

# Der Ablauf einer Nahrungskette im See

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern**

Band (Jahr): **57 (2000)**

PDF erstellt am: **17.09.2024**

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

- In die Wasserfassung des Seewasserwerkes Biel (Tiefe 38 m) können täglich bis 10 Mio. Larven gelangen. Zu ihrer Bekämpfung werden am Anfang der Entnahmeröhre dem Wasser 0,5 bis 0,8 mg/l Chlor zugesetzt.
- Nach ihrer 10tägigen Schwärmzeit setzen sich die Larven auf einer festen Unterlage ab (Felsen, grosse Steine, Betonblöcke, Boote). Künstlich ausgesetzte PVC-Platten dienten der Untersuchung der Absetzphase [43]. Auf einer dieser Platten wurden über 3 Mio./m<sup>2</sup> Jungmuscheln, im Mittel 750 000 Ind./m<sup>2</sup>, gefunden. Mit dem Wachstum der Jungmuscheln nimmt ihre Dichte ab infolge Konkurrenz um Raum, wobei die Biomasse mit 240 g/m<sup>2</sup> gleich bleibt. Auf ihrer Unterlage erreichen die Jungmuscheln nach 1 Jahr eine Grösse von bis > 9 mm, nach 2 Jahren messen sie 1,5 cm, nach 3 Jahren 3 cm und im 4. Jahr bis 4 cm. Mit 3–4 cm sind sie adult.
- Die Wandermuschel wurde im Nidau-Büren-Kanal von uns noch 1993 nachgewiesen, als beim Reinigen eines unserer Boote auf dessen Unterseite 64 kg Muscheln entfernt wurden. Eine Ratte, die sich auf dem Boot niedergelassen hatte, holte sich in Tauchgängen Muscheln herauf und knackte sie an Bord auf.

## 15. Der Ablauf einer Nahrungskette im See

Die Wandermuschel zeigt, dass im See mehr als eine Nahrungskette abläuft. Die Algen werden vom Zooplankton, aber auch von den Muscheln und ihren Larven gefressen. Das Krebsplankton ist nicht die einzige Nahrung von Fischen. Einige fressen auch Laichkräuter, Fische und Muscheln, von denen sich ebenfalls Wasservögel und Ratten ernähren. Wenn wir im folgenden von einer Nahrungskette reden, dann im Bewusstsein, dass die trophischen Beziehungen in einem Ökosystem ein Nahrungsnetz darstellen, aus welchem wir eine Kette herausgreifen.

### 15.1 Algen → Zooplankton → Fische

Wir entnehmen der *Tabelle 10* und den Ausführungen von Abschnitt 10.6 folgende Angaben, gerundet und auf das Lebendgewicht bezogen:

- Im Bielersee bilden sich im Verlauf eines Jahres 450 000 Tonnen Algen (Bruttoproduktion). Davon werden 100 000 t von den Algen selbst veratmet. Von den verbleibenden 350 000 t werden 150 000 t vom Krebsplankton gefressen. Es verbleiben 200 000 t. Sie dienen zum Teil der Wandermuschel als Nahrung oder sterben im Epilimnion und werden von Zerlegern abgebaut. Die Nettoproduktion der Lebensgemeinschaft (inklusive Kotbällchen der Zooplankter) von 150 000 t sinkt ab und wird in der Tiefe teils von Zerlegern unter O<sub>2</sub>-Verbrauch abgebaut, teils dem Sediment einverleibt.
- Aus den von Krebschen genutzten 150 000 t Algen bilden sich jährlich 15 700 t Krebsplankton (messbare Nettoproduktion). 9000 t werden vom Nidau-Büren-Kanal ausgeschwemmt. Es verbleiben 6700 t. Davon sollten, gestützt auf die Winterbestände, 10% (s. *Abbildung 30*) zur Erhaltung des Krebsplanktons überleben. Rund 6000 Tonnen stünden somit den Fischen als Nahrung zur Verfügung.

- Wir entnehmen den Fangstatistiken des FISCHEREI-INSPEKTORATES DES KANTONS BERN [35]: Der mittlere Fischertrag der Berufsfischer des Bielersees betrug von 1970 bis 1997 rund 130 Tonnen pro Jahr. Dazu kommen die Fänge der Angelfischer: 20 Tonnen (1989–1996). Zur Produktion von 150 Tonnen Fisch-FG sind rund 2000 t Zooplankton-FG erforderlich (das heisst 1 g Fisch-FG aus 13,3 g Zooplankton-FG, s. 13.3). Verfügbar sind 6000 t. Daraus könnten sich 450 t Fisch bilden. Ein Teil davon, angenommen die Hälfte, sollte zur Sicherung des Weiterbestandes der Fischpopulationen erhalten bleiben. Der jährliche nachhaltige Fischertrag könnte dann um die 225 Tonnen betragen. Im Bielersee werden die Zooplankton- und Fischbestände nicht übernutzt (s. 15.3), denn in den vergangenen 27 Jahren schwankten die Erträge wohl stark (Berufsfischer 85–198 t), aber sie gingen langfristig nicht zurück.

## 15.2 Was fressen denn Fische überhaupt?

Nach Erforschung der Algen und des tierischen Planktons interessierte uns die Fortsetzung der Nahrungsketten zu den Fischen. Unsere diesbezüglichen Arbeiten blieben unvollendet, da 1988 die Berner Limnologie stark reduziert wurde und seither durch ARTHUR KIRCHHOFER allein weitergeführt wird.

Angelfischer wissen: Fische fängt man mit dem, was sie gerne fressen. Aber entsprechen die verwendeten Köder auch ihrer üblichen Nahrung? Die Nahrungsaufnahme durch Fische ist im See schwer zu beobachten. Die beste Information erhält man durch Untersuchung des Magen- und Darminhaltes gefangener Exemplare. Diese Methode wird bei zahlreichen andern Tierarten verwendet, namentlich bei Säugern und Vögeln. Bei Landtieren können auch Kotuntersuchungen Aufschluss geben über die Nahrung. Eulen stossen ferner Knochen, Haare und Federn ihrer Beuten unverdaut über die Speiseröhre als Gewölle aus. Hier zeigen Gewöllanalysen die Zahl und sogar Art der gefressenen Kleinsäuger oder Vögel auf.

### 15.2.1 Die Nahrung von Jungfischen

Die Jungen zahlreicher Arten (Felchen, Egli, Hecht, Forellen, Rotaugen u.a.) fressen bevorzugt Zooplankton. Die in Fischbrutanstalten aufgezogenen Brütlinge von Felchen zum Beispiel können nur mit tierischem Plankton gefüttert werden. Hierfür werden laichreife Fische Ende Dezember/Anfang Januar in der Anstalt einer künstlich ausgelösten Ablage von Eiern und Spermien unterworfen, das heisst «abgestreift». Spermia und Eier werden vermischt, was zur Befruchtung führt. Die je nach Temperatur nach 2–3 Monaten schlüpfenden, etwa 10 mm langen Jungfische (Brütlinge) werden in Tröge eingesetzt und mit Zooplankton gefüttert, welches mit grossen Netzen (Durchmesser etwa 1 m und Maschenweite 0,3 mm) im See gefangen wird. Wenn die Brütlinge fast 3 cm lang sind, werden sie in den See ausgesetzt.

JÜRIG SAGER [95] hat 1985 in den Fischbrutanstalten Faulensee (Thunersee) und Ligerz (Bielersee) die Entwicklung und Nahrungsökologie von Felchenbrütlingen untersucht am Darminhalt von periodisch erhobenen, gesamthaft 1633 Jungfischen. Sowohl am Thunersee wie am Bielersee wurden Copepoden (Schwebekrebschen und Hüpferlinge) bei der Nahrungsaufnahme bevorzugt. Daphnia wurde bis zum 70. Lebenstag gemieden und erst später dem Angebot entsprechend aufgenommen. Bosmina wurde kaum gefressen. Jungfelchen fressen Zooplankton selektiv, das heisst unter Auslese bestimmter Formen.

THOMAS VUILLE [139, 140, 142] zeigte, dass im Litoral von Sutz und Lüscherz freilebende Jungfische, diesmal wahrscheinlich (schwer bestimmbare) Rotaugen, bevorzugt Zooplankton fressen. Im Darminhalt von 13 mm langen Fischlein wurden nebst wenigen Rädertierchen fast ausschliesslich Krebsplankter gefunden mit einer mittleren Länge von 0,4 mm. Nauplien (Jungstadien der Copepoden) wurden bevorzugt gefressen, Bosmina und grössere Daphnien dagegen gemieden. Als im Juni 1988 bei Sutz und Lüscherz grosse Schwärme von Jungfischen (vermutlich Rotaugen) auftraten, nahmen die Bestände des Krebsplanktons rasch und stark ab. Jungfische fressen Krebsplankton und können es stellenweise dezimieren. Nach dem Zusammenbruch der Crustaceenbestände nahmen diejenigen der Algen zu.

### 15.2.2 Die Nahrung adulter Felchen (*Abbildung 33*)

Felchen gehören zu den lachsartigen Fischen (Salmoniden), denen Lachse, Forellen, Saiblinge, Äschen u.a. zugeordnet werden. Sie kommen in zahlreichen Arten (species = sp.) und gut unterscheidbaren Unterarten oder Formen vor, im Bielersee als Bondelle und, weniger häufig, als Palée, im Thuner- und Brienzersee als Alböcke (raschwüchsig, gross, Mitte Dezember laichend), Brienzlige (langsamer wachsend, kleiner, im September laichend), Balchen (Brienzersee) und Kropfer (Thunersee), beide selten, im Dezember laichend, grösser als Alböcke. Dazu gesellt sich eine im Februar bis April laichende brienzligähnliche Form («Winterbrienzlig»). ARTHUR KIRCHHOFER hat die Häufigkeit, Unterscheidbarkeit und Variabilität der Formen des Brienzersees genau untersucht [60, 61, 62]. Es könnte sich hier um angehende neue Arten oder Unterarten handeln: in Gang befindliche biologische Evolution.

Im Bielersee bilden Felchen über 50%, im Thuner- und Brienzersee ursprünglich über 90% der Fänge der Berufsfischer. Kenntnisse über ihre Nahrung sind daher für unseren Problemkreis wichtig. Die Nahrung der Felchen des Bieler- und Thunersees wurden 1971, als wir unsere Arbeiten erst aufnahmen, durch H. RUFLI [94], damals an der EAWAG, untersucht. Ausgewertet wurde der Mageninhalt von 675 Fischen. Die Felchen des Bieler- und Thunersees fressen hauptsächlich Krebsplankton, im Thunersee vorwiegend Wasserflöhe (Daphnia, *Tafel 5/4*), im Bielersee nebst Daphnia auch Rüsselkrebchen (Bosmina, *Tafel 5/5*), Hüpferlinge (Cyclops, *Tafel 5/7*) und Schwebekrebschen (Eudiaptomus, *Tafel 5/6*). Einen geringeren Anteil bildeten die grossen räuberischen Krebsplankter (Bythotrephes, *Tafel 5/9*, und Leptodora), Mückenlarven

(Chironomus), kleine Schlammröhrenwürmer (Tubifex), und im Winter sogar Felcheneier (45% der Palée-Nahrung im Dezember 1971).

Im Mittel der Jahre 1970 bis 1997 fingen die Bielersee-Berufsfischer pro Jahr 68 Tonnen Felchen. Hierfür wurden nach den Abschnitten 13.3 und 15.1 jährlich 900 Tonnen Zooplankton-FG gefressen.

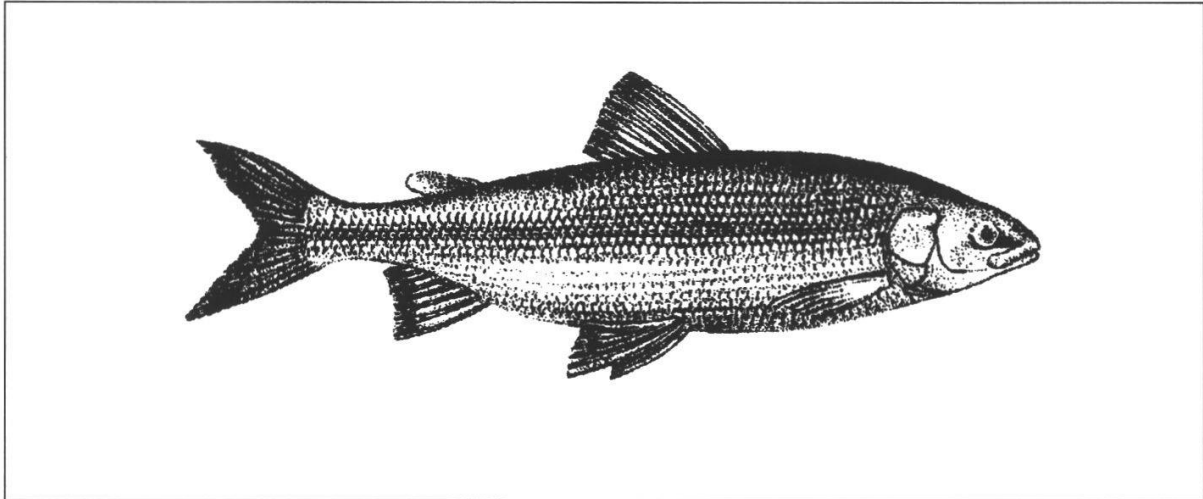


Abbildung 33: Felchen, *Coregonus* sp. Aus [34].

### 15.2.3 Die Nahrung adulter Rotaugen (Abbildung 34)

Rotaugen (auch Winger oder Plötze genannt, wenig begehrte Weissfische) gehören zu den Karpfenfischen (Cypriniden), wie Karpfen, Brachsen, Schleien, Barben, Nasen, Rotfedern u.a. Rotaugen lebten ursprünglich in Schwärmen im Uferbereich. Mit der Eutrophierung traten sie vermehrt auch in der Freiwasserzone auf. Könnten sie hier mit Felchen in Nahrungskonkurrenz treten? Der Anteil der Rotaugen am Fang der Berufsfischer des Bielersees betrug von 1970 bis 1997 30%. Die Kenntnis ihrer Nahrung ist daher ebenfalls von Interesse.

In den Jahren 1978 und 1979 hat PETER BÜSSER [25, 27] die Nahrungszusammensetzung der Rotaugen an Darminhalten, 864 aus dem Litoral und 111 aus dem Pelagial, untersucht.

- Die Nahrung der Litoral-Rotaugen war sehr vielfältig: Uferpflanzen (Laichkraut), kleine Muscheln (z.B. Wandermuscheln), Krebsplankton (*Daphnia*, *Bosmina*), und viel pflanzliche Abfälle, vor allem im Oktober bis April nach dem Absterben der Laichkräuter.
- Die Rotaugen der Freiwasserzone ernährten sich fast nur von Krebsplankton, meist von Wasserflößen (*Daphnia*, *Tafel 5/4*), und in geringerem Ausmasse von Rüsselkrebchen (*Bosmina*, *Tafel 5/5*). Im März 1979 kamen Blaualgen dazu, anlässlich einer Blüte von *Aphanizomenon* (*Tafel 1/4,5*).

Im Unterschied zu den Felchen frassen weder Litoral- noch Pelagial-Rotaugen nennenswerte Mengen von Hüpferlingen, Schwebekrebschen, Mückenlarven oder Felcheneiern. In dieser Hinsicht, und auch wegen der noch geringen Zahl von Rotaugen im Pelagial, besteht zwischen diesen und den Felchen keine ernsthafte Nahrungskonkurrenz.

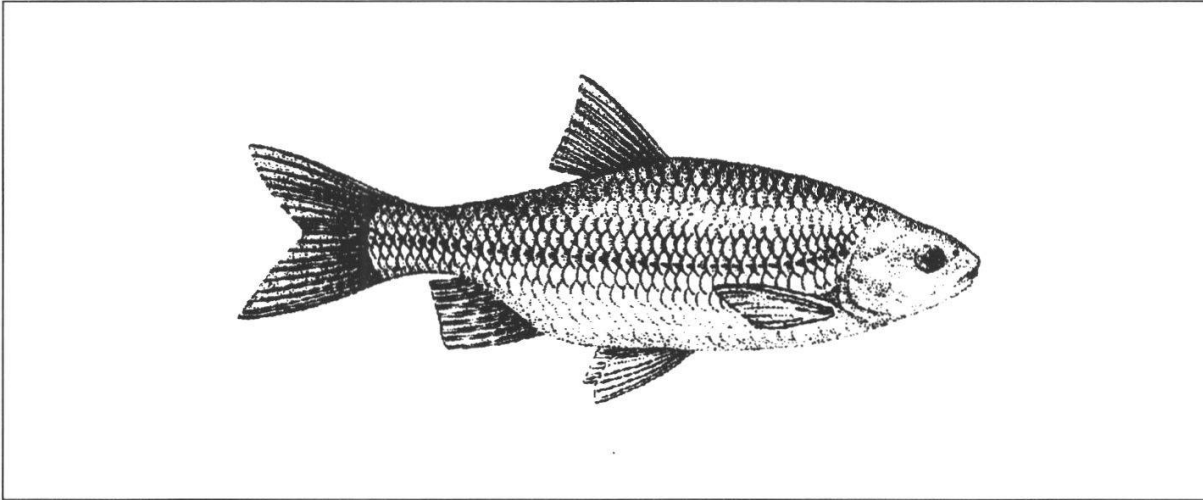


Abbildung 34: Rotaugen, *Rutilus rutilus*. Aus [34].

#### 15.2.4 Die Nahrung der Egli (Abbildung 35)

Egli gehören zur Familie der Barsche (Percidae), wie auch Zander u.a. Ihr Anteil am Fang der Berufsfischer des Bielersees schwankt stark und liegt im Mittel der Jahre 1970–1997 bei 9%. Von 1982 bis 1984 hat PETER BÜSSER [26] an rund 1700 Fischen aus dem Bieler- und Thunersee die Entwicklung der Egli untersucht. Die ♂ werden im Bielersee mit 1–3, im Thunersee mit 2–3 Jahren geschlechtsreif, die ♀ 1–2 Jahre später. Die Altersbestimmung erfolgte am Kiemendeckel. Mit 5 Jahren messen die Bielersee-Egli 32 cm, ♀ können 45 cm erreichen.

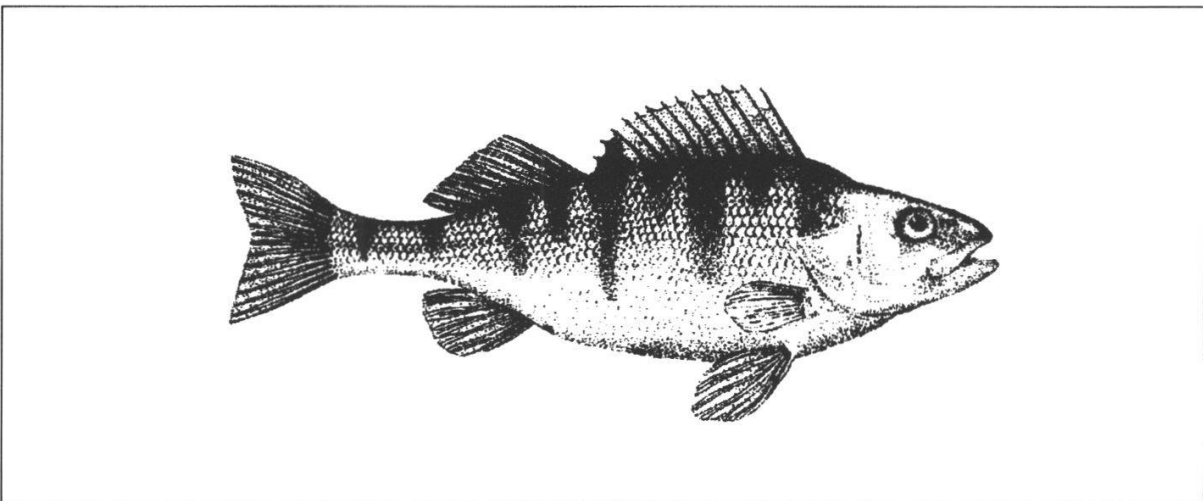


Abbildung 35: Egli, Flussbarsch, *Perca fluviatilis*. Aus [34].

Wir kennen die Nahrungsökologie der Egli aus Literaturangaben und Beobachtungen von PETER BÜSSER [26]. Die Larven fressen tierisches Plankton, die Jungfische im Uferbereich Insektenlarven. Ab 15 cm Länge ernähren sich Egli hauptsächlich von andern Fischen, insbesondere auch von arteigenen Jungen, die ihrerseits Zooplankton fressen. Zooplankton ist somit ein wesentliches Glied der Nahrungsketten zum Egli.

#### 15.2.5 Die Nahrung der Trüschchen (*Abbildung 36*)

Trüschchen (auch Quappe oder Rutte genannt) leben als einzige Vertreter der Dorschfische (Gadidae) im Süßwasser. Alle andern sind Meeresbewohner (Kabeljau oder Dorsch, Seelachs, Schellfisch u.a.). Trüschchen sind nachtaktive Grundfische und gelten in Fischerkreisen als Laich- und Bruträuber. Sie sollen vor allem Felchen und ihre Eier fressen. Dies abzuklären war ein Ziel der Arbeit von STEFAN GERSTER und JOACHIM GUTHRUF [45, 48].

Von Januar bis Dezember 1986 wurde der Magen-Darm-Inhalt von 865 Trüschchen untersucht. Im Jahresmittel bestand ihre Nahrung zu 63 Gewichtsprozenten aus Fischen, deren Art an Kiemendeckeln, Schlundknochen und andern Skelett-Teilen bestimmbar ist. Die meisten Beutefische (>64%) waren Egli; >26% entfielen auf Rotaugen. Felchen wurden sehr selten gefressen. In den Sommermonaten dominierten Insekten. Kleinkrebse und pflanzliche Abfälle wurden in kleinen Mengen aufgenommen. Fischlaich bildete nur im Dezember 4,5% der Nahrung.

Die Trüschchen des Bielersees sind somit weder Laichräuber noch Felchenvertilger. Mit ihrem Anteil von 0,4% am Fang der Berufsfischer (1970–1997) setzen sie den begehrten Egli weniger stark zu als die Egli selbst, welche ihre eigenen Jungen fressen.

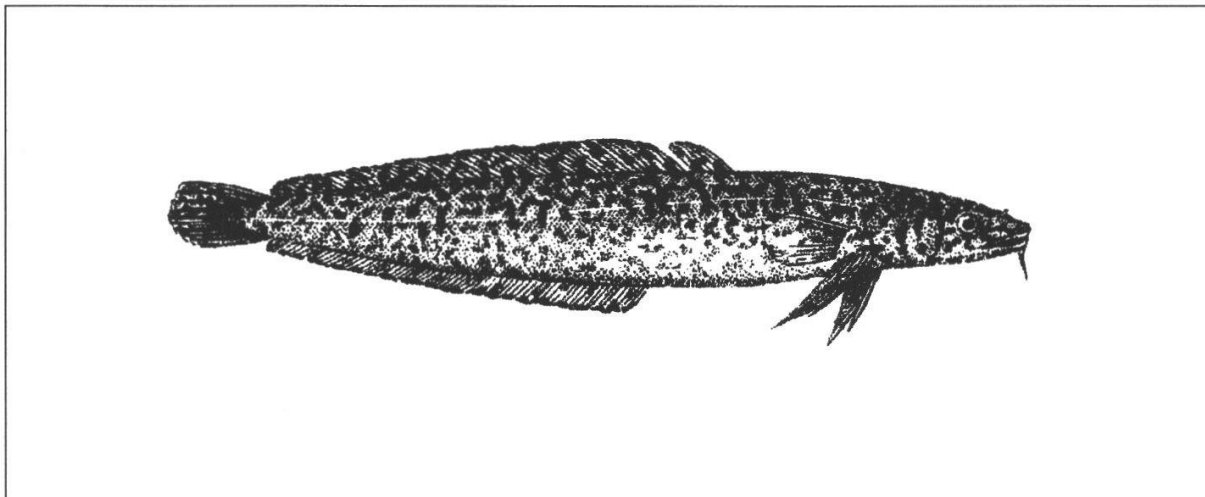


Abbildung 36: Trüschchen, *Lota lota*. Aus [34].

### 15.3 Können trophische Ebenen übernutzt werden?

#### 15.3.1 Was bedeutet Übernutzung?

Beim Ablauf von Nahrungsketten wird jeder trophischen Ebene (s. 2.2) durch Konsumenten Biomasse entzogen. Besteht dabei die Gefahr der Übernutzung?

Wird eine pflanzliche oder tierische Art übernutzt, dann nimmt ihre Dichte ab. Dies hat sofortige Rückwirkungen auf den Konsumentenbestand, der infolge Nahrungsmangel selber abnimmt. Die Zahl von Konsumenten (Herbivoren, Karnivoren) wird hauptsächlich vom Nahrungsangebot her kontrolliert, wobei wechselseitige Bestandesregulierungen gelegentlich (z.B. beim Klarwasserstadium) auftreten. In der vom Menschen unbeeinflussten Natur kommt es kaum je zu langfristigen Übernutzungen der Nahrungsgrundlage. Für dauernde Übernutzung von Organismenpopulationen ist vor allem der Mensch verantwortlich.

- Algen erholen sich rasch von Übernutzungen durch das Krebsplankton. Dies zeigt das Klarwasserstadium: Der Zusammenbruch der übernutzten Algenbiomasse verursacht prompt eine Abnahme der Krebsplanktonbestände. Die Folgen dieser Übernutzung sind nicht dramatisch. Mit Erneuerungszeiten von Stunden bis wenigen Tagen [8, 17, 37] können sich die Algenbestände sehr rasch erholen.
- Die Regenerationsfähigkeit des tierischen Planktons mag geringer sein als die der Algen, dies im Hinblick auf eine Generationsdauer von 2–3 Monaten [75]. Und doch übersteht das Zooplankton des Bielersees den Verlust von 75% seiner jährlichen Produktion von 15 000 t ohne Schaden: Ausschwemmung von 9000 Tonnen (60% der Produktion) durch den Nidau-Büren-Kanal und Frass durch Fische (rund 2000 Tonnen = rund 15% der Produktion). *Abbildung 30* zeigt ferner, dass sich die Maxima von *Daphnia* und *Acanthocyclops* in nur 1–2 Monaten aus sehr kleinen Beständen entwickeln. Nach dem Juniloch erholt sich das Zooplankton rasch von starken Bestandeseinbrüchen, indem eine bis anhin wenig abundante Art die zusammengebrochene Population ersetzt.
- Bei Fischen ist die Gefahr einer Übernutzung viel grösser. Fische, die einmal im Jahr ablaichen und 2–3 Jahre brauchen, um geschlechtsreif zu werden, können sich von Übernutzungen viel weniger rasch erholen als Algen und Krebsplankter. Fischpopulationen können langfristig nur weiterbestehen, wenn genügend Fische adult werden und sich mindestens einmal fortpflanzen können. Werden zu viele und vor allem zu junge Fische gefangen, brechen die Populationen und damit der Ertrag zusammen.

#### 15.3.2 Die Übernutzung der Felchen im Thunersee

Felchen wurden schon mehrmals übernutzt, zum Beispiel in den 20er Jahren im Genfersee, was zum Aussterben der dort einheimischen «Gravenche» und «Féra» führte [62]. In unserer Abteilung hat ARTHUR KIRCHHOFER [9, 59, 63] die Ursachen einer Übernutzung im Thunersee untersucht:



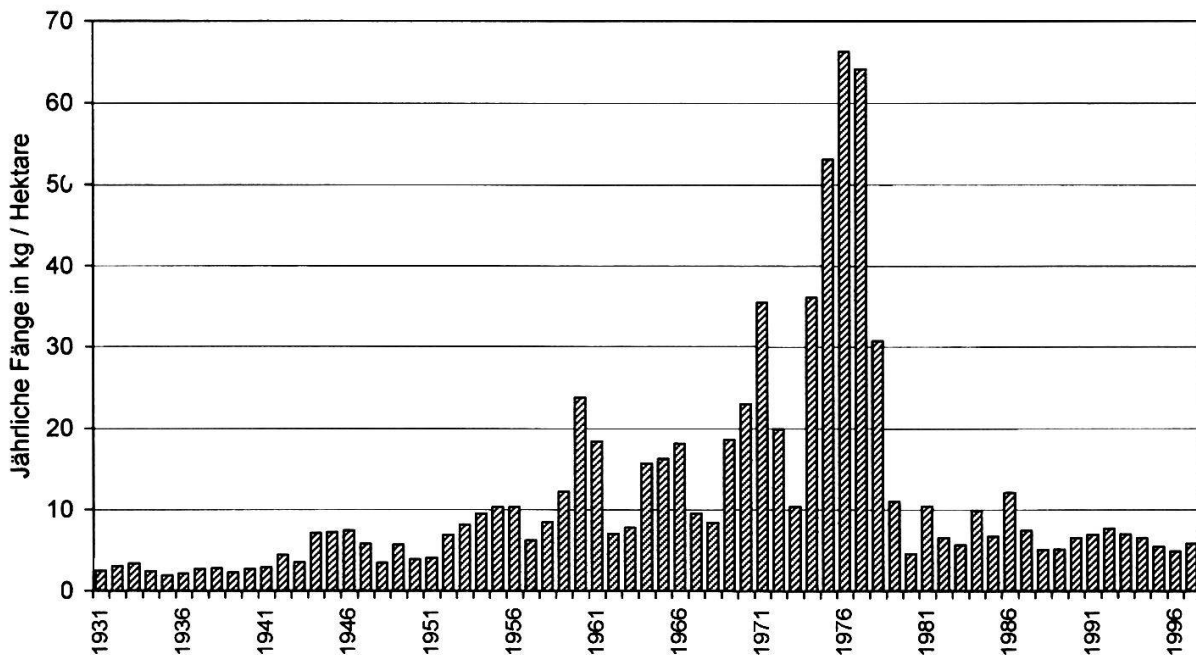


Abbildung 37: Die Entwicklung der Felchenerträge der Berufsfischer des Thunersees ab 1931, nach [35]. Rekordfänge um 1976 und 1977 waren von massiven Ertragseinbussen gefolgt. ARTHUR KIRCHHOFER [59] konnte nachweisen, dass die infolge Eutrophierung rascher wachsenden Felchen mit den damaligen engmaschigen Netzen meist schon vor der ersten Eiablage gefangen wurden.

Nach Felchen-Fängen von 2–3 kg pro Hektare um 1930 erreichten die Erträge 1976 den Rekordwert von 66 kg/ha. Dann aber fiel der Ertrag bis 1980 auf 4,6 kg/ha (s. Abbildung 37). Die Berufsfischerei war nicht mehr kostendeckend.

Nach Untersuchung von 770 Fischen aus den Fängen der Berufsfischer hat KIRCHHOFER nachgewiesen, dass vorwiegend ein- bis zweijährige Felchen gefangen wurden, also Fische, welche die Laichreife noch nicht erreicht oder bestenfalls nur einmal abgelaicht hatten.

Hauptursache dieser Überfischung schien die Eutrophierung des Thunersees zu sein. 1985 hat RITA HAUDENSCHILD [49] eine jährliche Algen-Bruttoproduktion von 309 g/m<sup>2</sup> C gemessen, was hohe Eutrophierung anzeigt. Die wegen des erhöhten Nahrungsangebots rascher und grösser wachsenden Felchen wurden mit nunmehr zu engmaschigen Netzen gefangen, bevor sie sich überhaupt fortpflanzen konnten. Dem wurde durch Erhöhung des Schonmasses von 25 auf 32 cm und durch Verordnung von Netzen mit grösseren Maschenweiten (42–44 mm) entgegengewirkt. Seither schwanken die Erträge um einen Mittelwert von 7 kg/ha.

### 15.3.3 Die Übernutzung anderer Arten durch den Menschen

- Die Übernutzung der Sardinenbestände im Pazifischen Ozean ist vergleichbar mit unserem Felchen-Beispiel. Nach dem ersten Weltkrieg stiegen die jährlichen Erträge von etwa 20 Tonnen auf 800 Tonnen um 1936. Dann aber nahmen die Fänge ab und fielen bis 1965 praktisch auf 0.

- Die Salmpopulationen des Pazifik und der kanadischen Flüsse erlitten ein ähnliches Schicksal: Nach Beginn der Befischung um 1880 erreichten die Erträge 1936 180 000 Tonnen. Dann aber folgte ein bis 1975 anhaltender Rückgang auf 20 000 Tonnen [64].
- Die Überfischung der Wale: 1953/54 wurden 54 000 Stück, 1964/65 65 000 Individuen (Rekordwert), 1974/75 noch 30 000 und 1978/79 nur noch 10 000 Stück erlegt [132]. Blauwale wurden nach 1966/67 kaum mehr gefangen (1953/54 noch 3000 Stück). Der Rückgang der Fänge erfolgte nicht nur dank (schlecht eingehaltenen) internationalen Schutzabkommen, sondern weil Wale überfischt werden. Wale brauchen 8–12 Jahre, um geschlechtsreif zu werden [10], ihre Tragzeit beträgt 11–16 Monate, und das meist einzige Junge wird mehr als 1 Jahr gesäugt. Wale können sich deshalb viel weniger rasch von Überfischung erholen als Felchen. Die Walfangindustrie dezimiert eine Art nach der andern. Dazu kommt, dass nun auch die Nahrung der Wale, der Krill (s. 11.2.3.1), vom Menschen mehr und mehr genutzt wird.

## 16. Messungen und Hochrechnungen unter der Lupe

Die meisten Aussagen über den Bielersee stützen sich auf Wasserproben und Messungen, die an der Probestelle Tüscherz-Wingreis erhoben wurden. Wir haben diesen Standort gewählt, weil er an der tiefsten Stelle des Sees liegt. Er war mit einer verankerten Boje gekennzeichnet und konnte auch bei Nebel mit Kompass oder Radar aufgesucht werden. Schon bald stellte sich die Frage: Sind die Ergebnisse der Probestelle Tüscherz repräsentativ für den ganzen See?

### 16.1 Temperatur

Vom Januar bis Dezember 1972 hat PETER FRIEDLI [36] monatliche Messungen durchgeführt, gleichentags an 4 Probestellen: bei Tüscherz – etwa 2 km östlich der St. Peters-Insel –, im Lüscherzer Becken – und im Neuenstadter Becken. Die Temperaturen der 4 Probestellen waren in entsprechenden Tiefen (soweit vorhanden) ähnlich, wobei zum Beispiel die Temperatur der tiefsten Stelle des Neuenstadter-Beckens (30 m) gleich war wie diejenige der andern Probestellen in gleicher Tiefe. Dies bestätigen Messungen von URS PULVER [89] an 6 Probestellen entlang einem Seetransekt zwischen Tüscherz-Wingreis und Sutz-Lattrigen. Auch hier variierten die Temperaturen in entsprechenden Tiefen des Transektes nur geringfügig.

Dichteunterschiede von Wassermassen verschiedener Temperaturen sorgen während der Sommerstagnation für horizontale Schichtung im ganzen See. Die bei Tüscherz erhobenen Temperaturen lassen sich somit auf die entsprechenden Tiefen des ganzen Sees übertragen. Bei oder nach starken Winden können zwischen verschiedenen Probestellen Unterschiede durch Sprungschichtneigungen zustandekommen (s. 2.3.2, ferner [83]). Messungen bei Windstille sind somit zuverlässiger als Erhebungen bei oder nach starken Winden.