

Sauerstoff im Aquarium

Von Frank Gottschalk

Sauerstoff ist mit Sicherheit ein absolut lebensnotwendiges Element. Darüber sind sich uneingeschränkt alle einig. Sauerstoff wird von den Fischen benötigt, in großen Mengen von den im Aquarium lebenden Mikroorganismen und den Bakterien aber auch des nachts von den Pflanzen, die ja bekanntlich tagsüber bei, optimalen Bedingungen, reichlich Sauerstoff produzieren.

Seit einiger Zeit ist unter einigen Fachleuten eine Diskussion entbrannt, ob nun eher ein hoher Sauerstoffgehalt (nahe der Sättigung, mind. ca. 6 mg/l) oder ein niedriger (ca. 3-4 mg/l) für das Minibiotop Aquarium von Vorteil sei. Die Befürworter eines niedrigen Sauerstoffgehaltes argumentieren, daß hohe Gehalte den Pflanzenwuchs beeinträchtigen würden.

Auf der Strecke bleiben dabei die Fische !

Ohne überhaupt nun auf die Auswirkung eines niedrigen Sauerstoffgehaltes auf die Wasserpflanzen einzugehen¹ möchte ich die Auswirkung von kritischen Sauerstoffmengen auf die Fische deutlich machen.

Zum Leben muß jedes Lebewesen seinen Stoffwechsel aufrechterhalten. Und Fische brauchen, wie alle obligat aeroben Lebewesen dazu unbedingt Sauerstoff.

Die Fische nehmen bekanntlich den Sauerstoff über die Kiemen auf, die übrigens nicht nur dem Gasaustausch dient, sondern sie sind auch (im Gegensatz zu der menschlichen Lunge) das Hauptausscheidungsorgan für die überschüssigen Stickstoffverbindungen, so daß Fische die Hauptmenge an Ammonium / Ammoniak über die Kiemen ausscheiden. Außerdem sind die Kiemen wichtiges Organ für die Ionen- und Osmoregulation.

Die Luft die wir atmen besteht zu ca. 23 Gew.% aus Sauerstoff; d.h. in 100g Luft sind 23g Sauerstoff. Im Wasser sieht das Verhältnis dramatisch schlechter aus: bei einem Gehalt von 10mg/l Sauerstoff² sind entsprechend in 100g Wasser³ 0,001g, d.h. 0,001% Sauerstoff gelöst. Nun ist diese Rechnung nicht ganz korrekt, da sowohl Lungenatmer, als auch Kiemenatmer das entsprechende Medium nicht nach Masse aufnehmen sondern nach Volumen. So ergibt sich eine Sauerstoffmenge von ca. 295 mg/l Luft gegenüber 10mg/l Wasser!

Unter der Annahme, daß ein 100g schwerer Fisch ca. 50mg Sauerstoff pro Stunde bei 25°C benötigt, muß er ca. 6,5 Liter Wasser (=6500ml) durch seine Kiemen Pumpen. Da es dem Fisch aber nicht möglich ist, den gesamten Sauerstoff aus dem Wasser zu entnehmen, muß er noch wesentlich mehr Wasser aufnehmen. Ein Landtier hat die gleiche Menge Sauerstoff in 166ml Liter Luft! Der Fisch muß also ca. 40 mal mehr Atmen.

Desweiteren kommt für die Atmung der Fische erschwerend hinzu, daß Wasser wesentlich schwerer zu bewegen ist als Luft. Der Fisch muß also nicht nur wesentlich mehr Wasser bewegen als ein Landtier Luft, er muß auch wesentlich mehr Kraft dafür aufwenden.

¹ Wer sich über den vermeintlichen Vorteil von geringen Sauerstoffmengen auf Wasserpflanzen schlau machen möchte, dem empfehle ich den Artikel von Dr. Kassebeer in Aquarium heute 3/97.

² O₂ Sättigung bei 15°C, bei 25°C beträgt die Sättigung noch 7,5 mg/l.

³ In diesem Sinne ist mit Wasser nicht streng H₂O gemeint, sondern die wässrige Lösung.

Man kann den Sauerstoffverbrauch eines Lebewesens als Maßstab für die Stärke der Stoffwechselaktivität benutzen. Dann kommt man zu dem Ergebnis, daß ein Fisch unter im Ruhezustand knapp 30% des aufgenommenen Sauerstoffes für die Atmung benötigt. Das heißt auch, das knapp 30% der gesamten Stoffwechselaktivität nur für die Atmung benötigt werden. Bei starken Schwimmbewegungen kann der Anteil an der Atmung am Gesamtstoffwechsel bis auf ca. 70% ansteigen.

Natürlich ist die Intensität der Atmung nicht nur von der körperlichen Aktivität abhängig – wie zu erwarten ist die Atmungsintensität insbesondere von der Sauerstoffkonzentration abhängig. Hierbei sind 2 Bereiche voneinander zu unterscheiden:

1. Bereich der Atmungsunabhängigkeit
Oberhalb einer best. Sauerstoffkonzentration „kritische Konzentration“ (abhängig von Temperatur, Aktivität und Fischart) ist der Sauerstoffverbrauch des Fisches unabhängig von dem umgebenden Sauerstoffgehalt.
2. Bereich der Atmungsabhängigkeit
Unterhalb der kritischen Konzentration nimmt der Sauerstoffverbrauch des Fisches mit sinkendem Sauerstoffgehalt ab. Diese Abnahme beruht auf einer, durch die Sauerstoffknappheit, reduzierten Aktivität. Es liegt keine! Anpassung des Stoffwechsels vor. Den Fischen geht quasi „die Luft aus“.

Im unteren Bereich der Atmungsabhängigkeit setzt der sog. Resistenzbereich ein. Erst hier versucht der Fisch durch Erhöhung der Atemaktivität „Notatmung“ (Atemfrequenz + Ventilationsamplitude) das mangelnde Sauerstoffangebot auszugleichen. Die Symptome sind typisch: die Fische hängen unter der Wasseroberfläche und schnappen nach Luft. Besonders problematisch ist hierbei, das die erhöhte Atemtätigkeit wiederum einen stark erhöhten Stoffwechsel zur Folge hat, dies wiederum hat einen höheren Sauerstoffbedarf zur Folge. So eskaliert das Problem bis der Fisch erstickt ist.

Wird so etwas beobachtet muß schnellstens die Ursache für die Atemnot herausgefunden werden (siehe unten) als Sofortmaßnahme ist das Aquarium am besten mit einer Membranpumpe und einem Sprudelstein zu belüften, falls keine entsprechende Pumpe zur Hand ist sollte der Filterauströmer so gelegt werden, daß die Wasseroberfläche stark aufgewirbelt wird. Auch ein kleiner Teilwasserwechsel, ca. 10%, kann sehr vorteilhaft sein, dabei sollte man das **kalte** Wasser in das Aquarium plätschern lassen. Außerdem sollte bei Sauerstoffmangelsymptomen keinesfalls gefüttert werden.

Hält so ein Sauerstoffmangel länger als ca. ½ Tag oder sogar mehrere Tage an sind große Verluste nahezu unausweichlich..

Bereits kurz darauf setzt der Erstickungstod ein. Es muß noch erwähnt werden, daß die Sterblichkeitsgrenze auch sehr stark individuell abhängig ist, so reagieren Fischindividuen, die in sauerstoffreichen Wasser leben empfindlicher auf niedrige Sauerstoffkonzentrationen, als Fische die in Wasser mit geringem Sauerstoffgehalt leben. Hier liegt eine echte Anpassung vor – die Tiere sind quasi „im Training“ (Höherer Hämoglobingehalt im Blut, Kiemen besonders gestärkt). Vergleichbar mit Menschen, die dauerhaft in 5 Tausend Metern Höhe wohnen.

Es ist bereits ein Risiko, wenn auch kein direkt tödliches, Fische ständig im Bereich der Atmungsabhängigkeit zu pflegen. Man muß sich einmal vorstellen, daß durch den reduzierten Stoffwechsel bestimmte Stoffwechselleistungen nicht mehr oder nicht mehr vollständig ausgeführt werden können. **So ist zu erwarten, daß der Laichansatz reduziert wird, das Immunsystem nicht vollständig arbeitet und die Schwimmschwungfreudigkeit nachläßt; die Fische werden träge. Ebenso kann es zu Wachstumsrückgang und schlechter Futtermittelverwertung führen.**

Es ist ziemlich sicher, daß sich viele chronische Probleme auf einen zu knappen Sauerstoffgehalt zurückführen lassen.

Um also Schaden von unseren Pfleglingen abzuwenden brauchen wir unbedingt eine Sicherheitsreserve - damit aus all den kleinen Katastrophen, die im Aquarium passieren können, keine große Katastrophe wird.

Damit ist gemeint, daß ein bedeutend höherer Sauerstoffgehalt als der Mindestbedarf der Fische gewährleistet sein muß, damit das Minibiotop Aquarium, sollte der Sauerstoffgehalt absinken weiterhin ausreichende Bedingungen für die Fische gewährleistet.

Um deutlich zu machen was alles Einfluß auf den Sauerstoffgehalt im Aquarium hat, bzw. was den Sauerstoffbedarf der Fische erhöht hier nun eine einigermaßen vollständige Aufzählung:

1. die Zehrung wird verstärkte durch:
 - zuviel Futter
 - abgestorbene Pflanzen (z.B. Cryptofäule)
 - einen gestorbenen größeren Fisch, der unbemerkt hinter der Dekoration verwest
 - eine gestiegene Temperatur
 - zusätzlich eingesetzte Fische
 - Gut eingefahrene Biofilter (Bakterien und Mikroorganismen sind die größten Sauerstoffzehrer. Desto besser ein Filter mit Mikroorganismen besiedelt ist, um so mehr Sauerstoff verbraucht er auch.)
 - aufgewirbelten Schlamm und Mulm
 - überalterte Torffilter
 - Medikamenteneinsatz (Viele Medikamente töten nicht nur Parasiten, sondern auch eine ganze Reihe unschädlicher Mikroorganismen, die sich im Bodengrund und im Filter angesiedelt haben. Bei der Zersetzung wird dann wesentlich mehr Sauerstoff verbraucht, als diese Mikroorganismen lebend benötigt hätten. Außerdem verbrauchen viele Medikamentenwirkstoffe bei ihrer Zersetzung Sauerstoff)
2. die Sauerstoffproduktion der Wasserpflanzen wird geringer, wenn
 - der CO₂ Gehalt im Wasser sinkt
 - ein Teil der Beleuchtung ausgefallen ist
 - ein oder mehrere Spurenelemente nicht mehr ausreichend vorhanden sind (z.B. Eisen, Molybden, Kalium, Mangan usw.)
 - Pflanzen aufgefressen wurden
 - durch eine Kahlhaut oder eine Trübung (z.B. Pantoffeltierchen) die Lichtmenge reduziert wird
 - die Pflanzen durch andere Umstände geschädigt werden (Medikamente, Algenvertilger, Kupfer aus neuen Kupferleitungen)
3. der Sauerstoffeintrag durch die Wasseroberfläche kann reduziert sein weil
 - die Pumpe ausgefallen ist
 - die Pumpleistung nachgelassen hat, z.B. wenn Filter oder Schläuche verstopft sind.
 - sich eine Kahlhaut gebildet hat
 - durch eine zu stark laufende oder defekte CO₂ Anlage die Luftschicht über dem Aquarium überwiegend aus Kohlendioxid besteht.
4. Der Sauerstoffbedarf der Fische steigt, wenn
 - weitere Fische eingesetzt werden
 - die Temperatur gestiegen ist
 - Kiemenparasiten vorhanden sind (z.B. Kiemenwürmer, aber auch Hauttrüber, Ichtyo, Oodonium, diverse Bakterien usw.)
 - sehr hohe CO₂ Konzentrationen (über 40mg/l) vorliegen
5. Außerdem kann Sauerstoffmangel weitere Folgen haben:
 - Fast ungiftiges Nitrat kann (z.B. im Filter) bei Sauerstoffmangel zum hochgiftigen Nitrit oder Ammoniak reduziert werden.

- Bei Sauerstoffmangel im Bodengrund kann es zu Fäulnis kommen - hierbei entstehen nicht „nur“ giftige Faulgase sondern auch giftiges Ammoniak/Ammonium und Nitrit. Für gründelnde Welse häufig eine tödliche Falle. Außerdem wird hierbei Phosphat freigesetzt, was wiederum Algen fördert.

Was an dieser Liste auffallen sollte ist, daß sich verschiedene Faktoren gegenseitig hochschaukeln können. So kann, getreu dem Motte kleine Ursache große Wirkung, bereits bei einem kleinen ungeschickten Eingriff in das Aquarium bei fehlender Sicherheitsreserve eine große Katastrophe ausgelöst werden.

An dieser Stelle sei noch auf einen, in der aquaristischen Literatur, oft zu lesenden Irrtum hingewiesen:

Ein bei gestiegenen Temperaturen auftretender Sauerstoffmangel ist nur sehr selten auf die geringere Löslichkeit des Sauerstoffs zurückzuführen (bei 25°C lösen sich 8,24 mg/l O₂, bei 30°C noch 7,54mg/l O₂, und bei 35°C immer noch 6,93mg/l O₂), sondern auf die wesentlich stärker gewordene Sauerstoffzehrung. So kann man bei einem Temperaturanstieg von ca.8°C davon ausgehen, daß sich der Sauerstoffverbrauch der Fische, Mikroorganismen und Bakterien (und der Wasserpflanzen bei Nacht) verdoppelt - gleichzeitig bleibt die Sauerstoffproduktion der Wasserpflanzen nahezu konstant - da sich ja das Lichtangebot und alle anderen Randbedingungen nicht ändern.

Die kritische Grenze für den Sauerstoffgehalt ist von Fischart zu Fischart sehr unterschiedlich, Regenbogenfische beispielsweise brauchen sehr hohe Sauerstoffkonzentrationen, während Corydorasarten und alle Labyrinthfische mit sehr wenig Sauerstoff (im Wasser) auskommen. Allgemein kann man jedoch Sauerstoffkonzentrationen von ca. 3-4 mg/l als absolut unterste Grenze betrachten. Meiner Meinung nach sollte der Sauerstoffgehalt stets nahe der Sättigung liegen, mindestens bei ca. 6 mg/l.

Sollte es bei hohen Temperaturen oder aus anderen Gründen wie zu stark besetzten Aquarien oder einer viel zu starken Fütterung, notwendig sein den Sauerstoffgehalt zu erhöhen, so ist die beste Methode die Wasseroberfläche mit einer Kreiselpumpe kräftig zu bewegen.

Ist dies nicht ausreichend so ist die gute alte Membranpumpe mit Sprudelstein eine weitere gute Methode. Hierbei wird mit der Luft auch reichlich Sauerstoff eingetragen (leider auch Kohlendioxid ausgetrieben). Genauso wirkungsvoll, aber weniger gut sind Diffusoren, sie reduzieren die Filterleistung und produzieren zu feine Blasen, die sich an Schleimhaut und Kiemen der Fische festsetzen. Ebenso ist es hilfreich die Fütterung für ein paar Tage einzustellen.

Generell kann empfohlen werden des nachts mit einem Sprudelstein zu belüften. Hierbei ist auch der Austrieb von CO₂ nicht so bedeutend.

Absolut unsinnig und überflüssig sind Sauerstofftabletten, sie enthalten meist ätzende Substanzen und bringen praktisch nichts.

Auch den Einsatz von sog. Oxidatoren halte ich für überflüssig: Die in diesen Geräten verwendete Chemikalie, Wasserstoffperoxid in 3, 6, oder 30%, ist hochgeradig ätzend, und kann, bei falscher Anwendung oder einem Defekt am Oxidator, innerhalb von wenigen Stunden den gesamten Fischbestand vernichten.

Auch ist die Sauerstoffproduktion minimal:

1l einer 6%igen Wasserstoffperoxidlösung liefert gerade mal 28g Sauerstoff. Legt man zugrunde, daß man mit einem Liter, bei einem 200l Aquarium 16 Wochen auskommt (Herstellerangabe) macht das 250 mg Sauerstoff pro Tag - entspricht bei dem 200l Aquarium (180l Wasserinhalt) 1,4 mg/l.

Die normale Wasserumwälzung oder ein Sprudelstein liefert ohne weiteres ein vielfaches. Eine mittelstarke Luftpumpe leistet ca. 1200-2400l Luft pro Tag. Hierin sind 276g - 552g Sauerstoff enthalten.

Das Wasser kann natürlich nicht den gesamten Sauerstoff aufnehmen, es wird aber ein Gleichgewicht Sauerstoffzehrung = Sauerstoffaufnahme nahe bei der Sauerstoff - Sättigungskonzentration erreicht.

Achtung:

Sauerstoffmangelerscheinungen (Fische hängen an der Oberfläche, schnappen nach Luft) sind erfahrungsgemäß oft nicht mit einem wirklichen Sauerstoffmangel verbunden. Diese Symptome treten auch bei Kiemenschäden durch parasitäre oder bakterielle Infektion (z.B. Chilodonella, Kiemenfäule, Kiemenwürmer) auf.

Ebenso kommt es zu diesen Symptomen bei Kiemenvergiftung durch die Kiemen bzw. die Atmung schädigende Medikamente (z.B. Kupferhaltige Medikamente aber auch jede Überdosierung ansonsten harmloser Medikamente) sowie bei Kiemenverätzungen, z.B. Ammoniakvergiftung, pH zu sauer oder zu alkalisch, unsachgemäßer Einsatz eines Oxydators, direkter Einsatz von Wasserstoffperoxid oder unvorsichtiger Einsatz von sog. Sauerstofftabletten. Auch eine Nitritvergiftung hat diese Symptome zur Folge.

Bei Sauerstoffmangelsymptomen muß deshalb natürlich auch der Sauerstoffgehalt gemessen werden, damit die kurativen Maßnahmen auch wirken.

Das Testen des Sauerstoffgehaltes muß sehr gewissenhaft durchgeführt werden, vor allem ohne das Wasser zu transportieren, denn beispielsweise ein Umfüllen des Wassers verändert den Sauerstoffgehalt bereits ganz erheblich.

Wer niedrige Sauerstoffwerte im Aquarium propagiert sollte sich einmal darüber im klaren werden, was er damit anrichtet. Denn schließlich pflegen wir im Aquarien Wirbeltiere - für diese Tiere haben wir eine Verantwortung - und es gibt keine Rechtfertigung das Leben dieser Tiere zu gefährden. Und nichts anderes stellt eine absichtliche Begrenzung des Sauerstoffgehaltes auf niedrigem Niveau im Aquarium dar. Es ist dumm und töricht den Sauerstoffgehalt aus einigen natürlichen Biotopen mit dem Sauerstoffgehalt im Aquarium vergleichen zu wollen - viel zu gewaltig ist der Unterschied der Wassermenge. Aber auch in der Natur gehen Fische an Sauerstoffmangel zugrunde und das passiert gar nicht so selten - nur ist dort niemand direkt verantwortlich zu machen (es sei denn durch Abwassereinleitung). Passiert dies jedoch im Aquarium macht sich der Pflege der Tierquälerei schuldig - die ist nicht nur moralisch verwerflich sondern stellt auch nach dem Tierschutzgesetz eine Straftat dar.