

ÖSTERREICH'S FISCHEREI

ZEITSCHRIFT FÜR DIE GESAMTE WIRTSCHAFTS- UND SPORTFISCHEREI,
FÜR GEWÄSSERKUNDLICHE UND FISCHEREIWISSENSCHAFTLICHE FRAGEN

14. Jahrgang

März-April 1961

Heft 3/4

Den erfolgreichen Schülern des Fischermeisterkurses 1960 gewidmet.

Dr. W. Einsele:

Über das Eis

Das Eis ist eines der merkwürdigsten Themen der unerschöpflichen Sinfonie „Wasser und Gewässer“ Nachfolgend soll mit einiger Gründlichkeit über die physikalischen Eigenschaften des Eises, seine Bedeutung im Haushalt der Natur, und im speziellen in der Fischerei gesprochen werden.

Bekanntlich fällt das Wasser bezüglich seiner wichtigsten Eigenschaften ganz aus dem Rahmen des normalen Verhaltens von Naturstoffen. So ist es in seiner festen Form spezifisch leichter als in seiner flüssigen: 1 Liter Eis wiegt nicht ein Kilogramm, sondern nur 916 Gramm!, oder, was das gleiche bedeutet, Wasser dehnt sich beim Übergang in Eis um rund ein Elftel aus. Daher auch die Sprengwirkungen von in Rissen und Spalten gefrierendem Wasser. —

Wir werden weiter unten sehen, daß die Eisbildung auch bei „gutachtlichen“ Gewässerproblemen eine wichtige Rolle spielt, weiterhin in der fischereilichen Technik, insbesondere beim Transport lebender und toter Fische usw. Bei der Erörterung aller dieser Teilthemen werden, um ein wirkliches Verstehen, und das heißt auch eine meisterliche praktische Handhabung vorzubereiten, die physikalischen Eigenschaften des Eises exakt, d. h. nach Maß und Zahl, abgehandelt werden.

A. Die Eisbildung in den freien Gewässern.

1. Die Eisbildung bei Seen.

Hinsichtlich der Eisbildung bestehen in den beiden Haupttypen der freien Gewässer, den

Seen und den Flüssen, grundlegende Verschiedenheiten. Sie hängen mit der bekannten, höchst merkwürdigen Eigenschaft des Wassers zusammen, bei 4° spezifisch am schwersten zu sein. Diese Eigenschaft hat bekanntlich zur Folge, daß man in allen tieferen Seen bei vertikalen Temperaturmessungen schließlich immer, ob Sommer oder Winter, bei einer Schicht anlangt, welche eine Temperatur von 4° hat. In windgeschützten Seen oder in Seen windarmer Gegenden (z. B. in Kärnten) beginnt diese kalte Unterzone selbst im Hochsommer schon in 10 m Tiefe oder nur wenig darunter. Im Mondsee oder Attersee hingegen liegt sie im Sommer bei etwa 30 bis 50 m Tiefe.

Es liegt auf der Hand, daß in diesen Seen, im Zuge der herbstlichen und winterlichen Abkühlung, schließlich ein Zustand erreicht werden muß, bei dem der See überall 4° hat. Bei scharfem Frost und relativer Windstille kann es dann (aber immer erst nach längerer Zeit; siehe nächsten Abs.) zur Bildung einer Eisdecke kommen, eben weil das sich unter 4° abkühlende Wasser leichter wird, und deshalb obenauf schwimmt.

Der Übergang von Wasser von 0° in Eis vollzieht sich im übrigen sehr schleppend, aus einem Grund, der einem Laien zunächst höchst unglaublich anmutet. Wenn nämlich Wasser in Eis übergeht, so dehnt es sich nicht nur um rund 9% aus, außerdem werden gleichzeitig pro Liter Wasser 80 Wärmeeinheiten frei! Dies ist eine relativ gewaltige Menge Wärme, nämlich soviel wie benötigt wird, um einen Liter Wasser um 80 (!) Grad

zu erwärmen. (Allgemein 1 Wärme-einheit oder Kalorie ist diejenige Wärmemenge, die notwendig ist, um 1 Liter Wasser um 1° zu erwärmen.)

Man kann sich von der Wärmeabgabe beim Übergang von nullgrädigem Wasser in Eis leicht durch einen sehr einfachen Versuch überzeugen: man gibt bei Frostwetter warmes Wasser in einen Eimer und stellt ihn ins Freie. Besonders eindrucksvoll ist der Versuch, wenn man 10 Liter Wasser von 80° nimmt. Unter diesen Voraussetzungen gibt das Wasser bis zur Erreichung des Gefrierpunktes genau soviel Kalorien ab wie beim vollständigen Übergang in Eis, nämlich 80 Kalorien je Kilogramm. (Um die Abkühlungsbedingungen einigermaßen gleichmäßig zu gestalten und schließlich ein völliges Durchfrieren des Wassers zu erreichen, muß man öfter umrühren.) Ich habe das eben beschriebene Experiment wiederholt durchgeführt. Im nachfolgenden Diagramm ist ein gut gelungenes Beispiel aufgezeichnet. Wie das Diagramm zeigt (und wie zu erwarten ist), fällt die Temperatur des 80° warmen Wassers zunächst rasch ab. Je geringer dann das Temperaturgefälle: Außenwelt-Wasser wird, um

so langsamer sinkt die Temperatur. Schließlich erreicht das Wasser 0° ! Nun tritt die merkwürdige Erscheinung auf, daß die Temperatur bei fortschreitender Eisbildung viele Stunden bei 0° verharrt, auch wenn die Außentemperatur -10° oder weniger beträgt. Erst wenn alles Wasser zu Eis geworden ist, tritt wieder Abkühlung — dieses Mal des Eises — auf. Beim Übergang des Null-Grad-Wassers in Eis muß, wie wir bereits sahen, dem Wasser genau soviel Wärme entzogen werden wie bei der Abkühlung von 80 auf 0° , nämlich je 80 Kalorien pro Liter. Kein Wunder also, daß die totale Eisbildung viel länger dauert als die Abkühlung des heißen Wassers von 80° bis zum Gefrierpunkt. Das Temperaturgefälle: Wasser im Eimer gegen umgebende Luft betrug bei Beginn unseres Versuches rund 85° . Als das Wasser 0° erreicht hatte, hingegen nur noch etwa 5° , da im speziellen Fall (während der Dauer des Versuches) eine Außentemperatur zwischen $-7,5$ und $-3,5^{\circ}$ geherrscht hatte.

Wir brauchen uns nun nicht mehr weiter zu wundern, wenn Seen bei windigem Wetter selbst bei starkem Frost nicht zufrieren. Bei solchem Wetter wird eben immer die oberste

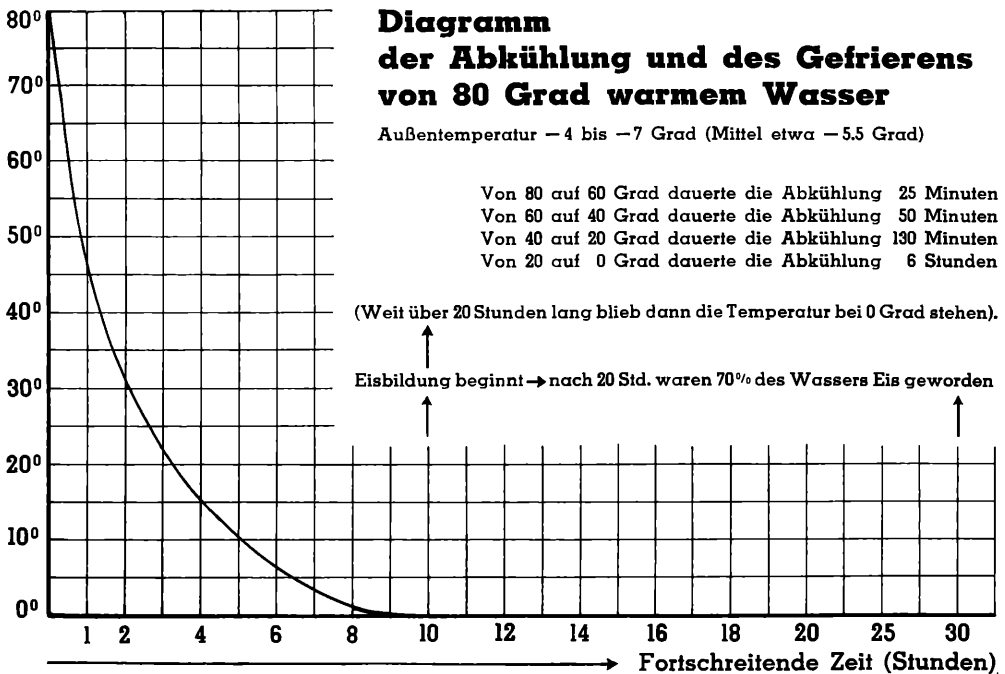




Abb. 1: Eistreiben auf der Enns bei Steyr

Wasserschicht mit dem darunterliegenden Wasser vermischt, so daß es *nicht* zur vollen Abgabe der 80 Wärmeeinheiten pro Liter (in einer ruhenden dünnen Grenzschicht) kommt. Daß Schneefall bei stillem Wetter einen See besonders stark mit dem Zufrieren bedroht, liegt auf der Hand: Der schmelzende obenaufschwimmende Schnee entzieht dem Wasser rasch soviel Wärme, daß ein Schnee-Wasser-Gemisch entsteht, welches die Temperatur von 0° hat.

2. Die Eisbildung in fließenden Gewässern.

Es ist ein Charakteristikum fließender Gewässer, daß sie nicht geschichtet sind, oder, umgekehrt ausgedrückt, daß sie immer in vollständiger Durchmischung begriffen sind. Bei ihrer Abkühlung spielt aus diesem Grund die 4-Grad-Grenze keine Rolle: Bevor Fließgewässer Eis zu bilden beginnen, muß die Temperatur des ganzen Wassers auf 0° heruntergehen.

In Fließgewässern kann das Eis an den Rändern, an der Oberfläche oder am Boden, als sogenanntes Grundeis, auftreten. Die Eisbildung beginnt mit Vorliebe an Pfählen, Ausbuchtungen, Steinen und Ufervorsprüngen.

Die Bildung von Grundeis ist *deshalb* eine höchst bemerkenswerte Erscheinung, weil ja Eis wesentlich leichter ist als Wasser. Das Grundeis hat somit an sich einen bedeutenden Auftrieb, der durch Gegenkräfte kompensiert werden muß. In den meisten Fällen bestehen die Gegenkräfte einfach darin, daß das Eis am Gewässerboden festgefroren ist. Für die Richtigkeit dieser Deutung spricht die Tatsache, daß Grundeis sich bei Tauwetter vom Boden löst — und dann natürlich sofort an die Oberfläche aufschwimmt. Es mag auch Fälle geben, bei denen die Grundeisbildung dadurch gefördert wird, daß das sich bildende Eis Gesteinsteile einschließt. (Geschiebe oder vom Fluß mitgeführten Sand und Feinschotter.)

Die Bildung von Treibeis (siehe Abb. 1) ist, wie schon gesagt, bei vielen Flüssen (so z. B. der Donau) eine regelmäßige Erscheinung. Auf Grund des thermischen Verhaltens von in Eis übergehendem Wasser ist es leicht zu verstehen, warum Treibeis immer erst nach längerem Anhalten von Frostwetter auftritt. Bei der Donau ist hierzu etwa eine Woche Frostdauer notwendig.

Stellen sich starken Treibeisbildungen Hindernisse entgegen, so entstehen sogenannte

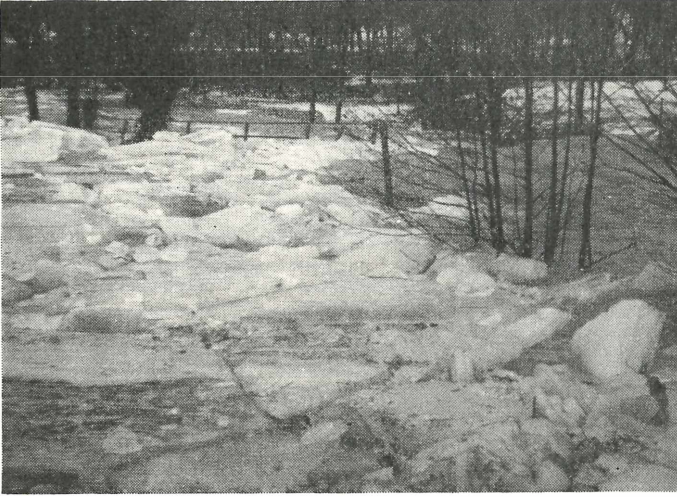


Abb. 2:
Sturmmühle Klambach
1956

Eisstöße. Ein Eisstoß ist eine mehr oder minder lange zusammenhängende (geschlossene) Eisanhäufung auf einem Fluß. Eisstöße wirken abflußhemmend und aufstauend und können somit Ursache von schweren Überschwemmungen werden. Solche Überschwemmungen sind im Winter, der Kälte wegen, besonders unangenehm. Dazu kommt noch, daß das treibende Eis an Bauten und Kulturen besonders große Schäden anrichten kann. Was selbst ein kleiner Bach in dieser Beziehung an unheimlich Gewaltigem zu leisten vermag, zeigt Abb. 2.

B. Schädigung der Fischerei durch Eisbildung.

Bildet ein Bach Grundeis, so können Schädigungen, etwa in Forellenbächen, dadurch eintreten, daß abgelegter Laich zum Absterben gebracht wird; sicher wird auch die Bodenfauna geschädigt.

Weiterhin kann es Fälle geben, bei welchen Bäche, die ehemals kein Grundeis bildeten, dadurch, daß man ihnen zufließendes Quellwasser entzog, soviel Wärme verlieren, daß es zur Grundeisbildung kommt. Dazu einige zahlenmäßige Anhaltspunkte. Nehmen wir an, einem Bach wird eine zufließende Quelle mit einer Temperatur von 8° und einer Schüttung von 11 l/sek. entzogen. Pro Tag ergibt dies eine Menge von 1 Million Liter Wasser mit einem Gehalt von 8 Millionen

Kalorien. Da man zum Schmelzen von Eis je Kilo 80 Kalorien benötigt, so würden die 8 Millionen Kalorien hinreichen, um 100.000 Kilogramm Eis zu schmelzen bzw. an ihrer Bildung zu verhindern! In unserem angenommenen Fall würde diese Leistung täglich vollbracht werden.

Man begreift nach diesen Überlegungen, daß Bäche, denen entweder reichlich Quellwasser (oder Grundwasser) zufließt, auch bei strengem Frost kein Grundeis bilden. — Andererseits gibt es Bäche, die bei strengem Frost fast ihr ganzes Bett mit Eis anfüllen, und schließlich beobachtet man Bäche, die streckenweise Grundeis entwickeln, während dazwischenliegende Strecken weitgehend frei davon bleiben. Man kann ganz sicher sein, daß den stark Grundeis bildenden Bächen wenig oder kein Quell- oder Grundwasser zugeführt wird und daß offenbleibende Bäche oder Bachstrecken auch im Winter reichlich mit Quellwasser versorgt werden. — Bei Wiesenbächen mit Grundeis kommt es häufig zu Stauungen und Überschwemmungen. Das einzige — freilich sehr schwer zu beschaffende! — Heilmittel dagegen wäre, ihnen Quellwasser zuzuleiten.

Daß die Fischerei durch Treibeis geschädigt werden kann, liegt auf der Hand. In früheren Zeiten war übrigens die Treibeis- bzw. Eisstoßbildung wesentlich häufiger und ver-

heerender als gegenwärtig. Der Grund liegt darin, daß die Flußregulierungen bessere Voraussetzungen für die Abführung des Eises schufen. Auch wurden dadurch die Möglichkeiten des Ansetzens von Eis überhaupt verschlechtert. Jedenfalls sind seit den großen Flußregulierungen die Eisstoßbildungen nach Umfang und Häufigkeit stark zurückgegangen. Der Bau von Kraftwerken mit den dazugehörigen Stauen kehrt diese Tendenz wieder um!

C. Das Eis beim Fischtransport und bei der Fisch-Frischhaltung.

Unseren hierher gehörigen praktischen Betrachtungen und Anweisungen müssen einige allgemeine physikalische Daten vorangestellt werden.

Wir sprachen im vorausgegangenen Abschnitt davon, daß beim Gefrieren des Wassers pro Liter 80 Wärmeeinheiten „frei“ werden. Das *Schmelzen des Eises* ist die Umkehrung dieses Vorganges; demzufolge müssen die 80 Kalorien, die beim Gefrieren von 1 Liter Wasser frei wurden, wieder aufgewendet werden, um Eis in Wasser zurückzuverwandeln. Versuche zur Messung und Demonstrationen dieser sog. *Schmelzwärme des Eises* sind leicht anzustellen. Sie liefern höchst überzeugende Resultate. Man braucht nur in ein Gefäß, etwa einen Transportbottich, eine bestimmte Menge Wasser, dessen Temperatur man genau mißt, zu füllen und dann eine gewogene Menge Eis zuzugeben. Da 1 kg Eis beim Schmelzen 80 Kalorien verbraucht und diese dem Wasser, in welchem es sich befindet, entzogen werden, so folgt, daß man mit einem Kilo Eis 80 Liter Wasser um 1° abkühlen kann. Die Abkühlung erfolgt keineswegs durch die „Kälte“ des Eises, sondern wie schon erläutert, durch den Schmelzvorgang als solchen. Sie ist also erst voll realisiert, wenn das Eis zur Gänze geschmolzen ist.

Allgemein kann man, wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, sagen: Um eine gegebene Wassermenge um 1° abzukühlen, braucht man so viel kg Eis, als die Zahl 80 in der zu kühlenden, in Litern gemessenen, Wassermenge enthalten ist. Um also z. B. 400 Liter Wasser um 1° abzukühlen, benötigt

man $400 \cdot 80 = 5 \text{ kg}$ Eis; möchte man 400 Liter Wasser um 2° kühlen, so würde man 10 kg Eis brauchen usw.

Für die praktische Durchführung der Kühlung, etwa bei Fischtransporten, kann man annehmen, daß ein halber 10-Liter-Eimer zer Schlagenes Eis 3, und ein ganzer 6 kg entspricht. Gibt man also zu einem Transportfaß mit 160 Liter Wasserinhalt einen Eimer Eis, so sinkt dessen Temperatur, während das Eis schmilzt um insgesamt 3°. (Mehr sollte man übrigens in einem Gang nicht kühlen.)

Durch Zugabe von kaltem Wasser, auch wenn dieses 0° hat, erreicht man nur wenig Kühlung. Bleiben wir bei unserem oben benutzten Beispiel und geben zu 160 Liter Wasser von 10° statt 6 kg Eis 6 Liter Wasser von 0°. Wie aus der folgenden Rechnung hervorgeht, wird die Mischtemperatur nur 9,6° betragen, also nur 0,4 weniger als vorher.

Berechnung:

160 Liter von 10° = Gehalt 1600 Kalorien
 6 Liter von 0° = Gehalt 0 Kalorien
 nach der Mischung: 166 Liter mit einem Gesamtgehalt von 1600 Kalorien oder einer Durchschnittstemperatur von $1600 : 166 = 9,6°$.

Wollte man eine Kühlung der 160 Liter Wasser um 3° mit „eiskaltem“ Wasser erreichen, so müßte man zu dem 10° warmen Wasser nicht weniger als 70 Liter von 0° zugeben, wie die folgende Berechnung der Mischtemperatur zeigt:

$$\begin{aligned} 160 \times 10 &= 1600 \text{ Kalorien} \\ 70 \text{ l v. } 0^\circ &= 0 \text{ Kalorien} \end{aligned}$$

Nach der Mischung: 230 Liter mit 1600 Kalorien; Temperatur demnach $1600 : 230 = 7°$!

Hier erscheint die folgende Anmerkung notwendig:

Man kann auch heute noch (selbst in jüngsten Ausgaben von Lehrbüchern der Fischzucht[!]) lesen, daß man beim Transport von lebenden Fischen, dem Transport-Wasser Eis „niemals“ direkt zusetzen dürfe. Das Eis „soll“ statt dessen auf ein das Faß überdeckendes Drahtsieb gegeben werden u. dgl. Nichts könnte unrichtiger oder doch unzweckmäßiger sein! Freilich kann man nicht einfach „wild“

Eis zufügen! Bei Forellen sagten wir, soll man auf *einmal* nicht mehr zugeben, als für eine Abkühlung um 3^0 nötig ist, bei Karpfen eher noch weniger. Daß man dabei die Beziehungen Eismengen zu Wassermengen und zur Schmelzwärme des Eises, genau kennen muß, sollte für einen fortschrittlichen Fischzüchter mehr und mehr zur Selbstverständlichkeit werden. — Wir jedenfalls haben in vielen hundert Fällen mit besten Ergebnissen und ohne Schaden „dosierte“ Mengen Eis zum Transportwasser zugegeben und können dieses Verfahren mit sicherem Gewissen empfehlen! Zweiflern kann im übrigen nichts besseres geraten werden als: *make Versuche!* Vielleicht ist es für solche eine Beruhigung, wenn ich von Transporten von Karpfenvorsteckbrut berichte, die in der heißesten Jahreszeit über 14—18 Stunden Weg (bei Tag) durchgeführt werden mußten. Bei solchen Transporten wurde jeweils nur soviel Eis zugegeben, daß die Temperatur nach dem Schmelzen 2^0 niedriger geworden war. Vor dem Einsetzen in die Teiche wurden die kleinen Setzlinge gut „temperiert“ Bei der Abfischung im Spätherbst wurden keine Verluste verzeichnet!

Sehr von Interesse ist auch die Frage, welche Kühleffekte man mit „kaltem“ Eis (etwa Eis mit einer Temperatur von -10^0) erzielen kann, ohne die Schmelzwärme in Anspruch zu nehmen. Dazu müssen wir die sog. spezifische Wärme des Eises kennenlernen. Sie besagt wieviel Kalorien nötig sind, um Eis um 1^0 zu „erwärmen“ Wasser hat, wie wir bereits wissen, eine spezifische Wärme von 1, d. h. um 1 Liter Wasser um 1^0 zu erwärmen, wird eine Kalorie benötigt. Die spezifische Wärme von Eis ist nun nur rund halb so groß! (Genau 0,487.)

Dies bedeutet, daß man, um 1 kg Eis von -10 auf 0^0 zu „erwärmen“, nur 5 Kalorien braucht oder 1 kg Eis von -10^0 kann seiner Umgebung (etwa toten Fischen in einer Kiste!) nur 5 Kalorien entziehen und ist dann bereits bei einer Temperatur von 0^0 angelangt! Hingegen: Beim Übergang von 10 kg Eis von 0^0 in 10 Liter Wasser von 0^0 werden 800 Kalorien „verbraucht“ bzw. der unmittelbaren „Umgebung“ entzogen! —

Die eben angestellten Überlegungen zeigen, daß *auch bei der Kühlhaltung von toten*

Fischen mit Eisstücken praktisch nur der Schmelzvorgang kühlend wirkt, so unglaublich dies zunächst auch scheinen mag.

Man kann den Kühleffekt des Eises in diesen Fällen ganz wesentlich steigern, wenn man dafür sorgt, daß die zum Schmelzen nötige Wärme nach Möglichkeit nur den Fischen, d. h. dem Paketinnern entnommen wird und nicht der äußeren Umgebung: Um dies zu erreichen, legt man um „Fische + Eis“ einen möglichst gut isolierenden Mantel. Isolierendes Material *zwischen* das kühlende Material und das Eis zu legen, wie dies zuweilen geschieht (übrigens oft auch beim Versand von Eiern!) ist sinnwidrig!

Man kann auch Fischversandbottiche bei Transporten von lebenden Fischen (etwa im Sommer) noch zusätzlich isolieren! Am besten (wie wir dies mit sehr gutem Erfolg tun), indem man über den Bottich eine Mütze stülpt, ähnlich den sogenannten Kaffeewärmern. Es gelang so z. B. mitten im Sommer, die Temperatur in einem 1200 Liter fassenden Bottich, dessen Wasser auf 7^0 herunter gekühlt worden war, ohne weitere Zugabe von Eis bei 24stündiger Transportdauer fast unverändert zu halten (Anstieg der Temperatur innerhalb von 24 Stunden $0,7^0$!)

Es ist immer empfehlenswert, das Wasser bei Fischtransporten im Sommer zu kühlen. Durch die Kühlung wird der Sauerstoffverbrauch der Fische vermindert und, was damit verknüpft ist, ihre Stoffwechselfähigkeit herabgesetzt. Auch die bakterielle Tätigkeit im Wasser selbst wird reduziert bzw., falls man tief genug kühlt, fast zum Stillstand gebracht. Damit wird auch der Gefahr der Selbstvergiftung der Fische vorgebeugt. Und schließlich ist zu bedenken, daß die Löslichkeit des Sauerstoffes im Wasser mit steigender Temperatur abnimmt. — Die folgende Faustregel trägt den genannten Verhältnissen zusammengefaßt Rechnung: Ein gegebenes Quantum Fische kann mit einem gegebenen Quantum Wasser (ohne O_2 -Zufuhr!) doppelt so lang auskommen, wenn die Temperatur um 5^0 gesenkt wird!

Beim Transport mit Sauerstoff kann man bei einer Erniedrigung der Temperatur des Transportwassers um 5^0 die zuführende Sauerstoffmenge ebenfalls halbieren!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [14](#)

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

Artikel/Article: [Über das Eis 33-38](#)