

Leitwert und ihre Auswirkungen in der Aquaristik

Leitwert und Leitfähigkeit

Der **Leitwert** ist ein Wert, der jederzeit aus einem Strom- und Spannungswert bzw. einem Widerstandswert errechnet werden kann. Die **Leitfähigkeit** bezieht sich auf den **Leitwert** eines Materials mit bestimmten Abmessungen, beispielsweise eine Länge von einem Meter und einem Querschnitt von einem Quadratmillimeter. Aus diesen Werten kann der Leitwert eines Leiters ohne Strom- und Spannungswerte errechnet werden.

Der gemessene Widerstand hängt ab von der Eintauchtiefe bzw. der Größe der Elektrodenoberfläche.

Der Leitwert nimmt ab bei:

- zunehmender Oberfläche der Elektrodenoberfläche
- abnehmendem Abstand der Elektroden

Für die Praxis hat man sich auf ein Maß geeinigt, das sich auf Elektroden mit einer Oberfläche von einem Quadratzentimeter und einem Abstand von einem Zentimeter bezieht und die Messung bei einer Temperatur von 25°C erfolgt. Abweichende Maße und Temperaturen werden entsprechend umgerechnet, damit man international gültige und vergleichbare Ergebnisse erhält.

Verwendet wird Wechselspannung, da bei Gleichspannung an den Elektroden Stoffe abgeschieden werden würden. Dieses würde zu einer erheblichen Veränderung der Elektroden führen.

Der Messwert wird in Mikrosiemens pro Zentimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$) angegeben. In der Praxis wird aber lediglich von Mikrosiemens gesprochen. Der gemessene Wert sagt aber nur etwas über die Quantität der Ionen aber Nichts über die Zusammensetzung der Ionen aus, die die Leitfähigkeit verursachen. Jedes im Wasser gelöste Salz erzeugt einen Teil der Leitfähigkeit.

Seewasser enthält hauptsächlich Kochsalz, das in Natrium-Ionen und Chlorid-Ionen zerfallen ist. Bei einer Dichte von 1,023 g/ml bei 25°C hat es einen Salzgehalt von 35 Promille und eine Leitfähigkeit von 53000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ oder vereinfacht in (Millisiemens pro Zentimeter mS/cm).

Leitfähigkeit

Unter der Leitfähigkeit versteht man die Summe der im Wasser gelösten Ionen. Ionen sind immer entweder positiv oder negativ geladen, darum leiten sie den elektrischen Strom. Je mehr Ionen im Wasser vorkommen umso höher ist infolgedessen die Leitfähigkeit. Der Leitwert des Wassers ist temperaturabhängig! Bei niedriger Wassertemperatur ist der Leitwert wesentlich niedriger, als der Leitwert des gleichen Wassers nach Erwärmung.

Je höher der Leitwert, desto mehr Salze liegen als Ionen vor. Dieses Verhältnis ist jedoch nicht linear, je höher der Salzgehalt ist, umso weniger stark steigt der Leitwert bei weiterer Salzzugabe an. Salz wird von den Wassermolekülen (H_2O) in positiv geladene Natrium-Ionen (Na^+) und negativ geladene Chlorid-Ionen (Cl^-) aufgespalten und gebunden. Dieses geschieht solange, bis nicht mehr genug Wassermoleküle zur Bindung vorhanden sind, es lässt sich dann kein Salz mehr lösen. Man spricht von einer Sättigung der Lösung, ein Überschuss an ungelösten Salzkristallen sammelt sich dann am Boden des Gefäßes.

Eine Umrechnung in Härtegrade kann nur unter Vorbehalt durchgeführt werden, da der Leitwert alle Ionen erfasst, die Härte jedoch nur bestimmte. Der Anteil an nicht härtebildenden Ionen zu härtebildenden Ionen ist nicht in jedem Wasser gleich.

Andersrum wirken sich nicht alle Ionen gleich auf den Leitwert aus, zwei- und mehrwertige Ionen erhöhen den Leitwert stärker als einwertige, und eine doppelte Zahl von Ladungsträgern erhöht den Leitwert nur im stark verdünnten Bereich um den Faktor 2.

Da der Leitwert leicht und einfach mit einem entsprechenden Gerät zu messen ist und in sehr weichem Wasser wesentlich zuverlässiger ist, als die Härte, wird er oft als Richtgröße für die Wasserqualität genommen. Je älter das Aquarienwasser ist, desto höher ist der Leitwert vor allem durch die Mineralisierung der Futterstoffe, die nicht im Stoffwechsel der Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen benötigt werden. Der Anstieg ist nicht linear. Besonders bei Weichwasser ist der prozentuale Anstieg deutlich zu erkennen. Der prozentuale Anstieg ist eine Entscheidungshilfe wann und wie viel Wasser gewechselt werden soll.

Die Maßeinheit für die Leitfähigkeit wird in $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Mikrosiemens/cm) gemessen. Das ist das Gegenteil des ohmschen Wertes, dem Widerstand einer elektrischen Leitung. Die Leitfähigkeit ist ein wichtiger Parameter, weil sie angibt, wie viele Ionen im Wasser gelöst sind. Ionen sind nicht nur sinnvolle und nützliche Verbindungen wie die Härtebildner Calcium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}) oder die verschiedenen Salze der Kohlensäure (CO_2). Die Härtebildner sind die wichtigsten Verursacher der Leitfähigkeit im Wasser. So erhöht 1° deutscher Gesamthärte die Leitfähigkeit um etwa 33 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Osmose und Osmoregulation

Mit zunehmender Leitfähigkeit steigt auch der osmotische Druck des Wassers. Sie ist eine wichtige Größe, die angibt, wie hoch der osmotische Druck des Wassers ist. Die Osmose beeinflusst den Stoffwechsel erheblich. Bei den Fischen reguliert der osmotische Druck die Wasseraufnahme die Harnausscheidung und die Geschlechtsorgane. Durch die Fähigkeit dieser Osmoregulation können Fische sowohl des Süßwassers als auch der Meere die Konzentration ihrer Körperflüssigkeit auf einen konstanten Wert halten.

- Im Meerwasser ist die Körperflüssigkeit gegenüber dem Meerwasser hypoosmotisch. Das bedeutet, dass das den Fisch umgebende Medium (Meerwasser) eine höhere Salzkonzentration besitzt als die Körperflüssigkeit

des Fisches. Wegen des Konzentrationsgefälles, also wegen der höheren Konzentration an Wassermolekülen im Fisch, verliert dieser Fisch ständig Wasser durch Osmose. Deshalb nimmt der Meerwasserfisch viel Salzwasser auf, um den Wasserverlust auszugleichen, doch dies führt zu einer Salzüberschuss im Fisch.

- **aktive Vorgänge:** Salzwasseraufnahme, Salzausscheidung über Kiemen
 - **passive (osmotische) Vorgänge:** Wasserausscheidung über Kiemen oder über Nieren.
- Im Süßwasser ist die Salzkonzentration im Fisch selber höher, als die des umgebenden Mediums. Das Wasser ist hypoosmotisch bzw. der Fisch ist hyperosmotisch. Es kommt zu einem Wassereinstrom, der durch eine übermäßige Nierenfunktion ausgeglichen wird. Fische scheiden also große Mengen Wasser durch die Nieren aus, die osmotisch in den Fisch diffundiert sind.
- **aktive Vorgänge:** Salzaufnahme
 - **passiver (osmotischer) Vorgang:** Wasseraufnahme.
- Im Brackwasser gibt es bedingt durch die Gezeiten in den Deltas der Flussmündungen Lebensbedingungen die beide Mechanismen erfordern.

Vor allem in der Natur tropischer Regionen unterliegt die Leitfähigkeit natürlichen Schwankungen. Bei Trockenheit steigt die Leitfähigkeit infolge der Wasserverdunstung und der sich im Restwasser konzentrierenden Salze. In der Regenzeit dagegen nimmt die Leitfähigkeit stark ab, da im Regen keine Salze gelöst sind und infolgedessen auch keine Härte vorliegt. Da für viele Fischarten die beginnende Regenzeit die Zeit der Fortpflanzung ist, ist die Senkung des Leitwertes im Aquarium für viele Fischarten ein Auslöser sie zur Fortpflanzung zu bewegen. Sie ist besonders angebracht, wenn Weichwasserfische in hartem Wasser gehalten werden. Andererseits kann auch eine Erhöhung des Leitwertes erforderlich sein, wie bei Hartwasserfische der großen Seen im afrikanischen Grabenbruch (Malawisee-200-260 $\mu\text{s/cm}$ & Tanganjikasee 600-620 $\mu\text{s/cm}$)

Osmolarität und Osmolalität

Der Begriff Osmolarität beschreibt die osmotisch aktiven Teilchen pro Liter einer Lösung. Neben den Ionen können das auch komplexere Moleküle wie Proteine und Zucker sein. Da Salze im Wasser in Ionen zerfallen, wirken sich diese auf die Osmose aus. Neben der Osmolarität gibt es noch den sehr ähnlichen Begriff der Osmolalität, welcher ebenfalls die Menge osmotisch aktiver Teilchen beschreibt, allerdings pro Kilogramm statt pro Liter.

Die Osmolalität der Körperflüssigkeiten von Fischen liegt zwischen 250 und 500 mOsm (0,65 bis 0,9% Salz-Konzentration), unabhängig davon ob sie im Süß-, Brack- oder Meerwasser leben. Süßwasser mit einer geringen Leitfähigkeit hat nur wenig Salze und somit eine geringe Osmolarität von 10-40 mOsm, während Meerwasser eine Osmolarität von bis zu 1000 mOsm aufweisen kann. Süßwasserfische werden daher ständig osmotisch Wasser aufnehmen und Salze an die Umgebung verlieren im Gegensatz zu Meerwasserfischen. Marine Fische und Süßwasserfische benutzen

denselben Mechanismus von Chloridzellen in den Kiemen, nur in umgekehrter Richtung.

- **Süßwasserfische** sind hypertonisch, die Umgebung ist hypotonisch. Süßwasserfische nehmen ständig osmotisch Wasser über die Kiemen und die Körperoberfläche auf, da die Osmolarität ihrer Körperflüssigkeiten wesentlich höher ist als die ihrer Umgebung. Um die großen Mengen an Wasser entfernen zu können, bilden sie einen sehr verdünnten Harn. Sie verlieren aber auch Salze, die dieser Harn enthält. Aus diesem Grund nehmen die Süßwasserfische aktiv über die Kiemen Salze auf. Die Kiemen enthalten Chloridzellen, die aktiv Chlorid-Ionen in den Körper pumpen.
- **Salzwasserfische** sind hypotonisch, d.h. die Umgebung ist höher konzentriert. Das bedeutet, dass die Salzwasserfische ständig Wasser an die Umgebung (das Meerwasser) durch Osmose abgeben. Der Fisch trinkt große Mengen an Meerwasser um den Wasserverlust auszugleichen. Das hat zur Folge, dass sich viele Salze im Körper des Fisches ansammeln. In den Kiemen haben diese Fische Chloridzellen, diese Zellen geben aktiv Chlorid-Ionen nach draußen ab und Natrium-Ionen folgen passiv nach. Über die Nieren werden die anderen nicht benötigten Salze abgegeben.

Osmotischer Schock

Hier handelt es sich nicht um eine Krankheit sondern um die tödliche Auswirkung bei Umsetzen mit einem erheblichen osmotischen Gradienten in Wasser mit niedrigem Leitwert. Hierbei kann es für die Fische zu einem tödlichen Schock kommen. Ausgelöst wird dieser Schock durch das schnelle Umkehren des osmotischen Systems des Fisches. Das Wasser strömt auf Grund eines Konzentrationsgefälles an biologischen Membranen immer in Richtung des höheren Salzgehaltes, um diesen zu verdünnen und die Wasserkonzentration so zu erhöhen. Wenn ein Fisch von sehr hartem in sehr weiches Wasser gesetzt wird, kehrt sich das Konzentrationsgefälle schlagartig um und das Wasser strömt in die Zellen des Fisches ein. Dadurch platzen Zellen und der Fisch kann sterben. Daher sollten die Zuchttiere, die zum Ablachen in Zuchtboxen gesetzt werden, nicht dauerhaft in Wasser mit einer hohen Leitfähigkeit gehältert werden um im Ansatz mit sehr weichem Wasser nicht gestresst zu werden.

Abhilfe: Setzen Sie Fische immer erst nach langsamer Umgewöhnung in ein anderes Wasser. Mit Hilfe eines Leitwert-Messgerätes kann der Gesamtsalzgehalt ermittelt werden. Die Differenz zwischen zwei Wassern sollte 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nicht überschreiten. Wenn doch, sollte pro Tag immer um 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ angeglichen werden. Dagegen vertragen Fische eine Salzerhöhung problemlos!

Weiches Wasser ist instabil

Je salzärmer ein Aquarienwasser ist, desto schneller gerät es außer Kontrolle. Das hat mehrere Gründe. Die wichtigsten hängen mit dem Nitrathaushalt des Aquarienwassers zusammen. Nitrat entsteht vorwiegend aus dem Eiweißanteil

(Aminogruppe der Aminosäuren) von Fischfutter, zersetzenden Pflanzen aber auch aus der abgestorbenen Mikroflora und –fauna im Aquarium und Aquariefilter.

Nicht benötigte Aminosäuren aus dem Eiweißabbau werden von den Fischen als Ammonium ausgeatmet, das anschließend von den Bakterien zu Nitrat oxydiert wird, oder durch Mineralisation von organischen stickstoffhaltigen Substanzen außerhalb des Fisches. Ursprünglich entsteht freie Salpetersäure, die mit dem Hydrogencarbonat des Wassers zu Nitrat und Kohlendioxid reagiert:



Es wird durch die Nitrifikation also Karbonathärte verbraucht. Ist die Karbonathärte hoch genug und wird sie laufend durch Wasserwechsel ergänzt, so entstehen keine Probleme. Ist die Futterbelastung hoch, die Karbonathärte aber niedrig, so kann es zu einem völligen Verbrauch der Karbonathärte und zu einem Säuresturz kommen.

Der Ablauf obiger Gleichung kehrt sich um, wenn die Nitratkonzentration durch Aufnahme der Pflanzen (Akkumulation) oder durch Nitratatmung im Mulm, Filterschlamm oder im Nitratfilter abnimmt. Dadurch steigt die Karbonathärte. Ein Zahlenbeispiel: Ein Anstieg der Nitratkonzentration um 22 mg NO₃/L verursacht eine Senkung der Karbonathärte um 1°dH und umgekehrt.

Weiches Wasser ist daher also instabiler, nicht aber, wenn mehr Kohlendioxid eingeleitet wird. Eine Verdoppelung der Kohlendioxidkonzentration von 10 auf 20 mg CO₂/L verursacht stets eine Absenkung des pH um 0,3, ohne die Karbonathärte messbar zu verändern.

Weiches Wasser erfordert einen höheren Kontroll- und Pflegeaufwand als hartes Wasser, weil auch die Bildung oder der Verbrauch von Mineralstoffen prozentual stärker zu Buche schlägt. Zum Beispiel entnehmen wüchsige Pflanzen dem Wasser große Mengen von Mineralstoffen, die durch Wasserpflegemaßnahmen ergänzt werden müssen. Im Weichwasser sind die Vorräte nun einmal geringer!

Salz als Medikament

Krankheiten bei Fischen sind immer ein akutes Problem. Die meisten Erreger sind latent im Wasser enthalten und besiedeln auch die Fischschleimhaut. Bei mangelnder Hygiene, Verschlechterung der Haltungsbedingungen (z.B. durch Falsch- oder Überbesatz, Neubesatz, übermäßigem Hantieren im Becken und Einsetzen bzw. Umsetzen von Pflanzen) kann der Fisch Stress erleiden. In diesem Fall wird das Immunsystem des Fisches geschwächt und die Krankheitserreger können pathogen werden. Zur Behandlung der in der Fischschleimhaut auftretenden Parasiten und Bakterien sollte vorrangig die Salzmethode eingesetzt werden. Die Verbindung von Salz und Krankheiten ist ein sehr altes und bekanntes Thema in der Aquaristik.

Die therapeutische Wirkung des Kochsalzes lässt sich sowohl auf die osmotische Wirkung, als auch auf die Giftigkeit des Natriums (Na⁺) zurückführen. Eine starke

(stark hypertonische) Kochsalzlösung wirkt sich zwar grundsätzlich hautreizend und entzündungserregend aus, aber durch die Natrium-Ionen werden beim Fisch als Gegenwirkung die Hautkolloide gereizt und zur Quellung (Schleimproduktion) veranlasst, die zum Abstoßen bereits anhaftenden Parasiten führen kann und eine Neuinfektion durch die relativ dicke bzw. starke Schleimhaut erschwert wird.

Anwendung findet Natriumchlorid (NaCl), das gewöhnliche Kochsalz. Im Wasser gelöst, zerfällt es zu Natrium-Kationen und Chlorid-Anionen. In der Regel stellen Chloride keine Gefahr für den Fisch dar, dauerhafte Überdosierung jedoch schon.

Natrium wird im Nervensystem bei der Reizübertragung benötigt sowie bei Muskeleerregungen. Bei Salzgaben sollte immer berücksichtigt werden, dass es in der Nahrung bereits ausreichend vorhanden ist.

Wie auch beim Menschen, so bewirkt Salz beim Fisch eine Erhöhung des Blutdruckes. Zuviel Salz kann also schädlich sein, zu wenig allerdings genauso. Ist der Blutdruck schwach und die Salzzufuhr zu gering, kann es zu "Schlappheit" oder mangelnder Resistenz kommen. Eine gesunde Zufuhr von Salz, kann also das Gesamtwohlbefinden durchaus erhöhen.

Das Salz wirkt direkt auf die Fischhaut, den pH-Wert und beeinflusst die osmotischen Prozesse, das heißt, der Fisch wird einem unterschiedlichen Druck ausgeliefert. Der osmotische Druck ist hierbei das Heilmittel. Die Zellen der Lebewesen im Wasser sind bestrebt ein gleiches Druckverhältnis herzustellen. Ist die Salzkonzentration im Fisch höher als die im Wasser, gelangt Wasser in die Zelle und pumpt sie regelrecht auf. Wird jetzt die Konzentration im Wasser erhöht, dreht sich der Vorgang. Das Wasser tritt aus der Zelle aus und mit ihm evtl. schädlich Stoffe. Je nach Konzentration der Salze wird ein Eintreten von Wasser in die Zelle, ein Austreten von Wasser aus der Zelle oder bei gleichem Druck ein Stillstand der osmotischen Reaktion erreicht. Bei zu starkem Austritt aus den Zellen ist zu beachten, dass ein Süßwasserfisch nicht trinkt und somit austrocknen kann. Ein täglicher Wasserwechsel bei kranken Fischen ist gleichzeitig erforderlich um die Anzahl der Krankheitserreger und der belastenden Substanzen zu verringern. Eine Abtötung von Parasiten und Bakterien erfolgt durch eine Salzgabe nicht (wie oft berichtet wird), sonst könnte auch die gesamte Filterbiologie kollabieren. Jedoch reduziert sich ihre Vermehrungsgeschwindigkeit. Wassermoleküle werden durch Salzgaben also ausgeschieden und Ionen gleichzeitig aufgenommen.

2,4 g Kochsalz auf 100 l Wasser erhöhen den Natriumgehalt um 10mg/l, jedoch den Chloridgehalt um 15.4 mg/l. Wie auch Natrium genügend im Futter enthalten ist, so ist es auch das Chlorid. Chlorid wird im Magen in der Form der Salzsäure (HCl) benötigt. Zuviel Chlorid kann also schaden. In der Regel ist im Aquariumwasser ein generelles Überangebot von Chloriden vorhanden, die aber bis zu einem Grenzwert von 1,7 mg/l Cl-Ionen pro Grad KH toleriert werden. Chloride gelangen vor allem durch Futter und Leitungswasser ins Aquarium.

Salz kann auf drei verschiedene Arten angewendet werden.

- Ein **Kurzbad** stellt für den Fisch eine hohe Belastung dar. Für ein Kurzbad werden die Fische in einen gesonderten Behälter mit Aquarienwasser gesetzt und das aufgelöste Salz langsam hinzugefügt. Die Dosierung beträgt bei

weichem Wasser bis 5°dH Gesamthärte 1g pro 15 Liter. In einem Wasser von 7° bis 12°dH wendet man 1g Salz auf 8 Liter und bei einer Härte über 12°dH 3 g je 10 Liter an. In sehr hartem Wasser kann das Kurzbad mit einer Salzmenge von 15g/L angewendet werden. Die Salzzugabe kann allerdings Pflanzen schaden. Bitte bedenken Sie, dass das Kurzbad eine Schocktherapie darstellt

- Hat der Fisch nur eine äußere Verletzungen, reicht es täglich diese Stelle mit einem Wattestäbchen, welches mit hoch dosiertem Salzwasser getränkt wurde, abzutupfen.
- Ein **Dauerbad** wird über einen Zeitraum von bis zu 10 Tagen mit einer Dosis von bis zu 5 g 100 Liter Wasser angewendet. Die Anpassung sowie die Entfernung des Salzes sollte nicht abrupt geschehen.

Fazit: Salz ist ein Medikament und sollte als Solches eingesetzt werden, nämlich nur bei Bedarf. Verwendet man es ständig, kann man es nicht mehr als Medikament verwenden, da die Erreger sich bereits an das Salz gewöhnt haben. Salz vermindert den Stress des osmotischen Drucks. Es regt die Schleimhautbildung an. Ein Dauereinsatz von Salz ist nicht ratsam. Die beste Vorbeugung ist ein hoher Grad an Hygiene. Andererseits ist neben der Wärmebehandlung eine zeitweise Aufsalzung eine hervorragende Behandlungsmöglichkeit bei parasitären Krankheiten. Eine Aufsalzung wird gut vertragen. Eine abrupte Entsalzung (durch Wasserwechsel mit Wasser einer geringen Leitfähigkeit) kann aber zu einer Katastrophe führen.

Was mit der Leitfähigkeit alles ermittelt werden kann:

- Welche Qualität ein Ausgangswasser hat
- Wann ein Wasserwechsel erfolgen soll um den gestiegenen Leitwert wieder zu senken
- Ob die Salinität des Artemia-Kulturwassers stimmt. Sie sollte zwischen 17 und 25ms liegen
- Ob die Salinität eines Meerwassers stimmt. Sie sollte 49 bis 50ms haben
- Feststellen ob ein Ionentauscher oder eine Umkehrosmoseanlage erschöpft ist. Ein Revers-Osmose-Wasser sollte eine Leitfähigkeit von 25 µS/cm haben.
- Feststellen welches Mischungsverhältnis ein Zuchtwasser benötigt um den gewünschten Wert zu erreichen.
- In einem bepflanzten Aquarium festzustellen, dass man düngen muss, weil der Leitwert gesunken ist.

Was mit der Leitfähigkeit nicht ermittelt werden kann:

- Wie hart ein Wasser ist. Man kann aber nur annähernd die Härte ermitteln. Es gibt Umrechnungsempfehlungen von etwa 30 bis 33 µs/cm pro ° dH. Diese Rechnung ist aber oberflächlich und beinhaltet nicht die Ionen von NaCl und vielen anderen Mineralien.
- Die Leitfähigkeit alleine sagt nicht aus, wie belastet ein Wasser ist da er nicht aussagt, ob es sich um sauberes oder belastetes Wasser handelt.

Wann der Leitwert sinkt.

- Im Filter wird durch einige biologische Reaktionen Säure produziert, die an der Karbonathärte (=Säurekapazität) zehrt. Zum Beispiel wird im ersten Schritt der wichtigen Nitrifikation (Ammoniakoxidation) Säure frei. Diese Oxonium-Ionen (H^+ , eigentlich H_3O^+) spalten die Karbonate in Kohlensäure und Wasser und der Kohlendioxid-Hydrogencarbonat-Puffer wird aufgezehrt.



Ammonium + Sauerstoff \leftrightarrow Nitrit + Wasser + Oxonium

Damit diese Pufferzehrung nicht zu einem Säuresturz führt, muss eine erneute Zufuhr von Karbonaten erfolgen.

- Auch Schnecken verbrauchen sowohl Calcium als auch Carbonate zum Aufbau ihres Gehäuses. Sie können wunderbar als Indikatoren für einwandfreies Wasser dienen, da sie viel empfindlicher reagieren als Fisch
- Bei steigen des pH-Wertes kann der Leitwert sinken, da das Calcium oberhalb von einem pH-Wert von 8,4 seine Löslichkeit verliert.
- Wenn Pflanzen und Bakterien Ionen für Ihr Wachstum aufnehmen, senken sie ebenfalls die Leitfähigkeit

Wann der Leitwert steigt:

Das Aquariumwasser kann sich leider sehr schnell in seiner Zusammensetzung ändern - und dies fast niemals zum Guten.

- Je nach Besatzdichte und Fütterungsintensität vermindert sich die Wasserqualität durch die Stoffwechselprodukte der Fische schnell, denn die im Filter mineralisierten Ionen werden unter sterilen Bedingungen gar nicht und von Pflanzen nicht in der nötigen Menge aufgenommen und konsumiert
- Die Verdunstung des Wassers führt zu einer Erhöhung des Leitwertes, da nur reines Wasser verdunstet.
- Bei Absenken des pH-Wertes kann es auch vorkommen, dass der Leitwert plötzlich enorm ansteigt, da durch den niedrigen pH-Wert (unter 6,9) alte Kalkablagerungen in den Rohrleitungen aufgelöst werden.
- Wasserzusätze, Wasseraufbereitungsmittel und Medikamente können den Leitwert mehr oder weniger auch erhöhen.

Die Fische können sich in bestimmten Grenzen an diese langsame Umweltverschlechterung gewöhnen. Problematisch wird es aber, wenn ein Wasserwechsel unregelmäßig durchgeführt wird. Das kann lange gut gehen bis zu dem Zeitpunkt, wo das Immunsystem geschwächt wird und latent vorkommende Krankheitserreger pathogen werden können. Außerdem können starke Leitwertabsenkungen zum osmotischen Schock führen.

Der Leitwert in der Fischzucht

Grundsätzlich sind Fische sehr tolerant in Bezug auf Wasserparameter, allerdings entsprechen die Grenzwerte nicht einer artgerechten Pflege. In einer erfolgreichen Zucht ist nach Möglichkeit immer ein gleich hoher und natürlicher Leitwert einzuhalten. Diese Konstanz des Leitwertes erreicht man am besten durch regelmäßigen Teilwasserwechsel. Will man periodisch züchten, oder die Fische haben ein saisonales Brut- & Ablaichverhalten, dann kann eine schnelle Leitwertreduktion sinnvoll sein (Einleitung einer simulierten Regenzeit). Bei der Zucht der meisten tropischen Fische sind geringere Leitwerte empfehlenswert (20 und 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Bei einem Leitungswasser mit einem Leitwert zwischen 300 bis 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (unbelastetes Ausgangswasser) ist der Wasserwechsel so vorzunehmen dass der Leitwert im Aquarium nur unwesentlich über diesem Wert liegt.

Zusätzlich kann der Nitratgehalt als Indikator für die Wasserqualität zugezogen werden. Dieser sollte unter 30 mg/Liter liegen. Liegen Leitwert und Nitratgehalt ihres Ausgangswassers (Leitungswasser) wesentlich über diesen Werten, ist eine Wasseraufbereitung zu empfehlen.

Das Reinwasser einer Umkehrosmoseanlage oder Vollentsalzungsanlage ist für aquaristische Zwecke zu weich und zu aggressiv, um unbehandelt eingesetzt zu werden. Im Gegensatz zu gelösten Salzen gelangt Kohlendioxid des Leitungswassers fast ungehindert durch die Umkehrosmosemembran und säuert das Wasser an. Daher ist eine Zufuhr von Mineralsalzen hinter eine Umkehrosmoseanlage geschaltet sinnvoll, bevor es als Reinwasser durch den Biofilter fließt. Eine Aufsalzung sollte aber mit NaCl-freiem Mineralsalz erfolgen. Das ist eine Mischung aller im Meersalz vorkommenden Komponenten wie Mineralstoffe, Spurenelemente und Vitamine, jedoch ohne Natriumchlorid. Wenn höhere pH- und KH-Werte gewünscht sind, kann die Aufsalzung auch durch einen Mineralisierungsfiter (Aragonit- oder Calcit-Reaktor) ergänzt werden.

Fazit: Der Leitwert ist der wichtigste Parameter in der Fischhaltung. Man kann zwar nicht alle wichtigen Wasserqualitäten ableiten aber die wichtigsten

Conductance and its impact in aquarium

Conductance value and conductivity

The conductivity is a value that can always be calculated from a current and voltage value or a resistance value. The conductance value refers to the conductivity of a material with specific dimensions, such as a length of one meter and a cross section of one square millimeter. From these values, the conductance of a conductor can be calculated without the current and voltage values.

The measured resistance depends on the depth or the size of the electrode surface.

The conductivity decreases at:

- increasing surface of the electrode surface
- decreasing distance between the electrodes

In common practice there is a measurement agreement of a measure that relates to electrodes with a surface area of one square centimeter, and a distance of one centimeter and the measurement is made at a temperature of 25°C. Differing sizes and temperatures will be converted so as to obtain internationally valid and comparable results. AC voltage is used, because with DC voltage material would be deposited at the electrode. This would lead to a significant change of the electrodes.

The measured value is expressed in micro Siemens per centimeter ($\mu\text{S}/\text{cm}$). In practice, we put it simply micro-Siemens. But the measured value only says something about the quantity of ions, but nothing about the composition of the ions that causes the conductivity. Each salt dissolved in water produces a part of the conductivity.

Seawater contains mostly sodium chloride, which decomposes in sodium ions and chloride ions. At a density of 1,023 g / ml at 25 ° C it has a salinity of 35 ‰ and a conductivity of 53.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ or simplified in (milli-Siemens per centimeter mS / cm).

Conductivity

The conductivity is defined as the sum of dissolved ions in water. Ions always have either positive or negative charge, so they conduct electrical current. The more ions are in the water the higher is the conductivity as a result. The conductivity of the water varies with temperature! At low water temperature, conductivity is much lower than the conductance of the same water after heating.

The higher the conductivity, the more salts are present as ions. This relationship is not linear, the higher the salt content is, the less the conductance increases with further addition of salt. Salts will be split by water molecules (H_2O) into positively charged sodium ions (Na^+) and negatively charged chloride ions (Cl^-) and bound. This will continue until there are not enough water molecules for bounds present, and then no more salt can be dissolved. We speak of a saturation of the solution, then an excess of undissolved salt crystals collects at the bottom of the vessel. A conversion in hardness can only be conducted with reservation, because all ions are recording

the conductance, but the hardness only specific ones. The amount of non hardness forming ions hardness forming ions is not always the same in the water.

Vice versa not all ions does affect equal to the conductivity, two-and polyvalent ions increase the conductivity more strongly than monovalent, and double number of charge carriers increases the conductivity only in much diluted range around a factor of 2.

As the conductance is measured easily and simply with an appropriate device, and is much more reliable in very soft water than the hardness, it is often taken as a benchmark for water quality. The older the aquarium water, the higher is the conductivity mainly through the mineralization of food substances that are not needed in the metabolism of plants, animals and microorganisms. The increase is not linear. Especially in soft water, the percentage increase is clearly visible. The percentage increase is a decision guidance when and how much water should be changed.

The unit of conductivity is measured in micro-Siemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$). This is the opposite of the ohmic load, the resistance of an electric line. The conductivity is an important parameter because it indicates how many ions are dissolved in water. Ions are not only meaningful and useful compounds, such as the hardness minerals calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}) or the various salts of carbon dioxide (CO_2). The hardness minerals are the main source of conductivity in the water. So 1 °German hardness increases the conductivity at approximately $33\mu\text{S}/\text{cm}$.

Osmosis and Osmoregulation

With increasing conductivity, the osmotic pressure of the water increases. It is an important parameter that indicates how high the osmotic pressure of the water is. The osmosis affects metabolism significantly. In the fish the osmotic pressure regulates the water absorption, the urination and sex organs. Because of the osmoregulation fish can hold, as well in the freshwater as in the oceans, the concentration of their body fluids at a constant value.

- In sea water the body fluid is hypoosmotic against the sea water. This means that the fish surrounding medium (sea water) has a higher salt concentration than the body fluid of the fish. Because of the concentration gradient, that means because of the higher concentration of water molecules in the fish, this fish constantly lose water due to osmosis. Therefore, the fish takes up a lot of sea water to compensate their loss of water, but this leads to an excess of salt in the fish.
 - o active operations: seawater intake, salt releasing over gills
 - o passive (osmotic) processes: separation of water through gills and urination over the kidney
- In freshwater, the salt concentration in the fish itself is higher than that of the surrounding medium. The water is hypoosmotic or the fish is hyperosmotic. It leads to a water influx, which is compensated by an excessive renal function. So the fish releases out large quantities of water through the kidneys, which osmotically diffuses into the fish.

- active processes: salt intake
- passive (osmotic) process: water uptake
- In brackish water, there is limited attributable by the tides in the deltas of the mouth of the rivers living conditions which requires both mechanisms.

Especially in the nature of tropical regions, the conductivity is subject to natural fluctuations. During dryness, the conductivity increases due to the evaporation of water and concentration of the salts in the residual water. However, in the rainy season, the conductivity considerably declines, because no salts are dissolved in the rain, and consequently there is no hardness.

As for many species the beginning of the rainy season is the time of reproduction, is to reduce the conductance for many fish species in the aquarium is a trigger to induce them to spawn. It is particularly appropriate when soft water fish be kept in hard water. On the other hand, an increase of the conductance may be necessary as the hart water fishes of the great lakes in the Great African Rift Valley (Malawi-200-260 μ S/cm & Tanganyika 600-620 μ S/cm).

Osmolarity and Osmolality

The term **osmolarity** describes the osmotically active particles per liter of a solution. In addition to the ions, this can be also more complex molecules like proteins and sugars. Because salts decompose into ions in water, these affect the osmosis. In addition to **osmolarity**, there is the very similar term of **osmolality**, which also describes the amount of osmotically active particles, but instead of per kilogram per liter.

The **osmolality** of the body fluids of fish is between 250 and 500 mOsm (0.65 to 0.9% salt concentration), irrespective of whether they live in fresh, brackish or salt water. Freshwater of low conductivity has little salt and thus a low **osmolarity** of 10-40 mOsm, while seawater can have an **osmolarity** of up to 1000 mOsm. Freshwater fish are adding therefore constantly osmotically water and losing salts to the environment as opposed to saltwater fish. Marine fish and freshwater fish are using the same mechanism of chloride cells in the gills, but in the reverse direction.

- **Freshwater fish** are hypertonic, the environment is hypotonic. Freshwater fish are constantly taking on water osmotically through their gills and body surface area, because the osmolarity of body fluids is much higher than that of their surroundings. To remove the large amounts of water, they produce much diluted urine. But they also lose salts which are contained in their urine. For this reason, freshwater fish take active salts via gills from the freshwater. The gills contain chloride cells, which actively pumps chloride ions into the body.
- **Saltwater fish** are hypotonic, i.e. the environment is more concentrated. This means that the salt water fish constantly secret salts to the environment (seawater) by osmosis. The fish are drinking large amounts of seawater to compensate the water loss. The effect is that many salts accumulate in the body of the fish. In the gills, these fish have chloride cells, these cells emit active chloride ions outwards and sodium ions are following passively. Via the kidneys, the other non-essential salts will be excreted.

Osmotic shock

This is not a disease but a lethal effect of reaction due to a transfer from water with a significant osmotic gradient into water with low conductivity. This may cause a fatal deadly shock for these fish. This shock is triggered by the rapid reversal of the osmotic system of the fish. The water flows due to a concentration gradient in biological membranes always in the direction of higher salt content in order to dilute it and to increase the water concentration. When a fish is placed from very hard in very soft water, the concentration gradient turns abruptly and the water flows into the cells of the fish. This burst cells and the fish can die. Therefore, the breeding fish set up to spawn in breeding boxes should not permanently be husband in water with high conductivity so as they will be not too stressed in very soft water.

Remedy: Set up the fish into another water after getting a more slowly familiarisation. The total salt content can be determined with the help of a conductivity-meter. The difference between the two waters should not exceed 300 µS/cm. In the case of a higher difference than 300µS/cm/day should always be aligned. On the other hand fish tolerate salt increasing smoothly!

Soft water is unstable

The salt-poorer aquarium water is, the faster it gets out of control. There are several reasons. The most important are related to the nitrate level of the aquarium water. Nitrate arises mainly from the protein content (amino group of amino acids) from fish food, decaying plants but also from the dead micro flora and fauna in the aquarium and aquarium filters.

In fish unneeded amino acids from the protein degradation can simply be excreted as ammonia purely as it is extremely water soluble, which is then oxidized to nitrate by bacteria or are mineralized by organic nitrogenous substances outside of the fish. Originally created free nitric acid, which reacts with the hydrogen of water to nitrate and carbon dioxide:



Through nitrification i.e. carbonate hardness will be consumed. If the carbonate hardness is high enough and continuously replaced by water changes, so there are no problems. Is the food load to high, but the carbonate level low, it may result in a complete consumption of alkalinity and the acidity is rapidly lowered The process of the above chemical equation is going into reverse if the nitrate concentration is decreasing by intake by plants (accumulation) or by nitrate respiration in the mud or in the nitrate filter. This increases the carbonate hardness. A numerical example: An increase of nitrate concentration by 22 mg NO₃/L caused a reduction in carbonate hardness by 1°dH and vice versa.

Therefore soft water is more instable, but not if more carbon dioxide is introduced. A doubling of carbon dioxide concentration from 10 to 20 mg CO₂/L always causes a lowering of the pH around 0.3, without measured changes the carbonate hardness.

Soft water requires more monitoring and maintenance requirements than hard water, as well as the formation or the consumption of minerals are reflected higher in the budget. For example, vigorous growing plants take of large quantities of minerals from the water, which must be supplemented by water care. In soft water supplies are simply lower!

Salt as a medicinal substance

Diseases at our ornamental fish are always an acute problem. Most pathogens are latent containing in the water and are colonizing the fish mucosa. In the case of poor hygiene, deterioration of housing conditions may suffer stress among the fish (e.g. wrong or overstocking, replacement, excessive handling in the tanks and setting or transplanting plants). In this case, the fish's immune system is weakened and the pathogens can be pathogenic. Treatment of fish parasites and bacteria which are primarily appearing in the fish mucosa the salt method should be used. The combination of salt and diseases is a very old and familiar theme in aquatics.

The therapeutic effect of salt can be attributed both to the osmotic effect, as well as the toxicity of sodium (Na⁺). A strong (strong hypertonic) saline solution in principle, causes an irritated and infected skin but as a counter reaction skin colloids of fish will be irritated and be induced a swelling (mucus production) by the sodium ions that can lead to rejecting off already attached parasites and a new infection is difficult due to the relatively thick and strong mucous membrane.

To be applied is sodium chloride (NaCl), the ordinary table salt. Dissolved in water, it decomposes to sodium cations and chloride anions. In general, chlorides place no danger to the fish, but already a persistent overdose. Sodium is needed in the nervous system in the nerve stimulation as well as the muscle excitations. At salt applications should always be considered that it is already sufficiently available in the diet.

Like humans, the salt causes an increasing blood pressure of fishes. Too much salt can also be harmful, but too little, too. If blood pressure is weak and the salt intake is too low it can lead to "slackness" or lack of resistance. A healthy intake of salt can increase the general well-being.

The salt acts directly on the fish skin, the pH and affects the osmotic process, .i.e. the fish is exposed to a different pressure. The osmotic pressure here is the remedy. The cells of living organisms in the water are trying to produce an equal pressure ratio. If the salt concentration in fish is higher than those in the water, get water into the cell and the cells are inflating. Now if the concentration increases in the water, turns the process. The water comes out of the cell with it possibly harmful substances. Depending on the concentration of salts from entering water into the cell, leakage of water from the cell or at the same pressure is reached a stillstand in the osmotic response. Due to excessive excretion out of the cells it is important to note that a freshwater fish do not drink and therefore can dry out. A daily water changes in diseased fish is also required to reduce the number of pathogens and the incriminating substances. Parasites and bacteria cannot be killed by a salt intake (as

often is reported), otherwise the entire biology of the filter could collapse. However, their proliferation rate could be reduced. Due to salt intake water molecules will be eliminated and simultaneously ions lost.

2.4 g of salt per 100 liters of water increase the sodium content of 10mg/l, but the chloride content to 15.4 mg/l. As sodium is sufficiently contained in the feed, it is also the chloride. Chloride is needed in the stomach in the form of hydrochloric acid (HCl). Too much chloride can also harm. As a rule, in aquarium water a general oversupply of chlorides is present, but tolerated up to a limit of 1.7 mg / l Cl-ions per degree KH. Chloride comes mainly through food and tap water into the aquarium.

Salt can be used in three different ways:

- A short-bath represents a huge burden for the fish. For a short-bath the fish are set in a separate box with aquarium water and the dissolved slowly added. The dosage in soft water amounts up to 5 °dGH total hardness 1g per 15 liters. In a water of 7 to 12 °dGH we apply 1g of salt to 8 liters and a hardness above 12 °dGH 3 grams per 10 liters. In very hard water, the short bath can be used with a quantity of salt 15g/l. The addition of salt, however, can harm plants. Please note that the short bath is a shock therapy.
- Has the fish only an external injury, it is sufficient to dab this place every day with a cotton stick, which was saturated with high doses of salt.
- A prolonged salt bath is applied over a period of up to 10 days with a dose of up to 5 g of 100 liters of water. The adjustment and the removal of the salt should not be done abruptly.

Conclusion: Salt is a drug and should be used as such, namely, only when needed. Is it used constantly, it can no longer be used as a drug because the pathogens have become accustomed. Salt reduces the stress of osmotic pressure, it stimulates the mucous formation. A continuous use of salt is not advisable. The best prevention is a high level of hygiene. On the other hand, in addition to heat treatment, a temporary salinisation is an excellent treatment option for parasitic diseases. Salinity is well tolerated. But an abrupt desalination (by changing the water with water of low conductivity) can lead to a catastrophe.

What can be determined with the conductivity?

- What is the quality of original water
- When a water change should be reduced in order to reduce the conductivity again
- Whether the salinity of the Artemia culture water is right. It should have 17 to 25ms
- Whether the salinity of seawater is right. It should have 49 to 50ms
- To assess whether an ion-exchanger or a reverse osmosis plant is exhausted. Reverse osmosis water should have a conductivity of 25µS/cm.
- To assess what a mixture ratio breeding water requires achieving the desired value.
- In a planted aquarium, that one must fertilize, because the conductance decreased.

What can't be determined with the conductivity?

- The water hardness. But one can calculate the approximate hardness. There are recommendations for about conversion from 30 to 33 µS per °dH. This

calculation is superficial and does not include the ions of NaCl and many other minerals.

- The conductivity alone does not reveal how polluted is a water, because it does not indicate whether it is clean or polluted water.

When the conductance decreases:

- In the filter acid is produced by certain biological reactions, which eats up the carbonate hardness (= acid capacity). For example, in the first step in the important nitrification (ammonia oxidation), acid will be released. These oxonium ions (H⁺, actually H₃O⁺) split the carbon in dioxide and carbonates in water and the carbon dioxide-bicarbonate buffer is used up.



Ammonium + Oxygen \rightleftharpoons Nitrite + Water + Oxonium

In order these buffer destruction does not lead to an acidity drop, it shall be provided a re-supply of carbonates.

- Also snails consume both calcium and carbonate to build their shell. They can be wonderfully used as indicators for perfect water, as they react much more sensitive than fish.
- When the pH value increases the conductivity may fall, because the calcium above a pH of 8.4 loses its solubility.
- If plants and bacteria absorb ions for their growth, they also reduce the conductivity

When the conductance increases:

The aquarium water can change very quickly in its composition, and unfortunately, this is almost never rosy.

- Depending on the stock density and feeding intensity, the water quality will be quickly reduced due to the metabolic products of the fish, because in the filter mineralized ions will be reduced not a bit under sterile conditions and not be consumed in sufficient quantity by plants.
- The evaporation of water leads to an increase in the conductance, since only pure water evaporates.
- At the reduction of the pH-value, it can also happen that the conductance suddenly increases dramatically, as in the pipes old calcium deposits may be resolved by the low pH (below 6.9).
- Water additives, water conditioner and medications can also increase more or less the conductance.

The fish can be adjusted within certain limits to this slow environmental degradation. But it will be problematic, when a water change is carried out irregularly. This can go well for a long time up to that point, when the immune system is weakened and latent occurring pathogens may be pathogenic. Moreover a significant conductance reduction can lead to an osmotic shock.

The conductance in fish breeding

Basically, fish are very tolerant in terms of water parameters, but the limits do not correspond to an animal care. In a successful breeding it is as far as possible, always

to keep an equivalent and natural conductance. This constancy of the conductance is best achieved through regular partial water changes. If one want to breed periodically, or the fish have a seasonal breeding & spawn behavior, then a quick conductivity decrease make sense (Introduction of a simulated rainy season). In the breeding of most tropical fish it is recommended to use lower conductivities (20 and 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

With tap water with conductivity from 300 to 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (origin unpolluted water) the water change is to practice so that the conductance in the aquarium is only marginally above this value.

In addition, the nitrate content can be consulted as an indicator of water quality. This should be below 30 mg / liter. Are conductance and nitrate content of the pristine water (tap water) significantly above those values, a water change is recommended.

The pure water of a reverse osmosis or desalination plant is too soft and aggressive for aquarium purposes to be used untreated. Contrary to dissolved salts carbon dioxide reaches almost unhindered through the reverse osmosis membrane and acidifies the water. A supply of mineral salts after the reverse osmosis system makes sense, before it flows as purified water through the bio filter. But a increase of the salinity should only be done with NaCl-free mineral salt. This is a mixture of all occurring components in the sea salt such as minerals, trace elements and vitamins, but without sodium chloride. If higher pH and KH values are required, the salinity can also be supplemented by a mineralization filters (aragonite or calcite reactor).

Conclusion: The conductance is the most important parameters in the fish breeding. One can't deduce all but the most important water qualities.