

Hintergrundwissen zum Redoxpotential

Das Redoxpotential ist ein Maß für die oxidierenden und reduzierenden Prozesse im Wasser des Aquariums. Im Aquarium sind hohe Redoxpotentiale erwünscht. Aussagekräftig ist die Entwicklung (Migration) des Redoxpotentials.

Das wär's eigentlich schon? Ich glaube nicht ganz!

Um das Ergebnis einer Messung des Redoxpotentials richtig zu deuten zu können, ist aquaristische Erfahrung sehr wichtig, schließlich hat man nur einen Wert, der eine Aussage zur Summe vieler Einzelprozesse trifft. Der Messende muss dem Ergebnis die richtigen Ursachen zuordnen können. Dabei ist es sehr hilfreich, die chemischen und physikalischen Hintergründe des Redoxpotentials zu kennen.

Im ersten Schritt müssen wir wissen, was denn Oxidation bzw. Reduktion überhaupt ist, bzw. wie diese Begriffe definiert sind:

Wenn sich zwei oder mehrere Atome zu einem Molekül verbinden (chemische Reaktion), dann geschieht dies durch gemeinsames Nutzen von Elektronen in der jeweils äußersten Schale der beteiligten Atome.

Ein Stoff (Atom oder Molekül) wird oxidiert, wenn er Elektronen abgibt.

Bei der Oxidation wird Energie freigesetzt.

Ein Stoff (Atom oder Molekül) wird reduziert, wenn er Elektronen aufnimmt.

Bei der Reduktion wird Energie benötigt.

D.h. an Redoxprozessen (Oxidation/Reduktion) findet eine Verbrennung statt, an der nicht unbedingt Sauerstoff beteiligt sein muss. Am Redoxprozess sind immer zwei Partner beteiligt: Einer der reduziert und einer der oxidiert.

Warum wird bei der Oxidation Energie freigesetzt (so ganz richtig ist die Erklärung nicht, weil hier eigentlich quantenphysikalische Gesetze gelten)? Da Elektronen auf einer Umlaufbahn um den Atomkern kreisen haben sie potentielle Energie (Höhe mal Masse), kinetische Energie (Bewegung, Spin), magnetische Energie (Ladung und Bewegung). Wenn die Elektronen abgegeben werden, nehmen diese ihre Energie mit.

Nitrifikation, Denitrifikation und Desulfurikation sind bekannte Prozesse, die ein Redoxpotential erzeugen. Auch Stoffwechselprodukte (von Fischen, Pflanzen, Mikroorganismen) beeinflussen das Redoxpotential erheblich. Die Masse (in Gramm gemessen) aller Mikroorganismen in einem gesunden Aquarium ist nicht zu unterschätzen. Ein Redoxpotential entsteht immer dann, wenn ein chemischer Prozess stattfindet, denn dann wandern Elektronen zwischen den beteiligten Atomen/Molekülen. Diese Bewegung der Elektronen zeigt sich als elektrischer Strom, der aber nur dann fließt, wenn eine elektrische Spannung die Elektronen in Bewegung versetzt indem es diese anzieht bzw. abstößt. Das wiederum passiert immer dann, wenn unterschiedliche Stoffe aufeinander treffen. Dazu gibt es eine Reihe von Tabellen, welche die elektrochemische Spannungsreihe auflisten. In der „Mitte“ jeder dieser Tabellen steht der Wasserstoff. Er bildet den Bezug zu allen möglichen Stoffen. Hat eine Spannung so einen festen Bezugswert, dann spricht man von Potentialen. Deshalb hat Wasserstoff das Redoxpotential „Null“. Oxidierende Stoffe geben ja (negativ geladene) Elektronen ab, sie haben damit (gegenüber Wasserstoff) ein negatives Potential. Reduzierende Stoffe haben ein positives Potential. Für jene, die das Redoxpotential messen, kann diese Aussage schon erste Irritationen hervorrufen, schließlich wird doch ein hohes Redoxpotential angestrebt: Im DRTA-Archiv steht „An Stellen im Bodengrund, an denen kein

Sauerstoff vorhanden ist, wandeln Bakterien Nitrat wieder in Nitrit um. Nitrit wird in gasförmigen Stickstoff umgewandelt. Der Redoxwert ist hier negativ, d. h. der Redoxwert sinkt.“ Dieser anscheinende Widerspruch liegt daran, dass in der technischen Lösung der Redoxpotential-Messung das Vorzeichen einfach umgekehrt wird. Schließlich verknüpfen wir „positiv“ mit gut und „negativ“ mit schlecht.

Zurück zur elektrochemischen Spannungsreihe:

Folgende Beispiele zeigen, welche Spannungen da möglich sind: Lithium z.B. baut gegenüber Wasserstoff -3,04V auf, während Fluor +2,89 V aufbaut. D.h. man würde zwischen Lithium und Fluor eine Spannung von $3,04V + 2,89 V = 5,93 V$ messen. Dieser Effekt wird bei Batterien genutzt (Lithium-Ionen Akkuzellen liefern 3,6 V). Der Minuspol wird oxidiert (indem ihm Elektronen entzogen werden), der Pluspol wird reduziert (indem ihm Elektronen zugeführt werden). Beim Redoxpotential in unseren Aquarien ist es nicht anders: Schauen wir uns den Teil der Nitrifikation an, wo NO_2 zu NO_3 oxidiert wird. Dies ist der oxidierende Partner (der Minuspol) des Redoxpaares. Wo ist der reduzierende Partner (der Pluspol)? Dieser ist bei den Nitratbakterien zu suchen, wo in einem sehr komplexen biochemischen Prozess letztlich die Elektronen der Oxidation von Nitrit aufgenommen werden. Und wie bei Batterien wird Energie frei, welche von den Bakterien zum Umbau von ADP (Adenosindiphosphat) in ATP (Adenosintriphosphat) genutzt wird. Und das ATP dient der Pflanze (neben Licht) als universeller Energiespender, der z.B. zum Erzeugen sekundärer Nährstoffe und Zellsubstanzen oder dem Transport von Nährstoffen durch die Zellmembran aber auch zum Erzeugen des Wurzeldrucks genutzt wird. Damit will ich sagen, dass Redoxprozesse verkettet sind! Ein Prozess löst den nächsten aus.

Ich habe oben ganz bewusst den Begriff Batterie gewählt, weil das Redoxpotential nur dann gemessen werden kann, wenn die Batterie geladen ist. Würde in einem Aquarium das gesamte NO_2 in NO_3 oxidiert sein, dann würde keine Nitrifikation stattfinden und damit auch kein (im Hinblick auf Nitrifikation) Redoxpotential auftreten. **Das Redoxpotential beschreibt nicht den momentanen Zustand von Stoffen sondern deren Veränderung.** Das Problem: Im Messergebnis werden alle Redoxprozesse in einem einzigen Wert zusammengefasst. An dieser Stelle sollten wir vor allem an die Mikroorganismen im Aquarium denken. Ich bin der festen Überzeugung, dass deren Stoffwechsel einen ganz erheblichen Einfluss auf das Redoxpotential hat. Deshalb nützt es wenig, wenn ein Redoxpotential absinkt und man nicht weiß woher das im Einzelfall kommt. Man weiß nur, dass reduzierende Prozesse zugenommen haben. Deshalb ist aquaristische Erfahrung zum Beurteilen des Redoxpotentials so wichtig.

Haben wir einen Redoxwert gemessen, so können wir schon eine gut/schlecht-Aussage treffen (über 300 mV ... 350 mV ist o.k.). Sinkt beispielsweise das Redoxpotential, so wissen wir bereits bevor die Pflanzen etwas anzeigen, dass eine ungünstige Entwicklung im Gange ist und können (entsprechende Erfahrung vorausgesetzt) frühzeitig agieren. Darin sehe ich einen wesentlichen Wert der Messung.

Für mich bleibt eine Frage noch unbeantwortet: Warum streben wir Prozesse an, deren Redoxpaar oxidierend und nicht reduzierend wirkt? Ist es die „reinigende“ Wirkung des Verbrennens? Oder wenn wir verdauen oder uns bewegen, dann verbrennen wir ja auch!?