

Zu diesen Versuchen eignen sich Kaninchen besser als Hunde, weil sie auf Schwankungen der Außentemperatur schneller und stärker reagieren. An Kaninchen fand ich, dass die Wärmeproduktion bei einer gewissen mittleren Temperatur der Umgebung (ungefähr 15°C) ein Minimum zeigt und sowohl bei niederen wie bei höheren Temperaturen größer ausfällt. Dieses Ergebnis ist deshalb sehr interessant, weil Herr C. v. Voit ein ganz gleiches Verhältnis für die CO_2 -Produktion beim Menschen gefunden hat. Bei Hunden konnte ich aus äußeren Gründen Temperaturen über 15°C nicht prüfen. Ich fand, dass innerhalb der Grenzen von $+ 5$ bis $+ 15^{\circ}$ Hunde im Allgemeinen mehr Wärme produzieren bei niederen Temperaturen; doch waren die Ergebnisse nicht so regelmäßig wie beim Kaninchen.

Ich habe auch untersucht, welchen Einfluss es auf die Wärmeproduktion hat, wenn die Versuchstiere vor der Messung in einer höheren oder niederen Temperatur gehalten wurden, als diejenige, bei welcher die Messung selbst erfolgte. Ich fand aber keinen namhaften Einfluss. Ich habe ferner den Einfluss verschiedener Medikamente und Gifte auf die Wärmeproduktion untersucht. Da aber diese Untersuchungen in enger Beziehung stehen zu denjenigen über das Fieber, so will ich ihre Besprechung auf die späteren Abschnitte dieser Mitteilungen verschieben.

Wie man aus dem Vorhergehenden ersieht, habe ich durch meine Versuche ein ziemlich bedeutendes Erfahrungsmaterial über eine bisher sehr wenig experimentell bearbeitete, schwierige, aber ungemein wichtige Frage angesammelt und auch schon begonnen, dasselbe theoretisch zu verarbeiten¹⁾. Ich habe in vorstehenden Zeilen von den Ergebnissen meiner Arbeit nur diejenigen kurz zusammengefasst, welche mir vorerst als die wichtigsten erscheinen. Ich hoffe, dass es mir vergönnt sein wird, dieselben in späteren Mitteilungen zu ergänzen und zu vervollständigen.

Erlangen, den 14. Mai 1891.

Ueber die Ursachen der Schädigung der Fischbestände im strengen Winter.

Von Dr. **W. Kochs**, Privatdozent.

Der verflossene Winter 1890—1891 war für Europa der kälteste seit 1837—1838. Nach den Angaben von Prof. Hann war der vorige Winter um $3,7^{\circ}$ zu kalt. Das letzte Dezennium ist überhaupt $0,3$ bis $0,4^{\circ}$ zu kalt. Seit 1877 haben wir keinen warmen Sommer mehr gehabt und zur Zeit befindet sich Europa entschieden in einer Kälte-

1) Demgegenüber ist es doch sehr auffallend, wenn Herr Rubner sagt, solche Versuche (nämlich länger dauernde kalorimetrische Messungen) hätten bisher, d. h. bis zur Konstruktion seines Apparats, nicht angestellt werden können (a. a. O. S. 35), und wenn er nicht bloß von meinen Arbeiten gar keine Kenntnis nimmt, sondern auch ganz verschweigt, dass die von ihm benutzte Methode schon lange vor ihm von Anderen erfunden worden ist.

periode. Da jedoch schon früher ähnliche Kälteperioden beobachtet sind, so besteht die Hoffnung, dass bald wieder eine warme Periode folgt. Die Temperaturabweichungen, welche in den Jahren 1837—45 in Wien beobachtet wurden, stimmen mit den aus Paris gleichzeitig gemeldeten so genau überein, dass an der großen gleichmäßigen Verbreitung solcher Wärmeanomalien nicht zu zweifeln ist.

Im vergangenen Winter sind allerorten erheblich tiefere Temperaturen wie gewöhnlich beobachtet und da dieselben mit geringen Schwankungen viele Wochen andauerten, haben Flora und Fauna empfindlich gelitten. Speziell die Bewohner des stehenden süßen Wassers scheinen wenigstens stellenweise in großer Zahl unter dem schweren Eise getötet zu sein. Schädigungen des Wachstums oder des Fortpflanzungsgeschäftes entziehen sich noch der Beurteilung.

Der Vorsitzende des Rheinischen Fischereivereins, Herr Geh. Rat Frhr. von la Valette St. George, hat mich aufgefordert, auf Grund früherer von mir gemachter einschlägiger Studien die Gründe für das vielfache Absterben der Fische im strengen Winter klar zu stellen und zu untersuchen, wie es kommt, dass stellenweise alle Fische und große Mengen anderer Wassertiere umgekommen wurden, und nicht weit davon entfernt gar keine Verluste beobachtet sind. Offenbar müssen neben der großen Kälte noch andere Momente entscheidend mitwirken. Nur durch genaue Kenntnis aller in Betracht zu ziehenden Verhältnisse können diese die Fischzucht schwer treffenden Frostschäden so ergründet werden, dass in Zukunft an jedem Orte die richtigen Gegenmaßnahmen zeitig getroffen werden können.

Zunächst wollen wir daher die in Teichen beim Eintritte kalter Witterung mit nachfolgendem Froste überhaupt stattfindenden Abkühlungsvorgänge genauer betrachten. Wenn durch kühles Herbstwetter die Temperatur eines Teiches auf 6° etwa gesunken ist und nun Frost eintritt, so wird die oberste Wasserschicht sich schnell abkühlen und zwar bis auf 4° . Da aber das Wasser bei 4° seine größte Dichtigkeit oder Schwere hat, sinkt die 4° warme Schicht nach unten, während 6° warmes Wasser an die Oberfläche kommt. Daraus folgt, dass, bevor nicht die ganze Wassermasse auf 4° abgekühlt ist, die Temperatur überhaupt nicht unter 4° sinken kann. Ist dieses aber erreicht, so tritt ein ganz anderes Verhältnis ein. Die obersten 4° warmen Schichten kühlen sich schnell auf 0° ab, weil unter 4° das Wasser wiederum leichter wird, also nicht mehr sinkt und demnach kein wärmeres Wasser aus der Tiefe mehr an die Oberfläche kommen kann. Daher bildet sich sehr bald eine dünne Eisdecke, welche auf dem Wasser schwimmt. Unter dieser Eisdecke besteht aber in ganz geringer Entfernung — bei Windstille in 5 bis 10 cm — eine Wassertemperatur von 4° . Eis ist nun ein sehr schlechter Wärmeleiter und deshalb kann eine Dickenzunahme des Eises nur relativ langsam stattfinden. Nach der ersten Eisbildung ist daher eine weitere Abkühlung der unteren Wasserschichten unter 4° sehr

erschwert. Die bei der Abkühlung bis auf 4° vorhandenen Strömungen fallen unter 4° gänzlich fort, da das kältere, leichtere Wasser wie das Eis auf dem wärmeren, schwereren Wasser schwimmt. Rumford¹⁾ bewies zuerst, dass alle Flüssigkeiten mit Ausnahme des Quecksilbers zu den schlechten Wärmeleitern gehören; man kann durch folgenden Versuch sich diese wichtige Thatsache anschaulich machen. Einen etwa $\frac{1}{2}$ Meter hohen, einige Zentimeter weiten Glaszylinder, der mit Wasser gefüllt ist, umgebe man unten mit Schnee und Salz, während man in der Mitte ihn mit einer Flamme erhitzt. Bald wird das Wasser in der oberen Hälfte des Zylinders zum Kochen kommen, während unten sich ein solider Eispfropfen gebildet hat. Entfernt man nun die Flamme und die Kältemischung, so wird man sehen, dass das Eis keineswegs sofort schmilzt, und durch allmähliches Hineinsenken eines Thermometers in das Wasser kann man sich leicht überzeugen, wie langsam die Siedehitze der oberen Schichten sich nach unten hin mittheilt. Durch diese Eigenschaften des Wassers kommt es, dass in der Tiefe der Landseen das ganze Jahr hindurch die Wassertemperatur 4° — 5° beträgt, während das oberflächliche Wasser im Sommer höhere, im Winter tiefere Temperatur zeigt. Eine Pfütze gefriert in jeder kalten Nacht bis auf den Grund, ein flacher Teich bedarf mehrerer kalten Nächte, und ein nur wenige Meter tiefer See friert in unseren Breiten überhaupt nie bis auf den Grund. Das stärkste Eis, welches im letzten Winter auf tiefem Wasser beobachtet wurde, maß gegen 80 cm. In den Boden kann leicht der Frost bis 1,25 m Tiefe eindringen, weil der im mäßig feuchten Erdboden vorhandene Wärmeverrat viel geringer ist als im Wasser, welches die höchste spezifische Wärme aller Körper hat.

Da nun das Wasser erst bei 0° zu frieren anfängt, so haben die Fische, welche in nicht bis auf den Grund zugefrorenen Teichen überwinterten, keinesfalls eine Abkühlung auf 0° erlitten. Trotzdem sind viele in solchen Teichen gestorben.

Das physikalische Verhalten des Wassers kann nicht die Ursache für diese Verluste sein; wir wollen deshalb jetzt das Verhalten der lebenden Wasserbewohner bei fortdauernder Abkühlung näher untersuchen.

In der Litteratur finden sich vielfache Angaben, dass Fische und andere Wassertiere den ganzen Winter im Eise eingeschlossen verharren könnten und beim Auftauen wieder lebendig würden. Da es für die Erkenntnis des Wesens der Lebensvorgänge von größter Wichtigkeit ist, ob diese Angaben richtig sind, so habe ich selbst Beobachtungen dieser Art gesammelt und geeignete Experimente angestellt, aus welchen das Verhalten der Lebensvorgänge der Versuchstiere bei niedriger Temperatur ersichtlich ist. In früheren Jahren hatte ich mehrfach Frösche, Kröten, Tritonen, Wasserkäfer und Wasserschnecken unter verschiedenen Bedingungen hart frieren lassen. Bei starkem Froste hatte ich Abends die Tiere in Gefäßen mit Wasser ins Freie

1) Rumford, Philosoph. Trans., 1792.

gestellt und fand am anderen Morgen Wasser und Tiere in einen soliden gut durchsichtigen Eisblock verwandelt. Beim Auftauen erwiesen sich die Tiere stets als tot, auch hatten mehrfache Versuche, die Muskeln durch elektrische Reize nochmals zur Zusammenziehung zu bringen, niemals Erfolg. Ich beschloss nun, den ganzen Vorgang des Einfrierens und Sterbens der Versuchstiere genauer zu beobachten. Im Januar 1890 ließ ich aus dem Schlamm eines Teiches in der Nähe von Eendenich, welcher oberflächlich zugefroren war, dicht am Ufer zahlreiche Frösche und Wasserkäfer (*Dytiscus marginalis*) herausholen und in das ebenfalls mit einer leichten Eisdecke versehene Aquarium des Pharmakologischen Institutes bringen. Die Tiere bewegten sich träge, waren aber keineswegs starr und reagierten auf leichte Reize, wenn auch schwächer, wie sie es sonst zu thun pflegen. Die Temperatur des Wassers resp. des Schlammes am Boden des Aquariums schwankte zwischen $+ 2$ bis $+ 3^{\circ}$. Der Schlamm des Teiches, in welchem die Tiere gefangen wurden, wird infolge der Quellen auch beim stärksten Froste niemals völlig hart. Die folgenden Versuche wurden also mit Tieren angestellt, welche in der Natur langsam sich an niedere Temperatur gewöhnt hatten. In Bechergläser von etwa 400 cem Inhalt setzte ich Vormittags je ein Tier (*Rana fusca*, *R. viridis* und *Dytiscus marginalis*) und füllte dieselben mit Wasser aus dem Aquarium. Bei einer Lufttemperatur von $- 4^{\circ}$ stellte ich die Gläser ins Freie auf eine hölzerne Unterlage. Nach 2 Stunden hatten die Gläser eine feste Eisdecke und schwammen die Tiere unter derselben. Die Bewegungen besonders der Käfer waren entschieden lebhafter als im Aquarium. Bis zum Abend bildete sich auf dem Boden und an den Seiten der Gläser ebenfalls einige Centimeter dickes klares Eis. Ziemlich genau in der Mitte des Glases resp. Eisblockes war noch ein eiförmiger Wasserraum, in dem die Tiere sich lebhaft bewegten. Die Wände dieses Wasserraumes, der längere Zeit sich nicht merklich verkleinerte, waren glattes klares Eis und in den oberen Partien sammelte sich allmählich Gas, etwa 1 cem. Ich bohrte nun den Wasserraum mit einem Drillbohrer an und ließ ein dünnes Thermometer hinein, welches zu meiner Verwunderung $+ 2^{\circ}$ zeigte. Nach 5 Stunden war der Wasserraum erheblich kleiner geworden. Das Thermometer zeigte $+ 1^{\circ}$ und nach 8 Stunden waren die Tiere völlig vom Eise umschlossen. Genau war dieser Zeitpunkt nur für die Käfer festzustellen, da den Fröschen die Spitzen der Extremitäten schon früher festgefroren waren. Während dieser Zeit zeigte ein ins Eis eingebohrtes Thermometer $- 2^{\circ}$ und die Luft hatte schließlich $- 5^{\circ}$. Diese Versuche habe ich mehrfach wiederholt auch mit kleinen Fischen, welche ebenfalls aus dem erwähnten Teiche stammten. In der Hauptsache verliefen dieselben immer gleich. Die Fischchen waren zuerst vom Eise völlig umschlossen und bewegten sich nur sehr wenig. Die Frösche suchten sich so lange wie möglich zu bewegen und die Käfer schwammen geradezu

energisch bis sie vom Eise fixiert wurden. Offenbar suchen die Tiere ihre Wärmeproduktion zu steigern und kämpfen so gegen die Kälte, bis ihre brennbare Körpersubstanz zu Ende geht, resp. der Sauerstoffmangel die Verbrennung verhindert, erst dann frieren sie fest. Bei zahlreichen Versuchen dieser Art zeigten sich die Käfer gegen die Kälte bei weitem am widerstandsfähigsten. Mehrfach sah ich Käfer, welche 5—6 Stunden vom Eise völlig umschlossen waren, allerdings nur bei Temperaturen von höchstens -3° , wieder zum Leben kommen. Beim Durchsägen derartiger Präparate fand sich aber, dass das Innere des Leibes dann noch nicht hart gefroren war. Sobald aber einige Tiere sich als völlig hart gefroren erwiesen, sah ich nie eines wieder lebendig werden. Wenn die Eisklumpen, in denen sich noch lebensfähige Käfer befanden, bei 0° bis zum folgenden Tage aufbewahrt wurden, waren die eingeschlossenen Tiere ebenfalls stets tot. Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass es ganz unmöglich ist, dass ein Wassertier auch nur einen Tag völlig vom Eise umschlossen sein kann, ohne zu Grunde zu gehen. Wo immer Beobachtungen über angeblich völlig eingefrorene Wassertiere gemacht sind, welche doch wieder lebendig wurden, liegen oft nicht leicht aufzudeckende Irrtümer vor. In der Litteratur finden sich jedoch noch immer derartige Angaben, welche durch gegenteilige Beobachtungen widerlegt werden. So z. B. findet sich in der „Deutschen Fischereizeitung“ 14. Jahrgang, Nr. 17, S. 132 Folgendes: „Es ist von einigen Forschern, u. a. von dem bedeutenden Ichthyologen Professor Günther in London, behauptet worden, dass Karpfen und Karauschen weiter zu leben vermögen, nachdem sie in einen soliden Eisblock eingefroren waren. Diese Angaben nun beruhen nach Beobachtungen und Versuchen von G. Knauthe völlig auf Irrtum. — Knauthe hat in diesem Winter einige Lettengruben durch beständiges Aufeisen zum gänzlichen Ausfrieren gebracht und konnte dann bei dem Ende Januar eintretenden Thauwetter feststellen, dass der ganze Besatz der „Himmelteiche“, bestehend aus Barschen, Karpfen, Karauschen, Bitterlingen, Schleien, Schlammbeißern, sowie Fröschen, Kröten, Unken und Schildkröten der Kälte völlig erlegen war. Darauf hat der Genannte im Februar eine ansehnliche Reihe von Versuchen mit solchen im Schlamm vergrabenen oder unter einer starken Schicht feuchter Blätter verborgenen lethargischen Fischen, Fröschen und Kröten angestellt und gefunden, dass die Tiere selbst in dieser schützenden Umbüllung ein gänzlich Hartfrieren nicht vertragen. Hierdurch werden auch die Angaben widerlegt, wonach Frösche und Kröten, die so hart gefroren waren, dass man sie in Stücke brechen konnte, doch bei ganz allmählichem Auftauen zu neuem Leben erwachten. Keines der genannten Amphibien lebte wieder auf, nachdem es brüchig hart gefroren war, keines gab auch nur die geringsten Lebenszeichen mehr von sich, selbst wenn es sich bloß einige Augenblicke im hartgefrorenen Zustande befunden hatte“.

Trotzdem nun meine Versuche durch die Art ihres Verlaufes zeigen, dass die Tiere mit Aufbietung aller Mittel gegen das Einfrieren ankämpfen müssen, weil die Kälte als starker Reiz wirkt, der die Verbrennung steigert und die Tiere erst, nachdem sie erschöpft sind, einfrieren und stets sterben, habe ich dennoch viele Angaben genauer geprüft, um vor Allem festzustellen, wie es kommt, dass gute Beobachter in solche Irrtümer verfallen können.

Herr Schoettler (Rheinbach) teilte mir einen Brief von Herrn Dr. Pfahl in Bieber bei Gelnhausen mit, welcher in dieser Hinsicht sehr lehrreich ist. Drei Karpfen, je $1\frac{1}{2}$ Pfd. schwer, waren in einem kleinen 5 m langen, $1\frac{1}{2}$ m breiten und $\frac{1}{2}$ m tiefen Weiher eingefroren, welcher schließlich nur eine solide Eismasse darstellte. Man konnte durch die Eismasse hindurch die drei Karpfen längere Zeit an derselben Stelle befindlich beobachten. Dieselben befanden sich aber, wie Pfahl besonders hervorhebt, auf einer etwa 25 cm dicken Schlamm-schicht, die zweifellos Grundwasser durchließ, da $1\frac{1}{2}$ m davon entfernt ein nicht zufrierender Bach vorbeifloss. Im Frühjahr waren alle drei Karpfen noch lebendig. Der gleiche Beobachter teilt dann weiter mit, dass in einem zementierten Bassin von 80 cm Tiefe, welches infolge Zufrierens des Zuflussrohres vollständig ausfror, sämtliche Fische, 8 Forellen von 1 Pfd. schwer, 1 Karpfen von 2 Pfd. und alle Krebse bis auf einen tot gefunden wurden.

Aus dem Angeführten ergibt sich für die Praxis, dass die Fische unter allen Umständen eine frostfreie Zufluchtsstätte im tiefen Schlamm oder Wasser finden müssen. Eine Wassertiefe von 1 m bis 1,5 m dürfte bei jedem Untergrunde völlig ausreichend sein. Der Boden des Teiches muss aber so regelmäßig geböscht sein, dass die Tiere nicht an seichten Stellen durch das Eis gefangen gehalten werden können. Nach einem Berichte des Herrn Kunz in Dierdorf sind viele halberstartete Fische in einem großen sehr tiefen Teiche durch ein sehr dichtes Gewirr von Wasserpflanzen gleich unter der ersten dünnen Eisschicht festgehalten worden, so dass sie später ganz einfroren und dann in den obersten Schichten des Eises tot aufgefunden wurden.

Es sind nun aber auch in manchen Teichen trotz größerer Tiefe und Abwesenheit zahlreicher Wasserpflanzen alle Fische oder einige Fischarten gestorben. Die Ermittlungen, welche ich hierüber anstellen konnte, haben folgendes ergeben. Derartige Verluste haben nur stattgehabt in Teichen, welche während des größten Teiles des Winters keinen Wasserzufluss erhielten. Es hat sich als völlig gleichgiltig erwiesen, ob die Eisdecke bei diesen Teichen durch zahlreiche Löcher mit eingesteckten Strohwischen offen gehalten wurde oder nicht. Entscheidend für die gute Ueberwinterung hat sich die Erneuerung oder Vermehrung des Wassers durch frischen Zufluss erwiesen. In mehreren Teichen mit schlammigem Boden, welche nicht abgelassen werden können und keinen Zufluss erhielten, so dass das Wasser schließlich geradezu stank, sind alle Fische und Krebse, sowie

viele Frösche und Kröten zu Grunde gegangen. Nur in wenigen Teichen mit sehr reinem Wasser haben sich trotz fehlenden Wasserzufflusses die Tiere lebendig erhalten. Ueberlegt man, welche chemischen Vorgänge in Teichen mit schlaumigem, organische Reste enthaltendem Grunde stattfinden, insbesondere, wenn sie noch durch Abgänge aus Viehställen und menschlichen Wohnungen verunreinigt werden, so findet man, dass solehe Teiche ergiebige Quellen für Sumpfgas, Schwefelwasserstoff und Ammoniak sein mussten. Ist der Teich eisfrei, dann werden diese Gase rasch in die umgebende Luft diffundieren, resp. durch Pflanzen zerstört werden, ohne erheblichen Schaden für seine Bewohner. Ist er aber mit einer Eisdecke verschlossen, dann hört die Diffusion auf, und je nach der Dauer der Bedeckung muss sich das Teichwasser mit den genannten Stoffen anreichern. Schwefelwasserstoff und Ammoniak sind nun für Fische spezifisch giftig. Erstgenanntes Gas bindet noch dazu im Wasser enthaltenen Sauerstoff und kann ein wirkliches Ersticken der Fische infolge mangelnden Sauerstoffes veranlassen. Eine Vergleichung der Absorptionskoeffizienten der in Frage kommenden Gase zeigt weiterhin, wie gefährlich größere Mengen Schwefelwasserstoff und Ammoniak bildender Substanzen im Teichwasser dem Leben der Fische werden müssen.

Bei 4° Celsius beträgt der Absorptionskoeffizient für Wasser:

| | |
|---------------------------------|---------|
| bei Sauerstoff | 0,03717 |
| „ Schwefelwasserstoff | 4,0442 |
| „ Ammoniak | 941,9. |

Bei 20° Celsius:

| | |
|---------------------------------|---------|
| bei Sauerstoff | 0,02838 |
| „ Schwefelwasserstoff | 2,9053 |
| „ Ammoniak | 654,0. |

Demnach kann man sagen, dass jede Bildung dieser beiden letzteren Gase, zumal sie leicht vom Wasser gelöst werden, schädlich ist. In der frostfreien Zeit des Jahres sorgen die Wasserpflanzen unter der Wirkung des Lichtes für die Zerstörung dieser schädlichen Substanzen. Ammoniak fördert das Wachstum der Pflanzen und somit indirekt auch die an denselben lebenden Tiere, welche den Fischen zur Nahrung dienen. Unter der Eisdecke aber oder auch im Sommer, wenn keine genügende Menge grüner Wasserpflanzen vorhanden ist, werden faulende organische Stoffe für die Fische zu einer Quelle tödenden Giftes.

Folgende Daten, welche ich dem ausgezeichneten Werke von Paul Regnard¹⁾ entnehme, zeigen die große Gefährlichkeit des den Sauerstoff bindenden Schwefelwasserstoffes sogar in größeren Flüssen. Das Wasser der Themse enthält:

| | | |
|-------------------------------|------|---------------------------------------|
| oberhalb London | 7,4 | Liter Sauerstoff im Kubikmeter Wasser |
| bei Hammersmith | 4,7 | „ „ „ „ „ |
| bei Sommerset House | 1,5 | „ „ „ „ „ |
| bei Woolwich | 0,25 | „ „ „ „ „ |

1) Paul Regnard, Recherches expérimentales sur les conditions physiques de la vie dans les eaux. Paris 1891. p. 351.

So sehr sinkt der Sauerstoffgehalt des Themsewassers durch die Fäkalien der Weltstadt. M. Girardin hat durch zahlreiche sorgfältige Beobachtungen dargethan, dass mit der Verminderung des Sauerstoffgehaltes des Wassers ein Krankwerden der Fische stets verbunden ist. Regnard beschreibt dasselbe folgendermaßen:

Sobald die Gewässer sauerstoffärmer werden, zeigen die Fische ein augenscheinliches Unbehagen, sie steigen häufig zur Oberfläche, sie schwellen an und wenn die Störung fort dauert, gehen sie in großer Menge zu Grunde. Wenn der Sauerstoffgehalt noch nicht so sehr gesunken ist, können die Fische, deren Atmung nicht sehr lebhaft ist, noch widerstehen, während die anderen nicht mehr leben können. So überlebt der Aal die anderen Fische; der Blutegel lebt noch, nachdem alle Krebse gestorben sind.

Können nun in das Eis geschlagene Löcher mit eingesetzten Strohischen etwas nützen oder sind dieselben ganz unnötig? Diese praktisch immerhin sehr wichtige Frage ist durch das bisher angeführte nicht sicher zu entscheiden. Alle Erkundigungen haben zu keinem zuverlässigen Ergebnis geführt. Dass die Fische stets an die offenen Stellen im Eise heranschwimmen und nach Luft schnappen, ist bekannt. Offenbar ist dieses ein Zeichen für Sauerstoffmangel im Wasser, welcher, wie es scheint, leicht eintreten kann. Wenn man in einem Glase mit einigen Goldfischen, welche längere Zeit sich gut erhielten, etwas unter der Wasseroberfläche ein Netz spannt, so dass die Fische nicht mehr mit dem Maule an die Oberfläche kommen können, sterben dieselben in kurzer Zeit an Erstickung. Ueber die Atmungsverhältnisse der Fische im Wasser dürfte folgende Betrachtung einige verwertbare Anhaltspunkte geben.

Der Absorptionskoeffizient für Luft in Wasser beträgt:

| | |
|--------|----------|
| bei 0° | 0,02471 |
| 4° | 0,02237 |
| 10° | 0,01953 |
| 20° | 0,01704. |

Bei 4° löst demnach 1 cbm Wasser 0,02237 cbm Luft, gleich 22,37 Liter. Diese absorbierte Luft enthält nach Bunsen 34,9% Sauerstoff und 65,09% Stickstoff. Demnach würden in einem Kubikmeter Wasser von 4° nur etwa 7,4 Liter Sauerstoff sein. 1 Liter Sauerstoff wiegt 1,43028 g, 7,4 Liter demnach 10,582 g.

Nehmen wir nun pro Kubikmeter Wasser 1 kg Fisch an und eine feste Eisdecke während 60 Tagen, so müsste 1 kg Fisch, vorausgesetzt, dass derselbe dem Wasser allen Sauerstoff entziehen kann, 60 Tage mit 7400 cem Sauerstoff leben können. Im Tage dürfte er 123 cem und pro Stunde 5 cem Sauerstoff im Gewichte von 0,00615 g gebrauchen.

Durch sehr genaue Versuche hat nun Regnard (S. 416) festgestellt, dass bei einer Wassertemperatur von 2° C ein Kilogramm Goldfisch pro Stunde 14,8 cem Sauerstoff verbraucht. Es würde dem-

nach schon am 20. Tage unser in Rechnung gezogener Kubikmeter Wasser völlig von Sauerstoff befreit worden sein.

Selbstverständlich sind die Fische nicht im Stande, dem Wasser allen Sauerstoff zu entziehen. Schon bei einer Verminderung auf 1 Liter pro Kubikmeter sterben viele an Erstickung. Wenn nun auch die Atmung der Fische im Winter auf ein Minimum sinkt, so zeigen die angeführten Daten doch, dass eine zu starke Besetzung eines Teiches im Winter leicht Erstickung herbeiführen kann.

Durch kleine Löcher im Eise kann nur eine sehr geringe Anreicherung des Wassers mit Sauerstoff stattfinden, da die Diffusion infolge schneller Sättigung der obersten Wasserschicht sehr bald fast ganz aufhört und die Fortbewegung der Luft im ruhigen Wasser nach Versuchen von Regnard¹⁾ so langsam stattfindet, dass pro Stunde die Sättigung höchstens 1 cm nach der Tiefe hin fortschreitet. Infolge der Strömungen ist in der Natur die Diffusion meist viel wirksamer, man darf aber nicht vergessen, dass bei einem zugefrorenen Teiche mit kleinen Oeffnungen sehr annähernd die Bedingungen des Experimentes mit einem oben offenen Zylinder voll Wasser, wie Regnard es anstellte, zutreffen. Der Nutzen der Löcher im Eise ist demnach wohl nur darin zu suchen, dass dieselben den Fischen das Luftschnappen ermöglichen. Dieses kann allerdings zuweilen lebensrettend sein.

Fließende Gewässer entbehren der meisten bis jetzt besprochenen Gefahren für die Fische im strengen Winter. Aus einem eingehenden Berichte des Herrn von Winterstein (Saarburg) ersehe ich, dass der starke Eisgang speziell in der Saar viele Fische im Schollen- gewirre zerquetscht hat.

Die Verluste an Amphibien, Fischen und Reptilien im vergangenen Winter müssen sehr beträchtlich sein. Mehrfache Exkursionen nach mir aus früheren Jahren bekannten Froschtümpeln machen mich glauben, dass stellenweise nur wenige Tiere sich gerettet haben. In der Nähe der Station Kottenforst sind im Frühjahr so viele tote Frösche im Wasser gewesen, dass dasselbe stark roch. Ähnliches ist bereits früher beobachtet worden. So berichtet Leydig²⁾: „Mancher hat wahrscheinlich, gleich mir, nach dem so harten Winter 1879—80 Gelegenheit gehabt, zu sehen, dass im März etwa beim Auswerfen von Gräben Frösche, tote und in Verwesung begriffene, zum Vorschein kamen, die sich zwar tief eingegraben hatten, aber doch der großen und lang andauernden Kälte erlegen waren. Mir hat dieser Anblick verständlich gemacht, wie ein anderer berüchtigter Winter, jener von 1829 — 30, die *Lacerta viridis* bei Bex in der Schweiz, wo sie früher häufig, nun auf Jahre hinaus zur Seltenheit werden ließ, welche Wahrnehmung Charpentier aufbewahrt hat. Und wenn man erfährt,

1) Regnard, op. cit. S. 350.

2) F. Leydig, Zu den Begattungszeichen der Insekten. Arbeiten aus dem zool.-anat. Institut Würzburg, Bd. X, S. 55.

dass es bis zum Winter 1829 auf Island Frösche gegeben hat und später nicht mehr, wird man diese Veränderung in der Fauna des Landes auf die gleiche Ursache zurückzuführen einigen Grund haben“.

Aus den vorstehenden Darlegungen können nun die nachstehenden Folgerungen gezogen werden:

Fischleben ist in erster Reihe nur möglich im flüssigen Aggregatzustande des Wassers. Wassertiere, namentlich Fische, sterben, wenn sie derartig einfrieren, dass sie allseitig vom Eise berührt werden. Tiefe und große Teiche sind infolge dessen gefahrloser für ihre Bewohner, wie kleine und flache Teiche.

Um das Leben des Fisches zu unterhalten, ist eine gewisse Menge von gelöstem Sauerstoff erforderlich. Ist derselbe verbraucht und wird er nicht erneuert, so muss der Fisch sterben. Diese Ursache tritt namentlich in strengen Wintern ein, wenn durch anhaltenden Frost eine dicke Eisschicht auf stehenden Gewässern gebildet worden ist. Die Mengen des unter dem Eise befindlichen flüssigen Wassers mit seinem Gehalte an Sauerstoff und die Zahl der Fische resp. ihre gesamte respiratorische Thätigkeit bedingen dann die Zeitdauer ihres Lebens. Dasselbe kann verlängert werden durch Erneuerung des flüssigen Wassers durch Quellen und Zuflüsse oder durch Lüftung desselben dadurch, dass große Stellen eisfrei gehalten werden. Solche Maßregeln sind um so mehr nötig, wenn stehende Gewässer durch Abgänge verunreinigt werden, die zur Bildung von Ammoniak und Schwefelwasserstoff Veranlassung geben.

Jedes organische Leben ist auf die Dauer nur da möglich, wo die dazu erforderlichen Bedingungen vorhanden sind; diese zu erkennen und zu schaffen ist für die Fischzucht von eben derselben Bedeutung, wie es die Gesundheitspflege für den Menschen ist. Gerade so wie die Menschen nur in Räumen mit hinreichender reiner Luft gedeihen können, ist für Leben und Gedeihen aller Fische in erster Linie reines, hinreichend lufthaltiges Wasser zu allen Jahreszeiten erforderlich.

Nur so viel organische, sich zersetzende Stoffe sind in den Gewässern zu dulden, als zum Wachstum einer mäßigen Zahl Wasserpflanzen erforderlich sind.

Teiche müssen, wenn keine Quellen oder Zuflüsse vorhanden sind, mindestens 1 m bis 1,2 m tief sein oder doch größere Teile von solcher Tiefe besitzen.

Wenn irgend möglich, ist im Winter, wenn keine Quellen im Boden des Teiches vorhanden sind, für Zufluss und Abfluss von Wasser zu sorgen.

Im Kubikmeter Wasser dürfen höchstens 1—1½ kg Fische vorhanden sein, sonst leidet die Gesundheit und das Wachstum im Sommer, während im Winter leicht Ersticken eintreten kann.

Jedenfalls müssen die Fische eine frostfreie Zufluchtsstätte finden können.

In Gewässern mit starker Strömung müssen strom- und frostfreie

tiefe Buchten geschaffen werden, wohin sich die Fische bei Eisgang flüchten können.

Das Hauen von Löchern oder Aufeisen größerer Strecken hat nur Sinn bei Teichen ohne Zufluss. Wenn die Fische im Winter an die Eislöcher kommen, ist dieses ein Zeichen großen Luftmangels, und sind dann weitere Strecken aufzueisen.

E r w i d e r u n g.

Von Prof. Anton Hansgirg.

Um weiteren Missverständnissen vorzubeugen, sehe ich mich genötigt, auf die von G. Klebs gegen mich wiederholt gerichteten Angriffe Folgendes zu erklären.

Abenteuerliche Ideen, die mir K. neulich in der Bot. Zeitung ¹⁾ vorgeworfen hat, finden sich auch in seinen Abhandlungen und in den Publikationen anderer best bekannter Algologen. Hat man doch früher den genetischen Zusammenhang der *Chantransia*-Arten mit den Batrachospermen- und *Lemanea*-Arten oder noch in diesen Tagen den genetischen Nexus der *Hormidium*-, *Schizogonium*- und *Prasiola*-Formen und ähnliche Ideen für abenteuerlich gehalten.

Gegenüber den mir seinerzeit in diesen Blättern ²⁾ von K. gemachten Vorwürfen, auf die sich K. neulich ¹⁾ wieder beruft und auf die ich gleich, nachdem ich auf sie aufmerksam gemacht wurde, kurz geantwortet habe ³⁾, sei mir gestattet hier bloß zu bemerken, dass die von K. veröffentlichten kritischen Bemerkungen zu meiner Abhandlung „Ueber den Polymorphismus der Algen“ etc., welche viel dazu beigetragen haben, dass diese und andere Abhandlungen in gewissen Kreisen missverstanden wurden ⁴⁾, mit demselben oder mit viel mehr Recht auf die von Klebs u. a. veröffentlichten ähnlichen Arbeiten, als auf meine hätten angewandt werden können.

Hat doch Klebs in seiner Abhandlung über die Desmidiaceen Ostpreußens nicht eine einzige von den zahlreichen *Cosmarium*- u. a. Formen, welche er zu einer Art oder zu einem Formenkreis vereinigt, auf dem Wege der Kultur in die andere übergeführt und doch hat er sich selbst und andere von der Haltlosigkeit seiner ohne irgendwelche Kulturversuche begründeten Behauptungen nicht überzeugt und wurden ihm, so viel mir bekannt, von der damaligen Kritik keine, umsoweniger aber den in seinen „Kritischen Bemerkungen“ ähnliche Vorwürfe gemacht.

Was die Methoden der Forschung anbelangt, so glaube ich, dass jeder Forscher solche Methoden zu wählen hat, welche ihn zum Ziele führen können, was vor mir wohl auch Klebs that, indem er bei

1) Botanische Zeitung, 1891, Nr. 19, S. 318.

2) Im Biolog. Centralblatt, 1886, Nr. 21.

3) In Anmerk. zu meiner Abhandlung in der Flora, 1886.

4) Man vergl. mein Werk „Physiologische und algologische Studien“ 1887 und einige „abenteuerliche“ Referate über meine Ideen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Kochs W.

Artikel/Article: [Ueber die Ursachen der Schädigung der Fischbestände im strengen Winter 498-508](#)