

jeweils zirka 6 Stunden im Einsatz. Nur dadurch war es möglich, die heurige Produktion an diesen Fischarten zu retten, wobei allerdings die Größe der Jungfische im Mittel geringer blieb als in normalen Jahren und erhebliche Ausfälle zu verzeichnen waren.

Hervorzuheben ist, daß ein erfolversprechender Antransport von Plankton nur bei kühler Witterung, wie sie heuer herrschte, möglich erscheint. Bei hohen Temperaturen würde viel Plankton während des Transportes absterben und überdies wäre der Futterbedarf der Fische erheblich größer. Es ist fraglich, ob unter solchen Umständen die Aufzucht der genannten Fischarten in Kreuzstein weiter sinnvoll betrieben werden könnte.

Wenn auch Hoffnung besteht, daß auf ein Jahr ausgesprochener Massenentfaltung der Burgunderblutalge von Natur aus durch Erschöpfung ein Niedergang dieser Algenpopulation folgt, wäre es für die Fischzucht Kreuzstein doch von außerordentlicher Wichtigkeit, daß bald eine einschneidende Verminderung der Zufuhr düngender Abwässer zum Mondsee erfolgt. Es erscheint

fraglich, ob das wasserrechtlich bewilligte Projekt für das am dichtesten besiedelte Gebiet zwischen dem Hotel Königsbad und dem Ortsteil Schwarzindien, das eine Sammlung aller dort anfallenden Abwässer in einem entsprechenden Kanalsystem und Zuleitung zu einer biologischen Kläranlage mit Möglichkeit zum weiteren Ausbau für chemische Fällung vorsieht, und dessen Realisierung leider sehr schleppend vorangeht, allein überhaupt noch ausreicht, eine Normalisierung der Verhältnisse zu bringen.

An einer solchen Normalisierung müßten aber nicht nur die Fischerei im allgemeinen und die Fischzucht Kreuzstein bzw. das Bundesinstitut für Gewässerforschung und Fischereiwirtschaft im besonderen interessiert sein, sondern vor allem die Gemeinden im ganzen Einzugsgebiet des Mondsees, die schließlich einen erheblichen Teil ihrer Einnahmen aus dem Fremdenverkehr ziehen. Es sollte nicht erst so weit kommen, daß — ähnlich wie es am Obertrumersee bereits der Fall war — die Massen der Burgunderblutalge auch während der sommerlichen Hochsaison den See unansehnlich verfärben und Urlauber vom Baden abhalten.

Dr. E. Bruschek

Dr. Elisabeth Danecker

Zum Sauerstoff-Verhalten von Quellen, Quellteichen und Brunnen

Einleitung:

Vor der Verwendung von Quell- oder Brunnenwasser mit unbekanntem Eigenschaften für die Aufzucht und Haltung von Forellen empfiehlt es sich, diese Wässer auf ihren Sauerstoffgehalt untersuchen zu lassen.

Quellen haben wegen ihrer Reinheit in der Fischzucht seit jeher eine bevorzugte Stellung. In der einschlägigen Literatur Ende des 19. Jahrhunderts kann man z. B. lesen, daß Quellen oder Quellteiche ein äußerst „luftreiches“ Wasser besitzen (SCHROEDER 1889, BIESENBACH 1897). Bei M. v. d. BORNE 1906 findet man aber schon die Einschränkung, daß

Quellwasser wegen seines Gehaltes an Kohlensäure, Schwefelwasserstoff oder wegen Sauerstoffarmut für die Fischzucht auch ungeeignet sein kann. WEEDER, 1900, empfiehlt, Teiche erst in einiger Entfernung von der Quelle anzulegen, damit sich das Wasser vorher mit Luft anreichern kann, und DIESSNER-ARENS, 1925, meint, daß Quellwasser vor der Verwendung durch künstliche Wasserfälle belüftet werden sollte.

GHITTINO, 1969, stellt fest, daß Quell- und Brunnenwasser wegen seiner Reinheit für die Aufzucht von Forellen zwar am besten geeignet ist, jedoch oft weniger Sauerstoff und mehr Kohlensäure enthält, als

Bachwasser; HUET, 1970, daß Rheokrenen (Fließquellen, solche, die von der Austrittsstelle sofort frei abfließen) meist nur 70 bis 80%, Limnokrenen (Tümpelquellen, solche, bei denen das Wasser am Boden einer Mulde austritt), oft weniger als 50% Sauerstoffsättigung besitzen. Nach EARL-LEITRITZ, 1969, haben Fließquellen oft einen zu niedrigen Sauerstoffgehalt, Sickerquellen hingegen häufig einen zu hohen Gasgehalt (was zur Gasblasenkrankheit der Fische führen kann).

Der für Forellen nötige Mindest-Sauerstoffgehalt des Wassers wird von HUET, 1970, mit 9 mg/l, von DEMOLL-STEINMANN, 1949 (für Brutwasser), mit 8,5—9,0 mg/l, von EARL LEITRITZ, 1969, mit 7 mg/l, von KOCH, 1960, mit 5,5 mg/l und von GREENBERG, 1963, (desgleichen PLEHN, 1924, SCHAPERCLAUS, 1933, und ELLIS 1946) mit 5 mg/l angegeben. Der für Forellen tödliche Sauerstoffbereich beginnt nach Koch, 1960, mit 2 mg/l; nach WEEGER, 1905, ist die Existenz von Salmoniden unter 4 mg/l unmöglich.

Diese Vielfalt rührt einerseits daher, daß die verschiedenen Autoren unter den Mindestansprüchen der Fische nicht das gleiche verstehen, und andererseits daher, daß es ziemlich schwierig ist, den Sauerstoffbedarf einer Fischart zu bestimmen. Es handelt sich hierbei um ein sehr komplexes Problem, bei dessen Lösung Alter, Aktivität, Ernährungszustand und Reizbarkeit des Fisches sowie Faktoren der Umwelt, in erster Linie die Temperatur, eine Rolle spielen. Dazu kommen die verschiedenen Untersuchungstechniken der einzelnen Autoren, die den Vergleich von Zahlen oft gar nicht zulassen.

Erst im vergangenen Jahr haben DOUROROFF und SHUMWAY (1970) einen provisorischen Überblick über das Thema und eine kritische Sichtung der bisher vorliegenden Daten zu geben versucht. Diese Autoren stellen z. B. fest, daß alle Berichte, denen zufolge erwachsene Fische bei Sauerstoffkonzentrationen über 3 mg/l bei sonst günstigen Bedingungen erstickt sein sollen, nur mit Vorsicht zu betrachten seien. Es ge-

lang im Labor sogar, Regenbogenforellen und Lachse bei Konzentrationen zwischen 2 und 3 mg/l zu erbrüten (wobei gegenüber der Kontrolle allerdings mehr Todesfälle und Deformierungen auftraten). Erst unter 2 mg/l war die Erbrütung nicht mehr möglich.

Die von verschiedenen Autoren immer wieder geforderten 5 mg/l als untere Grenze der Sauerstoffkonzentration beruht auf Untersuchungen von ELLIS (1937). Dieser fand bei 5809 Untersuchungen an freien Fließgewässern, daß jene Flußstrecken, welche in der warmen Jahreszeit eine zahl- und artenreiche Fischfauna aufwiesen, in 96 % der Fälle einen Sauerstoffgehalt von über 5 mg/l aufwiesen. In 4% der Fälle lagen die Konzentrationen zwischen 4 und 5 mg/l. Unter 4 mg/l war niemals eine optimale Entwicklung der Fischfauna zu finden. DOUROROFF und SHUMWAY kritisieren an diesen Angaben, daß von ihnen nicht gesagt wird, ob es sich um Mittelwerte oder um die unteren Werte einer schwankenden Sauerstoffkonzentration handelt.

Auch wurden die Messungen an abwasserbelasteten Flüssen durchgeführt, so daß ein Rückschluß auf reines Wasser, in dem tatsächlich nur der Sauerstoffgehalt maßgebend ist, nicht gut möglich ist. Inzwischen haben nämlich andere Beobachtungen ergeben, daß eine artenreiche Fischfauna auch dann existieren kann, wenn die Sauerstoffkonzentration aus natürlichen Ursachen des öfteren unter 5, 4 ja sogar 3 mg/l absinkt.

Die Erfahrung lehrt, daß die Sauerstoffansprüche einer Art verschieden sind, je nachdem es sich um das bloße Überleben von erwachsenen Tieren, um die Embryonalentwicklung oder Fische in der Intensivhaltung handelt. Noch immer ist es zu früh, für diese Ansprüche allgemeine Zahlen zu geben. Sicher ist, daß auch Forellen unter sonst guten Bedingungen kräftige Schwankungen des Sauerstoffgehaltes nach unten erstaunlich gut überstehen können. Um so berechtigter erscheint es, Sauerstoffkonzentrationen aus der Praxis bekanntzugeben.

I. Sauerstoffgehalte von überbrachten Wasserproben aus Quellen, Quellteichen und Brunnen.

Von den dem Bundesinstitut zur Untersuchung überbrachten Wasserproben der letzten Zeit wurden die am genauesten datierten Proben für diese Darstellung ausgesucht. Es müssen zwei Gruppen unterschieden werden:

1. Proben, welche anlässlich von Verlusten von Forellen, und
2. Proben, welche nur zwecks Kontrolle des Sauerstoffgehaltes (u. a. Daten) überbracht wurden. Diese Gruppen sind in der nachfolgenden Tabelle getrennt.

Zunächst einige Bemerkungen zu den verwendeten Bezeichnungen: Als Quelle werden alle jene Wasserkörper bezeichnet, deren Temperatur- und Sauerstoffregime durch den Sauerstoffgehalt bzw. die Temperatur der Quelle bei ihrem Austritt aus der Erde bestimmt werden. Es handelt sich also um relativ stark durchflossene Quellteiche, die nachfolgend besser als Tümpelquellen bezeichnet werden, um Hälter, Tröge und Becken, die von Quellen gespeist werden, und um austretende Quellen.

Als Quellteiche werden solche Teiche bezeichnet, die infolge ihrer Speisung

durch Quellen zwar sommerkühl und winterwarm sind, jedoch im Verhältnis groß genug, um ein eigenes Sauerstoffregime (vor allem durch Pflanzenwuchs) zu entwickeln, das den Sauerstoffgehalt der speisenden Quelle völlig überdecken kann.

Zwischen diesen Typen sind alle Übergänge möglich. Es könnte sogar ein und derselbe Teich bei starker Schüttung der Quelle einmal als Tümpelquelle, ein andermal bei Trockenwetter als Quellteich bezeichnet werden. Gerade bei den überbrachten Proben war es nicht immer leicht, zu entscheiden, zu welcher Gruppe das betreffende Wasser gestellt werden sollte.

Die Sauerstoffsättigung des Wassers hängt bekanntlich von der Temperatur und der Höhenlage ab: Je wärmer Wasser ist, desto weniger Sauerstoff kann es aufnehmen. Je höher das betreffende Wasser liegt, desto niedriger ist die Sättigungskonzentration.

In Tabelle 1 sind die in Quell-, Quellteich- und Brunnenproben gefundenen Sauerstoffkonzentrationen zusammengestellt und gleichzeitig je Gewässertyp drei der jeweiligen Mitteltemperatur entsprechende Sättigungskonzentrationen angegeben. Sie gelten für die bei uns häufigen Höhenlagen zwischen 200 und 500 m Seehöhe.

Tabelle 1:

Sauerstoffkonzentrationen in überbrachten Proben aus Quellen, Quellteichen und Brunnen.
Kontrolle = Proben, überbracht zur vorbeugenden Überprüfung des Sauerstoffgehaltes.
Verluste = Proben, überbracht anlässlich des Verlustes an Fischen.

	Quellen		Quellteiche		Brunnen	
Mittlere Temperatur	9,0 C		14,0 C		9,50 C	
Sättigungskonzentration zwischen	100% = 10,9—10,5		= 9,8—9,4		= 10,8—10,4	
200 u. 500 m ü. d. M.	50% = 5,4— 5,3		= 4,9—4,7		= 5,4— 5,2	
in mg/l	30% = 3,3— 3,2		= 2,9—2,8		= 3,2— 3,1	
Sauerstoffkonzentrationen in mg/l	Kontrolle	Verluste	Kontrolle	Verluste	Kontrolle	Verluste
0— 1,9	3	—	1	2	1	—
2— 3,9	—	3	2	5	2	—
4— 5,9	10	3	2	6	1	—
6— 7,9	13	7	3	8	3	—
8— 9,9	26	9	2	3	1	—
10—12	30	7	4	3	2	—
Gesamtzahl der Fälle	82	29	14	27	10	—

Es zeigt sich, daß bei den Quellproben, welche nur zur Kontrolle überbracht wurden, die meisten sauerstoffgesättigt sind (offensichtlich betreiben die Überbringer aus ihrer Erfahrung heraus eine gewisse Auswahl, denn die für die Fischzucht in Betracht gezogenen Quellen sollen ja klar sein, kein Eisen abscheiden, guten Geruch haben, etc.). Aber auch bei Proben, welche auf Grund von Fischverlusten überbracht wurden, werden die meisten Verluste bei einer Sättigung von etwa 80% registriert und nicht in niedrigen Konzentrationsbereichen. Die Verluste konnten tatsächlich auch nur in 2 Fällen eindeutig auf Sauerstoffmangel zurückgeführt werden. Dagegen gab es 6 Fälle mit Gasembolien, 13 Fälle von Krankheit (Grießkörnchenkrankheit, Octomitus, Kiemenschwellung, Fütterungsfehler) und 8 ungeklärte Fälle.

Bei den Quellteichen sollte korrekterweise zwischen Sauerstoffmessungen morgens und tagsüber unterschieden werden, da die Tageszeit bei Teichen bekanntlich eine große Rolle spielt. Wegen der geringen Anzahl der Werte wird dies jedoch unterlassen.

Bei den nur zur Kontrolle überbrachten Teichproben zeigen sich alle Abstufungen der Sauerstoffkonzentration, wobei in den meisten Fällen gesättigtes bzw. übersättigtes Wasser festgestellt wurde. Bei den Teichen mit Fischverlusten lagen die meisten Sauerstoffkonzentrationen zwischen 2 und 8 mg/l, also zwischen rund 20 und 80% der Sättigung. Die Verluste wurden im Gegensatz zu den Quellen zu fast 50% (13 von 27 Fällen) durch Sauerstoffmangel verursacht. Es gab ferner 2 Fälle mit Gasembolie und 6 Krankheitsfälle (Kiemenschwellung, Darmentzündung). 6 Fälle blieben ungeklärt.

Brunnenmessungen stehen nur wenige zur Verfügung und es wird praktisch eine gleichmäßige Verteilung über alle Konzentrationsbereiche gefunden. Ein allein für die Zwecke der Fischzucht geschlagener Brunnen ist stets ein gewisses Risiko, da sich nach allen Aufwendungen schließlich herausstellen kann, daß der Sauerstoffgehalt zu gering ist.

Interessant ist die jahreszeitliche Verteilung des Probeneingangs: Er steigt entsprechend dem fischereilichen Wirtschaftsjahr gegen das späte Frühjahr und den Frühsommer an und sinkt dann wieder. Quellproben auf Grund von Verlusten erscheinen am häufigsten im Mai, Juni und im September. Im September scheint vor allem die herbstliche Trockenheit zu Schwierigkeiten im Quellwasser zu führen. Diese drei Monate brachten rund 60% der Fälle des Jahres. Bei den Quellteichen traten Verluste vor allem im Mai und Juni ein, rund 50% der Fälle ereigneten sich in diesen beiden Monaten.

II. Natürliche Schwankungen des Sauerstoffgehaltes in Quellen, Quellteichen und Brunnen

Von Teichen, auch von Quellteichen, ist bekannt, daß ihr Sauerstoffgehalt durch den Pflanzenwuchs (Algen, Unterwasserpflanzen) und je nach Witterung mehr oder weniger stark im Tag-Nacht-Rhythmus schwankt. Da bei Grundwasser, welches gerade zutage tritt, die Vegetation keinen Einfluß nehmen kann, erhebt sich die Frage, ob es bei Quellen und in Brunnen überhaupt natürliche Sauerstoffschwankungen gibt.

Messungen an zwei Grundwässern und einem vom Quellbach gespeisten Teich können diese Frage teilweise beantworten.

1. Tag-Nacht-Schwankungen

Abb. 1 zeigt das Ergebnis einer 24 Stunden währenden Sauerstoffmessung¹ in einem Quell-Bach-Teichsystem.

Es handelt sich hier um eine Quelle, deren Schüttung stark niederschlags- und witterungsabhängig ist. Sie wurde zur Messung der Schüttung zu einer 10 Quadratmeter großen Tümpelquelle gestaut, aus der auch die Proben stammen.

Der Teich, welcher in 300 m Entfernung vom Wasser dieser Quelle gespeist wird, ist temperaturmäßig zwar kein Quellteich mehr, doch bildet er als Prototyp „Teich“ in diesen gleichzeitigen Messungen einen schönen Gegensatz zu der fast unglaublichen

¹ Herrn Dr. M. Rydlo sei an dieser Stelle für die Überlassung der Daten herzlich gedankt.

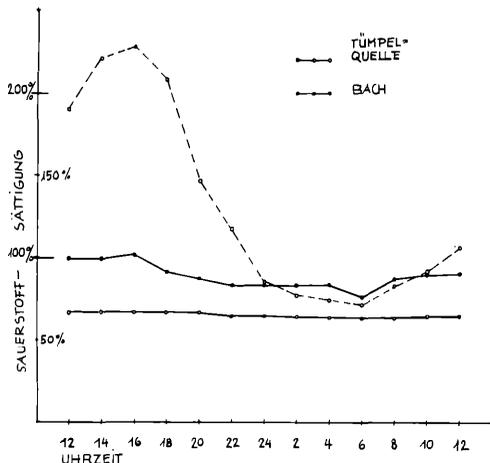


Abb. 1: Tag-Nachtschwankungen der Sauerstoffsättigung in einem System von Tümpelquelle — Bach — Teich, Ende August.

Konstanz der Quelle und der vergleichsweise geringen Schwankung des speisenden Baches, aus dem die Proben etwa 50 m oberhalb der Abzweigung des Teichzuleiters entnommen wurden.

Die Sauerstoffschwankungen in Teich und Bach sind unsymmetrisch, d. h. es werden zu gleichen Uhrzeiten an aufeinanderfolgenden Tagen verschiedene Sättigungswerte erreicht. Die Ursache liegt in den oft von Tag zu Tag recht unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Im gleichen Teich wurden an drei aufeinanderfolgenden Tagen um zehn Uhr z. B. folgende Sauerstoffkonzentrationen gemessen: 3,0 mg/l (tote Forellen morgens), 3,7 mg/l und 6,6 mg/l.

Interessant sind auch die Tag-Nacht-Temperaturschwankungen dieser auf engem Raum und in einem System befindlichen, so verschiedenen Gewässertypen. In 24 Stunden schwankte die Tümpelquelle im Bereich zwischen 9,4—9,7^o C, der Bach zwischen 11,1—14,0^o C und der Teich zwischen 12,3—18,9^o C.

Die 24-Stunden-Messung zeigt, daß das Licht auf das Sauerstoffregime der Quelle keinerlei Einfluß hat und könnte zu der Annahme führen, daß daraus eine ständige

Sauerstoffkonstanz der Quelle folgt. Tatsächlich schwankt aber auch die Quelle, jedoch nach einem völlig anderen Prinzip.

2. Längerperiodische Schwankungen in Quell- und Brunnenwässern

Die oben erwähnte Tümpelquelle wurde später zu einer etwa 70 m² großen Quelfassung erweitert, die den Charakter einer Tümpelquelle beibehielt. Aus dieser Fassung wird in einer 250 m langen unterirdischen Rohrleitungen in freiem Gefälle Wasser zur Versorgung einer Aufzuchtshalle abgeleitet.

Die in Abb. 2 dargestellten Kurven entstanden nach Temperatur- und Sauerstoffmessungen im Quell- und Brunnenwasser während einer 100 Tage währenden Aufzucht von Regenbogenforellen. Ersteres stammt aus der oben beschriebenen Tümpelquelle, letzteres aus der Hauswasserleitung, welche aus einem 300 m von der Quelle entfernten, 6 m tiefen Brunnen versorgt wird.

Die Tröge mit Quell- und Brunnenwasser waren mit gleichem Brutmaterial, freißreifen Regenbogenforellen, in einer Dichte von 270 Stück/100 cm² besetzt. Der Durchstrom betrug bei 15 cm Trogbreite und 7—8 cm Wassertiefe 200 ccm/sek. Die Fische wurden mit gleichem Futter und in gleichen Futterprozenten gefüttert, Zählungen und Kochsalzbäder fanden stets zur gleichen Zeit statt.

Die Quelle zeigte unregelmäßige Schwankungen des Sauerstoffgehalts, und zwar in Übereinstimmung mit der Schüttung und der Lufttemperatur, die ihrerseits wieder witterungsbedingt sind.

So ist in dem 40-Tage-Ausschnitt in Abbildung 2 eine 9-, 5- und 16tägige Zeitspanne zu bemerken, in der ein ständiger Abfall der Sauerstoffsättigung stattfindet. Die Zeiten des Sättigungsanstieges dazwischen dauern jeweils immer nur 3 Tage. Sie werden nicht nur von Regenfällen, sondern auch von kühler Witterung hervorgerufen. Die Temperaturkurve zeigt gegenüber der Sättigungskurve eine nur teilweise deutliche Gegenläufigkeit. Eine nur zufällige

Sauerstoffmessung wird bei dieser Quelle also kaum den eigentlichen Charakter erkennen lassen. Es ist ganz allgemein zu raten, bei Quellen, welche in ihrer Stärke niederschlagsabhängig sind, die Sauerstoffkontrolle bei möglichst kleiner Schüttung durchzuführen.

Während die Sättigungskurve des Quellwassers in weiten Grenzen schwankt, be-

wegt sich gleichzeitig die Sättigung im Brunnenwasser in einem engen Bereich und in kurzen Perioden von nur 2—5 Tagen Dauer. Eine Gegenläufigkeit von Temperatur und Sättigung läßt sich nicht beobachten, die Witterung hat keinen Einfluß.

In Tabelle 2 werden die beiden Wässer in ihren wichtigsten Punkten nochmals verglichen.

Tabelle 2: Vergleich von Quell- und Brunnenwasser während der ersten 100 Tage einer Aufzucht von Regenbogenforellen.

	Quelle	Brunnen (Wasserleitung)
Dauer der Perioden mit fallender Sauerstoffsättigung (100 Tage)	2—16 Tage	2—5 Tage
Mittlere Sauerstoffsättigung (76 Messungen)	68,4%	84,7%
Minimum d. Sauerstoffsättigung (76 Messungen)	47,8%	78,2%
Maximum d. Sauerstoffsättigung (76 Messungen)	88,8%	95,6%
Schwankungsbereich der Sauerstoffsättigung	41,0%	17,4%
Mittlere Temperatur (100 Messungen)	8,8° C	9,5° C
Schwankungsbereich der Temperatur	1,7° C	2,0° C
Minimum der Sauerstoffkonzentration	5,7 mg/l	9,0 mg/l

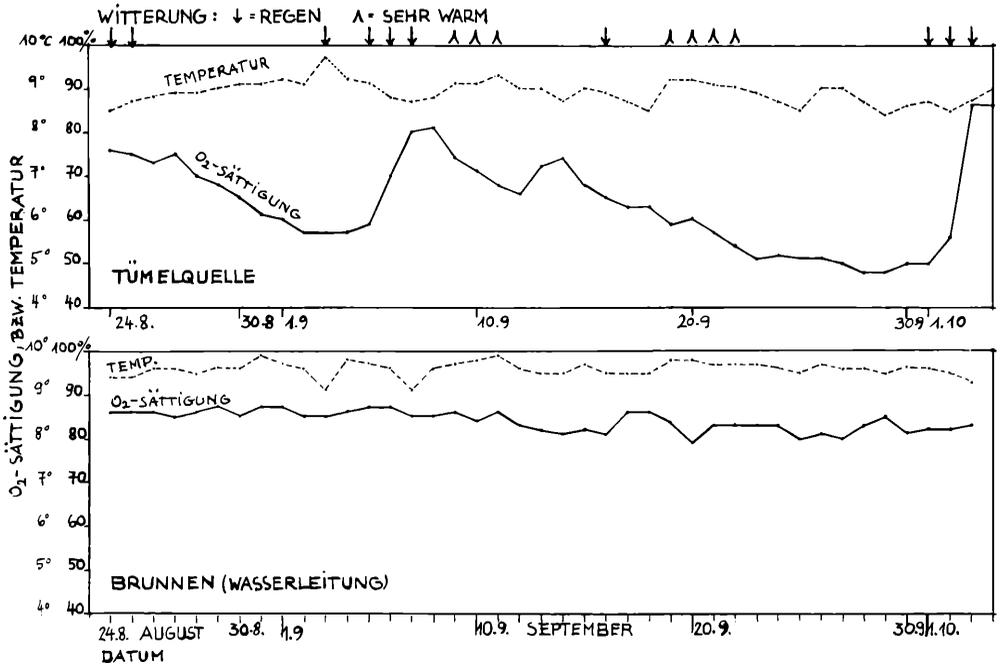


Abb. 2: Schwankungen der Sauerstoffsättigung und der Temperatur in einer Tümelquelle und in Brunnenwasser (Hauswasserleitung) im Verlauf von 41 Tagen. Tiefststand der Quelle am 28. und 29. September mit 48% der Sättigung, des Brunnenwassers am 20. September mit 79%. Schwankungsbreite der Sättigung im Quellwasser im dargestellten Zeitraum 37%, im Brunnenwasser 8%.

Bezogen auf das durchschnittliche Stückgewicht der Fische nach 100 Tagen bewährte sich das Quellwasser besser als das Brunnenwasser, obwohl die mittlere Temperatur der Quelle um 0,6° C tiefer lag. Doch waren die Fische im Quelltrof stärker auseinandergewachsen und die Verluste waren insgesamt um das 1,7fache höher. Sie standen jedoch nicht im direkten Zusammenhang mit dem Sauerstoffgehalt, sondern wahrscheinlich mit der stärkeren Trübung der Quelle.

III. Fälle von Fischsterben in Quellen und Quellteichen durch Sauerstoffmangel

Eine Tümpelquelle mit den Eigenschaften der oben beschriebenen Quelle kann, wenn sie als Fischteich verwendet wird, in Trockenzeiten höchst gefährliche Sauerstoffklemmen ausbilden. Fortdauer einer bei gutem Sauerstoffniveau durchaus vertretbaren starken Fütterung, Ansammlung von Stoffwechselprodukten am Boden des Teiches, Algenbildung, gefördert durch eine Düngung des Wassers mit eben diesen Stoffwechselprodukten und schwachen Durchstrom, helfen in fataler Weise zusammen, ein Fischsterben vorzubereiten. Aus der sauerstoffkonstanten Tümpelquelle wird nun ein Quellteich, in welchem die Algen tagsüber zwar Sauerstoff produzieren, nachts aber veratmen, und in dem die sauerstoffarme Quelle keinen Ausgleich schaffen kann. Fischsterben treten nachts oder frühmorgens ein. Manche Teichwirte sind davon oft so überrascht (die Fische haben tags zuvor noch gut gefressen!), daß sie zunächst an feindliche Aktionen Unbekannter denken.

Nachfolgend seien einige Fälle von durch Sauerstoffmangel verursachten Fischsterben beschrieben:

Fall 1: 3. Juni.

In einem Teich, aus dessen Grund Quellen aufgehen, starben über Nacht Regenbogenforellen. Der Teich war stark mit einer Fadenalge (*Spirogyra*) bewachsen. Eine um 5.30 Uhr früh entnommene Probe ergab einen Sauerstoffgehalt von 5,4 mg/l. Die Fische gingen in typischer Erstickungs-

stellung ein. Die Kiemen waren blaß und blutflechtig, verschleimt, die Spitzen verquollen, stark mit *Chilodonella* befallen. Die Behinderung der Atmung durch den Parasitenbefall dürfte hier mit stärkeren Sauerstoffschwankungen zusammengewirkt haben.

Fall 2: 31. Mai.

In einem Teich, auf dessen Grund Quellen aufgehen, wurden 4 Jahre hindurch Forellen ohne größere Verluste gehalten. Die Forellen gingen ein, nachdem sie mit Blut gefüttert worden waren. Der Sauerstoffgehalt des Wassers betrug 3,3 mg/l, der Ammoniumgehalt war erhöht (0,8 mg/l).

Fall 3: 18. Juni.

In einem 200 m² großen Teich, in welchem Quellen aufgehen, wurden bei 0,5 l/sec Abfluß (Zufluß nicht meßbar) 50 kg Regenbogenforellen gehalten. Eines Morgens war ein Teil der Fische eingegangen. Sauerstoffmessungen am folgenden Tag ergaben um 4.00 Uhr 7,3 mg/l, um 16.00 Uhr 10,3 mg/l. Diese Werte brachten praktisch keinen Hinweis auf Sauerstoffmangel für die Fische, zeigten aber, daß Schwankungen bestanden. Wie schon oben bemerkt, spricht der relativ hohe Morgenwert nicht gegen vorausgegangene tiefere Morgenwerte. Die Fische schienen völlig gesund und hatten gut gefressen.

4. Fall: 20. Juni.

Zwei hintereinanderliegende Teiche wurden von einer Quelle mit nur 10 l/Min. (!) Zufluß gespeist und enthielten insgesamt einen Besatz von 44 kg Regenbogenforellen. Die Fische wurden stark mit selbstzubereitetem Futter (u. a. gekochtes Blut) gefüttert und erhielten, wie die Mageninhalte zeigten, auch noch reichlich Anflugsnahrung. Über Nacht ging der größte Teil der Fische ein. Die Kiemen waren verschleimt und mit Algenfäden (*Oscillatoria*) belegt.

Der Sauerstoffgehalt betrug in den Teichen 3,3 und 1,1 mg/l, die Ammoniumgehalte waren erhöht (0,7 mg/l). Eine Messung 4 Tage später ergab sogar nur 1,7 und 2,7 mg/l Sauerstoff, die zugeführte Quelle

enthielt 2,6 mg/l. Die Teiche waren also äußerst schwach mit noch dazu sauerstoffarmem Wasser versorgt worden. In diesem Fall ist es überhaupt ein Wunder, daß Forellen unter solchen Bedingungen längere Zeit gefüttert werden konnten.

5. Fall: Mai und Juni.

In einem sehr alten Fischteich (die ersten chemischen Messungen wurden an der speisenden Quelle schon 1919 gemacht) wurde um 4.00 Uhr ein Sauerstoffgehalt von 3,0 mg/l gemessen, die zufließende Quelle hatte 3,9 mg/l. Es gab keine Verluste. Im Gegenteil, es erholten sich in diesem Teich Forellen, welche in einem benachbarten, frisch gebaggerten Teich mit enormer Algenbildung an Gasblasenkrankheit gelitten hatten.

Im Juni kam es aber auch im alten Teich zu Verlusten. Um 15.00 Uhr (!) wurden in ihm nur 2,1 mg/l Sauerstoff gemessen. Bevor die Verluste einsetzten, hatte man beobachtet, daß die Fische morgens dicht unter der Oberfläche standen.

6. Fall: 14. September.

In einem stark durchströmten Quellteich (15—20 l/sec) wurden bei einer Sauerstoffmessung zu Mittag 5,0 mg/l gefunden. Es gab vor allem Verluste an Bachsaiblingen, weniger an Regenbogenforellen. Die toten Fische wurden immer morgens gefunden. Die übrigen Fische waren zu dieser Zeit stets matt, standen dicht unter der Wasseroberfläche und ließen sich mit der Hand fangen. Erst später am Tag reagierten sie normal.

Unter den geschilderten Fällen sind 2, 4, 5 und 6 ziemlich sicher auf akuten Sauerstoffmangel zurückzuführen, wobei in 4 und 5 sehr sauerstoffarme Quellen die Hauptursache waren. Im Fall 3 scheint der Teichwirt durch Fütterung von Blut eine erhöhte Sauerstoffzehrung selbst verschuldet zu haben. Im Fall 6 spricht sowohl das Verhalten der Fische als auch die Tatsache, daß zu Mittag erst 5,0 mg/l Sauerstoff gemessen wurden, für einen echten Sauerstoff-Fall.

Bei Fall 1 scheint Parasitenbefall und Sauerstoffdefizit zusammengewirkt zu haben. 3 ist einer der zweifelhaften Fälle,

in dem man nur aus der offensichtlichen Gesundheit der Fische, ihrer bis vor das Ende anhaltenden Freßlust und aus den tatsächlich vorhandenen Sauerstoffschwankungen auf die mögliche Ursache des Fischsterbens schließen kann.

Für den Teichwirt ist in kritischen Zeiten das Verhalten der Fische frühmorgens aufschlußreich, dann nämlich, wenn in Quellteichen das Minimum der Tag-Nachtschwankung eintritt. Verdächtig ist es, wenn jeden Morgen tote Fische gefunden werden (auch bei Fischen gibt es eine individuelle Widerstandskraft gegenüber ungünstigen äußeren Faktoren), ebenso Apathie der Fische morgens und Entwicklung der normalen Freßlust erst im Lauf des Tages.

Eindeutig ist es, wenn die Fische knapp unter der Oberfläche stehen, schwer atmen, oder in die Zuflüsse gehen. Fische, die sich leicht (oft mit der Hand!) fangen lassen, können dann gleich für einen Test verwendet werden: Man setzt sie in Wasser, von dem mit gutem Grund vermutet werden kann, daß es sauerstoffreich ist. Erholen sich die Fische, so muß sofort eine Sauerstoffanreicherung im Teich versucht werden.

Aus den unter II und III geschilderten Tatsachen ergibt sich, daß bei Sauerstoffmessungen in Teichen die Tageszeit sehr wichtig ist. Bei Quellteichen und auch bei Tümpelquellen ist es am aufschlußreichsten, wenn 2 Proben gemacht werden: frühmorgens und nachmittags, wobei die Morgenprobe die wichtigere ist.

IV Sauerstoffanreicherungen

Die Anreicherung von Sauerstoff im Wasser geht um so rascher vor sich, je weiter die Konzentration von der Sättigung entfernt ist. Es gelingt leicht, den Sauerstoffgehalt von 2 auf 3 mg/l zu erhöhen, kostet aber viel mehr Zeit, mit gleichen Mitteln z. B. von 9 auf 10 mg/l zu steigern. Daraus folgt, daß gerade in Konzentrationsbereichen, in denen Forellen gefährdet sind (um und unter 3 mg/l), auch einfache Maßnahmen wirkungsvoll zur Überwindung einer kritischen Lage eingesetzt werden können. Die Aufrechterhaltung eines

guten Sauerstoffniveaus während der intensiven Aufzucht und Mast hingegen erfordert einigen Aufwand.

Einfache Mittel zur Sauerstoffanreicherung sind die flächenhafte Verteilung des zufließenden Wassers durch Aufprall auf Brettern, Einbau von Kaskaden in den Zu- lauf, Versprühen des Wassers mit einer Pumpe, Einbringung von reinem Sauerstoff in einen Teich mittels Stahlflasche.

Eigene Erfahrungen mit aufwendigeren und wirkungsvolleren Methoden der Sauerstoffanreicherung bestehen nicht, doch sei hier auf die Literatur verwiesen (BOHL, LUKOWICZ, Teichbelüftungen mit Drehkollbengebläse, Seitenkanalverdichter, Ring- gebläse). BOHL weist darauf hin, daß sin- kende Sauerstoffkonzentrationen bei inten- siv gefütterten Fischen leicht zu Ernährungs- störungen Anlaß geben, und daß das Futter schlechter ausgewertet wird. Vielfach treten Leberschäden auf.

Nachfolgend seien einige Zahlen von ein- fachen natürlichen Sauerstoffanreicherungen gebracht (Tab. 3).

Tabelle 3: Natürliche Sauerstoffanreiche- rungen in Quellwässern.

Sauerstoff- gehalt beim Quell- austritt mg/l	Entfer- nung zw. Quell- austritt und Meß- stelle m	Sauer- stoffgehalt an der Meßstelle mg/l	Monat
1,9	5	2,6	II
1,9	20	5,4	II
1,9	100	8,8	II
4,9	40	5,5	III
1,5	30	4,0	V
6,0	10	8,1	V
10,3	100	10,9	IV
unbekannt	30	6,4	VII
unbekannt	30	6,6	X
unbekannt	30	6,9	VII
unbekannt	50	4,4	IV

Man sieht aus diesen Zahlen, daß das bloße Dahinfließen des Wassers oft nur wenig Sauerstoff einbringt. Vor allem auf kurzen Strecken ist eine wesentliche Anreicherung nicht zu erhoffen. Eine Voraus- sage jedoch ist nicht möglich, da Gefälle, Turbulenz und andere Faktoren bei der Anreicherung mitwirken.

Nun einige Beispiele von künstlichen An- reicherungen mit einfachen Mitteln:

1. Quellwasser, welches mit 1,1 mg/l aus dem Boden kam, wurde auf drei verschie- dene Weisen angereichert: Mittels Luftdüse: Anstieg auf 6,0 mg/l. Mittels Luftdüse und Aufprall des Wassers auf ein Brett: Anstieg auf 5,8 mg/l, Einbau von Überfällen: An- stieg auf 6,2 mg/l.

2. In einem Quellteich waren Forellen bei 1,5 mg/l Sauerstoff eingegangen. Durch Versprühen des Teichwassers mit einer Pumpe wurde der Sauerstoff auf 3,4 mg/l gehoben. Die Verluste hörten sofort auf.

3. Brunnenwasser mit 3,4 mg/l speiste einen Hälter, in dem der Sauerstoffgehalt durch die Atmung der Fische trotz Durch- strom auf 1,1 mg/l sank. Forellen, Brachsen und ein Teil Hechte mußten herausgenom- men werden. Aale, Schleien und der andere Teil der Hechte zeigten noch keine Reak- tion. Durch Einsatz einer Luftdüse wurde der Sauerstoff auf 6,9 mg/l gehoben.

V Zusammenfassung:

Quellen liefern meist reines, mitunter aber trotzdem sauerstoffarmes Wasser. Da die Reinheit des Wassers eine wichtige Voraus- setzung für die Verwendbarkeit in der Auf- zucht ist, überdies aber von Natur aus reine Wässer immer seltener werden, lohnt es sich, das Sauerstoff-Verhalten von Grund- wässern und Quellteichen näher zu beleuch- ten. Leider kann keine Sauerstoffkonzent- ration genannt werden, die allen An- sprüchen der Forellen garantiert genügt, so daß ein solcher Wert auch für die Verwend- barkeit einer Quelle nicht als Richtlinie dienen kann. In den neueren Lehrbüchern werden 5 mg/l als untere Grenze des für Forellen in Frage kommenden Sauer- stoffbereichs angesehen. Da dieser Erfah- rungswert an mehr oder minder abwasser- belasteten Flüssen in der warmen Jahres- zeit gewonnen wurde, kann er umso eher auch für Quellen, in denen tatsächlich oft nur der Sauerstoffgehalt den ungünstig- sten Faktor darstellt, als untere Grenze dienen. Auf die Kohlensäure, welche in Quellen ebenfalls manchmal eine Rolle

spielt, konnte hier nicht eingegangen werden. Es existieren darüber auch kaum praktische Erfahrungen.

Gerade weil die Sauerstoffansprüche der Fische in den Lehrbüchern so verschieden angegeben werden, schien es interessant, Sauerstoffmessungen aus der Praxis zu bringen, und zwar vergleichende Messungen in Quell- und Brunnenwasser während der Aufzucht, sowie solche, welche anlässlich von Fischsterben in Quellteichen gemacht wurden. Bei letzteren zeigte sich, daß die Sauerstoffgehalte um und unter 3 mg/l gelegen waren, aber auch, daß sauerstoffarme Zuflüsse manchmal erstaunlich lange ohne negative Auswirkungen blieben. Der Gefahr der schleichenden Ausbildung von Sauerstoffklemmen kann bei solchen Quellen durch Anreicherungsrichtungen zuvor- gekommen werden. Gerade in dem kritischen Bereich um 3 mg/l ist eine Anreicherung, die über die gefährlichsten Tiefstände hinweghilft, noch durch relativ einfache Mittel zu erreichen.

Die Sauerstoffmessung sollte bei Quellen in Trockenperioden (bei geringerer Schüttung), bei Quellteichen vor Sonnenaufgang und am gleichen Tag möglichst auch am späteren Nachmittag erfolgen. Wichtig ist es, das Verhalten der Fische am frühen Morgen zu beobachten. Erscheint es abnormal, so kann folgender Test Aufschluß bringen: Einige Fische werden in sauerstoffreiches Wasser gesetzt und ihre Reaktionen beobachtet. Besteht Verdacht auf Sauerstoffknappheit, so sollte die Fütterung sofort eingeschränkt werden, damit Stoffwechselstörungen vermieden werden. Gerade dieser Punkt wird von den Teichwirten oft zu wenig beachtet.

Literatur:

- Biesenbach Robert, Künstliche Fischzucht und Teichwirtschaft, Leipzig 1897.
- Bohl M., Fütterungs- und futterbedingte Schäden bei der Intensivierung der Forellenzucht, Allg. Fischereizeitung, 1970, S. 533—537
- Bohl M., Belüftung von Karpfenwinterungen in kritischen Zeiten, Der Fischbauer 2/1971, S. 1115—1116.
- Von dem Borne, Max, Teichwirtschaft, Berlin 1906.
- Demoll R. und Steinmann P., Praxis der Aufzucht von Forellenbesatzmaterial, Stuttgart 1949.
- Diessner Bruno und Arens Paul, Die künstliche Zucht der Forelle, Neudamm 1926.
- Doudoroff Peter und Shumway, Dean L., Dissolved Oxygen Requirements of Freshwater Fishes, FAO Technical Paper Nr. 86, Rom 1970
- Earl Leitritz, Die Praxis in der Forellenzucht, P. Parey, Hamburg-Berlin 1969.
- Ghittino Pietro, Piscicoltura e Ittiopatologia, vol. 1, Ed. Rivista di Zootecnia, 1969.
- Greenberg, David B., Forellenzucht, P. Parey, Hamburg-Berlin, 1963.
- Huet Marcel, Traité des Pisciculture, Ed. Ch. de Wyngart, Brüssel, 1970
- Koch Wilhelm, Fischzucht, P. Parey, Hamburg—Berlin, 1960.
- Lukowicz, M. v., Der Einfluß der Belüftung auf den Sauerstoffgehalt und die Temperatur im Wasserteich, Der Fischwirt 6/1971, S. 120—124.
- Schroeder, Eduard August, Katechismus der künstlichen Fischzucht und der Teichwirtschaft, Leipzig 1889.
- Weeder Alois, Der Fischzüchter, Puchheim, OÖ., 1900
- Weeger Emil, Aufzucht der Forelle, Wien 1905.

1. Internationales Preisfischen am Völkermarkter Stausee

PROGRAMM: 9.30 Uhr: Auslosung der Fischfangplätze bei der Bootshütte des Rudervereines Völkermarkt; Ausgabe der Teilnehmerscheine gegen Entrichtung des Nenngeldes von S 40,—. Gewertet wird das Gesamtgewicht und nicht die Anzahl der gefangenen Fische. Bei gleichem Gewicht entscheidet das Los. Es darf nur mit den am Stausee gesetzlich erlaubten Mitteln gefischt werden. — 13—17 Uhr: Preisfischen. — 19 Uhr: Preisverteilung im Gasthof Stürzenbecher am Hauptplatz in Völkermarkt. — PREISE: 1. Preis: 1 goldene Mitschellrolle, weitere Preise und Pokale. — Die Veranstaltung findet bei jeder Witterung statt.

Petri-Heill Für die Völkermarkter Fischer: **Rauter Herbert** e. h. / **Anderiasch Rudolf** e. h.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichs Fischerei](#)

Jahr/Year: 1971

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Danecker Elisabeth

Artikel/Article: [Zum Sauerstoff-Verhalten von Quellen, Quellteichen und Brunnen 126-135](#)