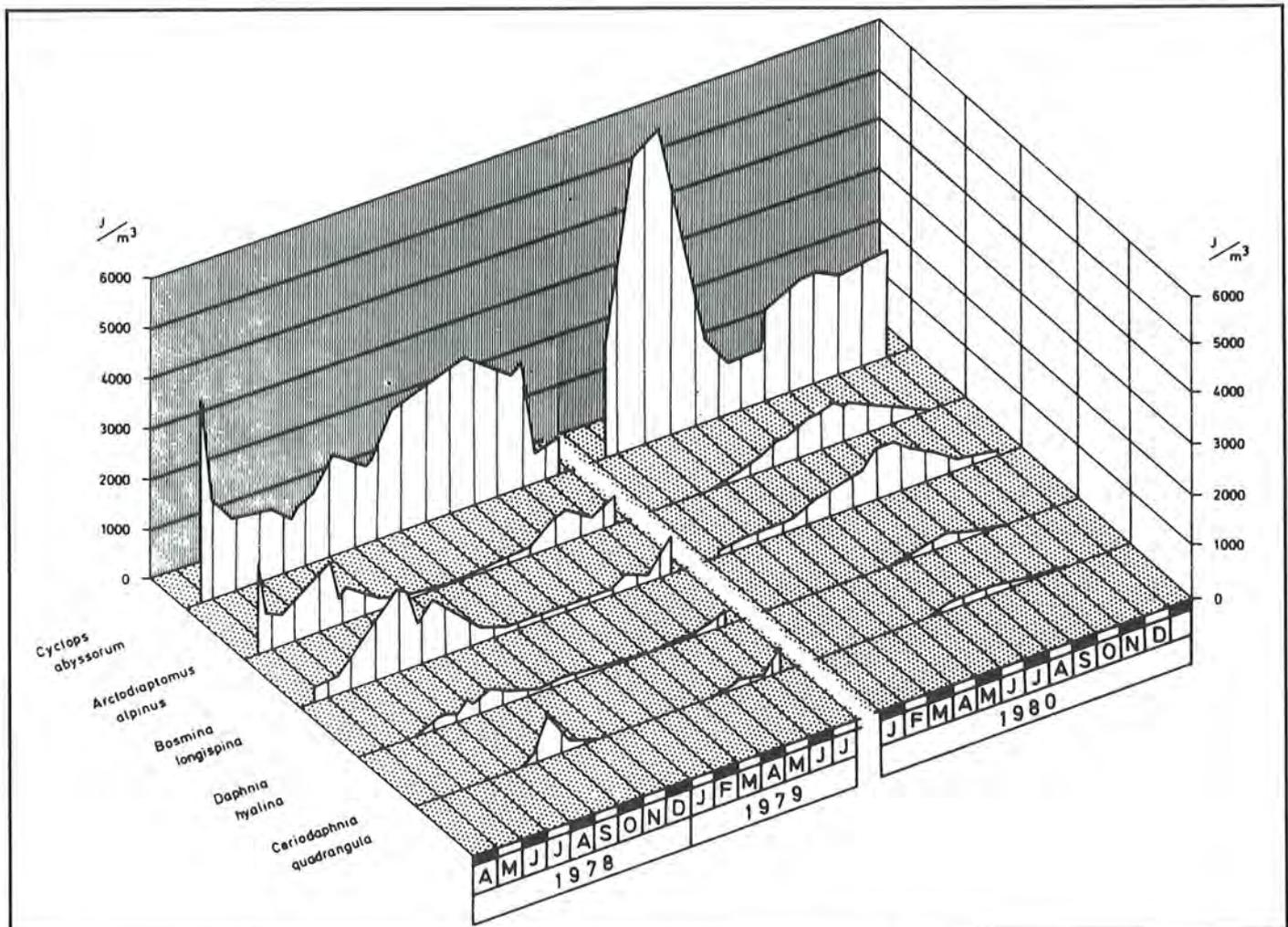


Abb. 32: Die jahreszeitliche Verteilung der 5 Zooplanktonarten des Königssees (aus SIEBECK, 1982).

(JACOBSEN 1974). Im Königssee treten nun aber die Daphnien in so geringer Dichte auf (Abb. 32), daß die Renken wohl verhungern müßten, würden sie nicht auf den dichten Cyclops-Bestand zurückgreifen.

Im großen und ganzen waren die Mageninhalte zu den einzelnen Terminen sehr einheitlich; nur einige wenige Nahrungsindividualisten hatten statt Cyclops ausschließlich Bosmina selektioniert. Diese Beobachtung individueller Nahrungsselektion wurde auch im Schluchsee (LAMPERT 1971) und im Starnberger See (GERSTMEIER 1986) gemacht.

4. Seesaibling

Bei der Darstellung der Ergebnisse blieb bisher unerwähnt, daß der Seesaibling in vier „Formen“ sympatrisch vorkommen kann: Wildfangsaibling, Normalsaibling, Schwarzreuter und Tiefseesaibling. Eine taxonomische Einordnung ist sehr schwierig, da Gestalt, Färbung, Größe und Lebensweise der einzelnen Formen stark variieren (HAEMPEL 1924, JOHNSON 1980). Der Tiefseesaibling kommt entgegen der Meinung von LADIGES und VOGT (1979) im Königssee nicht vor (HECHT 1984). Eine Unterscheidung dieser Formen wurde deshalb bei der ernährungsbiologischen Untersuchung nicht berücksichtigt. Ein Merkmal zur Unterscheidung von Schwarzreuter und Wildfangsaibling dürfte die Länge der Fische sein, da nach SCHINDLER (1940) die Schwarzreuter im Königssee 20 – 23cm erreichen, die erwachsenen Wildfangsaiblinge dagegen bedeutend größer und schwerer sind.

Wie die Renke, so zeigt sich auch der Seesaibling als typischer Planktonkonsument, der allerdings auch Chironomiden-Puppen, Benthos und Nekton nicht verschmäht. Insgesamt ist der Anteil der Chironomi-

den-Puppen (11%) höher als der Benthos-Anteil (9%). Kinon, welches die Hauptnahrung der Seesaiblinge in Hochgebirgsseen darstellt (HAEMPEL 1924, STEINBÖCK 1949), ist in den niedriger gelegenen Seen wie Königssee, Attersee (BRENNER 1980) und Piburger See (GASSER 1976) nahezu bedeutungslos. In Achensee-Seesaiblingen taucht diese Kategorie nur in geringen Mengen auf, lediglich im Juni werden 45% erreicht (SCHULZ 1975).

Terminbedingte Verschiebungen in der Nahrungverteilung treten bei den Saiblings-Populationen (Königs- und Obersee) nicht auf, auch die Saturitätswerte lassen keine Tendenz erkennen. Dagegen konnte SCHULZ (1975) im Achensee im Laufe eines Jahres drei Perioden intensiver Nahrungsaufnahme (März, Juni und Oktober) feststellen, während in den Wintermonaten die Saturität sank (niedrigster Wert im Dezember). Diese Zeit der geringen Nahrungsaufnahme fällt mit der Laichzeit der Saiblinge zusammen, was auch im Bodensee (DÖRFEL 1974) beobachtet wurde. Die jahreszeitliche Verteilung der Nahrung ist in verschiedenen Seen sehr unterschiedlich (Tab. 13).

SCHINDLER (1950) fand Daphnia, Ceriodaphnia und Bosmina relativ gleichmäßig in den Mägen der Königssee-Seesaiblinge verteilt, wohingegen zu den Juli- und Oktober-Terminen 1982 und 1983 eindeutig Bosmina dominant in den Mägen vertreten ist. Daphnia und Ceriodaphnia sind nicht von Bedeutung. Im Gegensatz zu WAGLER (1941) vermutet SCHINDLER (1950), daß die Auswahl der Planktonarten erstens nach dem Geschmack und zweitens aufgrund der leichteren Fängigkeit erfolgt, da die viel kleineren Bosminen (i. Vgl. zu Cyclops und „Diaptomus“ = Arctodiaptomus) gegenüber den größeren und häufigeren Copepoden bevorzugt werden. Dies mag für die Bosminen zutreffen, nicht aber für die Daphnien, die

| See | Frühjahr | Sommer | Herbst | Winter* | Literatur |
|--------------|---|---|--|---|---------------------|
| Achensee | Benthos (Mai 80 %) | Benthos | Chironomiden Trichopteren | Zooplankton | Schulz 1975 |
| Attersee | Chiron.-Larv. Olig.-kokons Amphipoda | <u>Daphnia hy.</u> Bythotrephes | Chiron.-Larv. Olig.-kokons Amphipoda | Benthos Nekton | Brenner 1980 |
| Windermere | Chiron.-Pu. (Apr.) <u>Daphnia</u> (Mai) | <u>Daph.hyalina</u> Bythotrephes Leptodora | <u>Daph.hyalina</u> | Saibl.eier Chir.-Larv. Copep.(min.) | Frost 1946, 1977 |
| Piburger See | Chaoborus | Chaoborus | Chaoborus Cladoc.(Nov) | Copepoden | Gasser 1976 |
| Königssee | <u>Daphnia</u> <u>Ceriodaphnia</u> <u>Bosmina</u> | <u>Daphnia</u> <u>Ceriodaphnia</u> <u>Bosmina</u> | bis September | / | Schindler 1950 |
| Königssee | <u>Cyclops</u> <u>Sialis</u> | <u>Bosmina</u> Chir.-Larv. | <u>Bosmina</u> Chir.-Larv. Trichopteren | / | 1982, 1983 |
| Obersee | <u>Cyclops</u> <u>Sialis</u> | <u>Cyclops</u> Chir.-Larv. <u>Sialis</u> | <u>Cyclops</u> Chir.-Larv. Trich.,Ephem. | / | 1982, 1983 |

Tab. 13:
Hauptsächliche Nahrungszusammensetzung von Seesaiblings-Populationen.

zumindest zu den Untersuchungsterminen durchschnittlich größer waren als die Copepoden.

Möglicherweise spielt heute auch die Konkurrenz der Renke eine Rolle (s. VI., 7).

Größenabhängige (Fischlänge) Nahrungsuntersuchungen liegen aus dem Windermere (FROST 1946, 1977) und dem Achensee (SCHULZ 1975) vor. Kleine Seesaiblinge (bis ca. 15cm) bevorzugen in diesen Seen Benthosnahrung. Bis ca. 25cm Fischlänge dominiert Zooplankton und ab 30cm steigt die Menge der Fischnahrung (Achensee: 75% Nekton, 18% Zooplankton, 4% Chironomiden, 3% Trichopteren). Dies gilt im Prinzip auch für Königs- und Obersee, mit Ausnahme der Längensklasse I (bis 14.5cm), die sich fast ausschließlich von Plankton (Königssee: 53% *Cyclops*, 47% *Bosmina*; Obersee: 75.5% *Cyclops*, 24.5% *Bosmina*) ernährt. Ab Längensklasse III (> 22.5cm) wird mit zunehmender Größe steigende Piscivorie festgestellt.

Wesentliche geschlechtsspezifische Unterschiede in der Nahrungswahl konnten nicht nachgewiesen werden, BRENNER (1980) kommt für die Attersee-Saiblinge zur selben Aussage.

Eine hohe Korrelation mit der Nahrungsaufnahme liegt für die Reifegrade vor. Offensichtlich benötigen kurz vor der Laichreife stehende Tiere (RG 4 u. 5) zur endgültigen Ausreifung der Gonaden eine kräftige Planktonzufuhr.

Wie auch in den Schweizer Seen (STEINMANN 1942), treten im Königs- und Obersee vereinzelt Nahrungsspezialisten auf, die bestimmte Nahrung entgegen der großen Masse selektionieren. SCHULZ (1975) konnte diese Feststellung für die Achensee-Population nicht machen.

Bemerkenswert ist der Befund, daß von 137 Königssee- und 160 Obersee-Seesaiblingen mit Mageninhalt nur 3 bzw. 8 Fische ausschließlich Benthosnahrung gefressen hatten. Auch die in Bodennetzen (der überwiegende Teil der Seesaiblinge wurde in beiden Seen mit Bodennetzen gefischt) gefangenen Fische wiesen nur einen geringen Benthosanteil auf, der Planktonanteil war etwa viermal so hoch. Unterstellt man den Fangmethoden eine gewisse Repräsentativität, so kann man in beiden Seen die Existenz einer am Seeboden fressenden Saiblings-Population verneinen.

Die starke Vorliebe der Grünsee-Saiblinge für Daphnien läßt vermuten, daß Daphnia die dominante Art im Crustaceen-Plankton des Grünsees ist. Genaue Aussagen können aber erst gemacht werden, wenn der Grünsee hinsichtlich seiner Limnologie untersucht worden ist.

5. Die übrigen Fische

Hecht und Rutte gehen als Raubfische schon sehr früh (Fischlänge ab 11 bzw. 20cm) zu Fischnahrung über. Beim Hecht erfolgt keine große Nahrungsauswahl: der Fisch, der in seinem Lebensraum am stärksten vertreten ist, wird auch am häufigsten gefressen (MANN 1977), wobei er auch vor Artgenossen nicht Halt macht.

Laich wurde (entgegen allgemeinen Literaturangaben) in den Ruttenmägen nie gefunden; neben Mühlkoppen stehen an 2. Stelle Seesaiblinge. NÜMANN (1940) fand Rutten häufig unmittelbar neben Seesaiblingen im Netz gefangen und hebt die Gefräßigkeit dieser Raubfische hervor. Eine Rutte aus dem Königssee hatte 5 kleine Barsche von 6 – 8cm Länge im Magen.

Die Mühlkoppe lebt wie die Rutte als typischer Boden- und Dämmerungsfisch recht versteckt, trotzdem fällt sie von allen Fischen des Königs- und Obersees den Raubfischen am meisten zum Opfer. Die Ergebnisse der Nahrungsuntersuchungen decken sich im wesentlichen mit den Arbeiten von ANDREASSON (1971) und SMYLY (1957), jedoch konnten in den Königssee-Koppen nie Gammariden und kaum Ephemeropteren (1 Fisch hatte 1 Larve von *Cloeon dipterum* gefressen), dafür hauptsächlich *Asellus* nachgewiesen werden.

Über den Bachsaibling gibt es nur wenige quantitative Untersuchungen, die sich über ein Jahr erstrecken. LORD (1933), der Nahrungsuntersuchungen an Bachsaiblingen in einem Fluß in Vermont durchführte, fand Dipteren-Larven, Trichopteren (alle Stadien), Ephemeropteren und Plecopteren in den Mägen. Dipteren- und Plecopteren-Larven waren in den Mägen der Bachsaiblinge vom Königssee nie vertreten.

6. Beziehungen der Nahrungszusammensetzung mit der Fischlänge

Ein eindeutiger Zusammenhang der Fischlänge mit dem Nekton-Anteil ist bei den drei Hauptfischarten Renke, Seesaibling und Barsch gegeben. Mit zunehmender Fischlänge steigt der Nekton-Anteil. Diese Beziehung wurde mittels einfacher Regression getestet (Tab. 14).

Die Regressionskoeffizienten sind bis auf die Königssee-Barsche hochsignifikant. Aber auch hier besteht die Tendenz, bei zunehmender Länge vermehrt Nekton zu fressen. Ebenso hochsignifikant ist der damit einhergehende Rückgang des Plankton-Anteils bei diesen drei Fischarten. Der Benthos-Anteil nimmt bei der Renke mit der Fischlänge zu, wohingegen er bei den Barschen abnimmt.

Auf gleiche Weise wurde die Korrelation der Saturität mit der Fischlänge getestet. Obwohl die Regression z.T. signifikant ist (Seesaibling, Barsch) und somit

Tab. 14: Regression Fischlänge/Nekton-Anteil.

| | b | p < |
|-------------------------|------|--------|
| Renke | 0.97 | 0.0001 |
| Seesaibling (Königssee) | 1.83 | 0.0001 |
| Seesaibling (Obersee) | 2.15 | 0.0001 |
| Seesaibling (Grünsee) | 4.36 | 0.0001 |
| Barsch (Königssee) | 0.86 | 0.075 |
| Barsch (Obersee) | 3.33 | 0.0001 |

b = Regressionskoeffizient

eine Tendenz zur Abnahme der Saturität mit der Fischlänge besteht, ist dieser Zusammenhang einer großen Variabilität unterworfen. Eine Zunahme der Saturität mit höherem Alter (und entsprechend zunehmender Größe), wie sie SCHULZ (1975) für die Achensee-Saiblinge feststellte, liegt jedenfalls bei den drei Hauptfischarten des Königs- und Obersees nicht vor!

7. Nahrungskonkurrenz

Ganz allgemein spricht man von Konkurrenz, wenn zwei Organismen oder die Populationen zweier Arten die gleichen und nur begrenzt verfügbaren Ressourcen nutzen (ODUM & REICHOLF 1980). Sind diese verfügbaren Ressourcen in großem Ausmaß in Relation zu den Nutzern vorhanden, so wird diese Konkurrenz gering oder vernachlässigbar sein.

Anhand der Ergebnisse, vor allem der Dominantenidentität, ergeben sich mögliche Konkurrenzen um Nahrungsressourcen im wesentlichen nur zwischen Renke und Seesaibling, und weniger ausgeprägt bei Rutte und Hecht. Der hohen Übereinstimmung zwischen Rutte und Hecht liegt die Nahrungskategorie Nekton zugrunde. Schlüsselst man diese anhand von Tab. 8 in die einzelnen Beutefische der beiden Raubfischarten auf, so sieht man, daß Rutte und Hecht sehr gut in der Lage sind, eine interspezifische Konkurrenz zu vermeiden. Während die Rutte hauptsächlich Mühlkoppen und Seesaiblinge bevorzugt, finden sich in Hechtmägen überwiegend Elritzen. Generell spricht auch die unterschiedliche Lebensweise dieser beiden Fische nicht für eine direkte Nahrungskonkurrenz.

Im Fall von Seesaibling und Renke muß dieses Problem differenzierter betrachtet werden. Beide Fischarten konkurrieren fast ausschließlich um das Planktonangebot, das bei der Renke (ohne April 1982) durchschnittlich 77%, beim Seesaibling $\bar{\sigma}$ 75% der Mageninhalte ausmacht. Dabei wird *Cyclops abyssorum* von der Renke zu 60%, vom Seesaibling zu 35% (Königssee) bzw. 67% (Obersee) aufgenommen. Ein

Vergleich der drei Populationen zu den einzelnen Terminen (Abb. 33) verdeutlicht die Konkurrenz um *Cyclops abyssorum* und das Ausweichen der Königssee-Saiblinge im Sommer und Herbst auf *Bosmina longispina*. Bei den Obersee-Saiblingen ist *Cyclops* das ganze Jahr hindurch gegenüber *Bosmina* dominant. Leider ist die Planktonverteilung des Obersees innerhalb der Arten und des mengenmäßigen Auftretens im Jahreszyklus nicht bekannt. Spekuliert man damit, daß ähnliche Verhältnisse in der Planktonzusammensetzung herrschen wie im Königssee, so könnte man vermuten, daß der Seesaibling im Juli und Oktober auf *Bosmina* ausweichen muß, die Renke also in der Konkurrenz um *Cyclops* dominiert. Diese Spekulation einer Dominanz von *Cyclops* über *Bosmina* und *Daphnia* im Plankton des Obersees erscheint nicht so abwegig, da aufgrund der sonst bevorzugten Nahrungsselektion für die größeren Daphnien (BRENNER 1980, FROST 1977) diese häufiger in den Mägen gefunden werden müßten.

SVÄRDSON (1976) stellt eine klare Konkurrenz zwischen *Coregonus* sp. und *Salvelinus alpinus* fest, und zwar vor allem im Pelagial, wo beide Fische um das Planktonangebot konkurrieren und kommt zu dem Ergebnis (für schwedische Seen), daß *Coregonus* einwandfrei über *Salvelinus alpinus* dominant ist. Renke und Seesaibling können sympatrisch leben, wenn der See groß und tief ist. Die Seesaiblinge müssen sich aber als eine tieflebende Population adaptieren.

Innerhalb der Benthosnahrung suchen sich Renke und Seesaibling verschiedene ökologische Nischen (Mollusken bzw. *Sialis*-Larven), hier dürfte keine Nahrungskonkurrenz auftreten.

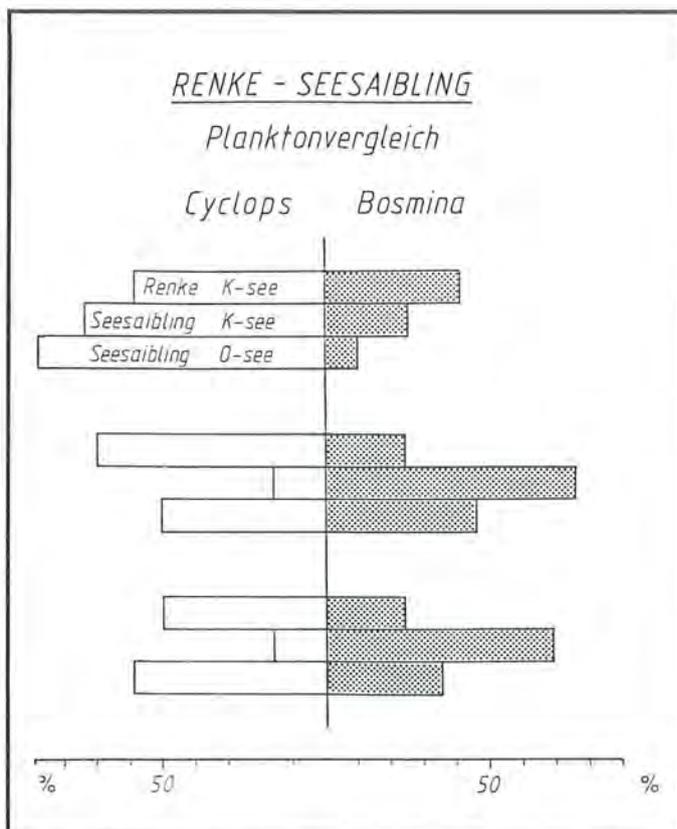


Abb. 33: Anteile von *Cyclops* und *Bosmina* in Renke und Seesaibling, beide Jahre (oben: April, Mitte: Juli, unten: Oktober).

Inwieweit sich die Nahrungskonkurrenz um das Plankton auf das Wachstum der beiden Fische auswirkt, läßt sich jetzt noch nicht endgültig abschätzen. Auf jeden Fall zeigen die Obersee-Saiblinge ein besseres Wachstum als im Königssee; die Renken wachsen langsamer als im Starnberger See (KLEIN, pers. Mitt.), wobei hier natürlich der unterschiedliche Temperaturfaktor berücksichtigt werden muß.

Die Frage, ob eine Nahrungskonkurrenz zwischen Renke und Seesaibling zu einer negativen Beeinträchtigung der Seesaiblings-Population im Königssee führt oder eine Koexistenz unter Voraussetzung eines ausreichenden Planktonangebotes möglich ist, läßt sich somit nicht beantworten.

Da bisher noch quantitative Benthosuntersuchungen sowohl im Litoral als auch im Profundal dieser drei Seen, dem Königs-, Ober- und Grünsee, ausstehen, können keine Aussagen über die wirkliche Ausnüt-

zung des vorhandenen Nahrungsangebotes gemacht werden.

Es fehlen außerdem umfangreiche limnologische Studien vom Ober- und Grünsee. Dringend zu wünschen ist eine vergleichende Untersuchung der drei oberhalb des Königssees liegenden Seen (Schwarzensee, Grünsee und Funtensee), um einen möglichst geschlossenen Überblick über die Seen des Nationalparks Berchtesgaden zu erhalten und um zum Verständnis ihrer Ökologie zu kommen.

Zusammenfassung

1. Es wird eine allgemeine Übersicht zur Methodik bei Magenuntersuchungen von Fischen gegeben und die Biologie der wichtigsten benthischen Fischnährtiere dargestellt.
2. Die Varianzanalysen zeigen einen signifikanten Einfluß der Fischart, des Reifegrades, des Fanggerätes, der Maschenweite (der verwendeten Netze) und des Sees auf die Verteilung der Nahrungskategorien.
3. Für die Barsche sind Benthos und Nekton die wichtigsten Nahrungskategorien, wobei zwischen Königs- und Obersee größere Unterschiede in der Nahrungszusammensetzung festgestellt wurden. In der Benthoskategorie dominieren Sialis-, Trichopteren- und Ephemeropteren-Larven als Beutetiere, vom Nekton werden im wesentlichen Mühlkoppfen (Cottus gobio) und Elritzen (Phoxinus phoxinus) gefressen. Die Obersee-Barsche nehmen mit zunehmender Größe vermehrt andere Fische auf.
4. Die Renke des Königssees ist ein ausgesprochener Planktonkonsument, wobei überwiegend (60%) Cyclops abyssorum selektioniert wird. Mit zunehmender Fischlänge sinkt der Plankton-An-

teil, dementsprechend nehmen die Benthos-Organismen zu. Innerhalb des Benthos dominieren die Mollusken mit der Gattung Pisidium.

5. Auch die Seesaiblinge aller drei Seen sind typische Planktonkonsumenten; Chironomiden-Puppen, Benthos und Nekton stellen eine Ergänzung zur Hauptnahrung dar. Größere Unterschiede in der Nahrungswahl der drei Populationen treten bei Chironomiden-Puppen, Nekton und Plankton auf. Im Obersee dominiert beim Crustaceen-Plankton Cyclops abyssorum, im Königssee Bosmina longispina und im Grünsee Daphnia hyalina. Innerhalb der Benthos-Kategorien konnten zwischen Königs- und Obersee kaum Unterschiede festgestellt werden; es werden hauptsächlich Sialis-, Chironomiden-, Trichopteren- und Ephemeropteren-Larven gefressen. Mit der Zunahme der Fischlänge geht eine Umstellung der Nahrungswahl vom Plankton zum Nekton einher.
6. Hecht und Rutte sind Raubfische, die sich im wesentlichen von Elritzen und Mühlkoppfen ernähren. Mühlkoppe und Bachsaibling sind typische Benthosfresser; alle anderen Fische sind aufgrund ihres geringen Bestandes von untergeordneter Bedeutung.
7. Eine mögliche Nahrungskonkurrenz besteht nur zwischen Renke und Seesaibling um das Zooplankton-Angebot. Die Frage, ob es damit zu einer negativen Beeinträchtigung der Seesaiblings-Population im Königssee kommen könnte, läßt sich nicht beantworten.

Literaturverzeichnis

- ADAMS, S.M. (1976): Feeding ecology of eelgrass fish communities. — *Trans. Am. Fish. Soc.* 105: 514 – 519.
- ANDREASSON, S. (1971): Feeding habits of a sculpin (*Cottus gobio* L., Pisces) population. — *Rep. Inst. Fresh. Res. Drottningholm* 51: 5 – 30.
- BERG, J. (1979): Discussion of methods of investigating the food of fishes with reference to a preliminary study of the prey of *Gobi-usc ulus flavescens*. — *Mar. Biol.* 50: 263 – 273.
- BRENNER, T. (1980): The arctic charr, *Salvelinus alpinus salvelinus*, in the prealpine Attersee, Austria. In: BALON, E.K. (ed.): *Charrs. Salmonid fishes of the Genus Salvelinus*. — Dr. W. JUNK Publishers, The Hague: 765 – 772.
- CADWALLADER, P.L. (1975d): The food of the New Zealand common river galaxias, *Galaxias vulgaris* Stokell (Pisces: Salmoniformes). — *Aus. J. mar. Freshwat. Res.* 26: 15 – 30.
- CRIPS, D.T., MANN, R.H.K. & McCORMACK, J.C. (1978): The effects of impoundment and regulation upon the stomach contents of fish at Cow Green, Upper Teesdale. — *J. Fish. Biol.* 12: 287 – 301.
- DÖRFEL, H.J. (1974): Untersuchungen zur Problematik der Saiblingspopulationen (*Salvelinus alpinus* L.) im Überlinger See (Bodensee). — *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 47: 80 – 105.
- DAUD, R.W.Jr. (1974): The effects of differential digestion rates of zooplankters by brown trout (*Salmo trutta*) on Ivlev's electivity index. — Unveröff. Manuskript, erwähnt bei GANNON 1976.
- ELLIOTT, J.M. (1970): Diel changes in invertebrate drift and the food of trout *Salmo trutta* L. — *J. Fish. Biol.* 2: 161 – 165.
- ELSTER, H.-J. (1933): Beiträge zur Biologie des Blaufelchen (*Coregonus wartmanni* Bloch). — *Int. Rev. ges. Hydr. u. Hydr.* 30: 181 – 246.
- FITTKAU, E.J. (1976): Kinal und Kinon, Lebensraum und Lebensgemeinschaft der Oberflächendrift am Beispiel amazonischer Fließgewässer. — *Biogeographica* 7: 101 – 113.
- FROST, W.E. (1946): On the food relationships in Windermere. — *Biol. Jaarb.* 13: 216 – 231.
- FROST, W.E. (1954): The food of the pike, *Esox lucius* L. in Windermere. — *J. Animal Ecol.* 23: 339 – 360.
- FROST, W.E. (1977): The food of Charr *Salvelinus willughbii* (GÜNTHER) in Windermere. — *J. Fish. Biol.* 11: 531 – 547.
- FROST, W.E., WENT, A.E.J. (1940): River Liffey survey. III. The growth and food of young salmon. — *Proc. R. Ir. Acad.* 46B: 53 – 80.
- GANNON, J.E. (1976): The effects of differential digestion rates on zooplankton by Alewife, *Alosa pseudoharengus* on determinations of selective feeding. — *Trans. Am. Fish. Soc.* 105: 89 – 95.
- GASSER, M. (1976): Ökologie von Barsch, Rotaugen und Salmoniden im Piburger See (mit Berücksichtigung der Sportfischerei). — *Diss. Abt. Limnol. Innsbruck* 38, 152 pp.
- GERSTMEIER, R. (1983): Die profundale Chironomidenfauna des Starnberger Sees und ihre nahrungsökologische Bedeutung für die Renken. — Unpubl. Bericht f. Bay. Staatsministerium f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.
- GERSTMEIER, R. (1986): Untersuchungen zur Ernährungsbiologie der Renken (*Coregonus spec.*) des Starnberger Sees. — *Spixiana* 9 (3), 225 – 232.
- HAEMPEL, O. (1924): Studien am Seesaibling mehrerer österreichischer Alpenseen. — *Verh. Int. Ver. Limnol.* 2: 129 – 135.
- HAEMPEL, O. (1930): Fischereibiologie der Alpenseen. Die Binnengewässer 10. — E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart: 259 pp.
- HARTMANN, J. (1975): Der Barsch (*Perca fluviatilis*) im eutrophierten Bodensee. — *Arch. Hydrobiol.* 76: 269 – 286.
- HECHT, W. (1984): Populationsgenetische Studien an Seesaiblingen (*Salvelinus alpinus* L.) aus Königssee, Obersee und Grünsee mit Hilfe von Isoenzymen. — *Diss. Techn. Universität München in Weihenstephan*.
- HOWMILLER, R.P. (1972): Effects of preservatives on weights of some common macrobenthic invertebrates. — *Trans. Am. Fish. Soc.* 101: 743 – 746.
- HYNES, H.B.N. (1950): The food of freshwater sticklebacks (*Gasterosteus abuleatus* and *Pygosteus pungitius*) with a review of methods used in studies of the food of fishes. — *J. Anim. Ecol.* 19: 36 – 58.
- HYSLOP, E.J. (1980): Stomach contents analysis — a review of methods and their application. — *J. Fish. Biol.* 17: 411 – 429.
- JACOBSEN, O.J. (1974): Feeding habits of the population of whitefish (*Coregonus lavaretus* L.) in Haugatjern-a eutrophic Norwegian lake. — *Norw. J. Zool.* 22: 295 – 318.
- JACOBSEN, O.J. (1982): A review of food and feeding habits in Coregonid fishes. — *Pol. Arch. Hydrobiol.* 29: 179 – 200.
- JÄRVI, T.H. (1921): Die kleine Maräne (*Coregonus albula* L.) im Keitelsee. — *Ann. Acad. Sci. fenn. (A)*, 14: 1 – 301.
- JOHNSON, L. (1980): The arctic charr, *Salvelinus alpinus*. In: Balon, E.K. (ed.): *Charrs. Salmonid fishes of the genus Salvelinus*. — Dr. W. JUNK Publishers, The Hague: 15 – 98.
- JONES, A. (1973): The ecology of young turbot *Scophthalmus maximus* L. at Borth, Cardiganshire, Wales. — *J. Fish. Biol.* 5: 367 – 383.
- JUDE, D.J. (1973): Food and feeding habits of Gizzard shad in pool 19, Mississippi River. — *Trans. Am. Fish. Soc.* 102: 378 – 383.
- KEAST, A., WELSH, L. (1968): Daily feeding periodicities, food uptake rates and dietary changes with the hour of the day in some lake fishes. — *J. Fish. Res. Bd. Can.* 25: 1134 – 1143.
- KENNEDY, C.R. (1969): Tubificid oligochaetes as food of dace. — *J. Fish. Biol.* 1: 11 – 15.
- KESTEVEN, G.L. (1960): *Manual of field methods in fisheries biology*. — F.A.O. Manuals in Fisheries Sciences, N.1, F.A.O. Rome, 152pp.
- LADIGES, W., VOGT, D. (1979): *Die Süßwasserfische Europas*. — Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- LAMPERT, W. (1971): Untersuchungen zur Biologie und Populationsdynamik der Coregonen im Schluchsee. — *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 38: 237 – 314.
- LARIMORE, W.R. (1957): Ecological life history of the warmouth (*Centrarchidae*). — *Bull. Ill. St. nat. Hist. Surv.* 27: 81 – 82.
- LINDEGAARD, C., JÓNASSON, P.M. (1979): Abundance, population dynamics and production of zoobenthos in Lake Mývatn, Iceland. — *Oikos* 32: 202 – 227.
- LORD, R.F. (1933): Type of food taken throughout the year by brook trout in a single Vermont stream with special reference to winter feeding. — *Trans. Am. Fish. Soc.* 63: 182 – 197.
- MANN, H. (1977): Bevorzugen Raubfische besondere Beutefische? — *Fisch und Fang* 18: 822 – 824.

- MANN, R.H.K., ORR, D.R. (1969): A preliminary study of the feeding relationships of fish in a hard-water and a soft-water stream in Southern England. — *J. Fish. Biol.* 1: 31 — 44.
- McCOMISH, T.S. (1966): Food habits of Bigmouth and Smallmouth Buffalo in Lewis and Clark Lake and the Missouri River. — *Trans. Am. Fish. Soc.* 96: 70 — 74.
- McHUGH, J.L. (1940): Food of the Rocky Mountain whitefish *Prosopium williamsoni* (GIRARD). — *J. Fish. Res. Bd. Can.* 5: 131 — 137.
- MUUS, B.J., DAHLSTRÖM, P. (1978): Süßwasserfische. — BLV Bestimmungsbuch, BLV Verlagsgesellschaft München, Bern, Wien.
- NEI, M., ROYCHOUDHURY, A.K. (1974): Sampling variances of heterozygosity and genetic distance. — *Genetics* 76: 379 — 390.
- NÜMANN, W. (1940): Untersuchungen über die Biologie einiger Bodenseefische in der Uferregion und den Randgebieten des freien Sees. — *Z. f. Fisch. Hilfsw.* 37: 637 — 688.
- NYBERG, P. (1979): Production and food consumption of perch, *Perca fluviatilis* L. in two Swedish forest lakes. — *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 58: 140 — 157.
- ODUM, E.P., REICHOLF, J. (1980): Ökologie. Grundbegriffe, Verknüpfungen, Perspektiven. — BLV Verlagsgesellschaft, München, Wien, Zürich.
- PARKER, R.R. (1963): Effects of formalin on length and weight of fishes. — *J. Fish. Res. Bd. Can.* 20: 144 — 155.
- PILLAY, T.V.R. (1952): A critique of the methods of study of food of fishes. — *J. zool. Soc. India*, 4: 185 — 200.
- RENKONEN, O. (1938): Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. — *Ann. Zool. Soc. Zool. Bot. Fenn.* 6: 1 — 226.
- SCHINDLER, O. (1940): Die Saiblinge des Königssees. — *Int. Rev. d. ges. Hydr. u. Hydr.* 39: 600 — 627.
- SCHINDLER, O. (1950): Der Königssee als Lebensraum. — *Veröff. Zool. Staatssammlung München*, 1: 97 — 129.
- SCHLEE, D. (1966): Präparation und Ermittlung von Meßwerten an Chironomiden (Diptera). — *Gew. Abwäss.* 41/42: 169 — 193.
- SCHULZ, N. (1975): Untersuchungen zur Biologie der Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus* L.) (Pisces: Salmonidae) im Achensee (Tirol, Österreich). Teil I: Nahrungsaufnahme. — *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck* 62: 139 — 151.
- SCHULZ, N. (1979): Untersuchungen zur Nahrungsaufnahme der Coregonen (*Coregonus wartmanni* Bloch) (Pisces: Salmonidae) im Achensee (Tirol, Österreich). — *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck*, 66: 109 — 124.
- SCHWERDTFEGGER, F. (1975): Ökologie der Tiere, Bd. III: Synökologie. — Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- SIEBECK, O. (1982): Der Königssee. Eine limnologische Projektstudie. — Nationalpark Berchtesgaden, *Forsch. Ber.* 5: 131 pp.
- SMYLY, W.J.P. (1957): The life history of the bullhead or Millers Thumb (*Cottus gobio* L.). — *Proc. zool. Soc. Lond.* 128: 431 — 453.
- SØRENSEN, T. (1948): A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. — *Kong. Dansk. vidensk. Selsk. biol. Skr.* 5 (4).
- STEINBÖCK, O. (1949): Der Schwarzsee, 2792 m ü.d.M., ob Sölden, Ötztal, der höchste Fischsee der Alpen. — *Verh. Int. Ver. Limnol.* 10: 442 — 450.
- STEINMANN, P. (1942): Experimentelle Untersuchungen über die Wüchsigkeit der Seesaiblinge (RÖTEL). — *Schweiz. Fischerei Ztg.* 9: 1 — 8.
- STENSON, J.A.E. (1979): Predator-prey relations between fish and invertebrate prey in some forest lakes. — *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 58: 166 — 183.
- SURBECK, G. (1925): Untersuchungen an Gangfischen (*Coregonus macrophthalmus* Nüsslin) des Bodensees (Obersee). — *Schweiz. Fisch. Ztg.* 33: 225 — 238.
- SVÄRDSON, G. (1976): Interspecific population dominance in fish communities of Scandinavian lakes. — *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 55: 144 — 171.
- SWYNNERTON, G.H., WORTHINGTON, E.B. (1940): Notes on the food of fish in Haweswater (Westmorland). — *J. Animal. Ecol.* 9: 183 — 187.
- THORPE, J.E. (1977): Daily ration of adult perch *Perca fluviatilis* L. during summer in Loch Leven, Scotland. — *J. Fish. Biol.* 11: 55 — 68.
- VOOREN, C.M. (1972): Ecological aspects of the introduction of fish species into natural habitats in Europe, with special reference to the Netherlands. — *J. Fish. Biol.* 4: 565 — 583.
- WAGLER, E. (1930a): Die Coregonen in den Seen des Voralpengebietes. II. Die Schwebrenke des Tegernsees. — *Arch. Hydrobiol.* 21: 455 — 482.
- WAGLER, E. (1941): Die Coregonen. In: *Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas* Bd. III. — E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- WOLFERT, R.R., MILLER, T.J. (1978): Age, growth and food of Northern pike in Eastern Lake Ontario. — *Trans. Am. Fish. Soc.* 107: 696 — 702.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Prof Dr. FITTKAU für die Betreuung dieses Projektteiles und die Durchsicht des Manuskriptes. Ohne das stete Entgegenkommen von Dr. ZIERL und der Nationalparkverwaltung, der Forstverwaltung (GEIGER, STEINDLMÜLLER) und der Staatlichen Schiffahrtsverwaltung Königssee (Dir. KUPFER), wäre an eine Projektdurchführung nicht zu denken gewesen. Großer Dank gebührt in diesem Sinne auch Herrn Fischermeister AMORT.

Dr. BURMEISTER (Zool. Staatssammlung), Dr. CRANSTON (British Museum, London) und Dr. REISS (Zool. Staatssammlung) sei sehr herzlich für

die gewissenhafte Überprüfung und teilweise Bestimmung der Wasserinsekten gedankt.

Ganz besonders möchte ich mich bei Dr. Werner HECHT (Lehrstuhl für Tierzucht, Weihenstephan) für sein unermüdliches Engagement bei der EDV-Bewältigung der umfangreichen Daten und zahlreiche Fachgespräche bedanken.

Herrn Dr. KLEIN (Bay. Landesanstalt für Fischerei, Starnberg) hat durch Überlassen von Datenmaterial und vielen fischereibiologischen Diskussionen wesentlichen Anteil am Zustandekommen dieser Arbeit.

Nicht zuletzt sei auch Herrn KAGERER und Frau DAIK (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, München) für ihr Entgegenkommen bei der Benutzung des Computers zur Eingabe des Datenmaterials gedankt.

Liste 1

Artenliste CHIRONOMIDAE aus Fischmägen.

Tanypodinae

| | | |
|----------------------------------|-----|-----|
| <i>Ablabesmyia monilis</i> L. | K,O | L,P |
| <i>Macropelopia fehlmanni</i> K. | K,O | L,P |
| <i>Procladius</i> sp. | K,O | L,P |
| <i>Zavrelimyia</i> sp. | K | L,P |

Diamesinae

| | | |
|---------------------------------|-----|-----|
| <i>Protanypus caudatus</i> Edw. | K,O | L,P |
|---------------------------------|-----|-----|

Prodiamesinae

| | | |
|--------------------------------|---|---|
| <i>Prodiamesa olivacea</i> Mg. | K | L |
|--------------------------------|---|---|

Orthoclaadiinae

| | | |
|---|-----|-----|
| <i>Corynoneura</i> sp. | K | L,P |
| <i>Cricotopus fuscus</i> K. | O | L |
| <i>Cricotopus</i> cfr. <i>reversus</i> | K,O | L |
| <i>Cricotopus</i> ? <i>tremulus</i> -Gr. | O | L |
| <i>Eukiefferiella</i> sp. | K | L |
| <i>Heterotrissocladius marcidus</i> Walk. | K,O | L,P |
| <i>Orthocladus</i> sp. | O | L |
| <i>Orthoclaadiinae</i> gen. sp. | O | L |
| <i>Paracladius alpicola</i> Zett. | K,O | L,P |
| <i>Parakiefferiella bathophila</i> -Typ | K | L,P |
| <i>Parakiefferiella triquetra</i> Cern. | K | L |
| <i>Psectrocladius</i> sp. | K | L |

Chironomini

| | | |
|---------------------------------------|------|-----|
| <i>Chironomus anthracinus</i> -Typ | K,O | L,P |
| <i>Dicrotendipes lobiger</i> K. | K,O | L,P |
| <i>Einfeldia</i> sp. | O | P |
| <i>Kiefferulus tendipediformis</i> G. | K | L |
| <i>Microtendipes</i> sp. | K,Gr | L,P |
| <i>Pagastiella orophila</i> Edw. | K | L |
| <i>Paracladopelma nigrigula</i> G. | K,O | L |
| <i>Paratendipes</i> sp. | K,O | L,P |
| <i>Phaenopsectra</i> sp. | O | L |
| <i>Sergentia coracina</i> Zett. | O | L,P |
| <i>Stictochironomus</i> sp. | K | L |

Tanytarsini

| | | | |
|---|-----|---|------|
| <i>Micropsectra contracta</i> Reiss | K,O | P | > L* |
| <i>Micropsectra coracina</i> K. | K,O | P | |
| <i>Paratanytarsus austriacus</i> K. | K,O | P | |
| <i>Tanytarsus gibbosiceps</i> K. | K | P | |
| <i>Tanytarsus gregarius</i> K. | K | P | > L* |
| <i>Tanytarsus quadridentatus</i> Br. | K | P | |
| <i>Tanytarsus brundini/curticornis</i> -Gr. | K | P | |

* = auch als Larven gefunden, hier aber keine Artunterscheidung möglich.

K = Königssee Gr = Grünsee P = Puppe
O = Obersee L = Larve

Artenliste MAKROINVERTEBRATEN aus Fischmägen.

Ephemeroptera

| | |
|------------------------------------|-----|
| <i>Baetis</i> sp. | K,O |
| <i>Baetidae</i> gen. sp. | K |
| <i>Caenis horaria</i> L. | K |
| <i>Centroptilum luteolum</i> Müll. | K,O |
| <i>Cloeon dipterum</i> L. | K,O |
| <i>Cloeon</i> sp. | K |
| <i>Ecdyonurus</i> sp. | K |
| <i>Ephemerella danica</i> Müll. | K |
| <i>Ephemerella</i> sp. | O |
| <i>Ephemerella notata</i> Etn. | K |
| <i>Ephemerella</i> sp. | K |
| <i>Leptophlebia</i> sp. | K |
| <i>Leptophlebiidae</i> gen. sp. | K |
| <i>Paraleptophlebia</i> sp. | K |
| <i>Rhithrogena</i> sp. | K |
| <i>Siphonurus</i> sp. | K |

Trichoptera

| | |
|-------------------------------------|-----|
| <i>Athripsodes aterrimus</i> Steph. | K,O |
| <i>Athripsodes</i> sp. | O |
| <i>Chaetopteryx villosa</i> F. | O |
| <i>Hydropsyche</i> sp. | K |
| <i>Hydroptilidae</i> gen. sp. | O |
| <i>Limnephilus</i> sp. | K,O |
| <i>Odontocerum albicorne</i> Scop. | K |
| <i>Phryganea bipunctata</i> Retz. | K,O |
| <i>Agrypnia varia</i> F. | K,O |
| <i>Polycentropidae</i> gen. sp. | K |
| <i>Potamophylax</i> sp. | K,O |
| <i>Rhyacophila</i> sp. | K |
| <i>Leptoceridae</i> gen. sp. | K |

> Phryganeidae

Megaloptera

| | |
|--------------------------------|-----|
| <i>Sialis lutaria</i> L. | K,O |
| <i>Sialis fuliginosa</i> Pict. | K,O |

Coleoptera

| | |
|--|-----|
| <i>Agabus</i> sp. – Larve | K |
| <i>Elmis maugetii</i> Latr. | K |
| <i>Gyrinus substriatus</i> Steph. | K |
| <i>Halipilus</i> sp. – Larve | O |
| <i>Hydraena</i> ? <i>bohemica</i> Hrb. | K |
| <i>Hydrophilidae</i> gen. sp. – Puppe | K |
| <i>Hyphydrus ovatus</i> L. | K |
| <i>Oreodytes</i> sp. | K,O |
| <i>Platambus maculatus</i> L. – Larve | K |
| <i>Potamonectes depressus</i> F. | K,O |
| <i>Riolus subviolaceus</i> P. Müll. | K |
| <i>Dryopidae</i> : ? <i>Stenebrius</i> sp. | K |

Crustacea

| | | |
|--|--------|------------------|
| <i>Arctodiaptomus alpinus</i> Imh. | K,O | |
| <i>Bosmina longispina</i> Leyd. | K,O,Gr | |
| <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> O.F. Müll. | K,O | |
| <i>Cyclops abyssorum</i> G.O. Sars | K,O,Gr | |
| <i>Daphnia hyalina</i> Leyd. | K,O,Gr | |
| <i>Eurycercus lamellatus</i> O.F. Müll. | O | (Planktonprobe)* |
| <i>Pleuroxus uncinatus</i> Baird | K | |
| <i>Simocephalus vetulus</i> O.F. Müll. | K | |
| <i>Thermocyclops</i> sp. | O | (Planktonprobe)* |
| <i>Ephippien</i> | | |

Mollusca

| | |
|---|-----|
| <i>Pisidium amnicum</i> O.F. Müll. | K |
| <i>Pisidium</i> sp. | K |
| <i>Radix ovata</i> Drap. | K,O |
| <i>Valvata piscinalis alpestris</i> Küst. | K,O |

Odonata

| | |
|---------------------------------|---|
| <i>Coenagrionidae</i> gen. sp. | K |
| <i>Ischnura</i> sp. | K |
| <i>Pyrrosoma nymphula</i> Sulz. | K |

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Liste 2

| | |
|---------------------------------|-----|
| Plecoptera | |
| Amphinemoura sp. | K |
| Leuctra sp. | K,O |
| Nemoura cinerea Retz. | K |
| Nemurella picteti Klp. | K |
| Sammelgruppe „Würmer“ | |
| Egel gen.sp. | K,O |
| Glossiphonia complanata L. | O |
| Gordius sp. | O |
| Nematoda gen.sp. | K |
| Oligochaeta gen.sp. | K |
| Turbellaria gen.sp. | K |
| Kinon | |
| Aphidinae gen.sp. | O |
| Diptera gen.sp. | K |
| Formicidae gen.sp. | K |
| Nematocera gen.sp. | O |
| Diptera | |
| Brachycera gen.sp. – Larve | O |
| Ceratopogonidae gen.sp. – Larve | K |
| Heteroptera | |
| Micronecta poweri Dgl.&Sc. | K,O |
| Micronecta sp. | K,O |
| Isopoda | |
| Asellus aquaticus L. | K,O |
| Ostracoda | |
| gen.sp. | K,O |

* = Planktonprobe det. Krause-Dellin (Bay. Landesamt f. Wasserwirtschaft).

K = Königssee O = Obersee Gr = Grünsee

In der Reihe der Forschungsberichte sind erschienen:

- Nr. 1 G. Enders
Theoretische Topoklimatologie
- Nr. 2 R. Bochter, W. Neuerburg, W. Zech
Humus und Humusschwund im Gebirge
- Nr. 3 Herausgeber Nationalparkverwaltung
Zur Situation der Greifvögel in den Alpen
- Nr. 4 G. Enders
Kartenteil: Theoretische Topoklimatologie
- Nr. 5 O. Siebeck
Der Königssee – eine limnologische Projektstudie
- Nr. 6 R. Bochter
Böden naturnaher Bergwaldstandorte auf carbonatreichen Substraten
- Nr. 7 Herausgeber Nationalparkverwaltung
Der Funtensee
- Nr. 8 H. Schmid-Heckel
Zur Kenntnis der Pilze in den Nördlichen Kalkalpen
- Nr. 9 R. Boller
Diplopoden als Streuzersetzer in einem Lärchenwald
- Nr. 10 E. Langenscheidt
Höhlen und ihre Sedimente in den Berchtesgadener Alpen
- Nr. 11 Herausgeber Nationalparkverwaltung
Das Bärenseminar
- Nr. 12 H. Knott
Geschichte der Salinen und Salinenwälder von Berchtesgaden
- Nr. 13 A. Manghabati
Einfluß des Tourismus auf die Hochgebirgslandschaft
- Nr. 14 A. Spiegel-Schmidt
Alte Forschungs- und Reiseberichte aus dem Berchtesgadener Land
- Nr. 15 H. Schmid-Heckel
Pilze in den Berchtesgadener Alpen
- Nr. 16 L. Spandau
Angewandte Ökosystemforschung im Nationalpark Berchtesgaden
- Nr. 17 W. Berberich
Das Raum-Zeit-System des Rotfuchses
- Nr. 18 U. Mäck, R. Bögel
Untersuchungen zur Ethologie und Raumnutzung von Gänse- und Bartgeier
- Nr. 19 B. Dittrich, U. Hermsdorf
Biomonitoring in Waldökosystemen
- Nr. 20 F. Kral, H. Rall
Wälder – Geschichte, Zustand, Planung
- Nr. 21 M. Klein, R.-D. Negele, E. Leuner, E. Bohl, R. Leyerer
Fischbiologie des Königssees: Fischereibiologie und Parasitologie
- Nr. 22 W. Traunspurger
Fischbiologie des Königssees: Nahrungsangebot und Nahrungswahl – Bd. I
- Nr. 23 R. Gerstmeier
Fischbiologie des Königssees: Nahrungsangebot und Nahrungswahl – Bd. II

