

Untersuchungen zum Problem der Seesaiblinge des Achensees (Tirol, Österreich)

Von Norbert Schulz

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Methodik der Untersuchungen
3. Ergebnisse
 - 3.1. Beschreibung der Seesaiblinge
 - 3.2. Wachstumsuntersuchungen
 - 3.2.1. Altersbestimmung
 - 3.2.2. Abwachs nach direkter Messung
 - 3.2.3. Wachstumsrückberechnung nach den Otolithen
 - 3.3 Versuch der Abtrennung von Teilpopulationen mit morphometrischen Methoden
4. Diskussion
5. Zitierte Literatur

1. Einleitung:

Die Angehörigen der Gattung *Salvelinus* sind kaltstenotherme Fische der nördlichen Hemisphäre. Als Glazialrelikt kommen sie auch in den meisten Alpenseen nördlich des Hauptkammes und in den Seen von Großbritannien und Irland vor. Auf Grund ihres riesigen Verbreitungsgebietes und ihrer unterschiedlichen Lebensweise (einige Formen halten sich nur in Seen auf, andere nur in Flüssen, wieder andere leben im Meer und steigen zum Laichen in die Oberläufe der Flüsse) sind die Saiblinge in zahllose Lokalformen aufgespalten, deren taxonomische Einstufung große Schwierigkeiten bereitet. Unterschiedliche Formen der Saiblinge treten aber nicht nur in verschiedenen Seen auf, auch innerhalb eines bestimmten Sees kommen Populationen nebeneinander vor, bei denen eine Variabilität in Form, Farbe, Wachstum und Verhalten auffällt. Viele Autoren betonen die Eigenständigkeit der einzelnen Formen als Arten oder Unterarten und begründen dies mit genetischer Differenzierung (FATIO, 1885; BERG, 1932; SCHINDLER, 1936, 1950; NERESHEIMER, 1937; WAGLER, 1941).

REGAN (1911) nannte für die Seen von Großbritannien und Irland 15 endemische Saiblingsarten. JORDAN et. al (1930) stellte eine Liste von 12 Arten von *Salvelinus* in Nordamerika auf. BERG (1932) unterscheidet im europäischen Raum 27 Arten der Gattung *Salvelinus* und in der Sowjetunion neben *Salvelinus alpinus* noch zehn weitere Arten.

Die größten Probleme traten bei der Benennung der „Saiblingsarten“ und Populationen des Saiblings-Komplexes auf, zu dem *Salvelinus alpinus* gehört. DYMOND und VLADYKOW (1933) unterscheiden 16 Subspezies der *Salvelinus-alpinus*-Gruppe, LADIGES und VOGT (1965) nennen 24 Unterarten.

In den Alpenseen unterscheiden DOLJAN (1920) und NERESHEIMER (1937) folgende sympatrische Teilpopulationen:

Wildfangsaibling: Er ist ein ausgesprochener Raubfisch, der in den tieferen Regionen mancher Alpenseen (Bodensee, Attersee, Mondsee, Wolfgangsee, Genfer See, Königsee u. a. [HAEMPEL, 1930]) zu Hause ist. Er ist sehr großwüchsig und soll bis 10 kg schwer werden (BURESCH, 1925; NERESHEIMER, 1937; STEINMANN, 1942). Der Wildfangsaibling kommt in weißen und in gelben Exemplaren vor.

Normalsaibling: Hauptfisch vieler Alpenseen. Nur in den Coregonenseen wurde er von den Renken zurückgedrängt (NERESHEIMER, 1937). Als Friedfisch ernährt er sich vorwiegend von Plankton oder von Bodenfauna, verschmäht auch nicht kleine Fische wie Pfrillen. Normalsaiblinge haben ein gleichmäßiges Wachstum und erreichen selten Gewichte über 500 g. Sie sind meist bunt gefärbt.

Schwarzreuter: Nach Ansicht von SCHINDLER (1950) und REISINGER (1953) ist er eine „Kümmers- oder Hungerform“. NERESHEIMER (1937) bezeichnet ihn als Zwergform hochgelegener, nahrungsarmer Seen. Gewöhnlich ist er in Seen zu finden, in denen keine Coregonen leben. Typisch ist ein sehr geringes Wachstum. Die Schwarzreuter behalten auch im laichreifen Alter ihr Jugendkleid.

Tiefseesaibling: Wurde nach Exemplaren, die im Bodensee gefangen wurden *Salvelinus alpinus* var. *profundus* benannt (SCHILLINGER, 1901). Tiefseesaiblinge sollen nach HAEMPEL (1930) und BERG (1932) im Neuenburger See, Walchensee, Ammersee, Tegernsee, Achensee, Plansee und im Attersee vorkommen. NERESHEIMER (1937) fügt noch den Traunsee und eventuell den Genfer See hinzu. Sie leben in größeren Tiefen, gemeinsam mit den Coregonen der tiefen Regionen. Sie sind kleinwüchsig und überschreiten selten eine Länge von 15 cm. Als Anpassung an das Leben in großer Tiefe haben die Tiefseesaiblinge ein fahles braunes Kleid und größere Augen. Sie ernähren sich von Bodenfauna, doch sollen sie im Sommer auch Tiefenplankton aufnehmen (ELSTER, 1936; NERESHEIMER, 1937).

Moderner ist die Ansicht, daß die Salmoniden tatsächlich sehr plastisch sind, und daß sich Fische eines Genotypus auf Grund unterschiedlicher Umwelteinflüsse in mehrere Ökotypen aufspalten. BEHNKE (1972) fand bei Betrachtung all der Mannigfaltigkeit der Gattung *Salvelinus* nur drei Gruppen mit wesentlichen Unterschieden: *Salvelinus (Cristivomer) namaycush* (nordamerikanischer Seesaibling), *Salvelinus (Baione) fontinalis* (nordamerikanischer Bachsaibling) und den Saiblings-Komplex, zu dem *Salvelinus alpinus* gehört. Die in den Alpenseen vorkommenden Saiblingsformen sind lediglich Standortmodifikationen eines genotypisch recht ein-

heitlichen Bestandes und könnten durch Standortwechsel ineinander übergeführt werden (REISINGER, 1953). STEINBÖCK (1950) nimmt an, daß die Wüchsigkeit des Saiblings vor allem durch Umwelteinflüsse entscheidend bestimmt wird.

Wenig Einigkeit herrscht bei der Frage nach der systematischen Stellung des Tiefseesaiblings. SCHILLINGER (1901) konnte nicht entscheiden, ob der Tiefseesaibling eine eigene Art sei, oder nur eine durch die Umwelt bedingte Modifikation des normalen Saiblings. Daher bezeichnete er ihn als Varietät von *Salvelinus alpinus*. BERG (1932) betrachtete den Tiefseesaibling auf Grund der deutlichen Differenzierung von anderen Formen von *Salvelinus* als eigene Art, *Salvelinus profundus*. Nach BEHNKE (1972) ist der Tiefseesaibling als einziger durch genügend lange Trennung vom Normalsaibling eindeutig differenziert.

Da HAEMPEL (1930) und BERG (1932) ein Vorkommen von Tiefseesaiblingen im Achensee angeben, sollte anhand unseres Untersuchungsmaterials festgestellt werden, ob der Achensee nur eine Population mit sehr variablen Merkmalen beherbergt, oder ob die Variabilität durch mehrere sympatrische Populationen entsteht.

Zur Trennung von Populationen, die möglicherweise genetisch verschieden sind, werden neben Form und Aussehen die Wüchsigkeit und meristische Kriterien herangezogen. Merkmale wie Färbung, Berußung, Körperform, Schnauzenform und ähnliches sind schwer zu quantifizieren, und es ist notwendig, gut zählbare oder meßbare Parameter zu finden (LAMPERT, 1971). Voraussetzung dafür ist, daß die Merkmale keine Abhängigkeit von anderen Größen [z. B. Geschlecht (BERG und GRIMALDI, 1965; LAMPERT, 1971; DÖRFEL, 1972; RUHLE, 1976), Alter oder Länge (SVÄRDSON, 1949, 1952)] haben. Ist ein Merkmal in einer zufälligen Stichprobe normal verteilt, so ist entweder nur eine Population vorhanden, oder das Merkmal ist zur Abtrennung von Populationen nicht geeignet. Wenn die Verteilung mehrgipfelig ist, kann unter Umständen auf mehr als eine Population geschlossen werden und man kann weitere Prüfungen anschließen.

Bei der Untersuchung der Achenseesaiblinge wurde die Verteilung folgender Merkmale geprüft:

- relativer Augendurchmesser
- Anzahl der Flossenstrahlen der Analflosse (A), Dorsalflosse (D), Pectoralflosse (P), Ventralflosse (V) und Caudalflosse (C)
- Zahl der Wirbelknochen
- Zahl der Reusendornen auf dem 1. rechten Kiemenbogen

2. Methodik der Untersuchungen:

Für die Untersuchungen standen 553 Seesaiblinge zur Verfügung, die während der Untersuchungsperiode (1970 bis 1972) mit Stellnetzen (8 bis 50 mm Maschenweite) im Achensee in Tiefen zwischen 10 und 100 m gefangen wurden.

Für jeden Fisch wurde eine Karteikarte angelegt, auf der unter anderem folgende Daten festgehalten wurden:

Beschreibung des Fisches: Kopfform, Maulstellung, Färbung, Berußung

Körperlänge: Mit Hilfe eines Meßbrettes (LAGLER, 1971) wurde die Gesamtlänge des Fisches (L_t = Länge von der Schnauzenspitze bis zum äußersten Punkt der zusammengelegten Schwanzflosse in mm) gemessen.

Augendurchmesser: Die Augen wurden in horizontaler und vertikaler Richtung vermessen, die Werte in Prozent der Körperlänge angegeben.

Zahl der Flossenstrahlen.

Zahl der Wirbelknochen: Von 24 Saiblingen wurden Röntgenaufnahmen hergestellt, an denen die Wirbelknochen gezählt wurden.

Zahl der Reusendornen: Bei 298 Saiblingen wurden die Dornenfortsätze des 1. rechten Kiemenbogens gezählt.

Körpergewicht in Gramm.

Alter: Altersbestimmung wurde mit Hilfe der Schuppen, Opercularknochen, Flossenstrahlen und mit Hilfe der Otolithen (Sagittae) durchgeführt.

Die Schuppen wurden mit einem Skalpell von der Bauchseite (zwischen Ventral- und Analflosse) abgeschabt. Zur Entfernung organischer Reste wurden die Schuppen ca. 24 Stunden in 5prozentige Kalilauge gelegt und anschließend dreimal mit destilliertem Wasser gespült. 30 gut erhaltene Schuppen (Ersatzschuppen wurden ausgeschieden) wurden im feuchten Zustand auf Objektträgern in *Clearcol* (Hersteller: H. W. CLARK, 33, SO. High St., Melrose, Mass. 02176, USA), eingebettet. Die Präparate wurden mit Deckgläsern geschützt und mit *Glyceel* (Hersteller: G. T. GURR Ltd., London SW. 6, England) versiegelt. Das Alter wurde unter einem Stereomikroskop bei Durchlicht, zum Teil mit gekreuzten Polarisationsfiltern gelesen und vermessen.

Bei 15 Fischen wurden die Flossenstrahlen der Rückenflosse in *Kanadabalsam* eingebettet, anschließend wurden quer zur Längsachse der Flossenstrahlen Dünnschliffe angefertigt.*

Die Kiemendeckel der Saiblinge wurden mit einer kräftigen Schere abgetrennt und nach Kochen in konzentrierter Waschmittellösung wurden die Opercula und Subopercula herausgesucht, mit destilliertem Wasser gespült und schließlich trocken zwischen Dia-Gläsern (50 × 50 mm) aufbewahrt. Die Opercularknochen wurden teils unter dem Stereomikroskop, teils mit Hilfe eines Diaprojektors untersucht und vermessen.

Der Schädel von jedem Fisch wurde durch einen dorsal verlaufenden Schnitt, der parallel zur Längsachse geführt wurde, geöffnet. Mit einer spitzen Pinzette konnten dann die beiden Sacculi herausgezogen werden, in denen sich die Sagittae befinden (anatomische Lage und Aussehen sind unter anderem bei WUNDER [1936] und TESCH [1971] beschrieben). Diese Otolithen wurden mit einer Lanzett-nadel von Geweberesten gereinigt und in beschrifteten Glasröhrchen mit ca. 70prozentigem

* Herrn Präparator Herbert Spiegel vom Mineralogischen Institut der Universität Innsbruck sei herzlicher Dank ausgesprochen.

Alkohol aufbewahrt. Die Otolithen wurden unter dem Stereomikroskop im schrägen Auflicht auf schwarzem Untergrund untersucht. Bei schwer lesbaren Otolithen wurden die latero-distalen und die latero-proximalen Oberflächen mit feinstem Schleifpapier angeschliffen.

3. Ergebnisse:

3.1. Beschreibung der Saiblinge:

Die untersuchten Seesaiblinge zeigten sowohl in der Körperform als auch in der Färbung große Unterschiede. Neben typischen „Normalsaiblingen“ mit schlankem, silbrigen Körper fanden sich alle Übergänge zu Fischtypen, die in Körperform und Farbe an Wildfangsaiblinge erinnerten.

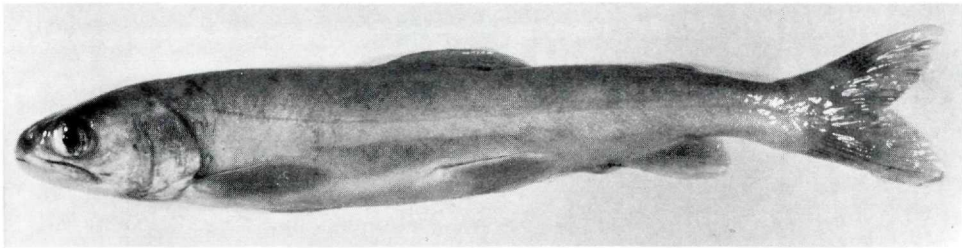
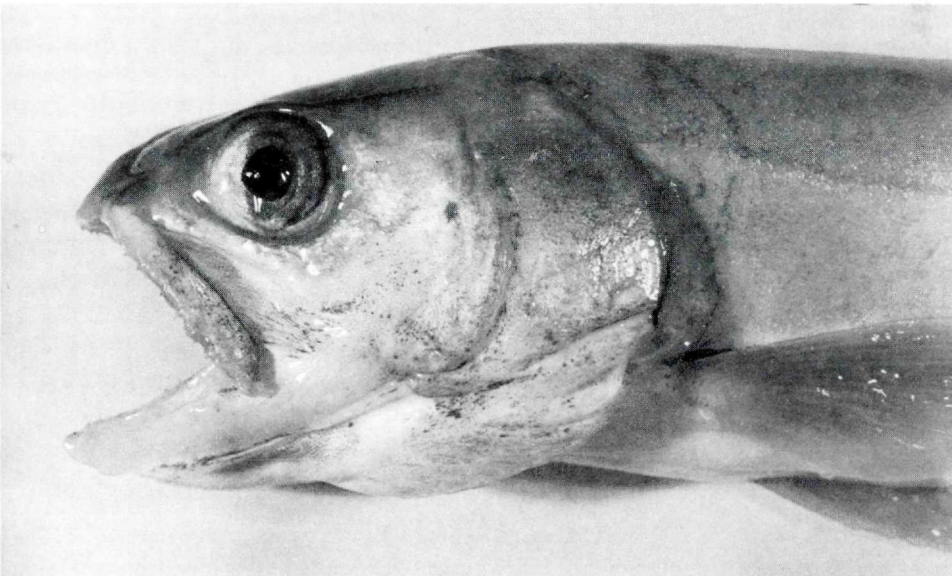


Abb. 1 Achenseesaibling 480, gefangen am 11. 4. 1972, Länge 281 mm



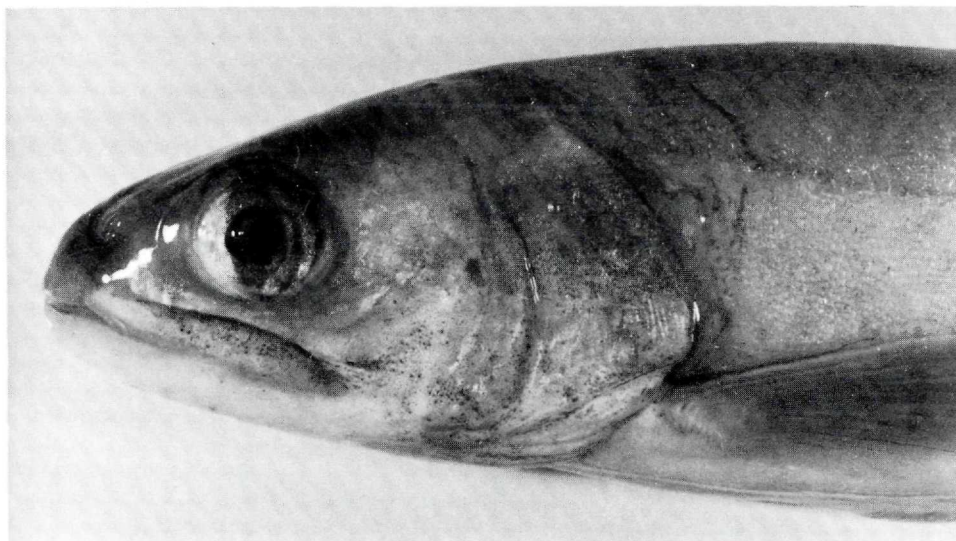


Abb. 2 A/S 480, Kopf in Seitenansicht

Körperform: In der Regel sind die Fische sehr schlank und weisen einen fast runden Querschnitt auf (Abb. 1). Große Fische haben oft einen hohen Rücken und wirken gedungen.

Kopfform: Das Maul ist vorderständig oder ganz leicht unterständig. Große Männchen haben, besonders während der Laichzeit, einen kräftiger entwickelten Unterkiefer (SCHULZ, 1977). Er ragt über den Oberkiefer hinaus und bildet den sogenannten Lachshaken. Die Mundspalte reicht gewöhnlich nur bis zum hinteren Augenrand (Abb. 2), bei großen Fischen ausnahmsweise auch darüber.

Färbung Rücken: hellgrau, dunkelgrau, fast schwarz, bräunlich, gelblich, grauoliv, dunkelgrün, grauoliv mit Marmorierung, stahlblau, z. T. mit metallischem Glanz.

Seiten: silbrig, dunkelgrau, grünlich, mit mehr oder weniger deutlichen weißen, rosa oder orange-roten Punkten.

Bauch: weiß, grau oder gelblich, vor allem während der Laichzeit gelb oder orange gefärbt (SCHULZ, 1977).

Flossen: C und D grau oder bläulich, manchmal Berührung auf D. P, V und A gelb bis intensiv orange. Weiße Vorderkanten an den Flossen nur bei größeren Fischen deutlich ausgeprägt.

3.2. Wachstumsuntersuchungen

3.2.1. Altersbestimmung

Durch den jahreszeitlichen Wechsel der äußeren Einflüsse kommt es beim Wachstum der Fische zu erheblichen Schwankungen. In den Sommermonaten bewirken

wärmeres Wasser und erhöhtes Nahrungsangebot ein schnelles Wachsen, während die Wintermonate meist einen Wachstumsstillstand bringen. In den gemäßigten Zonen tritt der Wachstumsstillstand gewöhnlich nur einmal im Jahr auf (TESCH, 1971). Das periodische Wachstum hinterläßt auf den Hartteilen der Fische Zuwachsstreifen, die bei der Altersbestimmung gezählt und interpretiert werden. Heute werden Schuppen (DAHL, 1926; HUITFELDT-KAAS, 1927; JAKOBI, 1956; NORDENG, 1961; DÖRFEL, 1972; RUHLE, 1976) und Otolithen (LAMBY, 1941; GRAINGER, 1953; REISINGER, 1953; ANDREWS und LEAR, 1956; NORDENG, 1961) am häufigsten für die Altersbestimmung benützt. Es werden aber auch Opercular- und Wirbelknochen sowie Teile des Schulter und Beckengürtels verwendet. SCHINDLER (1940) bestimmte das Alter nach dem Maxillare und Dentale.

Probleme, die sich bei der Analyse der Zuwachsstreifen ergeben, spiegeln sich unter anderem in der verwirrenden Nomenklatur wider, die für die verschiedenen Strukturen der Hartteile verwendet wird. BERG und GRIMALDI (1967) unternahmen den Versuch, eine einheitliche Terminologie für die Strukturen der Schuppen zu schaffen:

Circuli (Striae): Furchen, die an der Oberfläche der Schuppen in Form von konzentrischen dunklen Linien auftreten.

Jahreszone („annual zone“): konzentrische Region einer Schuppe, die einem vollständigen Jahr entspricht.

Band: konzentrische Region einer Schuppe, die während einer bestimmten Periode des Jahres gebildet wird. Die Autoren empfehlen die Verwendung der Ausdrücke dunkle Bänder und helle Bänder sowie Sommerbänder und Winterbänder anstelle von Sommerring und Winterring.

Annulus: Grenzbereich zwischen zwei aufeinanderfolgenden Jahreszonen, stellt eine wirkliche oder gedachte Linie dar.

Diese Bezeichnungen wurden übernommen und auch für andere Hartteile verwendet.

1. Schuppenanalyse

Die Cycloid-Schuppen der Saiblinge haben konzentrische Strukturen (Circuli). Bei schnellem Wachstum haben die Circuli große Abstände, während sie bei langsamem Wachstum eng beieinander angelegt werden. Es sind daher helle und dunkle Bänder zu erkennen. Im günstigsten Fall entsprechen ein (helles) Sommerband und ein (dunkles) Winterband einem kompletten Lebensjahr. Die äußere Begrenzung des Winterbandes ist eine relativ gut lokalisierbare Linie (Annulus), die dem Ende des Zuwachses des betreffenden Jahres entspricht. Gezählt werden die Annuli.

Die Analyse der Schuppen der Achenseesaiblinge bereitete schon wegen der geringen Größe (maximal 2 mm Durchmesser) Probleme. Mehr als 60 Prozent der untersuchten Schuppen, zumeist von größeren Saiblingen, war unlesbar. Verschiedene

Schuppen ein und desselben Fisches ergaben unterschiedliche Alterslesungen mit Differenzen bis zu drei Jahren. Die Schwierigkeiten der Altersbestimmung lagen vor allem darin, daß mit Zunahme des Alters der Abstand der Anuli zum Rande hin immer geringer wurde. Bei älteren Fischen lagen sie an der Peripherie der Schuppen so dicht zusammen, daß sie nicht mehr zu deuten waren. Ein weiteres Problem ergab sich durch das Vorhandensein von zusätzlichen Bändern. Durch das Auftreten mehrerer Maxima im Nahrungsangebot für Saiblinge (SCHULZ, 1975) treten im Laufe eines Jahres mehrere Wachstumsimpulse auf und die Saiblinge zeigen ein „polyzyklisches Wachstum“ (REISINGER, 1953). Die Folge ist die Ausbildung sogenannter „Sekundärringe“ (SCHINDLER und WAGLER, 1936) oder „Zwischenringe“ (ELSTER, 1944; LAMPERT, 1971; DÖRFEL, 1972), die zu einer Überschätzung des Alters führen.

Die Schuppen der Achenseesaiblinge erwiesen sich als wenig geeignet für die Altersbestimmung. Es war daher notwendig, andere Hartteile zu untersuchen, um eine ausreichend genaue Altersbestimmung durchführen zu können.

2. Altersbestimmung nach Flossenstrahlen

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Dünnschliffe der Flossenstrahlen gelang es nicht, irgendwelche lesbaren Zuwachsstrukturen festzustellen. Das Material wurde als ungeeignet für die Altersbestimmung ausgeschieden.

3. Altersbestimmung nach Kiemendeckelknochen

An den Opercula ließen sich deutliche Zuwachszonen feststellen. Bei älteren Saiblingen lagen die Ringformationen an den Rändern jedoch so dicht beieinander, daß eine genaue Zählung oft nicht möglich war. Die Opercula wurden daher zur Altersbestimmung herangezogen, wenn die Alterslesung mit Hilfe der Otolithen fraglich war.

4. Altersbestimmung nach Otolithen

Die Saiblinge haben sehr kleine Otolithen. Im Achenseematerial variierte die absolute Länge zwischen 1,88 und 4,42 mm. Der rechte und der linke Otolith waren annähernd gleich. In einigen Fällen war ein Otolith defekt: kleiner, flacher, durchsichtig und ohne erkennbare Zuwachsstrukturen.

Jüngere Fische haben abwechselnd schmale hyaline und breite opake Bänder. Mit zunehmendem Alter werden die opaken Bänder immer schmaler. Bei ca. 30 Prozent der Saiblinge waren die hellen Bänder nicht gleichmäßig milchig, sondern wurden von einer oder mehreren dünnen durchscheinenden Zonen unterbrochen. Diese Erscheinung wird folgendermaßen gedeutet: getrennte Maxima in der Nahrungsaufnahme (SCHULZ, 1975) führen zu Perioden mit unterschiedlich intensivem Stoffwechsel, in denen mehr oder weniger anorganisches Material an die Otolithen an-

gelagert wird. Während der Wachstumsperiode entsteht daher nicht nur ein Sommerband, sondern mehrere schmale Bänder, die durch „Zwischenringe“ im Sinne von ELSTER (1944) getrennt sind. Dennoch lassen sich meist die Sommerbänder deutlich erkennen. Bei der Alterslesung wurden die Strukturen, die als „Zwischenringe“ erkannt wurden, nicht berücksichtigt. Unter der Voraussetzung, daß die gezählten Strukturen tatsächlich Jahresmarken darstellen, konnte bei 80 Prozent der Achenseesaiblinge das Alter mit Hilfe der Otolithen bestimmt werden.

Bei allen Methoden der Alterslesung (Schuppen, Opercula und Otolithen) zeigte sich ein Zusammenhang zwischen der Fischgröße und der Lesbarkeit der Hartteile. Je älter der Fisch war, desto schwieriger wurde die exakte Altersbestimmung. Die Analyse der Schuppen ergab häufig widersprüchliche Alterswerte. Die Differenz betrug bei den Schuppen eines Saiblings bis zu drei Jahren. Dies mag die Schwierigkeit korrekten „Schuppen-Lesens“ dokumentieren, kann aber auch von tatsächlichen Unterschieden in der Zahl der Annuli herrühren: Ein Grund kann darin liegen, daß Schuppen bei einem kleinen Fisch erst nach einigen Monaten ausgebildet werden und die Schuppenentwicklung an einer artspezifischen Körperstelle beginnt (zumeist entlang der Seitenlinie im Bereich des Schwanzstieles [WUNDSCH, 1927; TESCH, 1971]). RUHLÉ (1976) fand Schuppenanlagen (Schuppen-Nuklei) bei einem Saibling mit 36 mm Länge, doch dürften die ersten Schuppen im allgemeinen bei einer durchschnittlichen Länge von 50 mm zu finden sein (STEINER, persönliche Mitteilung). Es hängt daher vom Schlüpfzeitpunkt und der Wachstumsrate ab, ob es vor dem ersten Winter (und damit im ersten Lebensjahr) überhaupt zu einer Schuppenbildung kommt, und es ist damit zu rechnen, daß ein Teil der Körperoberfläche eines Fisches vor dem ersten Winter Schuppen erhält, der Rest aber erst danach. NORDENG (1961) fand bei den Saiblingen des Salangen-Fluß-Systems Schuppen mit kleinen und großen Kernfeldern. Schuppen mit einer kleinen Zentralplatte hatten in der Regel einen Winterring mehr als solche mit einer großen von ein und demselben Fisch.

Die Otolithen und die Kiemendeckelknochen haben den Vorteil, daß sie bereits beim Schlüpfen angelegt sind und von Beginn an mit dem Fisch mitwachsen. Bei den Otolithen repräsentiert der Außenrand des hyalinen Kernes etwa den Zeitpunkt des Schlüpfens (JAKOBI, 1956).

Bei Vergleich der Alterslesungen nach Schuppen, Otolithen und Opercula eines Fisches ergab sich wenig Übereinstimmung der Werte. Die Schuppen zeigten meistens weniger Annuli als die Otolithen oder das Operculum. BURESCH (1925) stellt fest, daß bei den Otolithen das Wachstum der hyalinen Bänder in die Zeit zwischen September und November fallen muß, während die dunklen Bänder auf den Schuppen in einer späteren Zeit gebildet werden, da bei Fischen, die im Dezember gefangen wurden, keine Spur der dunklen Bänder gefunden wurde. Die Zeitdifferenz dürfte zwei bis drei Monate betragen (BURESCH, 1925). Nach BÜCKMANN (1929, zit. bei TESCH, 1971) treten die hyalinen Bänder auf Otolithen

umso später auf, je älter der Fisch ist. NÜMANN und SELLA (1943) fanden zeitliche Unterschiede in der Ausbildung des Winterringes bei Forellenschuppen. Je schneller ein Fisch wächst (das trifft natürlich hauptsächlich für die Individuen der jüngeren Jahrgänge zu), umso frühzeitiger bildet er den „Winter“ring aus. Untersuchungen haben gezeigt, daß beim Carpione (*Salmo carpio*) der „Winter“ring in der Zeit zwischen Dezember und einschließlich Juli angelegt wird, und zwar in Abhängigkeit von der Wachstumsgeschwindigkeit des Fisches.

Unterschiede im Zeitpunkt der Anlage von Winterringen können im Vergleich der Altersbestimmung nach Schuppen und Otolithen maximal ein Jahr Differenz bewirken. Wurden die Schuppen erst im zweiten Lebensjahr angelegt, so kann das Alter nach Schuppen um ein weiteres Jahr unterschätzt werden. Ersatzschuppen sind als solche relativ gut erkennbar und mit großer Sicherheit ausscheidbar. Die Unterschiede in unseren Altersbestimmungen nach Schuppen und Otolithen sind zum Teil größer, als die oben genannten Fehlerquellen erklären können. Der Grund für diese Differenzen ist vor allem in der Unsicherheit beim Ansprechen von Winterringen auf Schuppen zu sehen. Die Altersangaben und Wachstumsrückberechnungen wurden daher ausschließlich von Otolithen abgeleitet.

3.2.2. *Abwachs nach direkter Messung*

Die einfachste Methode der Wachstumsbestimmung erfolgt durch die direkte Vermessung der gefangenen Fische. Die Fische werden nach ihrem Alter unterteilt. Innerhalb der Altersgruppen werden die Durchschnitte der Körperlängen errechnet. Solche Mittelwerte könnten zur Konstruktion einer durchschnittlichen Wachstumskurve verwendet werden. Der Wert einer solchen Kurve ist aber recht problematisch, wenn nicht eine komplette Serie von Netzen zum Fang verwendet wird. Besonders wenn nur mit einer Maschenweite gefischt wird, kommt es zu einer deutlichen Verfälschung der mittleren Jahreslängen: von niederen Jahrgängen werden die Vorwüchser gefangen, von höheren Jahrgängen die Schlechtwüchser (WAGLER, 1930; ELSTER, 1944; LAMPERT, 1971). Die direkte Vermessung der gefangenen Fische ergibt also in den jungen Altersklassen zu hohe, in den späteren Altersklassen zu niedrige Durchschnittswerte.

Die Kurve 1 der Abbildung 3 zeigt das Wachstum, das nach der direkten Messung für die Saiblinge des Achensees ermittelt wurde. Bei jedem Mittelwert sind auch die Standardabweichungen eingetragen.

3.2.3. *Wachstumsrückberechnungen nach den Otolithen*

Um Fehler, die durch ungünstige Fangmethoden entstehen, etwas kleiner zu halten, kann man das individuelle Wachstum der Fische aus der Anlagerung der Annuli auf den Hartteilen rückberechnen. Dadurch werden die Fangfehler nicht wirklich ausgeschaltet, und die Werte werden, je nachdem, ob man Vorwüchser oder Schlechtwüchser im Fang hat, wieder zu hoch oder zu niedrig sein. Durch Rückberechnung aus Annulusradien (auf Schuppen und anderen Strukturen) macht man sich aber etwas unabhängiger von den von Jahr zu Jahr wechselnden Ausleseerscheinungen.

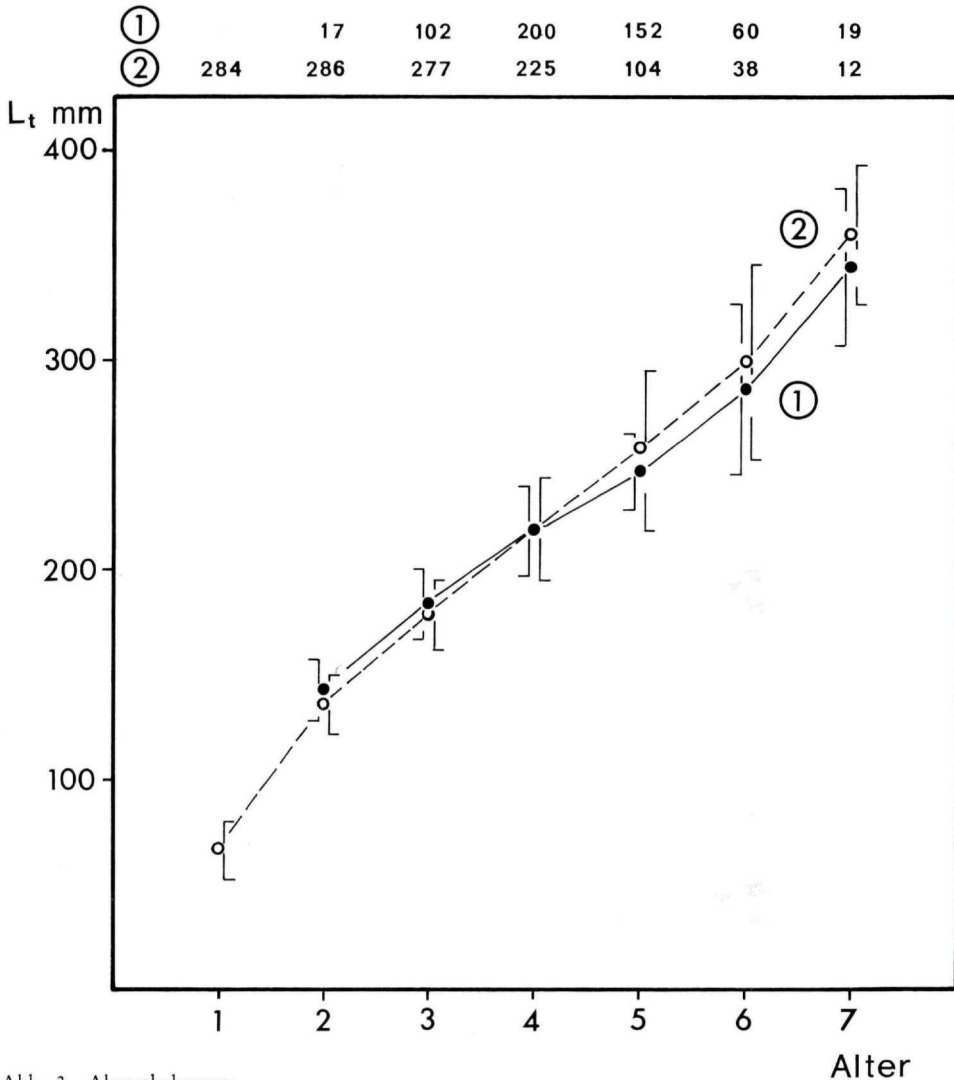


Abb. 3 Abwachskurven

1 Durchschnittliche Längen (L) der Altersklassen 2 bis 7, Werte nach direkter Messung (volle Kreise, verbunden mit einer ausgezogenen Linie)

2 Durchschnittliche Längen (L) der Altersklassen 1 bis 7, Werte nach Otolithen rückberechnet (offene Kreise, mit einer durchbrochenen Linie verbunden).

Die Zahlenreihen am oberen Bildrand geben die Zahl der vermessenen Fische 1 bzw. Otolithen 2 an.

nungen der Fanggeräte (ELSTER, 1944). Die Mittelwerte, die aus den Jahreslängen der einzelnen Individuen errechnet wurden, enthalten verschieden schnell wachsende Fische und ergeben so ein durchschnittliches Wachstumsbild der gesamten Population.

Bei unserer Untersuchung wurden für die Rückberechnung des Wachstums jene Otolithen verwendet, die schon bei der Altersbestimmung brauchbare Werte geliefert hatten.

90

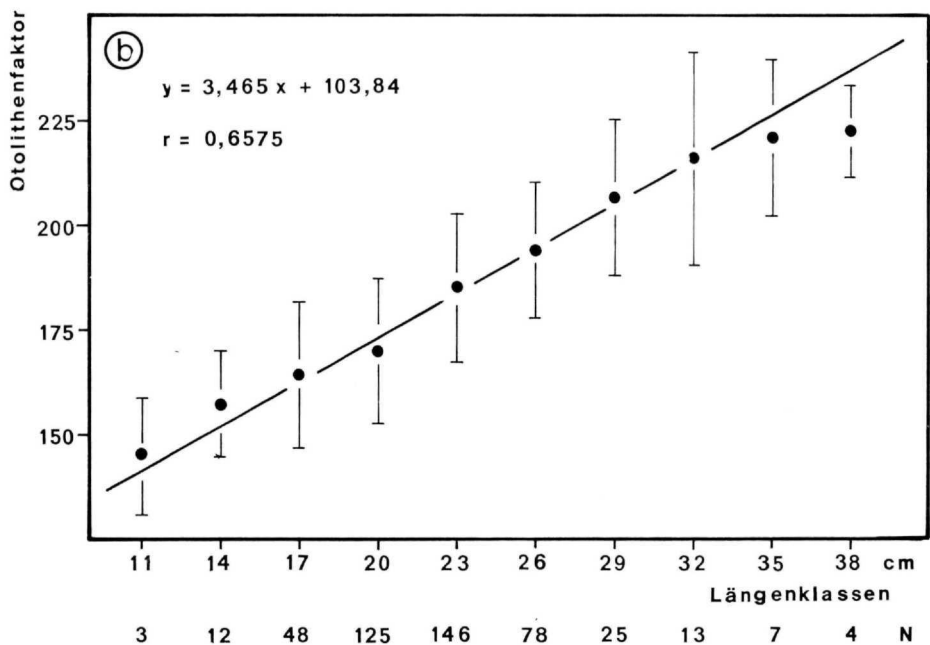
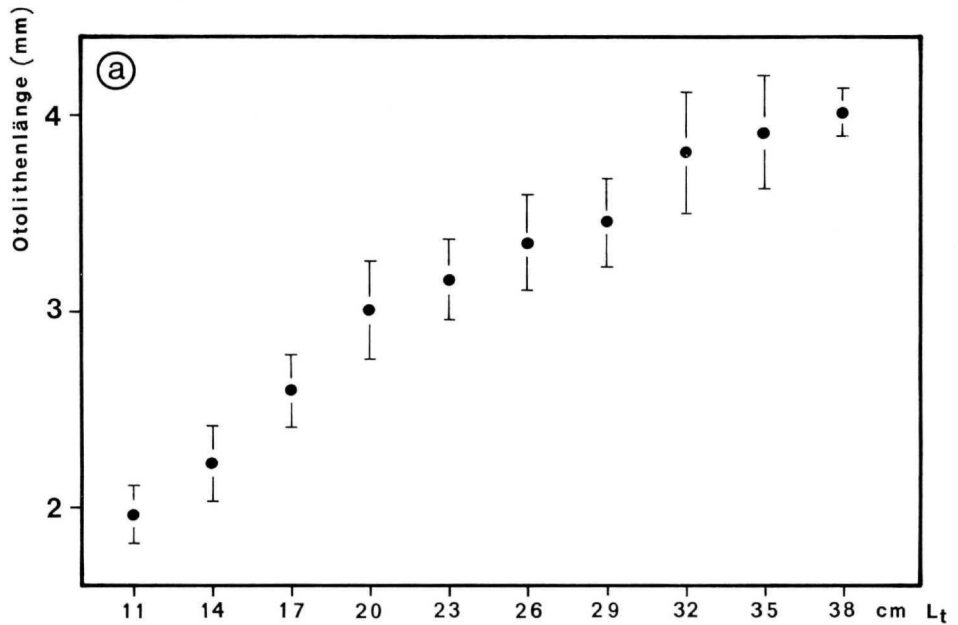


Abb. 4 a: Beziehung der Längenklassen zur Otolithenlänge (größter Durchmesser); b: Beziehung zwischen Längenklassen und „Otolithenfaktor“

Intervall der Klassen ist 3 cm.

Bezeichnung von x = Mittelpunkt der Klasse.

Die Zahlenreihe am unteren Rand der Abbildung gibt die Anzahl der Saiblinge in den einzelnen Längenklassen an.

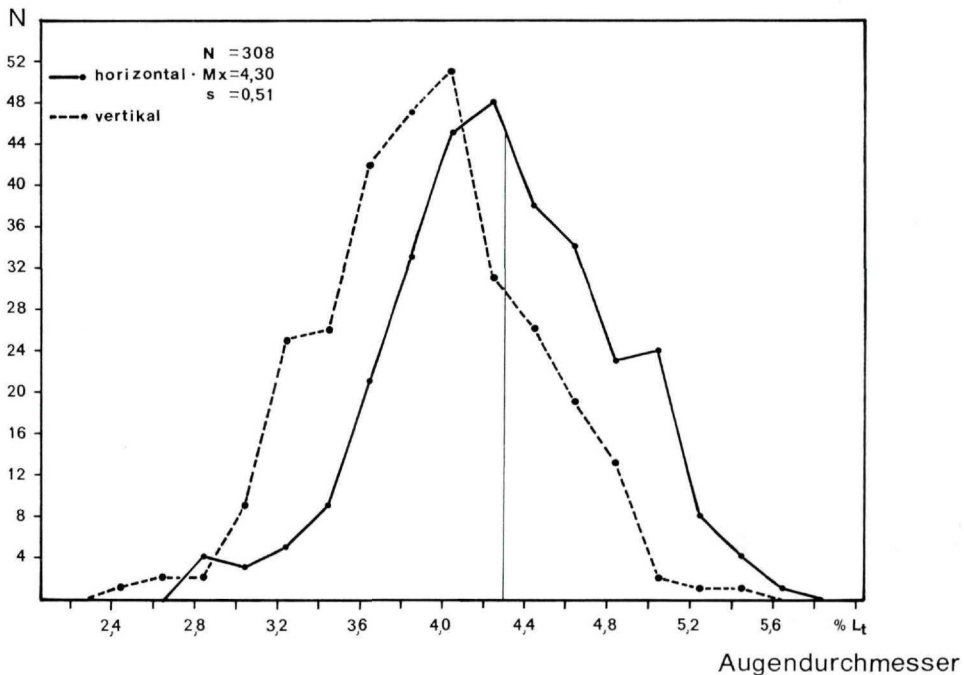


Abb. 5 Verteilung der relativen Augendurchmesser (in % der L_t). Intervall der Klassen = 0,2, Bezeichnung von x = Mittelpunkt der Klasse.

Es wurden gut lesbare Otolithen von insgesamt 286 Saiblingen verwendet. Unter dem Stereomikroskop wurden mit Hilfe eines Meßokulars die caudalen Annulus-Radien (in der Längsachse) der Otolithen vermessen. Dabei wurden die Abstände vom Mittelpunkt des Nukleus zu den einzelnen Annuli und zum äußersten Rand notiert, zusätzlich wurde die Gesamtlänge der Otolithen festgehalten.

Abbildung 4a zeigt die Beziehung zwischen der Körperlänge (L_t) und der Gesamtlänge der zugehörigen Otolithen. Sie ist annähernd linear und wird von der Regressionsgeraden $y = 0,076 \times + 1,144$ beschrieben. Die Gerade schneidet den positiven Ast der y -Achse bei 1,144.

Ist die Beziehung Körperlänge:Otolithenlänge linear und geht die empirische Linie durch den Ursprung des Koordinatensystems, dann besteht zwischen dem Längenwachstum des Fisches und dem Wachstum des Otolithen ein direkt-proportionaler Zusammenhang. Die Fischlänge in einem bestimmten Alter („n“) kann dann auf Grund der Anlage der Annuli nach der Rückberechnungsmethode von LEA (1910, zit. bei TESCH, 1971) berechnet oder graphisch ermittelt werden:

$$L_n = \frac{O_n}{O_t} \cdot L_t$$

L_n = Länge des Fisches, als der Annulus „n“ gebildet wurde

L_t = Länge des Fisches zum Zeitpunkt des Fanges

O_n = Otolithenradius im Jahre „n“

O_t = totaler Otolithenradius

Für jeden Fisch wurde der „Otolithenfaktor“ (im Sinne des „Schuppenfaktors“ nach ELSTER, 1944) $L_t : O_t$ errechnet. Die Multiplikation der Otolithenradien (O_n) mit dem „Otolithenfaktor“ ergab die unkorrigierten Längenwerte (in den Jahren „n“) nach LEA (1910, zit. bei TESCH, 1971).

Wenn aber die Wachstumsbeziehung, wie in diesem Fall, nicht isometrisch ist, so muß anhand einer Eichkurve eine Korrekturmöglichkeit gefunden werden. Als Eichkurve wurde die Beziehung zwischen der Körperlänge (L_t) und dem „Otolithenfaktor“ (Abb. 4b) verwendet. Auch sie war annähernd linear und wurde durch die Gerade $y = 3,456 \times + 103,84$ beschrieben. Fische von ca. 11 cm Länge haben einen durchschnittlichen „Otolithenfaktor“ von 141,955. Der Faktor steigt mit Zunahme der Fischgröße an und erreicht bei 38 cm Körperlänge 235,51.

Bezüglich der Korrektur wurden folgende Überlegungen angestellt: Unter der Voraussetzung, daß Fische mit gleichem Wachstum auch Zuwachsrings mit dem gleichen Radius anlegen, müßte die Rückberechnung der Körperlänge im Jahre „n“ bei kleinen und großen Fischen den gleichen Wert ergeben.

Nach LEAs Formel ändert sich aber der rückberechnete Längenwert (L_n) in Abhängigkeit von der Körperlänge (L_t). Beispiel: haben Fische mit gleichem Wachstum ihren ersten Otolithen-Zuwachsrings mit einem Radius von 0,5 mm angelegt, so würden die rückberechneten Längen für das erste Jahr bei verschiedenen großen Saiblingen unterschiedlich hoch ausfallen (Tab. 1).

Tabelle 1: Beispiele für die Rückberechnung der Länge im ersten Jahr bei verschiedenen großen Saiblingen des Achensees. Erläuterung im Text.

Fischlänge L_t	„Otolithenfaktor“	rückberechneter Wert für Annulus mit Radius 0,5 mm in mm
10 cm	138,490	69,25
15 cm	155,815	77,91
20 cm	173,140	86,57
25 cm	190,465	95,24
30 cm	207,790	103,90
35 cm	225,115	112,56

Es ist anzunehmen, daß die Rückberechnung bei sehr kleinen Fischen, und die Längenberechnung aus kürzlich angelegten Ringen genügend genau ist, doch würden die Rückberechnungen zu hoch sein, je länger die Anlage des Ringes zurückliegt und je größer der bearbeitete Fisch ist.

Um diese Fehler zu beheben, wurde eine Korrekturtabelle (Tab. 2) aufgestellt. Sie

M/S	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
137.75	0																																					
121.00	3.1	0	0	0																																		
124.50	5.5	2.8																																				
128.00	8.3	5.5	2.6	0																																		
132.00	10.0	7.4	2.7	0																																		
135.00	13.0	10.4	7.7	5.3	2.5	0																																
138.50	15.3	12.6	9.9	7.7	5.0	2.6	0																															
142.00	17.2	14.8	12.3	10.1	7.3	4.9																																
145.50	19.1	16.7	14.2	11.5	8.6	6.2																																
148.75	21.0	18.8	16.2	14.0	11.6	9.3	6.9	4.6	2.4	0																												
152.25	23.0	20.7	18.1	16.0	13.6	11.3	9.0	6.7	4.7	2.3	0																											
155.75	24.5	22.4	20.1	17.9	15.5	13.4	11.1	8.8	6.8	4.4	2.2	0																										
159.25	26.1	24.1	21.7	19.7	17.5	15.2	13.0	10.8	8.8	6.5	4.4	2.2	0																									
162.75	27.1	24.1	21.7	19.7	17.5	15.2	13.0	10.8	8.8	6.5	4.4	2.2	0																									
166.00	29.3	27.1	24.9	23.0	20.7	18.7	16.6	14.4	12.5	10.3	8.3	6.3	4.3	2.0	0																							
169.50	30.6	28.6	26.5	24.6	22.3	20.3	18.3	16.2	14.4	12.1	10.1	8.1	6.1	4.0	2.0	0																						
173.00	32.1	30.1	28.0	26.0	24.0	22.0	19.9	17.9	16.0	14.0	12.0	9.9	7.9	5.9	4.1	2.1	0																					
176.50	34.1	32.1	30.0	28.0	26.0	24.0	22.0	19.9	17.9	16.0	14.0	12.0	9.9	7.9	5.9	4.1	2.1	0																				
180.00	36.1	34.1	32.0	30.0	28.0	26.0	24.0	22.0	19.9	17.9	16.0	14.0	12.0	9.9	7.9	5.9	4.1	2.1	0																			
183.50	37.1	35.1	33.0	31.0	29.0	27.0	25.0	23.0	21.0	19.0	17.0	15.0	13.0	11.0	9.0	7.0	5.0	3.0	1.0	0																		
187.00	38.1	36.1	34.0	32.0	30.0	28.0	26.0	24.0	22.0	20.0	18.0	16.0	14.0	12.0	10.0	8.0	6.0	4.0	2.0	0																		
190.50	39.1	37.1	35.0	33.0	31.0	29.0	27.0	25.0	23.0	21.0	19.0	17.0	15.0	13.0	11.0	9.0	7.0	5.0	3.0	1.0	0																	
194.00	40.1	38.7	36.8	35.1	33.3	31.5	29.8	28.0	26.4	24.6	22.8	21.0	19.3	17.4	15.8	14.1	12.3	10.5	8.8	7.0	5.2	3.4	1.8	0														
197.25	40.5	38.7	36.8	35.1	33.3	31.5	29.8	28.0	26.4	24.6	22.8	21.0	19.3	17.4	15.8	14.1	12.3	10.5	8.8	7.0	5.2	3.4	1.8	0														
200.75	41.4	39.8	38	36.3	34.4	32.8	31	29.2	27.7	25.9	24.1	22.4	20.7	18.9	17.3	15.6	13.8	12	10.4	8.6	6.9	5.1	3.5	1.8	0													
204.25	42.5	40.8	39	37.4	35.6	33.9	32.2	30.5	28.9	27.1	25.4	23.7	22	20.3	18.8	17	15.3	13.6	11.9	10.2	8.5	6.8	5.1	3.4	1.7	0												
207.75	43.5	41.8	40.1	38.4	36.6	34.8	33	31.5	29.8	28.0	26.4	24.6	22.8	21	19.3	17.4	15.8	14.1	12.3	10.5	8.8	7.0	5.2	3.4	1.8	0												
211.25	44.4	42.8	41.1	39.4	37.7	36.1	34.4	32.8	31.3	29.6	27.9	26.3	24.6	23	21.4	19.8	18.1	16.5	14.8	13.2	11.5	9.8	8.2	6.5	4.9	3.3	1.6	0										
214.75	45.3	43.7	41.9	40.4	38.7	37.1	35.5	33.8	32.4	30.7	29.1	27.5	25.8	24.2	22.7	21.1	19.4	17.8	16.2	14.6	13.0	11.3	9.8	8.2	6.5	4.9	3.3	1.6	0									
218.00	46.1	44.5	42.8	41.3	39.7	38.1	36.5	34.8	33.4	31.7	30.1	28.5	27.0	25.3	23.9	22.3	20.6	19.0	17.4	15.9	14.2	12.6	11.1	9.5	7.9	6.3	4.7	3.1	1.5	0								
221.50	46.8	45.2	43.6	42.0	40.4	38.8	37.2	35.6	34.0	32.4	30.8	29.2	27.6	26.0	24.4	22.8	21.2	19.6	18.0	16.4	14.8	13.2	11.6	10.0	8.4	6.8	5.2	3.6	2.0	0								
225.00	47.5	45.9	44.3	42.7	41.1	39.5	37.9	36.3	34.7	33.1	31.5	29.9	28.3	26.7	25.1	23.5	21.9	20.3	18.7	17.1	15.5	13.9	12.3	10.7	9.1	7.5	5.9	4.3	2.7	1.1	0							
228.50	48.6	47	45.4	43.8	42.2	40.6	39	37.4	35.8	34.2	32.6	31	29.4	27.8	26.2	24.6	23	21.4	19.8	18.2	16.6	15	13.4	11.8	10.2	8.6	7	5.4	3.8	2.2	0							
232.00	49.3	47.8	46.3	44.7	43.3	41.8	40.3	38.8	37.4	35.8	34.3	32.8	31.4	29.8	28.4	26.9	25.4	23.9	22.4	20.9	19.4	17.9	16.5	15.0	13.5	12.0	10.5	8.9	7.4	6.0	4.5	3.0	1.5	0				
235.50	50.1	48.6	47.3	45.7	44.2	42.7	41.2	39.7	38.3	36.8	35.3	33.8	32.4	30.9	29.5	28.0	26.5	25.0	23.6	22.1	20.6	19.0	17.7	16.2	14.8	13.3	11.8	10.3	8.8	7.4	6.0	4.5	3.0	1.5	0			
239.00	50.8	49.4	48.0	46.6	45.2	43.7	42.3	40.8	39.4	37.9	36.5	35.1	33.6	32.2	30.7	29.3	27.8	26.4	25.0	23.6	22.2	20.8	19.4	18.0	16.6	15.2	13.8	12.4	11.0	9.6	8.2	6.8	5.4	4.0	2.6	1.2		
242.25	51.8	50.4	49.0	47.6	46.2	44.8	43.4	42.0	40.6	39.2	37.8	36.4	35.0	33.6	32.2	30.8	29.4	28.0	26.6	25.2	23.8	22.4	21.0	19.6	18.2	16.8	15.4	14.0	12.6	11.2	9.8	8.4	7.0	5.6	4.2	2.8		
245.75	52.8	51.4	50.0	48.6	47.2	45.8	44.4	43.0	41.6	40.2	38.8	37.4	36.0	34.6	33.2	31.8	30.4	29.0	27.6	26.2	24.8	23.4	22.0	20.6	19.2	17.8	16.4	15.0	13.6	12.2	10.8	9.4	8.0	6.6	5.2	3.8		
249.00	53.8	52.4	51.0	49.6	48.2	46.8	45.4	44.0	42.6	41.2	39.8	38.4	37.0	35.6	34.2	32.8	31.4	30.0	28.6	27.2	25.8	24.4	23.0	21.6	20.2	18.8	17.4	16.0	14.6	13.2	11.8	10.4	9.0	7.6	6.2	4.8		
252.25	54.8	53.4	52.0	50.6	49.2	47.8	46.4	45.0	43.6	42.2	40.8	39.4	38.0	36.6	35.2	33.8	32.4	31.0	29.6	28.2	26.8	25.4	24.0	22.6	21.2	19.8	18.4	17.0	15.6	14.2	12.8	11.4	10.0	8.6	7.2	5.8		
255.75	55.8	54.4	53.0	51.6	50.2	48.8	47.4	46.0	44.6	43.2	41.8	40.4	39.0	37.6	36.2	34.8	33.4	32.0	30.6	29.2	27.8	26.4	25.0	23.6	22.2	20.8	19.4	18.0	16.6	15.2	13.8	12.4	11.0	9.6	8.2	6.8		
259.00	56.8	55.4	54.0	52.6	51.2	49.8	48.4	47.0	45.6	44.2	42.8	41.4	40.0	38.6	37.2	35.8	34.4	33.0	31.6	30.2	28.8	27.4	26.0	24.6	23.2	21.8	20.4	19.0	17.6	16.2	14.8	13.4	12.0	10.6	9.2	7.8		
262.25	57.8	56.4	55.0	53.6	52.2	50.8	49.4	48.0	46.6	45.2	43.8	42.4	41.0	39.6	38.2	36.8	35.4	34.0	32.6	31.2	29.8	28.4	27.0	25.6	24.2	22.8	21.4	20.0	18.6	17.2	15.8	14.4	13.0	11.6	10.2	8.8		
265.75	58.8	57.4	56.0	54.6	53.2	51.8	50.4	49.0	47.6	46.2	44.8	43.4	42.0	40.6	39.2	37.8	36.4	35.0	33.6	32.2	30.8	29.4	28.0	26.6	25.2	23.8	22.4	21.0	19.6	18.2	16.8	15.4	14.0	12.6	11.2	9.8		
269.00	59.8	58.4	57.0	55.6	54.2	52.8	51.4	50.0	48.6	47.2	45.8	44.4	43.0	41.6	40.2	38.8	37.4	36.0	34.6	33.2	31.8	30.4	29.0	27.6	26.2	24.8	23.4	22.0	20.6	19.2	17.8	16.4	15.0	13.6	12.2	10.8		
272.25	60.8	59.4	58.0	56.6	55.2	53.8	52.4	51.0	49.6	48.2	46.8	45.4	44.0	42.6	41.2	39.8	38.4	37.0	35.6	34.2	32.8	31.4	30.0															

Tab. 2

gibt an, um wieviel Prozent der rückberechnete Längenwert eines Saiblings, entsprechend seines Otolithenfaktors, zu hoch ist. Alle Wachstumsrückberechnungen der Saiblinge wurden anhand dieser Tabelle korrigiert.

Die Kurve 2 der Abbildung 3 zeigt das durchschnittliche Wachstum der Saiblinge, das nach den Otolithenstrukturen rückberechnet wurde. Beide Kurven, 1 und 2, entsprechen nicht der üblichen Vorstellung einer Abwachskurve, die ja normalerweise einer exponentiellen Funktion folgt. Das stärkste Wachstum zeigt sich zu Beginn bis zum 2. Jahr. Die Zuwachsrate nimmt dann zum 4. Jahr hin ab und steigt vom 5. Jahr wieder an. Die Standardabweichung vergrößert sich mit zunehmendem Alter, eine Tatsache, die im starken Auseinanderwachsen der Individuen eines Jahrganges ihren Grund haben dürfte.

3.3. Versuch der Abtrennung von Teilpopulationen mit morphometrischen Methoden

1. Relativer Augendurchmesser

Bei 308 Seesaiblingen wurden die relativen Augendurchmesser bestimmt. Die Werte liegen zwischen 2,78 und 6,44 Prozent der L_t . Der Mittelwert beträgt 4,30, die Standardabweichung 0,5194. In Abbildung 5 ist die Verteilung der horizontalen (und der vertikalen) relativen Augendurchmesser dargestellt. Es wurde eine gute Übereinstimmung mit der Normalkurve gefunden (Schiefe = $-0,15195$, Exzess = $-0,08082$). Die Verteilung gibt keine Hinweise auf zwei oder mehrere Populationen.

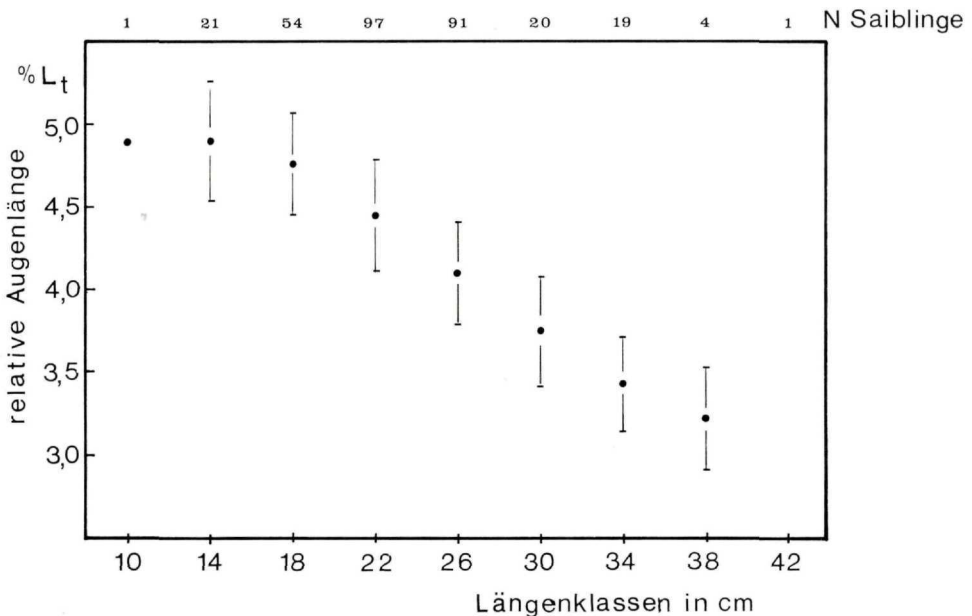


Abb. 6 Beziehung zwischen dem relativen Augendurchmesser und der Länge der Saiblinge. Intervall der Klassen = 4 cm, Bezeichnung von x = Mittelpunkt der Klasse, N = Zahl der Saiblinge in den Klassen.

Um erkennen zu können, ob das Merkmal der relativen Augendurchmesser tatsächlich normal verteilt ist und nicht etwa von der Fischlänge abhängt, wurden die relativen Augendurchmesser eines jeden Fisches zu seiner Körperlänge in Beziehung gesetzt. Das Ergebnis ist in Abbildung 6 dargestellt und zeigt, daß die Augendurchmesser mit der Fischlänge korreliert sind. Fische der Größenklasse 14 cm (12–15,9 cm) haben einen relativen Augendurchmesser von 4,87 Prozent, während Saiblinge über 40 cm einen relativen Augendurchmesser von weniger als 3 Prozent aufweisen. Somit hat das Merkmal des relativen Augendurchmessers wenig Wert für eine Populationstrennung.

Als erster hat SCHILLINGER (1901) die großen Augen der Tiefseesaiblinge des Bodensees beschrieben und erklärte sie mit der Anpassung an das lichtarme Milieu in größeren Tiefen. WUNDER (1926) wies auf histologischem Wege nach, daß die Netzhaut bei Tiefseesaiblingen eine geringere Zahl von Zapfenzellen hat, daß also die Fähigkeit, Farben zu sehen, reduziert ist. NERESHEIMER (1937) schreibt, daß man die Tiefseesaiblinge „ganz besonders an ihren außerordentlich stark vergrößerten Augen als Bewohner größerer Tiefen erkennt“. DÖRFEL (1972) hat die Verteilung der relativen Augendurchmesser bei der Tiefenform und bei der Normalform des Überlinger Sees untersucht. Es ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der Verteilung bei den Populationen auf dem 1-Prozent-Niveau, obgleich die Differenz nur etwa 3 Prozent beträgt. DÖRFEL betont aber, daß allometrisches Wachstum bei der Verteilung eine Rolle spielen könnte.

BURESCH (1925) stellte fest, daß die relative Augengröße der Saiblinge mit dem Alter abnimmt und daß daher alle kleineren Formen größere Augen haben. Er bemerkte die besonders großen Augen der Schwarzreuterpopulationen aus dem Vorderen Gosausee und aus dem Tappenkarsee. JAKOBI (1956) hat die relativen Augendurchmesser von Seesaiblingen mehrerer österreichischer Seen (Plansee, Fuschlsee, Lunzer Mittersee, Lunzer Obersee, Mölser See, Schwarzsee ob Sölden und Mühldorfer Seen) untersucht und ebenfalls eine Verringerung der relativen Augendurchmesser mit zunehmendem Alter beschrieben.

2. Anzahl der Flossenstrahlen

Ein Merkmal, das nicht vom Wachstum eines Fisches beeinflusst wird, ist die Zahl der Flossenstrahlen. Bei 361 Saiblingen wurden die Flossen dicht beim Ansatz abgeschnitten (bei den paarigen Flossen nur die der linken Seite) und auf Karteikarten geklebt. Die Flossenstrahlen wurden später an den trockenen Flossen abgezählt.

Die Analflossen (A) haben 9–15 Strahlen, im Mittel 12,42 ($s = 1,0889$).

Die Dorsalflossen (D) haben 10–17 Strahlen, im Mittel 14,07 ($s = 1,1182$).

Die Pectoralflossen (P) haben 10–17 Strahlen, der Mittelwert lautet 13,93 ($s = 1,1632$).

Die Ventralflossen (V) haben 8–12 Strahlen, der Mittelwert beträgt 9,60 ($s = 0,7007$).

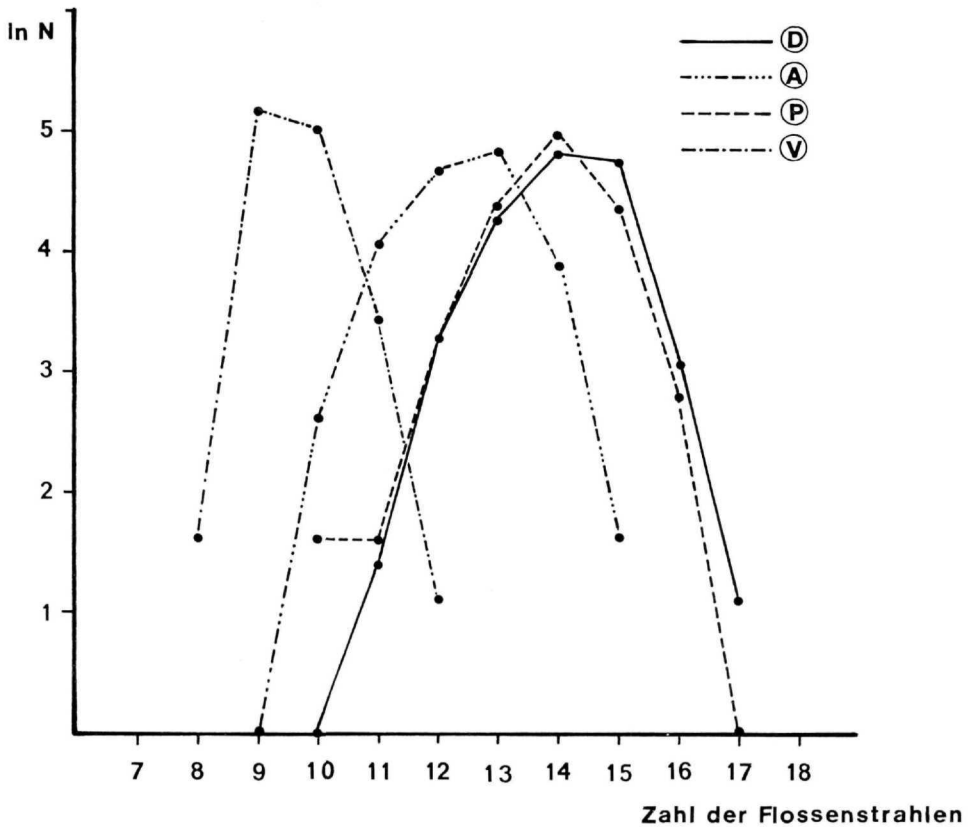


Abb. 7 Verteilungskurven der Flossenstrahlenzahlen, halblogarithmisch.

Die Caudalflossen (C) haben 22–38 Strahlen, im Mittel 30,09 ($s = 2,9127$). Die Häufigkeitsverteilung der Flossenstrahlen sind für alle fünf Flossen in Abbildung 7 dargestellt. Auch sie werden durch eingipfelige Kurven ausgedrückt und enthalten keinerlei Hinweise auf mehr als eine Population. Die Abweichungen von der Normalkurve sind in Tabelle 5 angeführt.

Die Streuung der Flossenstrahlenzahlen, die bei den Achenseesaiblingen gefunden wurden, bewegt sich ungefähr in den Grenzen, die auch andere Autoren für Seesaiblinge angeben. In Tabelle 3 werden diese Werte einander gegenübergestellt.

Tabelle 3: Angaben über die Variationsbreite der Flossenstrahlenzahl der Saiblinge bei verschiedenen Autoren

	BURESCH (1925)	BERG (1948)	LADIGES und VOGT (1965)
Saiblinge des Achensees			
A : 9–15	10–13	10–13	10–13
D : 10–17	12–16	11–15	12–15
P : 10–17	13–14		
V : 8–12	9–10		
C : 22–38			

3. Zahl der Wirbelknochen

Zur Zählung der Wirbelknochen wurden von 24 Seesaiblingen Röntgenaufnahmen hergestellt. Wegen des Aufwandes konnten nicht mehr Fische in dieser Art bearbeitet werden. Die untersuchten Saiblinge hatten zwischen 58 und 65 Wirbelknochen, der Mittelwert beträgt 63,13 ($s = 1,8013$).

Es sind aber nicht genügend Wirbelzahlen vorhanden, um gesicherte Aussagen über die Verteilung dieses Merkmals zu machen.

4. Zahl der Reusendornen

Die Kiemenbögen tragen auf ihrer Innenseite ein unterschiedlich dichtes Filter von leicht kegelförmigen Reusendornen. Die Dicke der Dornen ist bei den Achenseesaiblingen verschieden, bei vielen Fischen sind die obersten und untersten Dornfortsätze nur knötchenartig ausgebildet.

Dem Merkmal „Reusendornenzahl“ wird, speziell in der Coregonensystematik eine besondere Bedeutung zugemessen (WAGLER, 1941; STEINMANN, 1950; SVÄRDSON, 1949; LAMPERT, 1971). Während HAEMPEL (1924) und BURESCH (1925) feststellten, daß die Anzahl der Siebfortsätze bei den Saiblingen verschiedener Seen innerhalb der Variationsgrenzen konstant sei, konnten NILSSON und FILIPSSON (1971), McCART und CRAIG (1971) und DÖRFEL (1972) signifikante Unterscheidungen beim Mittelwert der Reusendornenzahlen sympatrischer Saiblingspopulationen treffen.

Nach SVÄRDSON (1949) ist die Zahl der Reusendornen das einzige Merkmal, das der Umwelt gegenüber stabil und genetisch fixiert ist. SVÄRDSON stellt fest, daß sich die Zahl der Reusendornen weder mit der Zeit noch durch Verpflanzung in andere Gewässer verändert. Sie ändert sich aber als Antwort auf Selektion und mitteilt sich bei Hybriden.

Die Fortsätze des ersten rechten Kiemenbogens wurden bei 298 Seesaiblingen gezählt. Die Zahl der Reusendornen ist bei den Achenseesaiblingen verhältnismäßig weit gestreut. Es wurden Zahlen zwischen 16 und 30 gefunden. Der Mittelwert beträgt 25,03 (Standardabweichung $s = 2,17$). Verglichen mit der Normalverteilung ist die Verteilung dieses Merkmals steilgipfelig (Schiefe = +0,25712, Exzess =

+ 1,1417) (Abb. 8), doch ist auch hier nur ein Gipfel festzustellen. Tabelle 4 bringt Reusendornenzahlen mehrerer *S.-alpinus*-Populationen.

Tabelle 4: Zahl der Reusendornen verschiedener Seesaiblingspopulationen

<i>S. alpinus</i> aus	N	Variationsbreite	M_x	s	Autor
mehreren Alpenseen	200		26–27		BURESCH (1925)
Karfluß	86	18–30			BERG (1948)
Bodensee: Tiefenform		20–25			BEHNKE (1972)
Bodensee: Normalform		27–31			BEHNKE (1972)
Überlinger See: Tiefenform	64	19–27	22,3	1,43	DÖRFEL (1972)
Überlinger See: Normalform	40	25–31	27,7	1,18	DÖRFEL (1972)
Feldsee	8	25–28	26,2		DÖRFEL (1972)
Achensee	298	16–30	25,03	2,17	

4. Diskussion

Wachstum:

Wie aus Abbildung 3 zu ersehen ist, läßt sich bei den Achenseesaiblingen bis zum 8. Lebensjahr kein Rückgang des Wachstums erkennen.

Ab der Altersklasse 5^t kommt es sogar zu einer Beschleunigung des Abwachsens. Diese Wachstumssteigerung wird auf erhöhte Saturität im höheren Alter und mit der Umstellung der Saiblinge auf piscivore Lebensweise erklärt.

STEINMANN (1942) und STEINBÖCK (1950) sind der Ansicht, daß der Übergang von Planktonnahrung zur Fischnahrung Schnellwüchsigkeit hervorruft, während Planktonnahrung allein wenig auf die Wachstumshormone einwirke.

Morphometrische Untersuchungen:

Es wurde gezeigt, daß eine Beziehung zwischen dem relativen Augendurchmesser und der Fischlänge besteht und daß das Merkmal „Augendurchmesser“ für die Abspaltung von Teilpopulationen ungeeignet ist. Die weiteren Merkmale waren annähernd normal verteilt und es wurden keine Hinweise gefunden, die auf das Vorhandensein von zwei oder mehreren Saiblingspopulationen hinweisen.

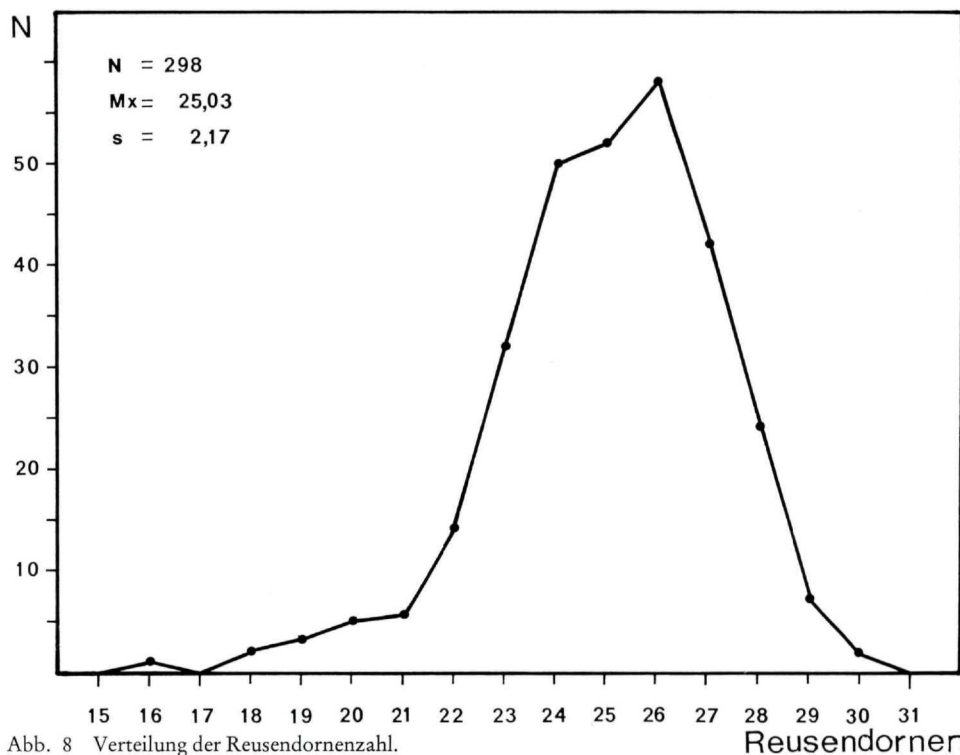


Abb. 8 Verteilung der Reusendornenzahl.

In Tabelle 5 sind die berechneten statistischen Größen der untersuchten Merkmale zusammengestellt:

Tabelle 5: Statistische Größen einiger meristischer Parameter der Achenseesaiblinge:

	N	Varia- tions- breite	M _x	s	Schiefe	Exzess
rel. Augendurch- messer	308	2,8– 6,4	4,30	0,5194	+ 0,15195	– 0,08082
Zahl der Flossen- strahlen						
D	361	10 –17	14,07	1,1182	+ 0,66439	+ 0,18807
A	360	9 –15	12,42	1,0889	+ 1,16197	– 0,24772
P	359	10 –17	13,93	1,1632	+ 0,46307	+ 1,00016
V	361	8 –12	9,60	0,7007	+ 0,37107	+ 0,19486
C	359	22 –38	30,09	2,9127	+ 0,17512	– 0,12207
Zahl der Wirbel- knochen	24	58 –65	63,13	1,8013	+ 0,38664	+ 0,49172
Zahl der Reusen- dornen	298	16 –30	25,03	2,1686	+ 0,25712	+ 1,14170

Voraussetzung für die Existenz sympatrischer Populationen ist genetische Isolation. Diese kann entweder durch getrennte Laichplätze oder durch getrennte Laichzeiten bewirkt werden.

Im Achensee gibt es keine Zuflüsse, in die eine Population zum Laichen aufsteigen könnte. Und der See selbst dürfte zu klein sein, um eine lokale Isolation der Laichpopulationen zu gewährleisten.

Da die Saiblinge im Achensee eine relativ lange Laichzeit haben (Mitte November bis Anfang Feber [SCHULZ, 1977]), wäre eine Isolation auf Grund verschiedener Laichzeiten denkbar. Die Populationen müßten aber bei Anwesenheit der restlichen Saiblinge ablaichen. Fische anderer Populationen (besonders Männchen, da diese eine längere Periode der Laichbereitschaft haben als die Weibchen [SCHULZ, 1977]) würden sich den laichenden Fischen anschließen (SVÄRDSON, 1951; LAMPERT, 1971). Daraus müßte ein Verschmelzen der Populationen resultieren. Es ist also nicht wahrscheinlich, daß im Achensee mehrere sympatrische Populationen leben.

Die Seesaiblinge des Achensees mit all ihren Übergangsformen vom typischen Normalsaibling zu Saiblingen, die wir als kleine Wildfangsaiblinge ansprechen wollen, dürften nur eine Population bilden, welche allerdings sehr variable Merkmale aufweist. Diese Variabilität wird auf unterschiedliche Lebens- und Ernährungsweise der einzelnen Individuen im nährstoffarmen Achensee zurückgeführt.

Der in den modernen Bestimmungsbüchern üblichen Systematik (LADIGES und VOGT, 1965; MUUS und DAHLSTRÖM, 1968) folgend, müßten die Saiblinge des Achensees der Subspezies *Salvelinus alpinus salvelinus* L. zugeordnet werden. Solange aber keine einheitliche Meinung über die systematische Stellung der Saiblinge herrscht, sollen die Achenseesaiblinge als *Salvelinus alpinus* (L.) im Sinne von BEHNKE (1972) bezeichnet werden.

5. Zitierte Literatur

- ANDREWS, C. W., und LEAR, E. (1956): The biology of the Artic Char (*Salvelinus alpinus* L.) in northern Labrador. – J. Fish. Res. Bd. Can. 13, 6: 843–860
- BEHNKE, R. J. (1972): The systematics of salmonid fishes of recently glaciated lakes. – J. Fish. Res. Bd. Can. 29: 639–671
- BERG, A., und GRIMALDI, E. (1965): Biologia delle due forme di coregone (*Coregonus* sp.) del Lago Maggiore. – Mem. 1st Ital. Idrobiol. 18: 25–196
- BERG, A., und GRIMALDI, E. (1967): A critical interpretation of the scale structures used for the determination of annuli in fish growth studies. – Mem. 1st Ital. Idrobiol. 21: 225–239
- BERG, L. S. (1932): Übersicht der Verbreitung der Süßwasserfische Europas. – Zoogeographica 50: 107–208
- BERG, L. S. (1948): Freshwater fishes of the USSR and adjacent countries. – Zool. Inst. Akad. Nauk SSSR 1, 27, 1: pp. 466. – Scientific Translations, Jerusalem 1962, 4. Ed.: pp. 504
- BÜCKMANN, A. (1929): Die Methodik fischereibiologischer Untersuchungen an Meeresfischen. – In: ABDERHALDEN, Handbuch biol. Arb. Methoden, Abt. 9, 6: 1–194
- BURESCH, R. (1925): Studien am Seesaibling mehrerer Alpengseen. – Z. f. Fischerei u. Hilfswiss. 23: 99–118

- DAHL, K. (1926): Contribution to the biology of the Spitzbergen Char.-Result. norske Spitzb. Eksp. (Norsk Polarinst. Skr.) 1, 7: 1-12
- DOLJAN, E. (1920): Der Seesaibling (*Salmo salvelinus*) und seine wirtschaftliche Bedeutung. – Österr. Fischerei Ztg. 17
- DÖRFEL, H.-J. (1972): Zur Problematik der Saiblingspopulationen im Überlinger See. – Staats-examensarbeit aus dem limnologischen Institut der Universität Freiburg i. Br.: pp. 111
- DYMOND, J. R., und VLADYKOV, V. D. (1933): The distribution and relationship of the Salmonid fishes of North America and North Asia. – Proc. Fifth Pac. Sci. Congress: 3741-3750
- ELSTER, H.-J. (1936): Einige biologische Beobachtungen an *Heterocope borealis*, FISCHER. – Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 33
- 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 Blaufelchen-fischerei des Bodensees. – Z. f. Fischerei und Hilfswiss. 42: 169-357
- FATIO, V. (1885): Sur les Corégones de la Suisse. – Arch. Sci. phys. nat. 14: 89-94, 252-255
- GRAINGER, E. H. (1953): On the age, growth, migration, reproductive potential and the feeding habits of the Arctic Char (*Salvelinus alpinus*) of Frobisher Bay, Baffin Island. – J. Fish. Res. Bd. Can. 10, 6: 326-370
- HAEMPEL, O. (1924): Studien am Seesaibling mehrerer Alpenseen. – Verh. Int. Verein. Limnol. 2
- HAEMPEL, O. (1930): Fischereibiologie der Alpenseen. – In: Die Binnengewässer. Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten, 10: pp. 259
- HUITFELDT-KAAS, H. (1927): Studier over aldersforholde og veksttyper hos norske ferskvands-fisker. – Oslo, pp. 358
- JAKOBI, W. (1956): Beitrag zum Problem der alpinen Saiblinge mit besonderer Berücksichtigung der Bestimmung des Alters. – Diss. aus dem Zool. Institut der Univ. Innsbruck: pp. 236
- JORDAN, D. S., EVERMANN, B. W., und CLARK, H. W. (1930): Check list of the fishes and fishlike vertebrates of North and Middle America north of the northern boundary of Venezuela and Columbia. – Rep. U. S. Fish Comm. for 1928, 2: pp. 670
- LADIGES, W., und VOGT, D. (1965): Die Süßwasserfische Europas. – Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin: pp. 250
- LAGLER, K. F. (1971): Capture, sampling and examination of fishes. – In: RICKER, W. E., Edit.: Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP-Handbook No. 3, 2. Ed.: 7-44. – Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh
- LAMBY, K. (1941): Zur Fischereibiologie des Myvatn, Nord-Island. – Z. f. Fischerei und Hilfswiss. 39, 5: 749-805
- LAMPERT, W. (1971): Untersuchungen zur Biologie und Populationsdynamik der Coregonen im Schluchsee. – Arch. Hydrobiol., Sppl. 38, 3: 237-314
- LEA, E. (1910): On the methods in herring investigations. – Publ. Circonst. Cons. perm. int. Explor. Mer. No. 53
- McCART, P., und CRAIG, P. (1971): Meristic differences between anadromous and freshwater-resident Arctic Char (*Salvelinus alpinus*) in the Sagavanirtoke River drainage, Alaska. – J. Fish. Res. Bd. Can. 28
- NERESHEIMER, E. (1937): Die Lachsartigen. 1. Teil. – In: DEMOLL, R., und MAIER, H. N. Edit.: Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas 3: pp. 369
- NILSSON, N.-A., und FILIPSSON, O. (1971): Characteristics of two discrete populations of Arctic Char (*Salvelinus alpinus* L.) in a north Swedish lake. – Rep. Inst. Freshw. Res. Drottning-holm 51
- NORDENG, H. (1961): On the biology of char (*Salmo alpinus* L.) in Salangen, N-Norway. I. Age and spawning frequency determined from scales and otoliths. – Nytt Magazin for Zoology 10: 67-123
- NÜMANN, W., und SELLA, M. (1943): Die Ausbildung des „Winterringes“ bei Schuppen von Forellen (*Salmo carpio*, *S. fario*, *S. marmoratus* und *S. irideus*) und Blaufelchen (*Coregonus wartmanni*). – Thalassia 5, 7: 1-18
- REGAN, C. T. (1911): The freshwater fishes of the British Isles. – Methuen, London: pp. 287
- REISINGER, E. (1953): Zum Saiblingsproblem. – Carinthia II, Jg. 143/63, Heft 2: 74-102

- RUHLÉ, Ch. (1976): Die Bewirtschaftung des Seesaiblings (*Salvelinus alpinus selvelinus* L.) im Zugersee. – Diss. aus der ETH Zürich: pp. 220
- SCHILLINGER, A. (1901): Der Tiefseesaibling. – Allgem. Fischerei Ztg. 26
- SCHINDLER, O. (1936): Zur Frage der Saiblingsfischerei im Königsee. – Allgem. Fischerei Ztg. 14
- SCHINDLER, O. (1940): Die Saiblinge des Königsees. – Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 39: 600–627
- SCHINDLER, O. (1950): Der Königsee als Lebensraum. – Veröffentl. d. Zool. Staatssamml. München, 1
- SCHINDLER, O., und WAGLER, E. (1936): Zur Biologie der Seeforelle (*Trutta lacustris* L.). – Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 33, 5/6
- 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. (1977): Untersuchungen zur Biologie der Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus* [L.]) (Pisces.: Salmonidae) im Achensee (Tirol, Österreich). Teil II: Fortpflanzung. – Ber. Nat.-med. Ver. Innsbruck, 64
- STEINBÖCK, O. (1950): Probleme der Ernährung und des Wachstums bei Salmoniden. – Schweiz. Fischerei Ztg. 3/4
- STEINMANN, P. (1942): Experimentelle Untersuchungen über die Wüchsigkeit der Seesaiblinge (Rötel). – Schweiz. Fischerei Ztg. 9: 1–8
- STEINMANN, P. (1950): Monographie der schweizerischen Koregonen. Beitrag zum Problem der Entstehung neuer Arten. – Schweiz. Z. Hydrol. 12, 1: 109–191; 12, 2: 340–491
- SVÄRDSON, G. (1949): The coregonid problem. I. – Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 29: 89–101
- SVÄRDSON, G. (1951): The coregonid problem. III: Whitefish from the Baltic, successful introduction into freshwaters in the North of Sweden. – Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 32: 79–125
- SVÄRDSON, G. (1952): The coregonid problem. IV: The significance of scales and gillrakers. – Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 33: 204–232
- TESCH, F. W. (1971): Age and growth. – In: RICKER, W. E., Edit.: Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP-Handbook, No. 3, 3. Ed.: 89–130. – Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh
- WAGLER, E. (1930): Der Bestand an Blaufelchen im Bodensee und die Bewirtschaftung der alpinen Renkenseen. – Schriften d. Ver. f. Gesch. d. Bodensees: pp. 68
- WAGLER, E. (1941): Die Coregonen. – In: DEMOLL, R., und MAIER, H. N., Edit.: Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, 3, 6: 371–494
- WUNDER, W. (1936): Physiologie der Süßwasserfische Mitteleuropas. – In: DEMOLL, R., und MAIER, H. N., Edits.: Handbuch der Binnenfischerei Mitteleuropas, II B: pp. 340
- WUNDSCH, H. H. (1927): Die Methoden der Altersbestimmung bei Fischen. – In: ABDERHALDEN, Handb. biol. Arb. Methoden. Abt. 9, 2, 1, Lieferung 231

Anschrift des Verfassers:

Dr. Norbert Schulz

Kärntner Institut für Seenforschung

Flatschacher Straße 70

A-9020 Klagenfurt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum](#)

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Schulz Norbert

Artikel/Article: [Untersuchungen zum Problem der Seesaiblinge des Achensees \(Tirol, Österreich\). 79-102](#)