

Diese unbeweglichen Pflänzchen mit einem größeren spezifischen Gewicht als Wasser sind darum für uns als Nutzpflanzen ungünstig.

Weiterhin erschwerend für eine Seenbewirtschaftung in unserem Sinne ist die Kurzlebigkeit der Schwebepflänzchen und die dadurch bedingte schnelle Aufeinanderfolge der verschiedensten Arten. Diese Gedeihperiode für eine bestimmte Art reicht oft nur über wenige Wochen. Dabei ist die Zeit ihres besten Wachstums, ihrer kräftigsten Vermehrung auf einen noch engeren Zeitraum begrenzt. Wollen wir stets günstige Arten im See haben, so müssen wir dauernd „säen“, wir müssen den schmalen Gedeihbereich der Formen, die wir im See zur Entfaltung bringen wollen, unser „Kraut“, genau kennen, müssen vorher unter künstlichen Bedingungen unser „Saatgut“ kultivieren und im geeigneten Augenblick den See damit überschwemmen.

Fassen wir noch einmal kurz zusammen, welche Forderungen an unser „Kraut“, an unsere See-Kulturpflanzen gestellt werden müssen:

Sie sollen klein und weichhäutig sein, damit sie ein gutes Futter abgeben für unsere kleinen Rädertierchen und Krebse. Sie sollen entweder beweglich oder zumindest nicht viel schwerer, besser sogar leichter als das Wasser sein, sie sollen einen möglichst großen Gedeihbereich haben und, wenn möglich, noch robuster sein als ihre Konkurrenten, damit wir diese mit Chemikalien — etwa Spuren von Kupfer — vernichten können, ohne unser „Kraut“ mitzuvernichten, denn auch „Unkrautjäten“ gehört zur Bewirtschaftung.

Solche Arten müssen für jeden See aus den vorhandenen ausgewählt werden, müssen kultiviert werden, damit wir „Samen“ haben, und müssen dann in kleinen Vorteiichen mit starken Nährstoffgaben und vermehrungsbeschleunigenden Mitteln angereichert werden, damit sie zur Zeit besten Gedeihens dem See eingepflanzt und vielleicht sogar noch durch eine Sonderdüngung besonders gefördert werden können.

Es ist klar, daß wir hier erst ganz am Anfang einer Seenbewirtschaftung in diesem Sinne stehen, im Grunde auch noch viel zu wenig wissen, um sogleich etwas Vollendetes durchführen zu können, aber wir sollten doch damit beginnen. Wir sollten „Kraut“ und „Unkraut“ sordern, sollten das „Kraut“ säen und fördern und das „Unkraut“ hintanzuhalten versuchen. Wir sollten weiter noch auch unsere kleinen Pflanzenfresser züchten und den bewirtschafteten See damit besetzen. Kurz, wir sollten die bewährten Methoden der Landwirtschaft einmal wohlüberlegt und konsequent zunächst auf kleinere Seen und dann, mit den gewonnenen Erfahrungen bewaffnet, auch auf größere anzuwenden versuchen.

*Dr. Wilhelm Einsle, Weißenbach a. A.*

Fischereibiologische Bundesanstalt

## Über den Sauerstoffbedarf von Fischen

### *1. Naturgeschichtliches über den Sauerstoff*

Alle, die mit der Fischerei zu tun haben, reden aus guten Gründen oft vom Sauerstoff. Intensiv ruft er die Gefühle und Gedanken des Fischers auf: Besorgt-wägendes Nachdenken, z. B. beim Versand lebender Fische, bekümmertes Kopfnicken oder auch wütende Anklagen, wenn er eingegangene

Fische findet, sei es im Bach oder im Transportfaß. Aber obwohl der Sauerstoff eine so hervorragende Rolle beim Tun und Überlegen der Fischer spielt, findet man in ihrem Wissensschatz merkwürdig wenig präzise Einzelkenntnisse über ihn.

In diesem Aufsatz soll vorwiegend rein naturgeschichtlich über den Sauerstoff gesprochen werden: Exakte, allgemeine Kenntnisse sind das Fundament, auf welchem das im engeren Sinn den Fachmann Angehende (das „was er in der täglichen Praxis braucht“) aufgebaut werden sollte.

Der Sauerstoff ist der häufigste Stoff auf der Erde; rund die Hälfte ihres Gewichtes entfällt auf ihn! Freilich kommt hievon nur ein geringer Bruchteil für die Organismen in Frage, nämlich allein der freie, „elementare“ Sauerstoff. Der übrige, bei weitem größere Teil ist chemisch gebunden in den Gesteinen und im Wasser.

Das chemische Zeichen für Sauerstoff ist ein O (Anfangsbuchstabe von Oxygenium, dem lateinischen Namen, der dem Sauerstoff gegeben wurde). In allen chemischen Formeln, in welchen ein O vorkommt, ist demgemäß Sauerstoff enthalten, z. B. im Kalk:  $\text{CaCO}_3$ ; im Wasser:  $\text{H}_2\text{O}$ ; im Rost:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Elementar kommt der Sauerstoff nur als Bestandteil der Luft und, von da herstammend, im Wasser in Lösung vor. Elementar bedeutet: Nicht in chemischer Bindung mit anderen Stoffen. Da beim Luftsauerstoff stets zwei O-Atome beieinander sind, schreiben wir die Formel des elementaren Sauerstoffs nicht O, sondern  $\text{O}_2$ .

Der Sauerstoff spielt bekanntlich eine entscheidende Rolle bei der Atmung. Unmittelbar beobachtbar ist bei diesem Vorgang nur das äußere „mechanische“ Geschehen, weshalb dem Laien das Einatmen gleichbedeutend mit der Atmung selber ist. In Wirklichkeit ist das Atemholen nur das Anfangsglied einer langen Kette von Vorgängen, deren wichtigster sich tief verborgen in den Geweben abspielt. Dorthin wird der Sauerstoff durch den Blutstrom verfrachtet: In allen Geweben — insbesondere natürlich der Muskulatur — wird zur Vollbringung der organismischen Leistungen laufend Energie benötigt. Diese wird gewonnen, indem bestimmte Stoffe (fast ausschließlich Traubenzucker) an Ort und Stelle oxydiert, d. h. verbrannt werden. Dabei wird auf ein Gramm Zucker etwas mehr als ein Gramm Sauerstoff verbraucht und eine Energiemenge entsprechend fast vier Kalorien oder 1600 Meterkilogramm gewonnen. (Ein Meterkilogramm ist die Arbeit, die aufgewendet werden muß, um 1 kg einen Meter hoch zu heben.)

Die Luft besteht zu 21 Raumprozenten aus Sauerstoff; jeder Liter Luft enthält rund 0,4 Gramm (= 400 Milligramm). Genau wie Salz oder Zucker ist auch Luftsauerstoff im Wasser löslich. Wäre er es nicht, so gäbe es dort kein Leben; und verschwindet er aus irgend einem Grund aus dem Wasser, so erlischt es.

Der Sauerstoff ist im Wasser ziemlich schwer löslich. Als Richtzahl kann man sich merken, daß in einem Liter  $\text{O}_2$ -gesättigten Wassers 10 Milligramm, oder was das gleiche ist, daß in 100 Litern ein Gramm enthalten ist.

Mit dieser Richtzahl allein können wir uns jedoch nicht begnügen, und zwar deshalb nicht, weil sie uns nichts aussagt über etwas im vorliegenden Zusammenhang sehr Wichtiges, nämlich über die Abhängigkeit der  $\text{O}_2$ -

Löslichkeit von der Wassertemperatur. Allgemein gilt in dieser Beziehung: Je kälter das Wasser ist, um so mehr Sauerstoff vermag es zu lösen. Die für uns wichtigsten speziellen Zahlenangaben sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Um sie handlicher zu machen, sind die Zahlen ein wenig abgerundet.

Tabelle 1

**Löslichkeit des Sauerstoffs in Wasser bei verschiedenen Temperaturen:**Ein Liter O<sub>2</sub>-gesättigten Wassers enthält:

|          |                  |
|----------|------------------|
| bei 1° C | 14 mg Sauerstoff |
| 4° C     | 13               |
| 8° C     | 12               |
| 11° C    | 11               |
| 16° C    | 10               |
| 21° C    | 9                |
| „ 27° C  | 8 „              |

Man sieht aus der Tabelle, daß, um die Extreme als Beispiel zu nehmen, bei 1 Grad Celsius um 75% mehr Sauerstoff löslich ist als bei 27 Grad.

Die Natur, so sagt man, Sorge für ihre Kinder aufs beste und oft wunderbar. Dies trifft in vielen Fällen sicher zu. In dem uns jetzt beschäftigenden jedoch nicht: Der Sauerstoffbedarf der Wassertiere wächst nämlich mit sich erhöhender Temperatur stark an. Wie wir sahen, kommt die physische Natur diesem Bedürfnis der lebendigen jedoch nicht entgegen, ja sie opponiert ihm geradezu, da ja dem mit steigender Temperatur steigenden Bedarf der Organismen an Sauerstoff dessen abfallende Löslichkeit parallel geht.

*2. Über den Sauerstoffbedarf verschiedener Fische*

Wie eben kurz dargelegt wurde, erhöht sich der Sauerstoffbedarf der Fische mit steigender Temperatur des Aufenthaltswassers. Denjenigen, die mit dem Transport von Fischen zu tun haben, ist dies zwar bekannt, doch haben sie meist nur einen sehr ungefähren Begriff davon. Diesen Begriff wollen wir nachfolgend zu präzisieren versuchen.

Gleich eingangs sei noch gesagt, daß der Sauerstoffverbrauch außer von der Temperatur auch von der Fischart abhängig ist und daß innerhalb der gleichen Art die kleinen Fische relativ mehr Sauerstoff brauchen als die großen. Es ist bekanntlich auch nicht gleichgültig, ob der Darmtraktus eines Fisches voll oder leer ist. Ist er voll, so ist der O<sub>2</sub>-Verbrauch infolge der zusätzlich zu leistenden Verdauungsarbeit größer als bei einem Fisch mit leerem Darm. Auch gewisse chemische Eigenschaften des Wassers, vor allem sein pH-Wert\*) und die Sauerstoffkonzentration selbst, haben Einfluß auf den O<sub>2</sub>-Verbrauch. Weiterhin die „Stimmung“, d. h., der Reizzustand eines Fisches und begreiflicherweise die Intensität seiner Bewegungen. Wir können alle diese Faktoren im praktischen Fall natürlich nicht immer im einzelnen berücksichtigen; die nachfolgend genannten mittleren abgerundeten Normalwerte genügen indessen für die Zwecke der Praxis voll und ganz.

Als Grundzahlen wollen wir uns folgende merken: 1 kg große Speiseforellen verbrauchen im Wasser von 10 Grad pro Stunde 100 Milligramm Sauerstoff; Setzlinge ver-

\*) Vergl. O. Pesta: „Über die Bedeutung des pH“ in dieser Zeitschr., Jg. 1949, S. 127—130 (Anm. d. Red.).

brauchen (pro Kilogramm und Stunde) etwa das Dreifache! Auf 1 kg mögen drei schöne Speiseforellen gehen; das gleiche Gewicht haben 300 Setzlinge von 6 bis 8 cm Länge.\*)

Was den Bedarf verschiedener Fischarten angeht, so schwankt er, von Extremen abgesehen, im Verhältnis von etwa 1:3. Karpfen und andere Weißfische verbrauchen, gleiche Temperatur und Größe vorausgesetzt, etwa ein Drittel soviel Sauerstoff wie die Salmoniden. Natürlich verhalten sich nicht alle Weißfische ganz gleich. Einen besonders niedrigen Bedarf unter den Weißfischen haben die Schleien; er beträgt nur etwa 50% des Karpfenbedarfes. Umgekehrt haben unter den Salmoniden die Reinanken einen besonders hohen Bedarf; er liegt um etwa 50% über demjenigen der Forellen.

Schließlich noch ein Wort über die wichtige Frage der Abhängigkeit des  $O_2$ -Bedarfs von der Wassertemperatur. Als Richtwert kann allgemein angegeben werden, daß er bei  $10^\circ$  Temperaturerhöhung auf das 2,5fache ansteigt. Setzen wir den Verbrauch bei  $10^\circ$  gleich 1, so beträgt er

| Tabelle 2     |                    |
|---------------|--------------------|
| bei $1^\circ$ | das 0,4fache davon |
| $3^\circ$     | 0,5fache           |
| $5^\circ$     | 0,6fache           |
| $8^\circ$     | 0,8fache           |
| $10^\circ$    | 1,0fache           |
| $12^\circ$    | 1,2fache           |
| $14^\circ$    | 1,5fache           |
| $17^\circ$    | 2,0fache           |
| „ $20^\circ$  | 2,5fache           |

Einigermaßen sind wir jetzt mit, den Kenntnisvoraussetzungen zur Berechnung der uns eigentlich interessierenden Größe ausgerüstet, nämlich der Wassermenge, die eine bestimmte Quantität Fische verschiedener Art und Größe braucht, wenn sie eine bestimmte Zeit lang am Leben bleiben soll, ohne daß Sauerstoff, sei es aus der Stahlflasche, sei es durch Schütteln, sei es durch Frischwasser, zugeführt wird.

Völlig hinreichend sind unsere Kenntnisse jedoch noch nicht. Wir können uns zwar jetzt ausrechnen, wieviel Sauerstoff eine gewisse Quantität Fische innerhalb einer bestimmten Zeit bei einer bestimmten Temperatur braucht. Damit können wir aber noch nicht ohne weiteres die benötigte Wassermenge berechnen, und zwar aus folgendem Grund nicht: Der Sauerstoff, der sich in einer gegebenen Wassermenge befindet, ist nicht bis auf Null herunter verwertbar. Manche Fische sterben schon, wenn die  $O_2$ -Konzentration auf 6 bis 7 mg pro Liter abgesunken ist (Reinankensetzlinge\*\*), andere halten bis auf 3 bis 4 mg herunter aus (Forellen) und die besonders anspruchslosen und zähen bis zu etwa 1 mg pro Liter (Schleien). Aus diesen Beobachtungen folgt, daß die für die Atmung verfügbare Sauerstoffmenge immer geringer ist als die im Wasser insgesamt vorhandene. Bei  $8^\circ$  z. B. beträgt die  $O_2$ -Konzentration gesättigten

\*) Vergleiche dazu W. Einsle: „Über den Zusammenhang von Länge und Gewicht bei Fischen“ und „Bedeutung der das Verhältnis von Länge und Gewicht bei Fischen beherrschenden Gesetzmäßigkeiten“; diese Zeitschrift, Jahrgang 1948, Heft 3 und 4, Seite 56 und 82 (Anmerkung der Redaktion).

\*\*) Interessanterweise sind ungefütterte Reinankenbrütlinge widerstandsfähiger als Setzlinge. Das zeigt sich schon darin, daß sie den im Wasser gelösten Sauerstoff bis herunter auf 4 bis 5 mg/l auszunützen vermögen.

Wassers 12 mg (s. Tabelle 1). Reinankensetzlinge können davon aber nur rund 6 mg pro Liter verwerten, da sie bei dieser Temperatur bei einer Konzentration von 6 mg pro Liter bereits absterben\*). Beträgt unter sonst gleichen Verhältnissen die Wassertemperatur 16°, so ergibt sich als Menge des pro Liter verwertbaren Sauerstoffs nur die Hälfte, nämlich 3 mg (Sättigungskonzentration bei 16° 10 mg. Minimalkonzentration für Reinankensetzlinge 7 mg pro Liter:  $10 - 7 = 3$  mg).

Berücksichtigt man nun noch, daß der O<sub>2</sub>-Bedarf bei 16° etwa doppelt so groß wie bei 8° ist, so ergibt sich, daß für ein bestimmtes Quantum Reinankensetzlinge innerhalb eines bestimmten Zeitraumes bei 16° eine viermal so große Mindestwassermenge wie bei 8° benötigt wird.

Wir wollen an dieser Stelle einen neuen Begriff einführen, nämlich den Begriff des *Atmungswertes*. Im eben behandelten Beispiel würde er wie folgt anzuwenden sein: Für Reinankensetzlinge ist der Atmungswert von 16 Grad warmem O<sub>2</sub>-gesättigtem Wasser nur ein Viertel desjenigen von 8 Grad warmem. Im einzelnen soll über diese und weitere mit dem Sauerstoff in seinen Beziehungen zur Fischerei zusammenhängende Fragen in einem später folgenden Aufsatz gesprochen werden.

Als Abschluß dieses Aufsatzes zwei Übungsfragen:

1. Wieviel Sauerstoff verbrauchen 50 kg Schleisetzlinge in 10 Stunden bei einer Temperatur von 16 Grad? Wieviel bei 8 Grad?
2. Wieviel Sauerstoff verbrauchen 17 kg Speiseforellen in 6 Stunden bei 4 Grad; wieviel bei 16 Grad?

Als Minimalkonzentration seien für Forellen bei 4 Grad 3 mg/l, bei 16 Grad 4 mg/l angenommen; für Schleien bei 8 Grad 1 mg/l, bei 16 Grad 1,5 mg/l.

Ein Schlußartikel folgt.

*Pd. Dr. Karl Stundl, Graz*

Landesfischereiverband Steiermark

## Das Flußsystem als biologische Einheit

Jedes Fließgewässer stellt die Summe aller seiner Zubringer dar, und selbst der kleinste Bergbach bildet schließlich einen, wenn auch verschwindend kleinen Teil der Wassermasse des mächtigen Stromes und beeinflusst so dessen Wassercharakter. Ebenso stehen auch die Lebewesen des Gewässersystems vielfach untereinander in Wechselbeziehungen und bilden zusammen eine Lebensgemeinschaft, eine sogenannte Biocoenose.

Manche von ihnen wandern im Gewässerlauf oder werden von der Strömung über kurze oder längere Strecken mitgeführt. Allgemein bekannt ist ja die Wanderung der Fische, die oft auf der Nahrungssuche, ganz besonders aber zur Laichzeit, große Strecken durchmessen, um zu den ihnen geeignet scheinenden Laichplätzen zu gelangen. Doch nicht nur die Fische wechseln ihre Standorte, sondern auch andere Gewässerbewohner tun dies, so die Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*), die sich in kurzer Zeit über weite Strecken der Zuflüsse von Nord- und Ostsee ausgebreitet hat, durch die Kanäle weiterwanderte und sich überall als gefährlicher Schädling für Fischerei und Wasserwirtschaft erwiesen hat; besonders die Jungtiere wandern in Scharen

\*) Auch die existenznotwendige Minimalkonzentration ist von der Temperatur abhängig. Dies ist in unserem Beispiel insofern berücksichtigt, als dafür bei 8° 6 mg/l und bei 16° 7 mg/l eingesetzt wurden.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1950

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Einsele Wilhelm

Artikel/Article: [Über den Sauerstoffbedarf von Fischen 181-185](#)