

## **Experimentelle Untersuchungen an Sandfelchen (*Coregonus fera* JURINE) im Hunger: Änderung der Körperzusammensetzung und des Korpulenzfaktors**

Günter Gunkel

Whitefish (*Coregonus spec.*) usually live in oligotrophic lakes and feed zooplankton; growth of fish is often limited by food, and increase in weight only occurs during a short period in early summer. Additional periods of insufficient food supply occur during winter and spring, and loss in weight of fish can be observed. Thus starvation periods are one factor of the "biological resistance" of fish. Experimental investigations on the effect of starvation on body composition and condition factor of fish were carried out to determine this aspect of "biological resistance" of whitefish.

Body composition of whitefish is described by relationships of wet and dry weight, the fat-water-line, and the protein-water-line; no significant differences can be found under feeding conditions and during starvation. Fat and protein are used for energy supply under starvation conditions of whitefish, and fat is no exclusive reserve substance. Investigations on the effect of starvation on the condition factor show that a decrease in length occurs amounting about .5 % of total length during 10 days. These two results - decrease in length and no detectable changes in body composition during starvation - are discussed for significance to "biological resistance" of whitefish.

*Coregonus fera*, whitefish, effect of starvation, body composition, condition factor, decrease in length.

### 1. Einführung

Die Coregonen weisen ein sehr großes Verbreitungsgebiet auf (WAGLER 1941; s. LINDSEY, WOODS 1970) und sind in vielen Seen wichtigste Nutzfische. Die große ökonomische Bedeutung der Coregonen sowie die im Verlauf der Eutrophierung der Seen auftretenden Veränderungen der Bestandszusammensetzung der Fische (KRIEGSMANN 1955; NÜMANN 1964, 1972; DEUFEL 1975) führten zu zahlreichen fischereiwirtschaftlichen Maßnahmen, die eine Vergrößerung des Coregonenbestandes zum Ziel hatten (GUNKEL, KAUSCH 1979; FLÜCHTER 1980).

Durch umfangreiche Untersuchungen zum Wachstum und zur Nahrungsnutzung der Coregonen (KAUSCH, Zimmermann 1976; GUNKEL 1979; GUNKEL, Kausch 1979) werden u. a. die Grundlagen für eine erfolgreiche Coregonenaufzucht geschaffen; daneben sind diese Untersuchungen Teil der Bemühungen, die Bioenergetik der Fische umfassend und quantitativ zu beschreiben (KAUSCH 1968, 1972; INFANTE 1974, KAUSCH, BALLION-CUSMANO 1976; KAUSCH, ZIMMERMANN 1976, SCHADE, KAUSCH 1978; GUNKEL 1979, GUNKEL, KAUSCH 1979). Neben Fragen des Zuwachses der Felchen in Abhängigkeit von der Größe der aufgenommenen Ration wurden auch der Gewichtsverlust im Hunger und damit verbundene Änderungen der Korpulenz der Fische untersucht. Der Gewichtsverlust im Hunger ist ein Schätzwert für den Erhaltungsbedarf der Fische (KAUSCH 1968; KAUSCH, ZIMMERMANN 1976); zudem stellen Hungerbedingungen für Fische ein Extrem der möglichen Ernährungssituationen dar und müssen bei der Bestimmung zahlreicher Parameter berücksichtigt werden.

### 2. Vorkommen und Nahrungsansprüche der Coregonen

Die Coregonen sind typische Vertreter der Fischfauna oligotropher Seen, und sie sind in der gesamten Nordhemisphäre verbreitet. Allerdings ist das Vorkommen der Coregonen nicht nur auf oligotrophe Seen beschränkt, autochthone Bestände sind auch in zahlreichen meso- bis eutrophen Seen vorhanden (WAGLER 1941); zudem ist der Einsatz der Coregonen in eutrophe Seen möglich. Dennoch kann der oligotrophe See als natürlicher und ursprünglicher Biotop angesehen werden.

Die Coregonen stellen in vielen Seen keine einheitliche Population dar, sondern es sind verschiedene Populationen zu trennen, die bestimmte Biotope bevorzugen. Diese Populationen unterscheiden sich in einigen morphologischen Merkmalen und sind in der letzten umfassenden Arbeit zur Systematik der Coregonen des Bodensees von WAGLER (1941) als Arten beschrieben worden (STEINMANN 1950). Es sind dies der Gang-

fisch (*C. macrophthalmus* NÜSSLIN), der Schwebfelchen (*C. wartmanni* BLOCH), der Sand- oder Bodenfelchen (*C. fera* JURINE) und der kleine Bodenfelchen (*C. acronius* v. RAPP); die Existenz von *C. acronius* gilt heute allerdings zumindest im Bodensee als zweifelhaft. Die systematische Einordnung dieser Arten ist heute noch nicht eindeutig geklärt (HIMBERG 1970), und die von WAGLER (1941) verwendeten Artbezeichnungen sind von der EIFAC (1971) korrigiert worden. Die genannten Coregonenformen besiedeln verschiedene charakteristische Biotope mit unterschiedlichen Nahrungsangeboten. *C. fera* steht vor der Halde nahe dem Ufer und ernährt sich von Zooplankton und Bodentieren, *C. macrophthalmus* besiedelt das Pelagial der Seen im Bereich der Halde, während *C. wartmanni* nur im freien Pelagial vorkommt. Diese beiden letztgenannten Formen sind Zooplanktonfresser, ohne daß Bodenorganismen einen wesentlichen Anteil an der Ernährung haben. Die Untersuchungen zur Nahrungsaufnahme der Coregonen zeigen, daß sie selektiv Cladoceren fressen; andere Nährtiere haben lediglich Bedeutung als Ersatznahrung, wenn das Angebot an Cladoceren zu gering ist; dies gilt auch für *C. fera* (WAGLER 1941; NÜMANN 1959; BERG, GRIMALDI 1965, 1966; LAMPERT 1971).

In den oligo- bis mesotrophen Seen tritt nur ein kurzfristiges Populationsmaximum der Cladoceren im Frühsommer und mitunter im Herbst auf, so daß die Coregonen einer starken Nahrungskonkurrenz unterliegen. Das Wachstum der Coregonen ist nahrungslimitiert und auf eine kurze Periode im Frühsommer beschränkt (ELSTER 1944; BERG, GRIMALDI 1965, 1966; LAMPERT 1971; ELSTER, KAUSCH 1974); bestätigt wird dieses nahrungslimitierte Wachstum durch zunehmend stärkeres Wachstum bei Eutrophierung der Seen (NÜMANN 1959, 1964, 1972; DEUFEL 1975). Mageninhaltsuntersuchungen an Coregonen zeigen diesen Wechsel in der Ernährungssituation der Fische; leere Mägen in den Monaten Februar bis April/Mai und im Dezember (STEINMANN 1950) bestätigen, daß die Coregonen während längerer Perioden einem Nahrungsmangel unterliegen. Diese Nahrungsmangelsituation führt zu negativen "Zuwachsraten", da der Betriebsstoffwechsel auch bei der Aufnahme von einigen wenigen Nahrungstieren nicht gedeckt werden kann; diese Situation ist experimentellen Hungerbedingungen vergleichbar.

Die Konsequenzen dieser natürlichen Hungerbedingungen für die Populationsentwicklung der Coregonen sind weitgehend unbekannt; die "biologische Resistenz" (ELSTER, KAUSCH 1974) der Coregonen wird auch durch diese wechselhafte Ernährungssituation bestimmt. Der gesamte Jahreszuwachs muß während einer kurzen Periode des Zooplanktonmaximums erreicht werden, gleichzeitig muß aber die Voraussetzung geschaffen werden, lange Hungerperioden zu überstehen.

Dieser physiologisch-ökologisch interessante Aspekt in der Populationsentwicklung der Coregonen wurde durch experimentelle Untersuchungen an *C. fera* ergänzt. Die Ergebnisse sollen im folgenden dargestellt werden unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für die "biologische Resistenz" der Fische.

### 3. Körperzusammensetzung von *Coregonus fera* bei Fütterung und unter Hungerbedingungen

Die Körperzusammensetzung junger Felchen (Wasser-, Protein- und Fettgehalt auf der Basis von Ganzkörperanalysen) wurde in Abhängigkeit von der Größe der Fische untersucht. Auf Grund dieser Daten wird es möglich, die Körperzusammensetzung der Felchen durch verschiedene Korrelationen sehr genau zu beschreiben und den Einfluß des ernährungsphysiologischen Zustandes - Zuwachs bei Nahrungsaufnahme und Gewichtsverlust unter Hungerbedingungen - zu ermitteln. Für diese Untersuchungen wurden Sandfelchen (*Coregonus fera*) in 300-Liter-Durchflußaquarien im Limnologischen Institut Konstanz aufgezogen. Die Felchen wurden mit lebendem Zooplankton gefüttert, das nahezu ausschließlich aus *Daphnia pulex* bestand (HEISIG 1979).

Die Felchen weisen hochsignifikante, lineare Korrelationen zwischen dem Fett- bzw. Proteingehalt (in Prozent des Naßgewichtes) und dem Wassergehalt auf, die Protein-Wasser-Linie und die Fett-Wasser-Linie (LOVE 1970; KAUSCH, ZIMMERMANN 1976); diese Methode ist aus der Schweine- und Rindermast bekannt. Der Protein- und Fettgehalt der Felchen von 0.1 bis 100 Gramm Naßgewicht kann durch die Protein-Wasser-Linie

$$y_p = 35.942 - 0.279 x_w \quad (r = - 0.884; n = 39) \quad [1]$$

und die Fett-Wasser-Linie

$$y_F = 54.801 - 0.631 x_w \quad (r = - 0.979; n = 39) \quad [2]$$

beschrieben werden (Abb. 1). Die beiden Beziehungen zeigen, daß mit dem Wachstum der Felchen der Körperwassergehalt zu ca. einem Drittel durch Protein und zu ca. zwei Drittel durch Fett ersetzt wird. Protein-Wasser- und Fett-Wasser-Linien mit gleicher Steigung konnten BRETT et al. (1969) für *Oncorhynchus nerka* nachweisen, während bei *Cyprinus carpio* nur eine Fett-Wasser-Linie existiert und die Protein-Wasser-Linie keine signifikante Steigung aufweist (KAUSCH, BALLION-CUSMANO 1976).

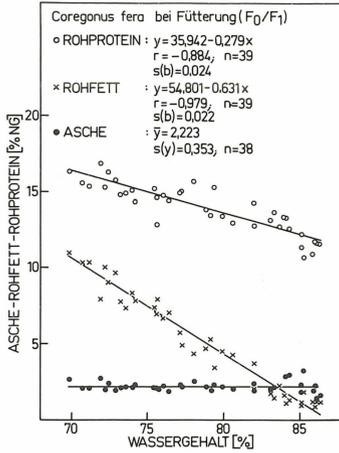


Abb. 1: Der Protein-, Fett- und Aschegehalt (in % Naßgewicht) in Abhängigkeit vom Wassergehalt bei wachsenden Felchen (0.1 - 100 g Naßgewicht). Die Analysendaten stellen Ganzkörperanalysen dar; s = Standardabweichung.

Die Größe der aufgenommenen Ration hat keinen Einfluß auf den Fett- und Protein-gehalt der Felchen, so daß diese Protein-Wasser- und Fett-Wasser-Linien mit hoher Genauigkeit die Körperzusammensetzung in Abhängigkeit vom Wassergehalt beschreiben. Die Linien sind somit vermutlich physiologisch bedingt. Unterstützt wird dies durch Untersuchungen von BRANDES, DIETRICH (1953) und LOVE (1957, 1970): Es besteht eine enge Korrelation zwischen Wasser- und Fettgehalt des Filets von *Clupea harengus*. Hierbei ist das Filet nicht homogen aufgebaut, sondern jeder Filetbereich weist ein anderes Fett-Wasser-Verhältnis entsprechend der Fett-Wasser-Linie auf. Die Vermutung liegt nahe, daß sich der Hydratisierungsgrad des Gewebes entsprechend dem Fett- und Proteingehalt ändert und nur geringen Schwankungen unterliegt.

Der Wassergehalt der Felchen, ausgedrückt als Beziehung zwischen dem Naßgewicht- und dem Trockengewicht, nimmt mit Größerwerden der Fische ab. In Abhängigkeit von der Größe der Fische werden zwei verschiedene Korrelationen gefunden, für Felchenbrütlinge von 10 bis 100 Milligramm Naßgewicht (vgl. Abb. 2) und für Felchen über 100 Milligramm Naßgewicht (erfaßter Gewichtsbereich bis 100 Gramm Naßgewicht),

$$Y_{TG} = 0.188 \times \frac{1.132}{NG} \quad (r = 0.998; n = 60) \quad [3]$$

Der Exponent von [3] ist signifikant von [1] verschieden (Standardabweichung des Exponenten = 0.0089); das Trockengewicht der Felchen über 100 Milligramm Naßgewicht nimmt in Abhängigkeit vom Naßgewicht exponentiell zu.

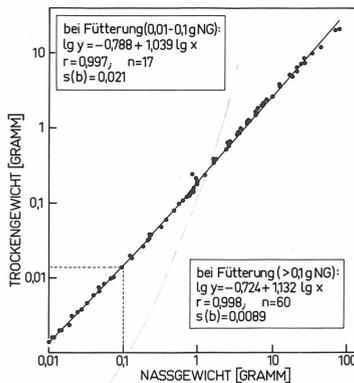


Abb. 2: Trockengewicht in Abhängigkeit vom Naßgewicht bei wachsenden Felchen. Es ergeben sich signifikant verschiedene Regressionskoeffizienten für Felchen von 10 bis 100 Milligramm Naßgewicht und für Felchen über 100 Milligramm Naßgewicht (s = Standardabweichung).

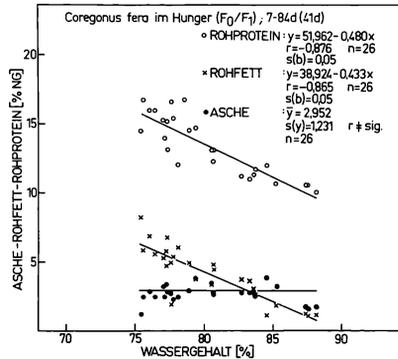


Abb. 3: Der Protein-, Fett- und Aschegehalt (in % des Naßgewichtes) in Abhängigkeit vom Wassergehalt für Felchen im Hunger (Hungerperiode: 7 bis 84 Tage). Die Analysendaten stellen Ganzkörperanalysen dar; Gewichtsbereich: 0.06 bis 6 Gramm Naßgewicht. Die Versuchsdaten setzen sich aus mehreren Hungerversuchen bei verschiedenem Gewicht der Fische zusammen.

Da der Wassergehalt der Felchen Grundlage der Korrelation zwischen dem Naßgewicht und dem Trockengewicht ist, kann aus den Protein-Wasser- und Fett-Wasser-Linien die Körperzusammensetzung der Felchen in Abhängigkeit vom Naßgewicht berechnet werden. Einschränkend muß hinzugefügt werden, daß die untersuchten Felchen bis zu ca. 100 Gramm Naßgewicht noch keine bedeutenden Fettkörper aufgebaut haben, wie dies bei größeren, geschlechtsreifen Felchen (> 400 g NG) zu beobachten ist. Eventuell gelten die dargestellten Beziehungen nur für junge, wachsende Felchen.

Für die Beschreibung der Körperzusammensetzung der Felchen im Hunger (Hungerperioden zwischen 7 und 84 Tagen) wurden dieselben Korrelationen angewendet wie bei den gefütterten Felchen. Für den Fett- und Proteingehalt lassen sich ebenfalls eine Fett-Wasser-Linie

$$y_F = 38.924 - 0.433 x_W \quad (r = -0.865; n = 26) \quad [4]$$

und eine Protein-Wasser-Linie

$$y_P = 51.962 - 0.480 x_W \quad (r = -0.876; n = 26) \quad [5]$$

berechnen (Abb. 3). Es bestehen keine signifikanten Unterschiede in den Steigungen der Fett-Wasser-Linien im Hunger der Fische [4] und bei Fütterung [2],

$$\hat{t} = 0.247 < 2.000 = t(0.05; 61)'$$

und der Protein-Wasser-Linie im Hunger der Fische [5] und bei Fütterung [1]

$$\hat{t} = 0.458 < 2.000 = t(0.05; 61)'$$

Der Wassergehalt hungernder Felchen ist ebenfalls mit dem Naßgewicht korreliert; es ergibt sich zwischen dem Trockengewicht und dem Naßgewicht eine exponentielle Beziehung mit

$$y_{TG} = 0.179 x_{NG}^{1.143}; \quad [6]$$

die Standardabweichung des Exponenten beträgt 0.015, so daß eine signifikant exponentielle Beziehung vorliegt (Abb. 4). Ohne Berücksichtigung der Versuchsdaten bei 65 Milligramm Naßgewicht ergibt sich keine signifikant andere lineare Regressionsgleichung ( $\lg y = -0.749 + 1.140 \lg x$  bei  $n = 31$ ). Die Steigung von [6] und die der entsprechenden Beziehung für gefütterte Felchen [3] unterscheiden sich nicht signifikant voneinander, da

$$\hat{t} = 0.085 < 1.983 = t(0.05; 108)$$

ist. Somit ist der Wassergehalt auch bei Hunger der Fische mit dem Gewicht korreliert, und es treten keine Unterschiede im Wassergehalt gefütterter und hungernder Felchen auf. Da die Felchen im Hunger einen Gewichtsverlust aufweisen, erhöht sich

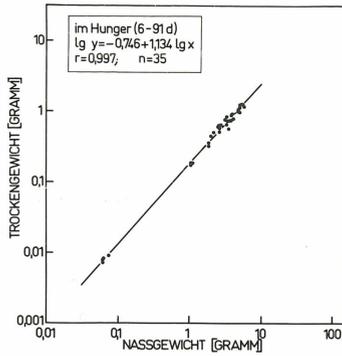


Abb. 4: Trockengewicht in Abhängigkeit vom Naßgewicht für Felchen im Hunger (Hungerperiode: 6 bis 91 Tage).

der Wassergehalt in Abhängigkeit vom Fischgewicht. Die physiologisch möglichen Schwankungen des Wassergehaltes bei einer bestimmten Größe der Fische sind vermutlich so gering, daß eine hungerbedingte Erhöhung des Wassergehaltes nicht nachzuweisen ist.

Die dargestellten Beziehungen zur Körperzusammensetzung gefütterter und hungernder Felchen sind zusammengefaßt in der Abb. 5: Angegeben ist das Naßgewicht, der Wasser-, Protein- und Fettgehalt der Felchen. Der Fett- und Proteingehalt hungernder Felchen unterscheidet sich nicht signifikant von dem der gefütterten Felchen, wenn das Gewicht der Fische und entsprechend der Wassergehalt berücksichtigt wird. Der Hungerstoffwechsel der Felchen wird also nicht ausschließlich durch Mobilisierung des Depotfettes gedeckt, sondern es findet eine Mobilisierung von Protein und Fett statt. Das Verhältnis von Protein zu Fett kann bei einer bestimmten Größe der Fische nur innerhalb enger Grenzen schwanken und wird ausreichend genau durch die Protein-Wasser- und Fett-Wasser-Linien beschrieben. Hungerbedingte Veränderungen der Körperzusammensetzung, z. B. Verarmung an Fett, treten nicht auf. Bei Fütterung der Felchen tritt ein Zuwachs auf und entsprechend verringert sich der Wassergehalt, Fett- und Proteingehalt steigen wie es die Fett-Wasser- und Protein-Wasser-Linien beschreiben. Felchen unter Hungerbedingungen verlieren an Gewicht, der Wassergehalt steigt, und Fett- und Proteingehalt werden entsprechend den erwähnten Linien verringert (Abb. 5).

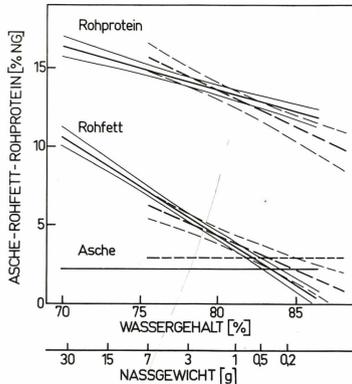


Abb. 5: Die Protein-Wasser- und Fett-Wasser-Linie sowie Aschegehalt von Felchen sind mit den 95 %-Vertrauensbereichen dargestellt.

Durchgezogene Linien: Felchen unter Hungerbedingungen. Zusätzlich zum Wassergehalt der Felchen (Abszisse) sind die entsprechenden Naßgewichte dargestellt; die Naßgewichte wurden aus der Korrelation zwischen Naßgewicht und Trockengewicht (Abb. 2) berechnet.

#### 4. Änderung der Korpulenz der Felchen unter Hungerbedingungen

Die Felchen können nicht unbegrenzten Hungerperioden unterliegen, da zunehmend Muskulatur abgebaut wird und typische Hungerformen entstehen müssen. Hungerbedingte Mortalität der Felchen tritt allerdings erst nach zwei bis drei Monaten bei Fischen von ca. 10 Gramm und nach vier bis sechs Monaten bei Fischen von ca. 40 Gramm auf. Der Gewichtsverlust der Felchen im Hunger beträgt zwischen ca. 1 %/d bei Fischen von 10 Gramm und 0.5 %/d bei Fischen von 40 Gramm. Diese langen Hungerperioden und der damit verbundene Gewichtsverlust müßten frühzeitig zur Ausbildung extremer Hungerformen führen; dies konnte jedoch nicht beobachtet werden, so daß diesbezügliche Untersuchungen notwendig wurden.

Felchen im Hunger wurden einzeln in Aquarien gehalten; regelmäßig fand eine Bestimmung des Naßgewichtes, der Standard- und der Gesamtlänge statt, wobei die Fische zur Längenmessung leicht mit Chinaldin (Fa. Merck) narkotisiert wurden. Somit war es möglich, die Gewichts- und Längenentwicklung einzelner Fische im Hunger zu erfassen, so daß die Streuung der Parameter innerhalb der Population keinen Einfluß auf die Daten hatte (Abb. 6). Die Versuchsfische können in zwei Größenklassen eingeteilt werden, 14.8 bis 25.3 Gramm Naßgewicht und 5.1 bis 9.0 Gramm Naßgewicht zu Versuchsbeginn. Einige repräsentative Gewichtsabnahmen sind in der Abb. 6 oben dargestellt. Die negative spezifische "Zuwachsrate" (in %/d) zeigt, daß der relative Hungerstoffwechsel der kleineren Felchen größer ist als der der größeren (Abb. 6 Mitte); dies wird auch durch Untersuchungen zum Erhaltungsbedarf der Felchen bestätigt.

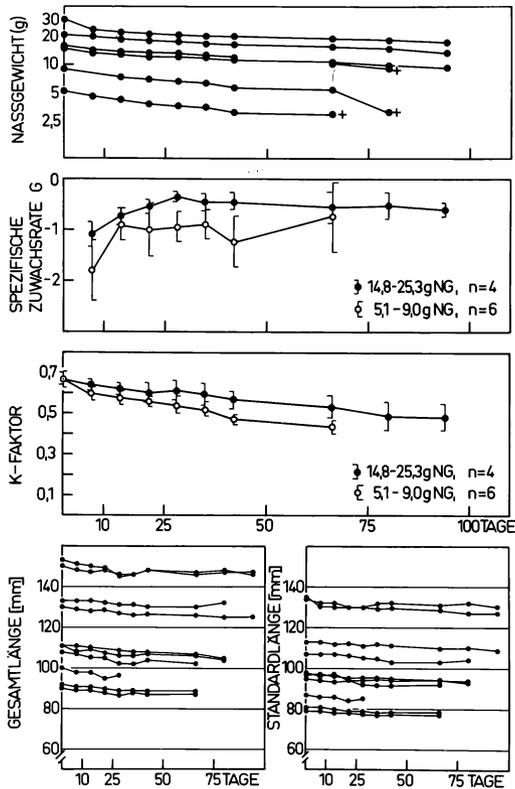


Abb. 6: Änderung verschiedener Parameter im Hunger der Felchen, von oben: Abnahme des Naßgewichtes; die spezifische "Zuwachsrate" auf Basis des Naßgewichtes; Änderung des Korpulenzfaktors sowie der Gesamtlänge und Standardlänge. Die Daten sind immer an denselben, einzeln gehaltenen Fischen gewonnen worden; + = hungerbedingte Mortalität.

Die berechneten Korpulenzfaktoren (Gewicht in g x 100xGesamtlänge<sup>-3</sup> in cm; SCHÄPER-CLAUS 1961) verringern sich mit zunehmender Hungerdauer für beide Größenklassen, wie es bei einer hungerbedingten Gewichtsabnahme zu erwarten ist (Abb. 6 Mitte). Die Abnahme der Korpulenzfaktoren ist allerdings gering, von 0.67 auf 0.48 nach 94 Tagen bei den größeren Felchen und von 0.66 auf 0.43 nach 66 Tagen bei den kleineren Felchen. Diese nur geringe Änderung der Korpulenzfaktoren im Hunger der Fische kommt dadurch zustande, daß gleichzeitig eine Abnahme in der Gesamt- und Standardlänge zu beobachten ist (Abb. 6 unten). Über die Daten zur Länge der Felchen wurden näherungsweise lineare Regressionen gerechnet, die z. T. mit hoher Signifikanz zeigen, daß eine Längenabnahme stattfindet (Tab. 1). Nur eine der berechneten Regressionsgeraden ist nicht signifikant, vier weisen eine Irrtumswahrscheinlichkeit ( $b \neq 0$ ) zwischen 20 und 5 % auf, während 15 Regressionsgleichungen Irrtumswahrscheinlichkeiten von weniger als 5 % besitzen.

Die mittlere Abnahme der Gesamtlänge im Hunger der Fische beträgt 0.61 Millimeter (= 0.56 %) in 10 Tagen und die der Standardlänge 0.46 Millimeter (= 0.47 %) in 10 Tagen. Eine mögliche Erklärung für dieses beobachtete Phänomen ist, daß die Bindegewebscheiden der Wirbelsäule bei Hunger der Fische schrumpfen. Die unterschied-

Tab. 1: Abnahme der Gesamtlänge (GL) und der Standardlänge (SL) im Hunger der Felchen.

Die Länge ist als Funktion der Hungerdauer dargestellt.

	r	n	b ≠ 0	$\Delta L/10 d$ ( mm )
GL: $y = 150,24 - 0,050 x$	- 0,636	10	P < 0,05	- 0,50
SL: $y = 132,12 - 0,017 x$	- 0,436	10	P < 0,50	- 0,17
GL: $y = 148,05 - 0,019 x$	- 0,490	10	P < 0,20	- 0,19
SL: $y = 131,83 - 0,058 x$	- 0,818	10	P < 0,01	- 0,58
GL: $y = 132,59 - 0,028 x$	- 0,614	9	P < 0,10	- 0,28
SL: $y = 116,88 - 0,053 x$	- 0,847	9	P < 0,01	- 0,53
GL: $y = 128,94 - 0,049 x$	- 0,901	10	P < 0,001	- 0,49
SL: $y = 112,99 - 0,041 x$	- 0,953	10	P < 0,0001	- 0,41
GL: $y = 110,89 - 0,070 x$	- 0,965	9	P < 0,0001	- 0,70
SL: $y = 96,65 - 0,035 x$	- 0,911	9	P < 0,001	- 0,35
GL: $y = 109,30 - 0,066 x$	- 0,860	9	P < 0,01	- 0,66
SL: $y = 96,13 - 0,043 x$	- 0,780	9	P < 0,02	- 0,43
GL: $y = 106,76 - 0,090 x$	- 0,817	8	P < 0,02	- 0,90
SL: $y = 94,19 - 0,049 x$	- 0,785	8	P < 0,05	- 0,49
GL: $y = 99,50 - 0,143 x$	- 0,845	5	P < 0,10	- 1,43
SL: $y = 86,80 - 0,086 x$	- 0,832	5	P < 0,10	- 0,86
GL: $y = 91,27 - 0,048 x$	- 0,846	8	P < 0,01	- 0,48
SL: $y = 80,57 - 0,045 x$	- 0,821	8	P < 0,02	- 0,45
GL: $y = 89,27 - 0,045 x$	- 0,794	8	P < 0,02	- 0,45
SL: $y = 78,74 - 0,035 x$	- 0,881	8	P < 0,01	- 0,35

liche Abnahme der Gesamt- und Standardlänge kann u. a. auf einer zunehmenden Deformierung der Schwanzflosse (Abschürfung der Flossenränder) beruhen. Die Längenabnahme in Prozent der Gesamtlänge beträgt bei dreimonatiger Hungerperiode ca. 5 %.

Eine Längenabnahme von Karpfen im Hunger um 4 bis 5 % hat POLJAKOW (1958, n. STEFFENS 1964) mitgeteilt, und auch eine Längenabnahme der Freilandpopulationen in der produktionsarmen Periode ist z. B. für Coregonen von LAMPERT (1971) beschrieben worden. Danach nimmt die durchschnittliche Gesamtlänge der Felchen im Schluchsee im Winter um 3 % ab. Ursache für dieses Phänomen kann nach LAMPERT (1971) eine Fangauslese trotz Maschenselektionskorrektur oder eine größenabhängige Mortalität sein, wie sie bereits von RICKER (1969) diskutiert wurde. Nach den dargestellten Ergebnissen ist jedoch auch unter Freilandbedingungen damit zu rechnen, daß eine Längenabnahme der Coregonen in der produktionsarmen Periode auftritt.

## 5. Diskussion

Die Entwicklung einer natürlichen Fischpopulation wird durch zahlreiche biotische und abiotische Faktoren bestimmt (ELSTER, KAUSCH 1974); die Fähigkeit der Fische, die auf die Bestandsentwicklung negativ wirkenden Faktoren zu kompensieren, wird als "biologische Resistenz" bezeichnet (MEYER 1942, 1947). Einer der Faktoren, die die Populationsentwicklung negativ beeinflussen, ist Nahrungsmangel. Die Auswirkungen längerer Hungerperioden sind u. a. Senkung der Routine- und Standardstoffwechselrate, Abbau des Reservefettes, letztlich Mobilisierung des Proteins und hungerbedingter Tod (KAUSCH 1972). Die Fähigkeit, Hungerperioden zu überstehen, wird durch die Größe des Reservestoffpools bestimmt, der in der produktionsreichen Periode aufgebaut wird. Reservestoff z. B. der Karpfen ist das Fett; der Fettgehalt nimmt während der Überwinterung stark ab bei gleichzeitiger Zunahme des Wassergehaltes (STEFFENS 1964). Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Karpfen keine signifikant steigende Protein-Wasser-Linie aufweisen, sondern nur eine Fett-Wasser-Linie mit stark negativer Steigung (KAUSCH, BALLION-CUSMANO 1976). Gewichtsverlust im Hunger bei gleichzeitiger Erhöhung des Wassergehaltes kann somit nur zur Verringerung des Fettgehaltes führen; die von STEFFENS (1964) angegebenen Wasser- und Fettgehalte der Karpfen entsprechen recht gut der von KAUSCH, BALLION-CUSMANO (1976) ermittelten Fett-Wasser-Linie. - Weitere vergleichbare Untersuchungen zur Körperzusammensetzung bei Fütterung und unter Hungerbedingungen an anderen Arten sind nicht bekannt.

Ist die produktionsreiche Periode nur kurz bzw. ist das Nahrungsangebot in dieser Zeit unteroptimal, kann nur ein kleiner Reservestoffpool angelegt werden, und die Fähigkeit, Hungerperioden zu überstehen, ist folglich nur gering; dies gilt zumindest für *Cyprinus carpio*. Die Coregonen, die unter starker Nahrungslimitierung aufwachsen, besitzen dennoch die Fähigkeit, längere natürliche Hungerperioden zu überstehen. Die Coregonen bauen unter Hungerbedingungen Körpersubstanz zur Deckung des Energiebedarfes ab, d. h. Fett und Protein. Die Fähigkeit, Hungerperioden zu überstehen, wird somit nicht durch die Größe eines Reservestoffpools bestimmt. Wesentlich scheint zu sein, daß die jungen Coregonen die aufgenommene Nahrung zum Wachstum nutzen können, d. h. Muskelsubstanz aufbauen können, und die Energie nicht in einem ineffizienten Reservestoffpool festlegen müssen.

Bei Nahrungsmangel wird von den Felchen die Muskulatur abgebaut, das Entstehen typischer Hungerformen - längsgestreckter Körper mit geringem Muskelansatz - wird aber durch die Abnahme der Länge verzögert. Da zu erwarten ist, daß die Bewegungsfähigkeit durch eine Mindestmenge an Muskulatur, bezogen auf die Gesamtlänge, begrenzt wird, führt die Längenabnahme im Hunger zu kürzeren, aber relativ muskulöseren Fischen. Nach den Ergebnissen von POLJAKOW (1958, n. STEFFENS 1964) ist dies eventuell ein bei mehreren Arten auftretendes Phänomen.

Somit führt Nahrungsmangel der Coregonen zu Individuen, die auf Grund ihrer Körperzusammensetzung und ihrer Morphometrie als "physiologisch jünger" anzusehen sind.

## Literatur

- BERG A., GRIMALDI E., 1965: Biologia delle due forme di coregone (Coregonus sp.) del Lago Maggiore. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 18: 25-196.
- BERG A., GRIMALDI E., 1966: Ecological relationships between planktophagic fish species in the Lago Maggiore. Verh. Int. Ver. Limnol. 16: 1065-1073.
- BRANDES C.H., DIETRICH R., 1953: Über die Fettverteilung im Körper des Herings. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 2: 109-121.
- BRETT J.R., SHELBOURN J.E., SHOOP C.T., 1969: Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. J. Fish. Res. Bd. Can. 26: 2363-2394.
- DEUFEL J., 1975: Gegenwärtige Fischereigrundlagen der Binnenfischerei und Möglichkeiten einer gesteuerten Nutzung - Beispiel Bodensee. Arb. Deut. Fischerei-Verb. 18: 66-83.
- EIFAC (European Inland Fisheries Advisory Commission) 1971: In: (Ed. BLANC M., BANARESCU P., GAUDET J.-L., HUREAU J.-C.) European inland water fish - a multilingual catalogue. London (Fishing News).
- ELSTER H.-J., 1944: Über das Verhältnis von Produktion, Bestand, Befischung und Ertrag sowie über die Möglichkeiten einer Steigerung der Erträge, untersucht am Beispiel der Blaufelchenfischerei des Bodensees. Z. Fisch. 42: 169-357.
- ELSTER H.-J., KAUSCH H., 1974: Die "biologische Resistenz" der Fischbestände und das Problem der optimalen Befischung - Rückblick und Ausblick. Arch. Fischwiss. 25: 1-11.
- FLÜCHTER J., 1980: Review of the present knowledge of rearing whitefish (Coregonidae) larvae. Aquaculture 19: 191-208.
- GUNKEL G., 1979: Laboratory experiments on the cultivation of young whitefish (Coregonus fera J.): food intake, gross growth efficiency and growth of the fry. Europ. Mariculture Soc. Spec. Publ. 4: 211-242.

- GUNKEL G., KAUSCH H., 1979: Feeding and growth of fry and fingerlings of whitefish, *Coregonus fera* J. EIFAC Techn. Paper 35, Suppl. 1: 163-176.
- HEISIG G., 1979: Mass cultivation of *Daphnia pulex* in ponds: the effect of fertilization, aeration, and harvest on the population development. European Mariculture Society, Spec. Publ. 4: 335-359.
- HIMBERG K.-J.J., 1970: A systematic and zoogeographic study of some north european coregonids. In: (Ed. LINDSEY C.C., WOODS, C.S.). Biology of coregonid fishes. Winnipeg (University of Manitoba Press). 219-250.
- INFANTE O., 1974: Untersuchungen über die Stickstoffexkretion junger Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) im Hunger und bei Fütterung. Arch. Hydrobiol./Suppl. 47 (Falkau-Arb. 9): 239-281.
- KAUSCH H., 1968: Der Einfluß der Spontanaktivität auf die Stoffwechselrate junger Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) im Hunger und bei Fütterung. Arch. Hydrobiol./Suppl. 33 (Falkau-Arb. 6): 263-330.
- KAUSCH H., 1972: Stoffwechsel und Ernährung der Fische. In: (Ed. LENKEIT et al.) Handbuch der Tierernährung, Bd. 2. Hamburg/Berlin (Parey): 690-738.
- KAUSCH H., BALLION-CUSMANO M.F., 1976: Körperzusammensetzung, Wachstum und Nahrungsausnutzung bei jungen Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) unter Intensivhaltungsbedingungen. Arch. Hydrobiol./Suppl. 48 (Falkau-Arbeiten 10): 141-180.
- KAUSCH H., ZIMMERMANN C., 1976: Nahrungsausnutzung und Wachstum junger Sandfelchen (*Coregonus fera* JURINE 1825) bei Fütterung mit Teichplankton. Arch. Hydrobiol./Suppl. 48 (Falkau-Arbeiten 10): 181-206.
- KRIEGSMANN F., 1955: Der Wechsel in der Vergesellschaftung der Fischarten des Ober- und Untersees und die Veränderungen des Seereagierens. Arch. Hydrobiol./Suppl. 22: 397-408.
- LAMPERT W., 1971: Untersuchungen zur Biologie und Populationsdynamik der Coregonen im Schluchsee. Arch. Hydrobiol./Suppl. 38 (Falkau-Arbeiten 7): 237-314.
- LINDSEY C.C., WOODS C.S., 1970: Biology of coregonid fishes. Paper presented at the int. symp. on biology of coregonid fishes (Winnipeg, Canada, Aug. 25-29, 1969). Winnipeg (University of Manitoba Press): 560 p.
- LOVE R.M., 1957: Biochemical composition of fish. In: (Ed. BROWN M.E.) The physiology of fishes. Vol. 1-Metabolism. New York (Academic Press): 401-418.
- LOVE R.M., 1970: The chemical biology of fishes. London/New York (Academic Press): 547 p.
- MEYER P.F., 1942: Die Zeesenfischerei auf Hering und Sprotte, ihre Entwicklung und Bedeutung für die Ostseefischerei und ihre Auswirkung auf den Blankfischbestand der Ostsee. Z. Fisch. 40: 453-652.
- MEYER P.F., 1947: Raubbau im Meer? Ein Beitrag zur Überfischungsfrage unserer Meere. Hamburg. (Keune).
- NÜMANN W., 1959: Das Wachstum der Blaufelchen und seine Berechnung bei Erfassung aller Individuen der einzelnen Jahrgänge in Abhängigkeit von der Stärke des Jahrganges, den jährlich variierenden Außenfaktoren, der Eutrophierung und den regionalen Unterschieden des Sees. Arch. FischWiss. 10: 5-20.
- NÜMANN W., 1964: Die Eutrophierung des Bodensees, die Zunahme der Barsche und die intensive Befischung als Ursache für den rapiden Rückgang der Blaufelchenerträge. Allg. Fisch. Ztg. 89: 308-311.
- NÜMANN W., 1972: The Bodensee: Effects of exploitation and eutrophication on the salmonid community. J. Fish. Res. Bd. Can. 29: 833-847.
- POLJAKOW G.D., 1958: Die Erschöpfung als einer der Gründe für das Sterben der einsömmrigen Karpfen während der Überwinterung. Tagungsber. Ichthyol. Kommiss. Akad. Wissensch. UdSSR 8: 255-260 (russ.).
- RICKER W.E., 1969: Effects of size-selective mortality and sampling bias on estimates of growth, mortality, production, and yield. J. Fish. Res. Bd. Can. 26: 479-541.
- SCHADE R., KAUSCH H., 1978: Untersuchungen zur Exzeßfütterung von jungen Karpfen (*Cyprinus carpio* L.) unter Intensivhaltungsbedingungen. Arch. Hydrobiol. 82: 522-550.
- SCHÄPERCLAUS W., 1961: Lehrbuch der Teichwirtschaft. 2. Aufl. Hamburg/Berlin (Parey): 582 S.
- STEFFENS W., 1964: Die Überwinterung des Karpfens (*Cyprinus carpio*) als physiologisches Problem. Z. Fisch. 12 N.F.: 97-153.
- STEINMANN P., 1950: Monographie der schweizerischen Coregonen. Schweiz. Z. Hydrol. 12: 109-191.
- WAGLER E., 1941: Die Lachsartigen (Salmonidae). II. Teil. Coregonen. In: (Ed. DEMOLL R., MAIER H.N.) Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas. Bd. III, 6: 371-502.

#### Adresse

Dr. Günter Gunkel  
Limnologisches Institut Konstanz  
Mainaustr. 212

D-7750 Konstanz

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1980

Band/Volume: [8\\_1980](#)

Autor(en)/Author(s): Gunkel Günter

Artikel/Article: [Experimentelle Untersuchungen an Sandfelchen \(Coregonus fera JURINE\) im Hunger: Änderung der Körperzusammensetzung und des Korpulenzfaktors 311-319](#)