

Aquaristik Fachmagazin

Einziges deutsches Hobbymagazin für Aquarianer, Terrarianer & Teichfreunde
– und mit 128 Seiten das stärkste!



Schlanksalmler

Höhlengeckos
Kaltwassergarnelen
Fische im sauren Milieu
und vieles mehr auf 128 Seiten

Söll Aqua-Check 2

Messen heißt wissen! – Modern heißt das Checken

von Gerhard Ott

Wenn der Postmann zweimal klingelt, bringt er den neuen Söll Aqua-Check 2. So oder so ähnlich wurde er angekündigt. Nachdem er von der Versandverpackung entkleidet war, war es wie im Film. Wow! Was für ein James-Bond-Kofferchen! 38 – 16 – 44. Was für Maße! In elegantem schwarzen Kunststoff. Seitlich griffig gerippt. Love rings at its best. Zum Reinbeißen, pardon – öffnen. Zwei rote zielführende Griffe zunächst. Mit Kribbeln im Bauch öffnet man sie. Es erscheint in beiden Kofferdeckelhälften ein gelochtes Unterkleid – PVC-Lochplatten nicht unähnlich. Ein pfiffiges Detail: So fallen nämlich die darunter verborgenen Schätze nicht aus dem Koffer und dem begierigen Aquarianer auf den Schoß.

Die eine Kofferseite ist gefüllt mit Fläschchen und Ampullen von Messreagenzien. Die andere enthält das Herzstück des tragbaren Labors, nämlich das Söll-Aqua-Check-2-Messgerät, Proben- und Referenzröhrchen, Messpipette, Wasserflasche, Bedienungsanleitung, Indikatoranleitungen in Form von Karteikarten sowie einen Timer. Warum der Zeitgeber wichtig ist, wird der Leser noch merken. Zunächst ist die Neugierde allerdings größer, zu erfahren, was sich in der Miniaturausgabe, also dem Kofferchen im Koffer befindet: Messspritzen für 1 ml und 5 ml Wasser, Dosierlöffelchen, blaue (!) Schutzhandschuhe und eine Schutzbrille namens Virtua von 3M mit klaren Polycarbonatscheiben. Da kommt ein Gefühl auf wie bei CSI (Crime Scene Investigation, also den Tätern auf der Spur). Feine Gimmicks! Das beiliegende DIN-A4-Messblatt-Muster zum Kopieren enthält den Eintrag „Kunde“ und zeigt damit, für wen der Koffer gedacht ist. Für den Profi unter den Wasserwerte messenden Süß- oder Seewasseraquarianern, Teichwirten oder Poolbesitzern.

Messen heißt wissen!

Naturwissenschaftlich und technisch interessierte Aquarianer messen oder berechnen gern. Generationen von Schülern, Studenten und Wissenschaftlern wuchsen heran mit dem Spruch „Messen heißt wissen“. Es ist nicht belegt, von welchem Gelehrten diese Weisheit stammt. Daniel KEHLMANN veröffentlichte 2005 den

Roman „Die Vermessung der Welt“. Er ist eine fiktive Doppelbiografie des Mathematikers Carl Friedrich GAUß (1777-1855) und des Naturforschers Alexander VON HUMBOLDT (1769-1859). Das Vermessen der Welt ist ein großer Menschheits Traum. Die Hoffnung, die Wissenschaft werde ein Zeitalter der Wohlfahrt herbeiführen, beseelt KEHLMANN'S HUMBOLDT auch im Kinofilm. Mit ebensolcher Hingabe messen Aquarianer, gleich ob dem süßen oder dem salzigen Milieu verfallen, ihre so genannten Wasserwerte, als da sind: Temperatur, Härte, pH, Nitrat und Nitrit, Phosphat, Kupfer, pH-Wert, Chlor, Silizium, Ammonium, natürlich auch etliches andere mehr wie die elektrische Leitfähigkeit (oft fälschlich als Leitwert bezeichnet).

Kein Wunder, wenn ein neues Messgerät Aufsehen auf Messen und im Handel erregt. Aqua-Check heißt das deutsche Qualitäts-Gerät von der Firma Söll aus Hof in Bayern. Es ist ein hochsensibles



Nachdem er von der Versandverpackung entkleidet war, war es wie im Film – wow, was für ein James Bond-Kofferchen!

Fotometer zur exakten Bestimmung von Stoffkonzentrationen im Wasser. Für das Gerät werden Reagenzien für die fotometrische Messung benötigt. Das neue Gerät Aqua Check 2 kann zusammen mit den entsprechenden Reagenzien elf Parameter messen:

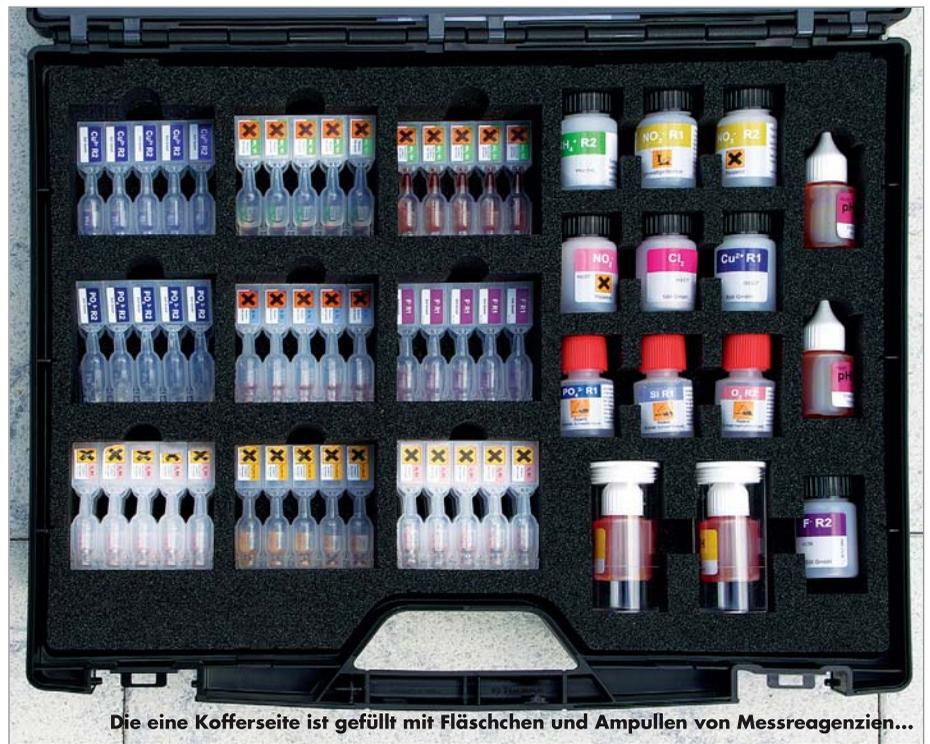
- Ammonium 0 - 2,0 mg/L
- Chlor 0,1 - 1,6 mg/L,
- Eisen 0 - 10,0 mg/L
- Fluorid 0,1 - 1,0 mg/L
- Kupfer 0,02 - 3,0 mg/L
- Nitrat 6 - 125 mg/L
- Nitrit 0 - 1,0 mg/L
- pH-Wert 6,5 - 9,0
- Phosphat 0,02 - 1,5 mg/L
- Sauerstoff 2,5 - 18,0 mg/L
- Silizium (Silikat) 0,05 - 1,0 mg/L

Bei der bisher nur unzulänglich rezipierten Vorgängerversion (HIERONIMUS 2012) gab es keine Messmöglichkeiten für Eisen, Fluorid und Sauerstoff.

Eisengehalte interessieren besonders

Wasserpflanzenfreunde, Sauerstoffgehalte Pfleger von rheophilen Fischen und Teichbesitzer und Fluor unter anderem Meerwasser-Aquarianer, die sogenannte niedere Tiere pflegen. Alle Tests sind für Süß- und Meerwasser geeignet, wenngleich unterschiedlich anzuwenden.

Die Tests für die Gesamthärte (GH) und Karbonathärte (KH, die ja wasserchemisch korrekt Säurebindungsvermögen heißt) sind – auch bei Söll – titrimetrische Tests. Dazu wird das Fotometer nicht benötigt. Das ist wichtig zu wissen, weil in manchem sachkundigen Internetforum der Unsinn verbreitet wurde, die Fotometer messen diese direkt.



Die eine Kofferseite ist gefüllt mit Fläschchen und Ampullen von Messreagenzien...

...die andere enthält das Herzstück des tragbaren Labors Aqua Check 2 und ein paar Gimmicks



Was heißt überhaupt messen?

Eine Messung ist ein Vergleich. Und zwar mit einer Vorgabe, einer Norm. Aus der klassischen Physik kennen wir das Urmeter und das Urkilogramm aus dem Schloßchen Sèvres bei Paris. Das zu messende Objekt wird mit einem Maßstab verglichen. Bei der Längen- und Gewichtsmessung ist das einfach. Die Frontlänge eines Aquariums misst man mit einem Maßband oder einem Zollstock, der obwohl er altmodisch so heißt, heute metrisch eingeteilt ist. Das Gewicht eines Steines misst man auf einer Waage. Womit misst der Aquarianer, wenn er Karbonat- und Gesamthärte, Nitrat und Nitrit, Phosphat, Kupfer, Chlor, Silizium, Ammonium und pH-Wert seines Aquarienwassers wissen will?

Was ist neu oder anders am Aqua-Check?

Zunächst einmal der Preis. Das Gerät kostet rund 250 Euro. Dazu kommt noch ein Starterset für die zehn Messparameter für rund 150 Euro. Ein erstes Komplettsset, wie es für den Test verfügbar war, geht für rund 350 Euro im Einzelhandel über der Ladentisch. Der Aqua-Check 2 schlägt mit fast der vierfachen Summe zu Buche. Insofern bewegt sich das Gerät genau in der Preisklasse, die auch bisher für vergleichbare Fotometer dieser Qualität galt; die allerdings nicht so leicht zu handhaben waren.

Die Reagenzien für die verschiedenen Parameter kann man auch einzeln kaufen. Eine wertvolle Flexibilität, da kaum jemand ständig alle Werte zu messen braucht, um ein wasserchemisches oder aquaristisches oder gewässerkundliches Problem zu analysieren.

Das komplette Testset kommt hochwertig verpackt daher. Das EPP-Minilabor der Version 1 besteht aus einem blau gefärbten EPP-Block mit Halterungen für die Glasröhrchen, die als Referenz- oder Probenröhrchen dienen. EPP steht für Expanded Polypropylene, also ein Kunststoff in Form eines Festschaums, wie er dem Aquarianer auch als Styropor bekannt ist. Im Laborkoffer der Version 2 sind in dem schwarzen Schaumstoff ebensolche Aussparungen zum sicheren Stand der Probe- und Referenzröhrchen vorgesehen.

Da die Röhrchen einen Durchmesser von 2 cm haben, jedoch 11 cm hoch sind, wird dringend empfohlen, diese Halterungen auch zu benutzen. Denn wenn sie umkippen, hat man Chemikalien und Wasser auf dem Arbeitstisch. Überhaupt empfiehlt sich bei ausführlichen Messreihen von Wasserwerten mehrerer Aquarien in einer Anlage ausreichend Arbeitsplatz für das Set und Zubehör verfügbar zu machen. Eine Schürze schützt die eigene Kleidung. Papierhandtücher sind nützlich, um Kleckereien zu beseitigen. Ebenso wie ein Ausguss und Wasseranschluss möglichst direkt am Arbeitsplatz. Ein Timer oder eine Armbanduhr mit entsprechender Funktion wird sich als nützlich erweisen. Im Aqua-Check-2-Luxuskoffer ist ein solcher Timer enthalten. Genau genommen sind es gleich drei.

Der Aqua-Check und Aqua-Check 2 unterschieden sich durch die Schriftfarbe



Vermutlich ticken Konstrukteure von Zeitschaltuhren und Anderer anders, jedenfalls ist es mir noch nie gelungen, anhand der kryptischen Bedienungshinweise und der Knöpfchendruckreihenfolge auf Antrieb, geschweige denn intuitiv eines dieser Geräte zu verstehen.

Die Bedienungsanleitung beider Versionen besteht aus einer DIN-A6-Textbroschüre. Sie wird ergänzt durch einzelne Karten zu den verschiedenen Parametern. Diese gedruckten Indikatoranleitungen sind gewachst oder sonst wie imprägniert, um auch ein Tröpfchen Wasser oder Reagens überstehen zu können. Auf jeden Fall einen Besuch wert ist die von Söll eigens für die Produkte Aqua-Check betriebene Seite im Internet: www.aqua-check.de



Das Batterieeinlegefach und seine Öffnung

Strom von der Batterie

Beim Aqua-Check 2 ist eine Batterie vom Typ CR2032 eingelegt und auch eine Ersatzzelle wird beim Koffer gleich mitgeliefert. Das Batteriefach soll mit einer Münze geöffnet werden. Leider steht in der Anleitung nicht, dass das Fach schon nach 1/16 Umdrehung (22,5 Winkelgrad) nach links offen ist und der Deckel schräg darin liegen bleibt. Wer mit einer Metallmünze und Kraft den Batteriefachdeckel weiter zum Öffnen drehen will, wird den Einführschlitz bald abgenutzt haben.

Die Batterie muss mit ziemlichem „Gefriemel“ in die 2,5 cm tief liegende Halterung des an dieser Stelle 3 cm dicken Gerätes eingelegt werden. Entweder man bricht sich dabei den Fingernagel ab oder man verwendet gleich eine Pinzette. Beim Einlegen der Batterie sollte darauf geachtet werden, dass die Kontakte für den Pluspol nicht umgebogen werden. Man muss die Batterie zuerst unter die beiden Kontakte des Pluspols schieben und anschließend sanft

in das Batteriefach drücken. Werden die Kontakte umgebogen und die Batterie dennoch in das Batteriefach eingedrückt, so entsteht ein Kurzschluss. Die Batterie wird warm und beim Einschalten des Gerätes erhält man keine Anzeige im Display. Nach dem digitalen Willkommensgruß „Kompetenz in Wasser“ wird mit der Folientaste „Select“ (englisch für „auswählen“) der gewünschte Parameter aufgerufen.

Los geht's, z.B. pH-Wert

Die Umverpackung des Sets zeigt: Präzise messen – ganz einfach! 1. Testwasser einfüllen, 2. Indikator zugeben, 3. Messen. Nun, ganz so schnell schießen auch die Bayern nicht. Für die Messung des pH-Wertes sind zwei der Probengläschen bis zur Markierung zu füllen. Eines dient als Referenz und das andere als zu messende Probe. In das Referenzgläschen gibt man 12 Tropfen der Reagenz pH (M), führt das Messrohr ein, schüttelt, um Luftbläschen zu entfernen, misst die Referenz und wartet, bis das Display auffordert, die Probe zu messen. Man führt dort das Probenröhrchen ein und misst. Die Anzeige zeigt: „pH-Wert nicht messbar“. Die Auflösung ist einfach: Der Anwender hat Referenz und Probenröhrchen verwechselt. Was heißt und bedeutet das?

Dazu muss man sich vergegenwärtigen, welches Messverfahren der Söll-Aqua-Check anwendet. Das Gerät ist ein Fotometer (siehe z.B. PEIFFER & PECHER 1997). Bei der Fotometrie wird der zu messende Stoff von selektiven und farbgebenden Reagenzien in eine farbige Verbindung umgewandelt. Die Intensität der Farbe in der Reaktionslösung verhält sich proportional zu Konzentration und Schichtdicke. Dieser physikalische Zusammenhang wird durch das Lambert-Beersche-Extinktionsgesetz beschrieben. Die Farbintensität wird fotometrisch als Absorption gemessen.

Eine der Innovationen des Aqua-Check-Fotometers besteht darin, dass es küvettenlos arbeitet. Die Messung erfolgt direkt in der Probe. Probleme wie Toleranzen in den Durchmessern oder Wandstärken von Rundküvetten, Verschmutzungen durch Fingerabdrücke auf den Glaswandungen herkömmlicher Küvetten o.ä. werden so vermieden. Hier misst man Referenz und Probe stets in der exakt gleichen „Messzelle“.

Dazu ist natürlich erforderlich, in der richtigen Reihenfolge zu messen. Nämlich zuerst die Referenzprobe, also das Aquarienwasser ohne Messreagenz und dann die Messprobe, also das Aquarienwasser mit den Messreagenzien. Verwechselt man die beiden, kann das Computerprogramm des Fotometers logischerweise keinen Wert ermitteln.

Beispiel: Nitratmessung

Für eine Nitratbestimmung sollte man ungefähr wissen, in welchem Bereich (6-20 mg NO_3^-/L oder 30-120 mg NO_3^-/L) der Nitratwert der zu messenden Probe liegt. Der Grenzwert für Trinkwasser liegt in Deutschland bei 50 mg NO_3^-/L . Die beiden Messbereiche werden durch eine Reagenz abgedeckt. Wie im Chemielabor üblich, wird die höher konzentrierte Probe einfach definiert verdünnt (wie es auf der Messkarte beschrieben ist) und dann gemessen.

Es sind von einer Reagenz 1 zunächst in ein kleiner Messlöffel in das Referenzgläschen zu geben und unter Schütteln zu lösen. Nach 2 min wird ein großer gestrichener Messlöffel der Reagenz $\text{NO}_3^- \text{R2}$ zugegeben und unter Schütteln aufgelöst. Nach genau 6 Minuten wird dann zunächst die Referenz und dann die Probe gemessen. Ergebnis für Flensburger Trinkwasser: weniger als 6 mg/L, was mit Sicherheit stimmt, da das Wasser mit 0,75 bis 0,45 mg NO_3^-/L aus der Leitung kommt.

Auf zur nächsten Messung, z.B. Nitrit. Wohl dem, der das Aqua-





Check-2-Kofferset hat. Der muss noch keine Mess- oder Probenröhrchen ausspülen, denn es werden 12 Röhrchen mitgeliefert. Zwischendurch ist jedes Mal der einzige Messlöffel zu reinigen, damit die Proben und die Reagenzien nicht verunreinigt werden. Auch die Messsonde mit den Linsen sollte nach jeder Messung gründlich mit deionisiertem („destilliertem“) Wasser abgespült werden.

Die Anleitungen auf den Karten zu den einzelnen Parametern sind praxisorientiert und gut zu verstehen. Der Nutzen des Timers zeigt sich, wenn man eine komplette Messreihe durchführen will. Denn man muss bei einigen Parametern bis zu drei Reagenzien zugeben und unterschiedlich lange warten. Bei einigem Geschick und ein bisschen Übung kann man dann die drei Laufwerke des Zeitgebers einsetzen.

Titrimetrie für die Härte

Wer das spannende Schulfach Chemie abgewählt oder gehasst hat, verpasste was. Deshalb jetzt ein bisschen Nachhilfe: Titrimetrie ist ein Verfahren zur quantitativen (mengenmäßigen) Bestimmung von Stoffen. Die Methode beantwortet also die Frage, wie viel von einem Stoff in einem Gemenge enthalten ist.

Im Wasser sind unter anderem Kalzium und Magnesium enthalten, und zwar in Form von Salzen verschiedener Säuren. Die Gesamthärte gibt den Gehalt an Kalzium und Magnesium – exakt: in ionisierter Form – im Wasser an. Aquaristisch bedeutsamer ist die so genannte Karbonathärte. Sie bestimmt den Anteil an Karbonaten und Hydrogencarbonaten (früher auch: Bikarbonaten), also Kalzium- und Magnesiumsalzen der Kohlensäure. Da die Karbonathärte sozusagen die Säure der Kohlensäure neutralisiert, wird sie heute als Säurebindungsvermögen (SBV) bezeichnet. Chemiker messen die Stoffmengen seit 1971 in der Einheit mol (pro Liter z.B.) international einheitlich. In der aquaristischen Praxis haben sich die °KH oder °GH (Grad Karbonat- oder Gesamthärte) genauso gehalten wie die Gallone fürs Benzin in Amerika. Es wäre mal interessant, nachzuforschen, ob international verkaufte aquaristische Tests zwischen den historisch existenten, aber unterschiedlichen früheren deutschen, englischen und französischen Härtegraden unterscheiden.

Titrimetrie ist nun ein Verfahren, bei dem schrittweise eine Menge eines Messreagens in eine definierte Menge des zu untersuchenden Wassers zugegeben wird; entsprechende Indikatoren sorgen für einen Farbumschlag, der anzeigt, wann die Zugabe zu beenden ist. Die in der Aquaristik üblichen Tropfstests geben dann anhand der Tropfenzahl den Grad der Gesamthärte oder Karbonathärte an. Die Reagenzien des Söll-Testsets für den GH- und KH-Test sind so eingestellt, dass ein Tropfen der Indikatorflüssigkeit 0,5 GH oder KH (°dH) beträgt. Der Farbumschlag erfolgt von Rosa nach Blau für die Gesamthärte, von Blau nach gelb für die Karbonathärte.

Tropfstests haben grundsätzlich ein Problem: Wie groß ist ein Tropfen? Im chemischen Labor werden spezielle und geeichte Maßbüretten eingesetzt. In der Aquaristik werden Plastikfläschchen mit Tülle verwendet, die mehr oder weniger genau definierte Tropfen von sich geben. Wir erinnern uns an den Physikunterricht: Das Volumen von Flüssigkeiten, also auch eines Tropfens, ändert sich mit der Temperatur und auch Füllstand bzw. Druck eines Plastikfläschchens beeinflussen die Tropfengröße.

Grundsätzlich unterscheidet sich der Test von Söll für Gesamt- und Karbonathärte nicht von anderen auf dem Markt. Der Unterschied liegt im Detail. Erstens: Die Tropfentülle des Indikatorreagenzfläschchens ist besonders eng. Die Messreagenz ist so eingestellt, dass ein Indikator tropfen 0,5° Härte entspricht. Ziel ist es offensichtlich, auf 0,5° dH genau messen zu können. Für aquaristische Zwecke ist das aber praktisch vernachlässigbar. Denn ob ein Wasser 5 oder 5,5°KH, 12 oder 13°GH aufweist, ist nicht entscheidend. Es gibt keine Fischart, die so eng an eine bestimmte Wasserhärte angepasst wäre. Für die allgemeine Aquaristik sind eher Bereiche der Wasserhärte bedeutsam, die man früher in der Aquaristik in vier Stufen von weich (bis 7,3°dH), mittel (7,3-14°dH), hart (14-21,3°dH) bis sehr hart (über 21,3°dH) eingeteilt hat. Am 1. Februar 2007 wurde vom Deutschen Bundestag die Neufassung des Wasch- und Reinigungsmittelgesetzes (WRMG) beschlossen, das am 5. Mai 2007 in Kraft getreten ist. Danach sind die Härtebereiche an europäische Standards angepasst: weich (weniger als 8,4°dH), mittel (8,4 bis

14°dH) und hart (mehr als 14°dH); die scheinbar krummen Werte ergeben sich wegen der Umrechnung von der Umrechnung der SI-Einheit „mol“, nach der Wasser mit weniger als 1,5 mmol Calciumcarbonat weich und mit mehr als 2,5 mmol CaCO₃ als hart eingestuft wird. Diese Bereiche sind auch auf der Rückseite des DIN-A4-Messbogens aufgeführt.

Die Angaben auf den Testkarten von Söll, dass eine Härte von 5 oder mehr „ausreichend“ sei, erklärt sich natürlich nur demjenigen, der das Prinzip der Karbonathärte als Säurebindungsvermögen (SBV) verstanden hat. Der Durchschnittsaquarianer sollte kein Gesellschaftsbecken mit Karbonathärten von weniger als etwa 5°KH betreiben. Aber auch keine mit 30°KH, wenn er nicht entsprechende Fische pflegt.

Messen heißt wissen – allerdings auch nur dann, wenn die Messergebnisse in einen entsprechenden Zusammenhang gebracht werden (können). Dabei hilft die schon erwähnte Rückseite des DIN-A4-Messbogens.

Dort sind Grenzwerte und Handlungsbedarf zu den einzelnen Parametern aufgeführt. Der gar nicht klägliche Rest ist Kenntnis der Fachliteratur (FRIMMEL 1999, HENSEN 2006, KLEE 1990, MUTSCHMANN 1995), sachkundiges aquaristisches Wissen und Erfahrung.

Die Ammoniummessung beispielsweise ist sinnvoll nur in Verbindung mit dem pH-Wert zu bewerten (vgl. KRAUSE 1998, OTT 2000). Ammonium und Ammoniak stehen in einem Gleichgewicht zueinander. Dieses Gleichgewicht ist vom pH-Wert und der Temperatur des Wassers abhängig. Bei einem Anstieg des pH-Wertes verschiebt sich der Schwerpunkt zum giftigen Ammoniak. Erhöhte Ammonium-/Ammoniakgehalte sind umso kritischer für die Fauna, je höher der pH-Wert und die Temperatur liegt.

Fazit

Der Aqua-Check von Söll ist ein Gerät für fast alle Parameter, die in der aquaristischen Wasserkunde eine Rolle spielen („fast“ deswegen, weil die elektrische Leitfähigkeit mit einem Fotometer nicht erfassbar ist). Mehrere Jahre Entwicklungsarbeit der Söll-Experten hat sich gelohnt und all das steckt in dem kleinen Gerät und seiner chemischen Umgebung. Damit wird professionelle Labortechnik in den Endverbraucherbereich gehievt; um es meinem norddeutschen Testort entsprechend zu sagen: Das Gerät ist „buten un binnen“ – drinnen und draußen – einsetzbar. Die gesetzlich vorgeschriebenen Warnhinweise über die Handhabung der Chemikalien auf Set und Koffer weisen darauf hin, dass es sich nicht um ein Spielzeug für Kinder handelt. Das Aqua-Check-System von Söll ist ein solides Stück deutscher Technologie für den professionellen Einsatz in Aquaristik, Teichpflege, Aquakulturen, Trinkwasserüberwachung, Abwasserkontrolle, Badewasserüberwachung, Schwimmbäder, Landwirtschaft und Forschung.

Literatur:

FRIMMEL, F. H. (1999): Wasser und Gewässer. Ein Handbuch. – Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg, Berlin, 534 pp.

HENSEN, R. R. (2006): Water quality in the ornamental aquatic industry. OFI Educational Publication No. 1, – OFI, Maarssen/The Netherlands, 66 pp.

HIERONIMUS, H. (2012): Präzise gemessen. Das Aqua-Check Fotometer von Söll im Praxiseinsatz. – aquaristik 20 (3), 42-43

KLEE, O. (1990): Wasser untersuchen. Einfache Analysemethoden und Beurteilungskriterien. – Quelle & Meyer, Heidelberg [u.a.], 1. Aufl. 230 pp.

KRAUSE, H. (1998): Aquarienwasser.

Diagnose, Therapie, Aufbereitung. – Bede-Verlag, Kollnburg, 4 Aufl, 127 pp.

MUTSCHMANN, J. (1995): Taschenbuch der Wasserversorgung. – Franckh-Kosmos, Stuttgart, 11., überarb. und aktualisierte Aufl, XXXVIII, 823 pp.

OTT, G. (2000): Ammonium/Ammoniak-Messsatz von Polysens. Für Sie getestet. – Das Aquarium 34 (12), 68-73

PEIFFER, S. & K. PECHER (1997): Experimentelle aquatische Chemie. – Spektrum, Akad. Verl., Heidelberg, Berlin [u.a.], 177 pp.



Auf einer aquaristischen Forschungsreise sind Messkoffer nützlich, um das Labor zusammen zu halten

Ammonium [mg/L]	Anteil des Ammoniaks bei 24 °C				
	pH 6,0	pH 6,5	pH 7,0	pH 7,5	pH 8,0
0,1			0,001	0,002	0,006
0,2			0,001	0,004	0,011 harmlos
0,3		0,001	0,002	0,006	0,017
0,5		0,001	0,003	0,01	0,029
0,8		0,002	0,005	0,015	0,046
1,0		0,002	0,006	0,019	0,057 kritisch
1,2		0,002	0,007	0,023	0,069
1,5		0,003	0,009	0,029	0,086
2,0	0,001	0,004	0,012	0,038	0,114
4,0	0,002	0,008	0,024	0,076	0,229
6,0	0,003	0,011	0,036	0,114	0,342 gefährlich
8,0	0,004	0,015	0,048	0,152	0,458

Messbereich Söll AquaCheck Ammonium 0 – 2,0 mg / L

Dieses Dokument wurde hier herunter geladen:



www.koicompetence.de