



Der dritte Teil der Stickstofftrilogie befasst sich mit dem Nitrat. Dieser Stoff liegt mit Salpetersäure im Gleichgewicht, mit anderen Worten, wo Nitrat ist, da ist auch Salpetersäure. Theoretisch können diese beiden Substanzen sich auch trennen („dissoziieren“), und dann wäre die Salpetersäure hochgiftig. Dies kommt allerdings nur bei extrem niedrigen pH-Werten vor, die Organismen im Meerwasseraquarium ohnehin nicht tolerieren würden, so dass dies im Aquarium kein Thema ist. Manche Organismen – z. B.

bestimmte Bakterien und Algen in heißen, sauren Quellen mit pH-Werten zwischen 1 und 2 sowie Temperaturen bis 130 °C – müssen mit der Wirkung von Salpetersäure zurechtkommen. Im aquaristischen Bereich ist jedoch die undissoziierte Salpetersäure keine Gefahr, und deshalb können Nitratkonzentrationen bis etwa 1,5 g/l von vielen Tieren vertragen werden. KNÖSCHE & RÜMMLER 1988 beobachteten beim Karpfen bis 1,5 g Nitrat keine negativen Folgen. SCHRECKENBACH (2002) empfiehlt für Nitrat bei Fischen 50 mg/l als absolute sichere Grenze.

## Welche ist die optimale Nitratkonzentration im Aquarium?

Wie den meisten Aquarianern sicherlich bekannt ist, sind zu hohe Nitratkonzentrationen für Aquarien nicht sinnvoll. Sie verursachen intensives Algenwachstum, und Cyanobakterien („Schmieralgen“) können sich explosionsartig vermehren. Andererseits ist Nitrat für alle Pflanzen lebenswichtiger Stickstofflieferant, und das gilt auch für die Symbiosealgen der Korallen. Ein Minimum an Nitrat ist also notwendig. Darum sollte die Nitratkon-

# Teil 3 Stickstofftrilogie Nitratentfernung – eine Übersicht

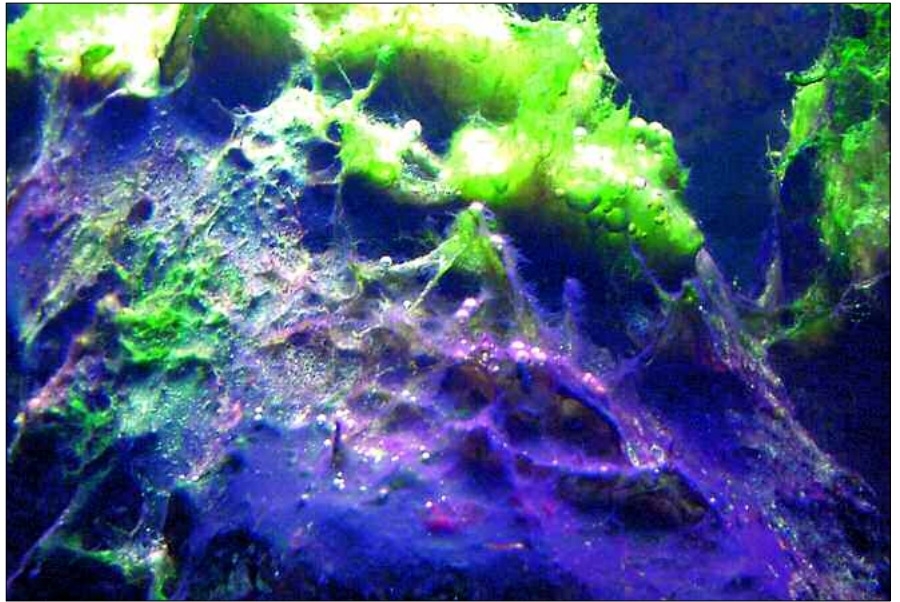
**Beate R. Sellner und  
Burkhard Ramsch**  
(Diplombiologen der Firma  
AquaCare GmbH & Co. KG)

Fahnenbarsche wie *Pseudanthias huchti* benötigen im Aquarium einwandfreie Wasserverhältnisse.  
Foto: D. Knop



zentration in einem niedrigen Bereich liegen. Ausgenommen davon sind Spezialaquarien oder bestimmte Nachzuchtaquarien. Wir empfehlen, den Nitratwert zwischen 5 und 20 mg/l zu halten. In diesem Bereich gibt es normalerweise keine Probleme – unabhängig vom Aquarientyp. Bei reinen Fischaquarien kann die Nitratkonzentration höher liegen, sollte jedoch das zuvor genannte Maximum von 50 mg/l nicht übersteigen.

In letzter Zeit sind einige sehr sichere Nitratfilter im Angebot, doch leider konnten wir immer wieder feststellen, dass damit von Aquarianern zu viel des Guten getan wurde: Von sehr hohen Nitratkonzentrationen ausgehend wurde in vielen Aquarien der Nitratwert unter die aquaristische Nachweisgrenze gesenkt. Die Folge waren Mangelsymptome bei einigen Tieren (z. B. Steinkorallen) und Pflanzen. Daraus wurde gefolgert, dass die Nitratfilter den Minibiotop Aquarium schädigten, doch der Fehler lag nicht im System selbst, sondern in seiner Anwendung. Es ist im Aquarium – vor allem im Meerwasseraquarium – wichtig, dass stets eine gewisse Nitratmenge vorhanden ist. Sobald diese Substanz nicht mehr verfügbar ist, erleiden Pflanzen und auch die Symbiosealgen in Korallen einen Stickstoffmangel, denn sie können diese lebenswichtige Substanz nicht mehr aus dem Wasser aufnehmen. Die Tatsache, dass man im natürlichen Korallenriff mit aquaristischen Methoden Nitrat nicht nachweisen kann, ist kein Argument dafür, dass dies im Aquarium ebenso sein dürfte, denn im natürlichen Lebensraum nehmen Korallen ihren Stickstoff aus einer anderen Quelle auf: Planktonfang. Die Polypen der Korallen ergreifen aktiv planktonische Organismen, verdauen sie und verwerten den Stickstoffanteil. Zwar gibt es auch im Aquarium gewisse Vorkommen planktonischer Organismen, z. B. Larven diverser Kleinkrebse und Würmer, doch das ist vergleichsweise sehr wenig, und die Verfügbarkeit ist durch die Wasseraufbereitung zeitlich extrem begrenzt. Jeder, der schon einmal nachts im Korallenriff getaucht oder geschnorchelt hat, weiß, wie viel Plankton im Wasser schweben kann. Die paar Plankter, die



Diese Mischung aus Cynobakterien, auch „Blau-“ oder „Schmieralgen“ genannt, ist in der modernen Aquaristik absolut unerwünscht. Oft sind sie Folge zu hoher Nitratkonzentration. Foto: B. Sellner und B. Ramsch

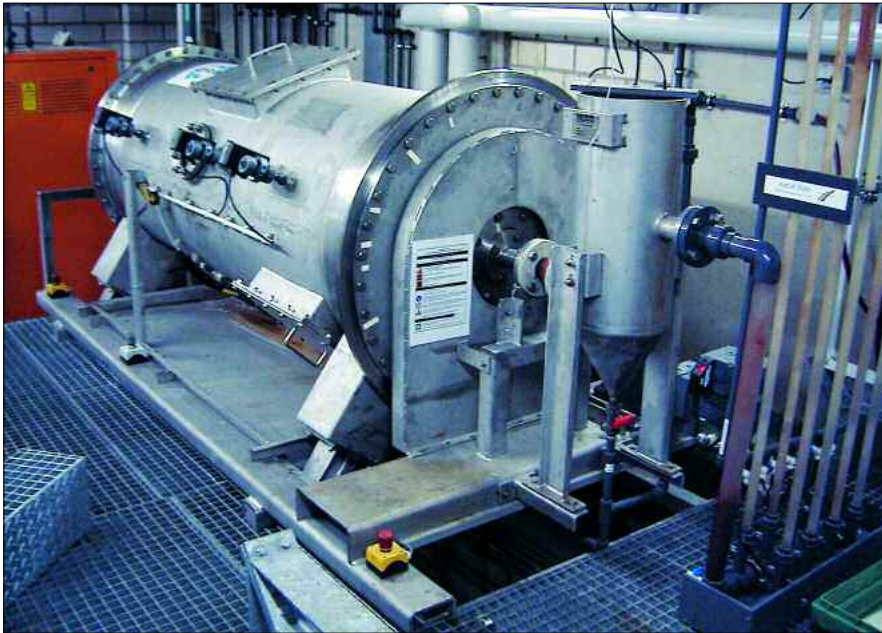
im Wasserkörper eines Aquariums an Korallen vorbeidriften, können den Stickstoffbedarf bei weitem nicht decken. Aber immerhin: Bei einer Optimierung der Planktonversorgung unserer Aquarienkorallen, die zur Zeit noch in den Kinderschuhen steckt, könnte künftig der Nitratwert der Korallenriffaquarien auch unter die Nachweisgrenze gesenkt werden, ohne dass Mangelscheinungen befürchtet werden müssten.

## Reduzierung der Nitratkonzentration

Ist die Nitratkonzentration im Aquarium zu hoch, gibt es zahlreiche Möglichkeiten, diesen Wert zu senken. Am Anfang steht hier die Verminderung des Stickstoffeintrags. Da Stickstoff hauptsächlich in organischer Form in das Aquarium gelangt, durch die Fütterung, liegt es nahe, weniger zu füttern. Für manche Süßwasseraquarien ist das vielleicht ein brauchbarer Weg, weil die Hauptursache für den frühen Tod vieler Süßwasser-Aquarienfische noch immer eine Leberverfettung ist; gerade Anfänger in der Süßwasser-aquaristik füttern ihre Fische relativ oft zu Tode. In der Meerwasseraquaristik ist jedoch das Gegenteil häufig der Fall. Gerade in Deutschland werden die Meeresfische extrem wenig gefüttert, weil ja sonst „das Wasser schlecht

wird“ und die Steinkorallen verenden. Unsere Hobbykollegen z. B. in Frankreich oder Schweden sehen das glücklicherweise überwiegend anders – und es klappt. Sogar so gut, dass Fische, die als ausgesprochene Korallen-





Roto-Bio-Reaktor (RBR) aus meerwasserresistentem Stahl im Delphinarium Duisburg, mit einer Leistung von 3 m<sup>3</sup>/h. Das System wird mit Ethanol betrieben ([www.aquacare.de](http://www.aquacare.de)) Foto: B. Sellner und B. Ramsch

fresser gelten (z. B. *Pygoplites diacanthus*), brav zwischen den Steinkorallen umherschwimmen und (fast) keine Polypen fressen. Ein ausgehungertes Fisch jedoch frisst, was ihm vor das Maul kommt.

So ist es nur wenige Jahre her, dass z. B. Gelbe Seebader (*Zebrosoma flavescens*) nicht zu mehreren Exemplaren in einem Aquarium gehalten werden konnten, so dass man allgemein empfahl, diese Art wegen ihrer „großen innerartlichen Aggressivität“ einzeln zu pflegen. Wird ausreichend gefüttert, können diese Tiere jedoch problemlos paarweise gepflegt werden, und das gilt auch für andere Doktorfischarten, wie Prof. Dr. Ellen THALER in ihrem Band „Doktorfische im Aquarium“ aus der Reihe „Art für Art“ verdeutlicht (2008). Das Reduzieren der Fütterung im Meerwasseraquarium ist also nicht die Lösung, sondern seinerseits ein Problem. Lediglich durch die Verwendung besonders hochwertigen und gut zusammengestellten Futters können wir versuchen, der Nitratbildung entgegenzuwirken; ballaststoffreiches Futter erzeugt beispielsweise weniger Nitrat.

## Wasserreinigung

Für unser Aquarium benötigen wir Wasser. Meist verwendet der Aquarianer Wasser aus der Leitung. Gerade in

Deutschland enthalten Leitungswässer bisweilen Nitratkonzentrationen von 50 mg/l und mehr. Wird dieses Wasser ungereinigt für das Aquarium verwendet (Ersteinrichtung, Teilwasserwechsel), werden gewisse Mengen Nitrat in den Minibiotop importiert. Das Gleiche gilt für Nachfüllwasser, mit dem die Verdunstung ersetzt wird. Die Lösung ist eine Leitungswasseraufbereitung mittels Umkehrosmoseanlage oder Vollentsalzer (Ionenaustauscher).

Im Meerwasseraquarium kann der Nitratanstieg durch einen gut arbeitenden Abschäumer begrenzt werden. Abschäumer produzieren Gasblasen, an denen sich einige organische Verbindungen mittels Adsorption anheften können. Die Gasblasen samt den angelagerten Verbindungen werden in einem Flotat-Topf gesammelt und können leicht entfernt werden. Der Abschäumer nimmt somit die Vorstufen des Nitrats aus dem Wasser, bevor Bakterien diese zu Ammoniak zersetzen und weiter zu Nitrat oxidieren können. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass das Wasser zuerst den Abschäumer durchläuft, bevor Bakterien aktiv werden können, und nicht umgekehrt. Darum sollte ein Abschäumer grundsätzlich vor einem Biofilter installiert werden.

Je effektiver der Abschäumer arbeitet (Verfahren, Kontaktzeit, Blasenerzeugung, Größe, Wasser- und Luftdurch-

satz, Temperatur, Salzgehalt), desto stärker werden die Vorstufen des Nitrats entfernt. Ist im Aquarienwasser aber eine zu hohe Konzentration vorhanden, dann muss Nitrat selbst entfernt werden. Der Teilwasserwechsel ist in der Meerwasseraquaristik eine der wichtigsten Maßnahmen, um die Wasserparameter in einem akzeptablen Bereich zu halten.

Einige neuartige Produkte, die diese Pflegemaßnahme teilweise überflüssig machen sollen, sind wahrscheinlich nur eine Modeerscheinung und verschwinden hoffentlich bald wieder vom Markt. Es hat zu lange Zeit gedauert, bis die Bedeutung des Teilwasserwechsels erkannt und von der Mehrzahl der Aquarianer akzeptiert wurde. In der Süßwasseraquaristik tauscht man monatlich rund 20–50 %, in Sonderfällen wie der Diskusfisch-Pflege sogar noch mehr. Im Meerwasseraquarium hingegen umfasst der durchschnittliche Teilwasserwechsel lediglich 5–10 % im Monat, und auch ohne große mathematische Begabung lässt sich leicht erkennen, dass durch solche Wechselmengen allein ein erheblich erhöhter Nitratwert nicht sichtbar reduziert werden kann.

In der Süßwasseraquaristik wird oft mit nitratselektiven Austauscherharzen gearbeitet – insbesondere bei Diskusfisch-Aquarianern. Dadurch wird die Wasserzusammensetzung jedoch einseitig verändert, weshalb diese Methode nur bei Diskusfischen funktioniert. Sobald Wasserpflanzen gedeihen sollen (was im Diskusaquarium aufgrund der hohen Temperatur um 30 °C nur selten möglich ist), führen Nitrattharze nur selten zum Erfolg. Im Meerwasseraquarium hingegen funktionieren diese Harze wegen des hohen Salzgehaltes ohnehin nicht.

## Biologische Nitratverminderung

Bestimmte isolierte Enzyme können Nitrat in Stickstoff umwandeln. Der Aufwand für eine längerfristige Anwendung ist jedoch groß und taugt bisher nur für Laborversuche. Nahezu jeder Aquarianer setzt aber biologische Methoden zum Nitratabbau ein – bewusst oder unbewusst. In einem den hollän-

dischen Pflanzenaquarien vergleichbarem Meerwasserbecken mit großen Mengen an Blattalgen beispielsweise wird es nie zu einer erhöhten Nitratkonzentration kommen, denn diese Becken enthalten einen gewaltigen Pflanzenüberschuss. Die Abfallstoffe der wenigen Fische werden sofort aufgespalten (dissimiliert) und das entstandene Ammonium sogleich von Pflanzen aufgenommen (assimiliert). Sollte Ammonium zu Nitrat oxidiert sein, kann auch dieses von den Pflanzen aufgenommen werden (Nitratassimilierung). Die gleichen Regeln gelten auch für das Meerwasseraquarium: Wenn extrem viele Niedere Tiere nur sehr wenigen Fischen gegenüberstehen, wird der Abfallstickstoff schneller wieder durch die Symbiosealgen der Korallen aufgenommen, als sich Nitrat anreichern könnte.

Technisch kann dieser Vorgang in Algenfiltern verstärkt werden. In Refugien oder Algenfiltern werden mit viel Licht Höhere Algen (*Chaetomorpha* sp., *Caulerpa* sp.) gezüchtet. Im sogenannten „Niedere-Algen-Rasenfilter“ (algae turf scrubber, ADEY & LOVELAND 1991) geschieht prinzipiell das Gleiche, nur eben nicht mit Blattalgen, sondern mit Niederen Algen. Die Algen nehmen Nährstof-

fe wie Nitrat und Phosphat auf und vermehren sich. Wird von Zeit zu Zeit ein Teil der Algen entfernt, werden damit auch die aufgenommenen Nährstoffe aus dem System exportiert, vorausgesetzt, man verfüttert diese nitratreichen Algen nicht an seine Fische, was das Nitrat selbstverständlich wieder in das Aquariensystem einspeisen würde. Diese Methoden erfordern jedoch viel

Licht (und damit elektrische Energie) sowie Raum.

## **Wege zur Denitrifikation**

---

Weniger raumfordernd als ein Algenrefugium – und damit für die meisten Aquarianer problemlos einsetzbar – ist die Denitrifikation. Das Gebiet der Denitrifikation ist jedoch so umfang-



Bei reichlicher Fütterung sind auch früher als nicht verträglich eingestufte Korallenfische problemlos paarweise pflegbar. Foto: B. Sellner und B. Ramsch

#### Heterotrophe Denitrifikation

- aktiv**
- Filter mit Fütterung (Alkohole, organische Säure, Zucker)
  - abbaubare Feststoffe (PHB)
  - diffuse Denitrifikation durch Fütterung
- passiv**
- Lebende Steine
  - Bodengrund (DSB, Schlammfilter, JAUBERT)
  - langsam durchströmter Filter ohne Fütterung
  - Sintermaterialien

#### Autotrophe Denitrifikation

- aktiv**
- Filter mit Schwefel
  - Wasserstoffsysteme
- passiv**
- Schwefelpartikel aus Schwefel-Nitrat-Filtern?

Grafik: S. Sellner und B. Ramsch

reich, dass sich viele Missverständnisse entwickelt haben und auch Fehler gemacht werden.

Die Nitratassimilation – die Aufnahme des Nitrats durch pflanzliche Organismen – läuft für den Aquarianer weitgehend unmerklich ab. Ebenso unabhängig von ihm entwickelt sich ein Großteil des Nitratabbaus. Ohne besondere technische Voraussetzungen kann Nitrat in sauerstoffarmen (mikroaeroben) oder sauerstofffreien (anaeroben) Bereichen des Aquariums mit Hilfe von organischen Substanzen, die im Normalfall immer vorhanden sind, zu Stickstoff abgebaut werden (Denitrifikation). Das beste Beispiel findet sich im Meerwasseraquarium:

Bakterien im Lebendgestein – mit Mikroorganismen besiedelte, poröse Rifffragmente – denitrifizieren ohne weitere technische Maßnahmen das Nitrat. Ähnliche Prozesse finden in dickeren Bodengrundsichten statt, wie wir in den drei unterschiedlichen Systemen feststellen, die Autoren den KORALLE-Lesern im Laufe der Jahre vorgestellt haben: Das Jaubert-System mit Plenum (beschrieben in SPRUNG 2001a, b), der Tiefsandbett-Filter ohne Plenum („Deep Sand Bed“, DSB, beschrieben in SHIMEK 2007) und der Schlammfilter mit feinerem Substrat (beschrieben in PALETTA 2001) funktionieren nach diesem Prinzip.

### Nitratkiller oder Aquarienkiller?

Seit einigen Jahren werden sogenannte „Nitratkiller“ angeboten. Diese zumeist flüssigen Produkte sind nichts weiter als Nährmedien wie Zucker, Stärke, Alkohole oder organische Säuren. Ein Großteil der Nährflüssigkeit wird von Bakterien unter starkem Sauerstoffverbrauch im Aquariumswasser oxidiert und nicht für die Nitratatmung gebraucht. Nur ein kleiner Teil wird für die Denitrifikation verwendet. Diese „diffuse“ Denitrifikation birgt einige Gefahren: starkes Bakterienwachstum im Freiwasser

(Bakterienblüte), Sauerstoffschwund im Aquarium, Vermehrung von potenziell pathogenen Mikroorganismen. Die Gefahren sind umso größer, je mehr zudosiert wird, je kleiner der Abschäumer ausgelegt ist, je niedriger die Strömung im Aquarium ist, je weniger Niedere Tiere im Becken sind (Polypen fangen Bakterien aus dem Wasser) und je höher die Wassertemperatur ist.

Die erste Generation von Denitrifikationsfiltern hatte eine niedrige Leistung, weil diese ebenfalls passiv denitrifizierten. In langsam durchströmten Filtern (nur wenige Tropfen Wasser pro Minute) wird der Sauerstoff verbraucht, indem organische Substanzen abgebaut werden (Dissimilation). Ist kein oder nur wenig gelöster Sauerstoff vorhanden, kann als Alternative Nitrat veratmet werden. Das Gleiche geschieht in den tieferen Schichten von sogenanntem Sinter-Filtermaterial (z. B. Siporax). Der Sauerstoff diffundiert nicht schnell genug ins Innere, so dass dort auch Nitrat veratmet wird.

### Giftiger Schwefelwasserstoff

Allen passiven Systemen ist gemein, dass die Leistung nicht steuerbar ist. In manchen Fällen ist sie geringer als erwartet, was kein großes Problem darstellt. Im schlimmsten Fall kommt es jedoch zur Desulfurikation, einem Vorgang, bei dem giftiger Schwefelwasserstoff entsteht, weil mangels Nitrat das Sulfat veratmet wird. Ist nicht einmal Sulfat vorhanden (anoxische Bedingungen), geht die Mikroflora zu Gärungsprozessen über. Bodenschichten werden bereits bei Nitratmangel schwarz, und wenn diese durch Tiere oder den Aquarianer aufgewirbelt werden, kann es zu einem schlagartigen Sauerstoffschwund im Aquariumswasser kommen.

Um das Schwarzwerden der Bodenschichten zu verhindern, wird im Süßwasserbereich eine Bodenkörnung oberhalb von 1–2 mm empfohlen. Wenn Wasserpflanzen kräftig wachsen und Wurzeln in den Boden schieben, werden die Sandschichten mit Hilfe der Wurzeln belüftet, so dass es nicht zur Schwefelwasserstoffbil-



derung kommen kann. In Barsch-Aquarien kann auch feineres Bodengrundmaterial verwendet werden, denn die regelmäßige Grabaktivität der Barsche schichtet den Boden ständig um. Allerdings wird durch dieses Umschichten ebenfalls die Denitrifikation gestört. Meerwasseraquarianer, die in ihren Becken keine Tiere pflegen, die am oder im Bodengrund leben, füllen oft nur eine dünne Schicht Bodengrund aus grobem Material ein. Das verhindert eine Schwefelwasserstoffbildung sehr zuverlässig, allerdings ebenso einen bakteriellen Nitratabbau. Grabende Tiere wälzen den Untergrund ständig um – im Jaubert-System wird darum sogar eine siebähnliche Schutzschicht eingebracht, die Tiere daran hindern soll, die denitrifizierende Bodenschicht zu durchwühlen. Im DSB und im Schlammfilter hingegen sind diese Vorsichtsmaßnahmen nicht vorgesehen, so dass diese Filter unserer Ansicht nach nur für niedrig belastete Meerwasseraquarien eingesetzt oder zumindest nicht mit stark grabenden Tieren besetzt werden sollten. Alternativ können diese Systeme in einem angeschlossenen Refugium installiert werden. Zweifelsohne haben diese Systeme auch Vorteile, aber bei höheren Belastungen läuft der Denitrifikationsprozess darin unkontrolliert ab.

## Aktiver Nitratabbau

Um hohe Nitratbelastungen sicher abzubauen zu können, ist eine aktive Denitrifikation angebracht. Die ersten Filter mit aktiver Fütterung der Bakterien bestanden aus einfachen Behältern, die tropfenweise mit Aquariumwasser beschickt wurden. Zur Versorgung der Bakterien wurden in den Filter organische Stoffe eingebracht. Zucker sind dabei nicht sinnvoll, weil sie im Allgemeinen das Wachstum von Pilzen fördern. Am einfachsten ist die Zugabe von gelösten Stoffen wie Alkohol („Wodka-Filter“) oder Essigsäure. Die Zugabe dieser Stoffe ist am sichersten mit Dosierpumpen, wenn diese gegen unkontrolliertes Abfließen der Nährflüssigkeit gesichert sind. Diffusionssysteme mit halb durchlässigen Beuteln, aus de-



Schwefelablagerungen in der Nähe des Kilauea-Kraters auf Hawaii Foto: B. Sellner und B. Ramsch

nen mit der Zeit der organische Nährstoff diffundiert, sind ebenfalls brauchbar, lassen sich allerdings nicht regeln. Ohne präzise arbeitende Dosierpumpe ist bei der Dosierung viel Fingerspitzengefühl notwendig. Die Gefahren eines nicht korrekt arbeitenden aktiven Nitratfilters sind nicht zu unterschätzen und können ein ganzes Aquariensystem ruinieren; das Nährmedium kann direkt in das Aquarium laufen, zu einer Bakterienblüte im Freiwasser führen und im Aquarium einen Sauerstoffschwund verursachen. Bei starker Fütterung können dann im Nitratfilter viele pathogene Mikroorganismen überleben und sich vermehren.

Ein Ausschwemmen des Nährmediums kann verhindert werden, wenn festes, großvolumiges Substrat im Filter verwendet wird. Rieselfiltermaterial aus PHB (Polybetahydroxibuttersäure) hat diese Eigenschaften. Eine Dosierung ist aber immer mit dem Herausnehmen oder Hinzufügen des Materials verbunden, und es kann ein Weilchen dauern, bis man ein Gleichgewicht gefunden hat.

Die ersten Nitratfilter besaßen keine interne Umwälzung. Das hatte zur Folge, dass in jedem Bereich des Filters unterschiedliche Konzentrationen von Sauerstoff und Nitrat vorhanden waren. Das wiederum verursachte oft eine Bildung von Schwefelwasserstoff. Diese sogenannten Pfropfenstrom-Reaktoren sind nicht für die Aquaristik geeignet. Heutzutage sollte ein aktiver Denitrifikationsfilter immer eine interne Um-

wälzpumpe haben. Außerdem kann es – wie oben erwähnt – bei Überdosierung des organischen Mediums sehr leicht zur Desulfurikation kommen. Deshalb sollte der Denitrifikationsprozess immer mit einem Redox-Messgerät überprüft werden. Die Redoxmesskette muss unbedingt fest in den Filter eingebaut sein, damit verlässliche Daten ablesbar sind.

Ein weiterer Nachteil aller Filter ist das starke Wachstum der Bakterien innerhalb des Behälters. Regelmäßig muss das Filtermedium aufgelockert werden, damit es nicht zur Kanalbildung kommt. In Großanlagen kann dieses Auflockern durch eine ständige Drehung des Reaktorinhalts (Roto-Bio-Reaktor) oder durch regelmäßige Spülprozesse bewerkstelligt werden. In kleinen Aquaristikanlagen bleibt nur die Aktivität des Aquarianers. Professionelle Systeme arbeiten mit einer nachgeschalteten Sterilisation, um die Belastung des Aquarienwassers mit pathogenen und anderen Mikroorganismen zu verhindern.

## Schwefelnitratfilter

Eine weitere Entwicklung in der Aquaristik ist der Nitratfilter mit Schwefelfüllung. Der auch als Schwefelnitratfilter bekannte Filtertyp wird nicht mit organischen Verbindungen beschickt. So kann es theoretisch nicht zur Schwefelwasserstoffbildung kommen. Weil im Aquariumwasser jedoch geringe Mengen an organischen Verbindungen enthalten sind

System	heterotroph								autotroph
	Passive Systeme				Aktive Systeme				
	Lebende Steine	Bodengrund, inkl. DSB, JAUBERT, Schlammfilter	Sintermaterialien	Langsam durchströmter Filter ohne Fütterung	Diffuse Denitrifikation	Filter mit Fütterung (Alkohol, Zucker, organische Säuren)	Filter mit abbaubaren Feststoffen (PHB)	Schwefel-Nitrat-Filter	Wasserstoff-Denitrifikation
auch im Süßwasser einsetzbar	nein	ja							
steuerbare Denitrifikation	nein				ja				
große Gefahr der Desulfurikation	nein	ja <sup>1</sup>	nein	ja <sup>1</sup>	nein	ja	ja	nein	nein
Sauerstoffmangel möglich	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein
Belastung mit organischen Stoffen möglich	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	nein	nein
pH-Tendenz	(▲)	(▲)	▲	▲	▲	▲	▲	▼ <sup>4</sup>	▲
Bakterienbelastung	▼	▼	▼	▶	▲▲▲	▲	▲	▲	▲
Betriebssicherheit	▲	▲	▲	▲	▼▼	▲ <sup>2</sup>	▲ <sup>2</sup>	▲	▲ <sup>3</sup>
Anschaffungskosten	▲	▲	▶	▶	▼▼	▲	▲	▲	▲▲▲
laufende Kosten	▼	▼	▼	▼	▲	▶	▼	▼	▲
geeignet für sehr niedrige Belastung	●	●	●	●	●	●	●	●	●
geeignet für hohe Belastung						●	●	●	●

1) bei hoher Belastung;  
2) nur mit Redoxkontrolle;  
3) nur mit sehr hohem technischem Aufwand;  
4) nur kritisch bei geringer Karbonathärte und bereits zu niedrigem pH-Wert im Aquarium  
Rote Felder sind als sehr kritische und rosa Felder als kritische Faktoren anzusehen, die bei einer Bewertung zu Abwertung führen würden.  
Grafik nach B. Sellner und B. Ramsch

und auch im Filter einige Bakterien absterben und dabei organische Verbindungen freisetzen, ist im Schwefel-Nitrat-Filter eine Desulfurikation möglich – allerdings nur in geringem Ausmaß. Auch potenziell pathogene Mikroorganismen werden durch die Schwefelfüllung nicht gefördert. Schwefel-Nitrat-Filter benötigen je nach Aquarium eine Einfahrphase von 1–10 Wochen. Das hängt damit zusammen, dass die benötigten Schwefelbakterien nur in geringer Zahl im Aquarium vorhanden sind und aufgrund der autotrophen Lebensweise (der benötigte Kohlenstoff wird aus anorganischen Quellen gewonnen) nur sehr niedrige Wachstumsraten haben. Wenn sich eine stabile Population im Filter etabliert hat, entwickeln diese Bakterien allerdings erstaunliche Umsatzraten. Ein Nachteil des Schwefelsystems ist die Produktion von verdünnter Schwefelsäure,

die bei geringer Pufferkapazität (KH-Wert unterhalb von 7 °dKH) den pH-Wert senkt. Nachgeschaltete Säulen mit einer Kalkfüllung bringen nur relativ kurze Zeit eine sichere Neutralisierung entstandener Säuren, denn ausgeschwemmte Bakterien und das sich manchmal bildende Kalziumsulfat verschließen die Oberfläche des Kalkmaterials schnell und verhindern damit die Neutralisierung. Sie müssen darum regelmäßig daraufhin überprüft werden, dass das Auslaufwasser des Schwefel-Nitrat-Filters tatsächlich noch neutralisiert wird. Eine funktionierende Neutralisierung entlastet den regulären Kalkreaktor oder macht ihn in Systemen mit niedrigem Gelöstkalkbedarf gar überflüssig (LANGOUET 1998). Von einer Mischung von Schwefel und Kalkmaterial im selben Filter muss abgeraten werden, denn der erhöhte Wartungsaufwand für den Aus-

tausch des Kalkmaterials – meist werden Aquariensysteme nur wenig gewartet – lässt keine sichere Denitrifikation bei gleichzeitiger Neutralisierung zu. Wie gesagt: Bei ausreichend hoher Karbonathärte im Aquariumwasser kann man die Säureproduktion des Schwefelsystems vernachlässigen. Ein guter Kalkreaktor ist sinnvoller als eine dem Nitratfilter nachgeschaltete Kalksäule. Möglicherweise hat der Schwefel-nitratfilter einen weiteren Effekt: Der praktisch wasserunlösliche Schwefel kann in Form kleinster, staubfeiner Partikeln aus dem Filter in das Aquariumwasser geschwemmt werden. Wenn diese Teilchen im Bodengrund oder auf der Steindekoration landen, ist es möglich, dass dort ebenfalls autotroph denitrifiziert wird. Ein weiteres autotrophes System ist das Denitropur-Verfahren, bei dem als Energiequelle molekularer Wasserstoff (H<sub>2</sub>) verwendet wird. Das ist selbstverständlich wegen der Gefährlichkeit des Gases (Explosionsgefahr) nur im technischen Maßstab mit maximaler Sicherheitstechnik einsetzbar. ■

#### Literatur

- ADEY, W. H. & K. LOVELAND (1991): Dynamic Aquaria – Building Living Ecosystems. – Academic Press, Inc., San Diego.  
JAUBERT, J. (1989): An integrated nitrifying-denitrifying biological system capable of purifying sea water in a closed circuit aquarium. In: Deuxième congrès International d'Aquariologie (1988). – Monaco. Bull. Inst. Océanogr. Monaco. No. spécial 5: 101–106.  
KNÖSCHE R. & R. RÜMLER (1988): Offene und geschlossene Kreislaufanlagen. Teil 1, Lehrbrief 1. – Humb. Univ. Berlin.  
KUHLMANN, H. (1988): Gasblasenkrankheit der Fische. – Fischer & Teichwirt 5: 130–134.  
PALETTA, M. (2001): Schlammfilteraquarium – Erfahrungen und technische Details. – KORALLE 9, 2 (3): 73–77.  
SHIMEK, R. (2001): Die Funktionsweise eines Sandbettfilters. – KORALLE 44, 8 (2): 26–35.  
SPRUNG, J. (2001a): Das Jaubert-System – Grundlagen, Wahrheiten und Irrtümer. – KORALLE 10, 2 (4): 68–73.  
SPRUNG, J. (2001b): Einrichten eines Jaubert-Systems. – KORALLE 11, 2 (5): 68–72.  
THALER, E. (2008): Doktorfische im Meerwasseraquarium. – Natur und Tier -Verlag, Münster.  
**Internet (Stand Januar 2009)**  
LANGOUET, M. (1998): La biodénitration autotrophe sur soufre en aquarium marin. – www.recif-france.com.  
SCHRECKENBACH, K. (2002): Einfluss von Umwelt und Ernährung bei der Aufzucht und beim Besatz von Fischen. Onlineartikel vom Institut für Binnenfischerei e.V., Potsdam-Sarow. www.lfvb.org/downloads/Umwelt2.pdf, Stand 01.2002.