

# ***sangokai* Empfehlungen**

**Ratgeber für die riffaquaristische Praxis**

**von A – Z**

© **Jörg Kokott (Autor)**

Version v2\_2015



SANGOKAI

*Stand: 29.01.2015*

### **Neu in dieser Version:**

- **Adoptive Filtermethoden**
- **Mechanische Filterung**
- **Strömungskonzept**
- **Technikbecken und Technik-Kompartimente**

### **Überarbeitete Themen:**

- **Biopellets** wurde an das Stichwort **adoptive Filtermethoden** angepasst
- **effektives Durchflussvolumen** wurde an das Stichwort **adoptive Filtermethoden** sowie **Technikbecken und Technik-Kompartimente** angepasst

# Inhaltsverzeichnis

.....	1
-A-.....	3
Abschäumer → Eiweißabschäumer.....	3
Adoptive Filtermethoden NEU!.....	3
Aktivkohle → Kohlefilterung.....	3
Algenrefugium → Refugium.....	3
Alkalinität → Karbonathärte.....	3
-B-.....	3
Balling, Hans-Werner → Kalkhaushalt-Stabilisierung.....	4
Beleuchtung/Beleuchtungsarten → Lampentypen.....	4
Beleuchtungsdauer.....	4
Blauanteil in der Beleuchtung.....	4
Bestromung → Strömungskonzept.....	7
Biopellets (Pelletfilter).....	7
Bodengrund.....	9
-C-.....	16
Calciumgehalt.....	16
Closed-loop System → Strömungskonzept.....	16
Cyanobakterien.....	16
-D-.....	17
Dinoflagellaten.....	17
DSB/Deep Sand Bed (Tiefsandbett) → Bodengrund → Refugium.....	20
-E-.....	20
Effektives Durchflussvolumen (Förderpumpen).....	20
Einfahrphase → Start von Riffaquarien (Startphase).....	21
Eiweißabschäumer.....	21
-F-.....	23
Förderpumpen → effektives Durchflussvolumen (Förderpumpen).....	23
Fluoreszenz/fluoreszierende Korallen.....	23
-G-.....	23
Gesamtdekorationsoberfläche (GDO) → Riffaquariengestaltung.....	23
-H-.....	23
-I-.....	23
-J-.....	23
Jaubert -System → Bodengrund.....	23
-K-.....	23

<a href="#">Kalkhaushalt-Stabilisierung.....</a>	<a href="#">24</a>
<a href="#">Kalkreaktor → Kalkhaushalt-Stabilisierung.....</a>	<a href="#">28</a>
<a href="#">Karbonathärte.....</a>	<a href="#">28</a>
<a href="#">Kohlefilterung.....</a>	<a href="#">30</a>
<a href="#">Korallenernährung / Korallenfutter.....</a>	<a href="#">30</a>
<a href="#">-L-.....</a>	<a href="#">30</a>
<a href="#">Lampentypen.....</a>	<a href="#">30</a>
<a href="#">LED → Lampentypen → Blauanteil in der Beleuchtung.....</a>	<a href="#">31</a>
<a href="#">-M-.....</a>	<a href="#">31</a>
<a href="#">Mechanische Filterung NEU!.....</a>	<a href="#">31</a>
<a href="#">Mondlicht.....</a>	<a href="#">37</a>
<a href="#">-N-.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">Nährstoffmangelsituationen.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">-O-.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">Ozonisierung.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">-P-.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">Plankton (Phytoplankton, Zooplankton, Bakterioplankton).....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">Pelletfilter → Biopellets.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">Pumpen → Strömungskonzept.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">-Q-.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">-R-.....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">Refugium (Pl.: Refugien).....</a>	<a href="#">38</a>
<a href="#">Riffaquariengestaltung.....</a>	<a href="#">44</a>
<a href="#">-S-.....</a>	<a href="#">44</a>
<a href="#">Start von Riffaquarien (Startphase).....</a>	<a href="#">44</a>
<a href="#">Strömungskonzept.....</a>	<a href="#">44</a>
<a href="#">-T-.....</a>	<a href="#">52</a>
<a href="#">Technikbecken und Technik-Kompartimente NEU!.....</a>	<a href="#">52</a>
<a href="#">-U-.....</a>	<a href="#">62</a>
<a href="#">UV-Klärung / UV-Anlage.....</a>	<a href="#">62</a>
<a href="#">-V-.....</a>	<a href="#">62</a>
<a href="#">-W-.....</a>	<a href="#">63</a>
<a href="#">Wasserwechsel.....</a>	<a href="#">63</a>
<a href="#">-X-.....</a>	<a href="#">63</a>
<a href="#">-Y-.....</a>	<a href="#">63</a>
<a href="#">-Z-.....</a>	<a href="#">63</a>
<a href="#">Zeolithfilterung.....</a>	<a href="#">63</a>

**-A-**

**Abschäumer** → [Eiweißabschäumer](#)

### **Adoptive Filtermethoden NEU!**

Adoptive Filtermethoden schultern Ihre Wirkung auf die Funktion einer zweiten Filter-Komponente, in der Riffaquaristik z.B. dem Eiweißabschäumer. Dieser hier erstmalig geprägte Begriff soll im Folgenden erläutert werden.

*Adoptive Filtermethoden* können für sich alleine nicht funktionieren, weil Sie nicht dazu in der Lage sind, den für sie jeweils – im weitesten Sinne – gefilterten Stoff aus dem Aquarium zu entfernen, bzw. temporär unwirksam zu machen.

Während z.B. ein Phosphat-Adsorber gelöstes Phosphat aus dem Wasser bindet und damit unwirksam macht, und der Riffaquarianer das gebundene Phosphat mitsamt dem Adsorber gänzlich entfernen kann, wandeln adoptive Filtermedien einen bestimmten Stoff nur in eine andere Form um, die jedoch ganz oder teilweise wieder an die Umgebung abgegeben wird.

So kann bei der → [Biopellet-Filterung](#) z.B. Nitrat in bakterielle Biomasse eingebaut und damit in partikulären organischen Stickstoff/Nitrogen (PON) umgewandelt werden, oder bei der → [Zeolithfilterung](#) gelöstes Ammonium an die Zeolithoberfläche gebunden werden. Beide Filtermedien reiben Ihre Oberflächen allerdings durch die Strömung im jeweiligen Filter ab, d.h., das die entstandenen Bakterien aus dem Pelletfilter ausgespült werden und das im Zeolithfilter abgeriebene Material in kolloidaler oder extrem feinstpartikulärer Form in das Aquarienwasser freigesetzt wird.

Beide hier genannten adoptiven Filtermethoden werden in diesem Ratgeber unter den Stichwörtern → [Biopellets](#) und → [Zeolithfilterung](#) ausgiebig besprochen.

Sowohl die mikrobielle Biomasse aus dem Pelletfilter, als auch die freigesetzten Zeolithpartikel müssen aus dem Riffaquarium entfernt werden, ansonsten kann es zu einer Rücklösung der jeweils gebundenen oder umgewandelten Stoffe kommen, so dass der Einsatz dieser Filtermethoden wirkungslos oder gar im Falle der Biopellet-Filterung nachteilig wäre.

Die Abschäumung kann allerdings die umgewandelten Formen erfassen („adoptieren“), und sie aus dem Riffaquarium endgültig entfernen.

Adoptive Filtermethoden stellen gewisse Anforderungen an die Konzeption von → [Technikbecken und Technik-Kompartimenten](#). Die jeweiligen Filter-Komponenten müssen so im Technikbecken platziert sein, dass ihr Auslaufwasser (mit dem genannten Abrieb) zum Abschäumer transportiert werden kann.

**Aktivkohle** → [Kohlefilterung](#)

**Algenrefugium** → [Refugium](#)

**Alkalinität** → [Karbonathärte](#)

**-B-**

**BALLING, HANS-WERNER** → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#)

**Beleuchtung/Beleuchtungsarten** → [Lampentypen](#)

### **Beleuchtungsdauer**

Die Beleuchtungsdauer sollte 11-12 Stunden betragen und 12 Stunden nicht überschreiten. Nur für erfahrene Aquarianer und in Riffbecken ohne Problemsymptome kann zur weiteren Verbesserung des Korallenwachstums oder der Korallenfärbung auf 13 Stunden erhöht werden. Ergeben sich Probleme z.B. mit einem zu geringen Nährstoffgehalt → [Nährstoffmangelsituationen](#)) oder in anderen Parametern, sollte die Beleuchtungszeit unbedingt wieder auf max. 12 Stunden verringert werden.

In der Natur ist die Tageslänge in den Tropen sehr konstant und unter Wasser durch den Einstrahlwinkel des Sonnenlichtes und der damit verbundenen Reflektion bei flachen Winkeln morgens und abends etwas kürzer und beträgt ca. 11,5 Stunden.

In Algenrefugien wird oft eine 24h Beleuchtung empfohlen, was insbesondere die Sporulation von *Caulerpa* Arten verhindern soll. Empfehlenswerter und für die Algen gesünder ist jedoch eine ebenfalls natürliche Beleuchtung von max. 12 Stunden, die jedoch invertiert zum Hauptbecken gesteuert werden kann → [Refugium](#)).

### **Blauanteil in der Beleuchtung**

Dieses Thema wird gesondert behandelt, weil es ein wichtiger und oft falsch eingestellter Parameter in der Riffaquaristik ist, der nicht nur Wachstumsstörungen in Korallen, sondern auch Probleme mit Cyanobakterien, → [Dinoflagellaten](#) (ausgestoßene Zooxanthellen) und auch mit anderen Makroalgen (*Bryopsis*, *Cladophora*) hervorrufen kann.

In der Regel wird dem Blauanteil in einer Beleuchtung seitens Lampenherstellern und Riffaquarianer eine sehr große Bedeutung zugesprochen, weil dieser Strahlungsanteil die Photosynthese von Algen und zooxanthellaten Korallen am stärksten anregt und damit den Energiestoffwechsel dieser photosynthetischen Organismen antreibt.

Darüber hinaus wird argumentiert, das im Meer die Blaustrahlung den dominantesten Anteil am Strahlungsspektrum unter Wasser darstellt, weil sich langwellige Strahlungsanteile wie Rot, Gelb

oder Grün innerhalb weniger Meter Wassertiefe herausfiltern und nur Blau tiefer ins Wasser einzudringen vermag (bis zu 40-60 m). Letzteres wird allerdings v.a. von vielen Herstellern von Aquarienlampen falsch verstanden, weil mit zunehmender Wassertiefe auch die Strahlungsintensität der Blaustrahlung abnimmt (im Zuge der Abnahme der Gesamtstrahlungsintensität), was sich aber in den Aquarienlampen nicht unbedingt widerspiegelt. Wir erzeugen in der Riffaquaristik teilweise deutlich zu hohe Strahlungsintensitäten im Blaubereich, im guten Glauben, dass wir darüber die natürlichen Bedingungen im Korallenriff simulieren und den Korallen etwas Gutes tun würden. Dem ist jedoch nicht so. Daher soll an dieser Stelle davor gewarnt werden, eine zu blaulastige Beleuchtung einzusetzen. Mehr Informationen dazu werden auch unter dem Stichwort → [Dinoflagellaten](#) gegeben.

Es sollten auch hinsichtlich des Themas Blaustrahlung die Informationen zum Stichwort → [Mondlicht](#) beachtet werden!

Während viele HQI Brenner einen zu geringen Blauanteil aufweisen, und daher mit ergänzenden Leuchtstoffröhren (T5/T8) oder blauen LED-Leisten kombiniert werden müssen, ist der Blauanteil in T5-Röhren (je nach Kombination) und v.a. in LED-Lampen oft sehr hoch, nicht selten auch zu hoch.

Der blaue Strahlungsbereich (ca. 420 - ca. 480 nm) im sichtbaren Licht ist energiereicher als die langwelligen Grün-, Gelb- und Rotanteile. Nur violettes Licht (380-420 nm) und die ultraviolette UV-A-Strahlung (315 - 380 nm) sind als potentiell relevante Strahlungsanteile in Aquarienlampen noch energiereicher und sollten daher idealerweise gar nicht oder nur in sehr geringen Strahlungsdosen eingesetzt werden. Einsteigern und auch wenig erfahrenen Riffaquarianern wird empfohlen, sowohl auf violettes/aktinisches Licht, als auch v.a. auf UV-A Strahlung gänzlich zu verzichten (wobei es keine mir bekannte Aquarienlampe auf dem Markt gibt, die tatsächlich UV-A Strahlung emittiert, oft wird violettes Licht fälschlicherweise schon von Lampenherstellern als „UV“ beschrieben). Wenn eine entsprechende Lampe über solche LEDs oder T5-Röhren (sog. aktinische T5 Röhren) verfügt, sollten diese Kanäle ausgeschaltet bzw. Röhren ausgetauscht werden. Für Anfänger ist es praktisch sinnvoller, eine LED Lampe zu nutzen, deren LEDs einzeln und individuell geregelt und ausgeschaltet werden können, auch wenn genau solche Lampen vergleichsweise teurer sind.

Der blaue Wellenlängenbereich ist in den reinen T5/T8-Röhren vor allem im Bereich 430-460 nm vertreten, während LED-Lampen verschiedene blaue LEDs besitzen, um den Bereich von 420 - 480 nm abzudecken. Vor allem relevant sind dabei die „UV“/violette LEDs, die im energiereichen und daher potentiell schädlichen Wellenlängenbereich von 380-420 nm emittieren, die royal blauen (rb) LEDs mit einer dominanten Wellenlänge von z.B. ca. 455 nm und blaue (b) LEDs mit einer dominanten Wellenlänge von z.B. 475 nm. Entsprechend individuell und energiereich können LED-Lampen bestückt werden, mit energiereicherer kurzwelliger Blaustrahlung (mehr royal blaue LEDs, oder sogar violette „UV“ LEDs) oder energieärmerer langwelliger Blaustrahlung (mehr blaue als royal blaue LEDs).

Generell wichtig ist das Verständnis, dass Blaustrahlung insgesamt die energiereichste Strahlung im sichtbaren Lichtspektrum ist und wiederum royal blaue LEDs energiereicher sind als blaue LEDs. Mit zu viel Blaustrahlung können die Photosysteme von Algen und Zooxanthellen gestresst werden, was ein häufiges Problem in der modernen und LED-dominierten Riffaquaristik ist, aber auch bei ungünstigen T5-Konstellationen auftritt, wenn der Anteil an Blauröhren oder aktinischen Röhren zu hoch ist.

Für die nachführenden Lampentypen empfehlen sich folgende Einstellungen, um eine physiologisch sinnvolle und stressfreie Lichtumgebung zu erzeugen:

#### **- T5-Konstellationen**

- Tageslicht-Röhren (Lichtfarbe „daylight“) im Verhältnis 1:1 (d.h. genau so viele weiße wie blaue Röhren). Die Tageslicht-Röhren sind heute in der Meerwasseraquaristik mehr oder weniger unüblich.
- Kaltweiße T5 Röhren besitzen im Vergleich zu Tageslichtröhren einen bereits erhöhten Blauanteil. Es gibt entsprechend der Möglichkeiten in der Röhren-Herstellung eine etwas wärmere und eine etwas kühlere Farbtemperatur, die von Herstellern i.d.R. auch als zwei verschiedene Röhren angeboten werden. Kaltweisse Röhren sollten in einer Lampe mit vier Röhren im Verhältnis 3:1 mit einer blauen Röhre kombiniert werden, d.h. 3 kaltweisse Röhren und 1 blaue Röhre. Lampen mit 6 Röhren sollten mit vier kaltweißen und 2 blauen Röhren bestückt werden. Eine Lampe mit 8 Röhren sollte mit 5 kaltweissen Röhren und 3 blauen Röhren bestückt werden.

Wird der Anteil an Blauröhren in den beispielhaft genannten Kombinationen erhöht, kann es zu Strahlungsstress bei Korallen kommen und es steigt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Cyanobakterien und für das Auftreten von → [Dinoflagellaten](#) in Folge des Ausstoßes von Zooxanthellen aus dem Korallengewebe. Daher sollten blaulastigere Varianten nur von sehr erfahrenen Riffaquarianern genutzt werden, und zwar in Riffbecken, die problemlos und ohne negative Symptome laufen.

#### **- HQI-T5/T8 Konstellationen**

Klassischerweise werden HQI Brenner trotz ihrer teilweise unterschiedlichen Emissionsspektren in Farbtemperaturbereiche getrennt, was über die Angabe eines numerischen Wertes mit der Einheit Kelvin (K) erfolgt. Es werden 6.000 - 6.500 K Tageslicht-(„daylight“-) Brenner von sog. 10.000 K, 12.000 K und 14.000 K Brennern unterschieden, sowie von reinen Blaubrennern, die als 20.000 K Brenner v.a. in Nordamerika verbreitet waren.

- 6.000 - 6.500 K Brenner („daylight“-) Brenner müssen immer mit blauen T5 oder T8 Röhren kombiniert werden. Ein solcher Brenner sollte mindestens mit 2 blauen, besser sogar mit 4 blauen Röhren kombiniert werden. Wenn noch mehr Röhren möglich sind, können dann auch kaltweiße

Röhren dazu kombiniert werden. Da Tageslicht-Brenner in der Meerwasseraquaristik so gut wie ausgestorben sind, wird an dieser Stelle aber nicht weiter darauf eingegangen.

- 10.000 K Brenner sollten wie die „daylight“ Brenner mit blauen Röhren kombiniert werden, weil der Blaubereich in diesen Brennern nur gering ausgeprägt ist. Ein 10.000 K Brenner sollte mindestens mit 2 blauen Röhren, idealerweise mit 4 blauen Röhren kombiniert werden.
- 12.000 und 14.000 K Brenner zeigen einen schon erhöhten Blauanteil, der nur geringfügig mit zusätzlichen Blauröhren ergänzt werden sollte. Es empfiehlt sich v.a. bei 14.000 K Brennern, diese mit kaltweissen Röhren zu kombinieren, damit der Blauanteil nicht zu hoch ist. Wenn eine 4er Röhrenkombination zur Verfügung steht, können 2 kaltweisse und 2 blaue Röhren zum 14.000 K HQI Brenner ergänzt werden.

### **- LED Lampen**

Hier wird es schwieriger, weil eine LED-Lampe nicht nur aus unterschiedlich vielen LEDs verschiedener Emissionswellenlängen aufgebaut ist, sondern die einzelnen LEDs bzw. Kanäle auch unterschiedlich stark „bestromt“ werden. Kaum eine LED Lampe auf dem Markt ist gleich der anderen!

Für die meisten LED Lampen ist es als allgemeine Empfehlung sinnvoll und wichtig, den weißen und den blauen LED-Anteil in etwa gleich zu betreiben, und den royal blauen LED Bereich circa 20-30% niedriger zu regeln, weil genau dieser Wellenlängenbereich sehr energiereich ist und potentiell Strahlungsstress erzeugen kann. Die royal blauen LEDs sollten nie höher geregelt sein als die normal blauen LEDs. Kaltweiße LEDs weisen insbesondere im royal blauen Bereich um 450 nm baubedingt eine signifikante Strahlungsemission auf, weshalb der Anteil royal blauer LEDs in Relation zu den blauen LEDs im Gesamtspektrum auch geringer ausfallen sollte.

Es ist besser, eine neue LED Lampe zunächst kaltweiß einzustellen, ohne dabei einen auffällig starken Blaustich zu erzeugen. Mit der Zeit und wenn das Aquariensystem stabil läuft, kann dann der royal blaue LED Anteil langsam hochgefahren werden, solange das Aquariensystem nicht negativ darauf reagiert, so dass man wieder royal blaue Intensität zurück nimmt.

### **- LED/T5 -Hybrid-Lampen**

Vergleiche hierzu die Angaben in den jeweiligen einzelnen Kategorien (T5 Lampen und LED Lampen). Es ist anzuraten, zumindest die Röhren-Kombinationen so zu halten wie bei T5-Röhren empfohlen. Variationen im Blaubereich können dann ggf. über die LED-Konfiguration vorgenommen werden.

**Bestromung** → [Strömungskonzept](#)

### **Biopellets (Pelletfilter)**

Biopellets sind in Form gepresste Pellets aus einem biologisch abbaubaren polymeren organischen Material (z.B. Polyhydroxyalkanoate, PHA). Diese Pellets sind Siedlungssubstrat und immobilisierte Kohlenstoffquelle für heterotrophe Bakterien zugleich und werden in einem eigens dafür vorgesehenen Filter im Wirbel- bzw. Fließbettverfahren oder im Rieselfilter-Verfahren betrieben (Biopellet- oder kurz Pelletfilter). In den Wirbelbettfiltern müssen die Pellets immer in Bewegung sein, damit es nicht zum Verklumpen der Pellets und zu Sauerstoffmangelsituationen im Filter kommt. Das aerobe Wachstum der Bakterien setzt auch stets eine ausreichend hohe Sauerstoffversorgung voraus.

Die auf den Biopellets wachsenden Bakterien verstoffwechseln (metabolisieren) nicht nur den organischen Kohlenstoff der Pellets, sondern nehmen im Zuge ihres Wachstums auch im Wasser gelöstes Nitrat und Phosphat auf, sowie andere relevante Nähr- und Spurenstoffe, wie z.B. Eisen. Der Nitrat- und Phosphatumbau wird hierbei als wesentliches Funktionsprinzip und als Vorteil für die Riffaquaristik betrachtet, d.h. Pelletfilter kommen vor allem dann zum Einsatz, wenn es langfristige Probleme mit einem zu hohen Nitratgehalt und Phosphatgehalt gibt.

Allerdings sind die Nachteile dieser mittlerweile recht populären Methode derart kritisch, dass im *sangokai* System grundsätzlich davon abgeraten wird.

Zunächst stellt diese Methode keine Lösung für bestehende Probleme dar, aus denen akkumulierte hohe Konzentrationen von Nitrat oder Phosphat hervorgehen. Es ist eine reine Symptombehandlung, welche die dahinter stehenden Ursachen völlig unbeleuchtet lässt.

Die Mikroben (Bakterien und möglicherweise auch marine Pilze) nehmen im Zuge ihres Wachstums Nitrat und Phosphat auf. Diese Nährstoffe liegen nach der Transformation nun in partikulärer Form in der lebenden Bakterienbiomasse vor. Um die gebundenen Nährstoffe aus dem Aquariensystem zu exportieren, müssen die aus dem Pelletfilter ausgeschwemmten Bakterien abgeschäumt oder anderweitig herausgefiltert werden.

Die Biopellet-Filterung benötigt also grundsätzlich eine effektive Abschäumung und zählt daher zu den **adoptiven Filtermethoden**, die nicht eigenständig für sich funktionieren, sondern eine zweite Filter-Komponente erfordern, die dann die funktionale Wirkung erzeugt. Die diesbezüglich gestellten Anforderungen an adoptive Filtermethoden werden unter dem Stichwort → [Technikbecken und Technik-Kompartimente](#) im Detail erläutert.

Problematisch dabei ist, dass nicht jedes Bakterium oder nicht jedes Biofilm-Fragment aus dem Pelletfilter abgeschäumt werden kann. Selbst bei einer sehr geringen Entfernung zwischen Pelletfilter und Abschäumer (was eine Grundvoraussetzung ist) wird nicht alles ausgeschwemmte Material vom Abschäumer erfasst, sondern kann sich im Technikbecken ablagern oder kann ins Hauptbecken ausgespült werden (über die Rückförderpumpe).

Weil die für die Bakterien existentiell wichtige Kohlenstoffquelle im Pelletfilter immobilisiert ist, und im freien Wasser des Aquariums nicht oder nur in sehr geringen Mengen (durch Abrieb) vorkommt, können freigesetzte Bakterien und abgeriebene Fragmente nach einer gewissen Zeit wieder absterben. Diese abgestorbene Bakterienbiomasse kann dann Mulm/Detritus erzeugen oder von an-

deren Mikroben zersetzt werden, so dass es wieder zu einer Rücklösung der ursprünglich gebundenen Nitrat- und Phosphat-Ionen kommt (Mineralisation in Folge destrukturierender Prozesse). Die ursprünglich im Pelletfilter stattgefundenene Transformation wird also an anderer Stelle im Aquariensystem wieder rückgängig gemacht.

Es wird oft argumentiert, dass die ausgespülten Bakterien, Mikroben und Biofilm-Fragmente von Korallen und anderen Filterern im Riffaquarium gefressen werden können. Nachweise dafür sind nicht leicht zu finden, so dass es sich hierbei eher um eine spekulative oder allenfalls hypothetische Annahme handelt. Vielmehr sollte man die Überlegung aber nicht außer Acht lassen, dass es sich bei den Biopellet-Mikroben um sessile (also sesshafte) Organismen handelt, die es gewohnt sind, auf den Pellets zu sitzen. Eine planktonische, also frei im Wasser schwebende Lebensweise ist für sie nicht unbedingt anzunehmen (dann würde man von Bakterioplankton sprechen), sodass die Möglichkeit besteht, dass sich die sessilen Mikroben z.B. durch das Ausscheiden klebriger Substanzen über ihre Zellwände sehr schnell wieder festzusetzen versuchen. Das würde dazu führen, dass der mikrobielle Abrieb aus Pelletfiltern wenn überhaupt nur für kurze Zeit im freien Wasser als Futter für Korallen oder andere Wirbellose zur Verfügung stünde. Nach der erneuten Festsetzung auf Siedlungssubstrat im Riffaquarium (Scheiben, Steine, Sand) folgt dann nach einer gewissen Zeit das Absterben aus Mangel an organischem Kohlenstoff. Die Biopelletfilterung kann daher in Anlehnung an die erörterten Umstände kritisch dazu beitragen, dass das Riffaquarium übermäßig stark und schnell Mulm ansammelt.

Der aus der Rücklösung abgestorbener Biopellet-Mikroben erneut ins Wasser gelangte Anteil an Nitrat und Phosphat muss über einen neuen Anteil an Biopellet-Kohlenstoff wieder rückgebunden werden, d.h., dass bei gleichzeitig unberührter Nitrat- und Phosphatentwicklung im Aquarium (das bestehende Problem für die Nitrat-/Phosphatentstehung bleibt wie gesagt durch diese Filtermethode unberücksichtigt) immer mehr Biopellets zum Einsatz kommen müssten, was langfristig zu einer Akkumulation von Detritus führt. Ein solches Szenario würde nach einigen Monaten oder wenigen Jahren das Becken irreversibel schädigen. Der hohe organische Mulmanteil steigert den biologischen Sauerstoffbedarf und senkt dadurch das Redox-Potential im Aquariensystem, kann die Schwefelwasserstoff-Entwicklung in anoxischen Zonen fördern und führt zum Verkleben der Dekorationsoberflächen. Alle diese möglichen Folgen sind für sich alleine und v.a. in der Summe für die Pflege von Riffaquarien äußerst ungünstige Umgebungsvoraussetzungen.

Aus diesen Gründen ist es sinnvoller, die Ursachen für eine zu hohe Nitrat- und Phosphatentstehung zu klären und diese gezielt zu beheben und auf eine Biopelletfilterung im *sangokai* System zu verzichten.

## **Bodengrund**

Der Bodengrund ist definitionsgemäß ein Abschluss- oder Abdeckmaterial für den Aquarienboden und erfüllt zunächst vordergründig einen ästhetischen Zweck als Dekorationsmaterial. Der Begriff sagt jedoch nichts über das Material aus, das zum Einsatz kommen kann. Typischerweise werden

im Riffaquarium kalkhaltige Sande (natürlicher Korallensand oder calcitische Sande) verschiedener Körnungen (0,5 - 2 mm) oder auch größerer Korallenbruch (3 - 5 mm) genutzt. Sehr grober Korallenbruch (15 - 40 mm Korn-/Bruchgröße) kann auch auf den Boden gemörtelt werden, so dass ein steiniger Aquariengrund, ein sog. Hartsubstrat entsteht, das auch mit Korallen besetzt werden kann. Auch Mischformen aus Sand- und Hartsubstrat innerhalb eines Beckens sind natürlich möglich.

Der Bodengrund ist unabhängig von seiner dekorativen Funktion aber auch eine biologisch aktive Komponente und hat einen mehr oder weniger großen Einfluss auf das Gesamtaquariensystem und damit auch auf die Aquarienpflege.

Das *sangokai* System gibt bezüglich des Bodengrundes keine spezifischen Vorgaben, allerdings werden im Weiteren noch einige grundsätzliche Dinge erörtert, die entscheidend dafür sein können, ob sich ein bestimmter Bodengrund positiv oder negativ auf das Gesamtaquariensystem auswirkt. Auch die Erläuterungen zum Sandbettrefugium → [Refugium](#) sind hierbei wichtig.

Der Bodengrund ist als Teil der Aquariengestaltung zunächst eine individuelle Entscheidung des Riffaquarianers hinsichtlich einer ästhetischen Wirkung, die erzeugt werden soll. Darüber hinaus ist ein Bodengrund oftmals Voraussetzung für die Pflege bodennah oder im Boden lebender Organismen (z.B. für sich nachts eingrabende Fische oder höhlenbauende Grundeln oder Krebstiere u.a.). Wer einen Bodengrund einrichten möchte, kann dies also seitens des *sangokai* Systems gerne und jederzeit tun, solange der Bodengrund gepflegt und kontrolliert wird und auch richtig konzipiert ist.

Wichtig ist jedoch zu wissen, welchen Einfluss ein Bodengrund auf das Riffaquariensystem ausüben kann, v.a. hinsichtlich der Gesamtdekorationsoberfläche (GDO, vgl. → [Riffaquariengestaltung](#)) und der darauf stattfindenden mikrobiellen Aktivität.

Im Folgenden werden die zwei grundsätzlich voneinander unterscheidbaren Bodengrund-Typen näher beschrieben und diskutiert, das Sediment-/Sandbett-System und das Hartsubstrat-System.

### **- Sediment- oder Sandbett-System**

Wird Sand oder feinkörniger Korallenbruch als Bodengrundmaterial gewählt, spricht man von einem Sediment- oder Sandbettssystem. Das Sediment bildet innerhalb des Riffaquariums ein eigenes Biotop, das eine typische Organismengemeinschaft aus Sandbewohnern wie Sandschnecken, Würmern, grabenden Seesternen und anderen Tieren, darunter auch eine mitunter enorme Vielzahl von Mikroben und Kleinstlebewesen, beherbergt.

Ein Sandbettssystem erhöht also potentiell die Organismen- und Artenvielfalt im Riffaquarium und steht daher auch im Einklang mit dem Funktionsprinzip des *sangokai* Systems. Allerdings muss, wie auch bei einem → [Refugium](#), darauf geachtet werden, dass jedes Biotop auch eine Konkurrenz zu den anderen Biotopen, d.h. auch zu den Korallen erzeugen kann, in dem es den Gesamtnährstoffbedarf im Riffaquariensystem erhöht und in einer → [Nährstoffmangelsituation](#) mitunter äußerst kompetitiv essentielle Nährstoffe aus dem Wasser entfernen kann. Diese stehen dann

dem Korallenstoffwechsel im schlechtesten Fall nicht mehr in ausreichender Menge zur Verfügung, was eine irreversible Schädigung der Korallen zur Folge haben kann.

Da der eingebrachte Bodengrund im Riffaquarium über keine Stell- bzw. Regelgröße gesteuert werden kann (wie z.B. im Bypass-Betrieb von Refugien), muss das Sandbettssystem sehr gut geplant und hinsichtlich seiner Wirkung in der aquaristischen Alltagspraxis regelmäßig beobachtet und gepflegt werden.

Es wird aufgrund der komplexen Wirkungen und der mitunter auch negativen Auswirkung eines schlecht konzipierten Bodengrundsystems davon abgeraten, viel und üppig Bodengrund in das Riffaquarium selbst einzubringen. Größere Sandmengen, wie z.B. bei einem DSB-System, sollte nur in einem externen Sandbettrefugium etabliert werden und nie im Hauptaquarium! Das Thema → [Refugium](#) wartet mit der Unterkategorie *Sandbettrefugium* mit sehr vielen weitere Empfehlungen auf und erläutert die korrekte Planung und Konstruktion eines solchen Refugiums.

Drei allgemeine Parameter, die im Folgenden erörtert werden, sind für die Funktions- und Wirkungsweise eines Sandbettsystems von entscheidender Bedeutung: die **Korngröße**, die **Schichthöhe** (Sandbetthöhe) und die **Strömungsgeschwindigkeit** über dem Sediment.

### **Korngröße:**

Je feiner ein Sand ist, desto mehr kann er sich unter einem gegebenen Wasserdruck und durch Auflösungs Vorgänge bei niedrigen pH-Werten im Sediment verdichten. Entsprechend der Verdichtung bei feinen Korngrößen ist das wassergefüllte Lückensystem zwischen den Körnern klein. Allerdings gilt, je feiner die Körnung, desto größer ist die Gesamtoberfläche des Sandbettsystems, d.h. auch die biologische Aktivität kann mit zunehmender Siedlungsoberfläche im Sediment ansteigen, was allerdings noch von anderen Faktoren wie dem Nährstoffgehalt abhängig ist.

Der Vorteil eines kleinen Lückensystems ist, dass partikuläre Ablagerungen wie Futterreste oder auch abgestorbenes organisches Material nicht so schnell in das Sandbett eindringen und sich darin ablagern können. Sandbettssysteme mit geringeren Korngrößen sind dadurch normalerweise nicht zu stark biologisch aktiv, zumindest nicht, wenn das Sandbettssystem noch relativ jung und unbelastet ist (unter 1,5-2 Jahren).

Der Nachteil eines kleinen Lückensystems ist jedoch der nur langsame Wasser- und Gasaustausch und eine damit verbundene Trägheit des Sandbettsystems bei der Gleichgewichtseinstellung mit der über dem Sediment stehenden Wassersäule. Diese Wassersäule ist sauerstoffreich (oxisch), während das Sediment v.a. bei einer hohen organischen Belastung und einer damit verbundenen Sauerstoffzehrung sauerstoffarm (hypoxisch) und sogar sauerstofffrei (anoxisch) sein kann.

Die jeweiligen Stoffwechselabläufe im Sediment sind dabei sehr unterschiedlich: *aerob* an der sauerstoffhaltigen bzw. sauerstoffexponierten Sedimentoberfläche und *anaerob* im sauerstofffreien Inneren des Sediments. Dadurch bildet sich ein starker Gradient zwischen den beiden Lebensräumen, was bei plötzlichen und starken mechanischen Störungen des Sediments durch Graben, Auf-

wühlen oder Absaugen mitunter kritische Probleme im Riffaquariensystem verursachen kann (Freisetzung von Schwefelwasserstoff sowie spontane Redox- und pH-Sprünge). Die hier dargestellten Szenarien beziehen sich vor allem auf sehr feine Sedimente und Korngrößen im Bereich von 500 µm (0,5 mm) und 1-1,5 mm Körnung.

Je gröber ein Sand ist, desto weniger wahrscheinlich ist die Verdichtung des Sediments. Das Lückensystem wird deutlich größer und nimmt mit steigender Korngröße weiter zu. Das bedeutet, dass sich relativ schnell organische partikuläre Ablagerungen entwickeln können, die durch einen hohen Sauerstoffeintrag über den Wasseraustausch im Lückensystem auch schnell mikrobiell degradiert und mineralisiert werden können. Daraus entstehen nicht selten signifikante Mengen Nitrat und Phosphat, die wieder in die Wassersäule ausgespült werden und sich im Wasser anreichern. Dieses für Riffaquarien aus den 1980er Jahren typische Verhalten entsteht vor allem bei groben Korngrößen (Korallenbruch) zwischen 5 - 15 mm Körnung. Aufgrund dieses negativen Effekts bezüglich der Nitrat- und Phosphatentstehung wird bereits seit den 1990er Jahren, v.a. aber seit der 2000er Jahre auf grobe Körnungen für den Bodengrund verzichtet. Sie werden allenfalls in geringen Mengen hinzugefügt, um z.B. kanalbauenden Alpheiden oder auch Brunnenbauern entsprechendes Baumaterial für Höhlen und unterirdische Gänge zur Verfügung zu stellen.

### **Schichthöhe (Sandbetthöhe):**

Wenn die Korngröße gewissermaßen die erste Dimension eines Sandbettsystems darstellt, dann ist die Schichthöhe die zweite Dimension, die wiederum die mögliche Wirkung der ersten Dimension verstärken oder auch abschwächen kann.

Mit zunehmender Schichthöhe steigt insgesamt die bereits erörterte Gradientenbildung an, v.a. in Bezug auf Nährstoffgehalt und Sauerstoffgehalt. Je tiefer eine Sedimentschicht ist, desto weniger Sauerstoff steht in der Tiefe zur Verfügung, d.h. ein Sediment wird ab einer bestimmten Schichttiefe zunächst hypoxisch und dann anoxisch, mit hier jeweils mehr oder weniger stark ausgeprägten aeroben und anaeroben Stoffwechselaktivitäten. Da diese Aktivitäten Nährstoffe, wie z.B. organischen Kohlenstoff oder auch organischen Stickstoff benötigen, spielt unabhängig von der Sauerstoffumgebung in der Tiefe auch der Nährstoffeintrag über das Lückensystem eine wichtige Rolle. Ansonsten wird ein Sediment bei einer Unterversorgung mit Nährstoffen biologisch inaktiv.

Da bei feinen Körnungen die Sedimentverdichtung v.a. mit zunehmender Tiefe schneller und wahrscheinlicher eintritt, kann man davon ausgehen, dass eine hohe und feine Sedimentschicht relativ schnell biologisch inaktiv wird. Es macht also wenig Sinn, feine Körnungen sehr hoch zu schichten (> 7-8 cm), weil das eingesetzte Material im unteren Bereich des Sandbetts größtenteils nutzlos ist, und dies nicht nur finanzielle Mittel sondern auch wertvolles Wasservolumen verschwendet, das im Aquariensystem z.B. als Schwimmraum nützlicher wäre.

Im Gegensatz dazu kann bei groben Körnungen eine biologische Aktivität noch bis tief in das Sediment stattfinden, d.h., dass die Sauerstoff- und Nährstoffgradienten länger werden. Im oberen Bereich ist das Sediment bis mehrere cm tief durchgängig oxisch und arbeitet komplett aerob. Darunter entsteht ein ausgeprägter hypoxischer Bereich mit sinkendem Sauerstoffgehalt, der ebenfalls aerobe Stoffwechselaktivität aufweist, ggf. aber schon bestimmte mikrobielle Vorgänge mit hohem

Sauerstoffbedarf ausschliesst. Unter dieser Schicht folgt dann erst tiefer im Sediment die tatsächlich anoxische Grenzschicht und die anaerobe Zone.

Bekanntermaßen kann unter anaeroben Voraussetzungen auch ein bakterieller Abbau von Nitrat (Denitrifikation) stattfinden. Ein grobes Lückensystem mit einer Nitrat-Produktion im aeroben oberen Bereich kann also auch potentiell einen anaeroben Nitrat-Abbau in den tieferen anoxischen Sedimentschichten nachziehen. Allerdings muss dafür sichergestellt sein, dass nicht nur alle für die Denitrifikation wichtigen Nährstoffe (organischer Kohlenstoff und reduzierter Stickstoff als „Wachstums-Stickstoff“) vorhanden sind, sondern v.a., dass der Transportweg des Wassers auch in Richtung der Sediment-Tiefe geht, und es nicht zu einer Ausspülung des Lückensystems in den oberen Sedimentschichten kommt, wodurch Nitrat zurück in die Wassersäule transportiert wird. Genau hier liegt die Schwierigkeit in der Praxis, die Strömungsrichtung im Sediment zu beeinflussen und zu kontrollieren, v.a. bei einem großen Lückensystem mit viel Bewegungsraum für das Wasser. Im Riffaquarium selbst ist die Strömung über dem Sediment durch die eingesetzten Strömungspumpen immer deutlich zu hoch und v.a. zu turbulent und erzeugt genau diesen negativen Effekt, den es zu vermeiden gilt.

Es ist also wichtig, dass man ein solches Sediment-Konzept mit grober Korngröße und hoher Schichthöhe nur in einem gut kontrollierbaren, strömungsschwachen Bypass-Sandbettrefugium (→ **Refugium**) installiert, und keinesfalls im Hauptbecken.

Ein solches Konzept war bzw. ist (wenngleich in privaten Riffaquarien kaum noch appliziert) das Sandbettsystem nach JEAN JAUBERT aus Frankreich aus den 1980er Jahren, das groben Korallenbruch (10-15 mm Körnung) sehr hoch (20-30 cm) schichtete und darüber einen durchaus effektiven Abbau von Nitrat verzeichnete.

Das **JAUBERT - System** nutze auch ein für Kontrollzwecke eingesetztes *Plenum* unterhalb des Sandbettes, also eine ca. 2-3 cm Wasserschicht unterhalb des Korallenbruchs, aus dem Wasser zur Probenahme aus einem Steigrohr entnommen werden konnte. Gleichermäßen konnte über dieses Steigrohr auch das gesamte Sedimentsystem mit Sauerstoff gesättigt werden, indem man kontinuierlich Wasser aus dem unten gelegenen *Plenum* absaugte und dadurch sauerstoffreiches Wasser in das Sandbettsystem hinein und durch es hindurch zog. Allerdings war diese Möglichkeiten zur Justierung über das Plenum mehr oder weniger eine Verspieltheit seitens JAUBERT, zumal es teilweise Tage und manchmal Wochen dauerte, bis das JAUBERT-System wieder komplett anaerob denitrifizierend arbeitete. Allerdings bot sich bei einer akuten Stickstoffmangelsituation die spontane Möglichkeit, den biologischen Nitrat-Abbau sofort zu stoppen, um das System nicht kontraproduktiv zu belasten, was bei den damals ständig viel zu hohen Nitratwerten in den Riffaquarien der 1980er Jahre aber nur selten der Fall war.

Das JAUBERT-System zeigt beispielhaft eine durchaus funktionstüchtige Variante für die Kombination aus grober Körnung und hoher Schichthöhe, die allerdings nur deshalb funktionierte, weil es im Bypass mit relativ geringer Beströmung betrieben wurde.

Im Hauptbecken dagegen, wird eine grobe Körnung und eine dazu kombinierte hohe Schichthöhe fast immer negative Auswirkungen auf das Riffaquariensystem haben. Daher wird von dieser Kombination nicht nur für das *sangokai* System grundsätzlich abgeraten.

### **Strömungsgeschwindigkeit über dem Sediment:**

Der mehrfach angesprochene Eintrag von Sauerstoff und von Nährstoffen in das Sandbettssystem, sowie die Verteilung innerhalb der oberen Sandschichten, hängt maßgeblich davon ab, wie viel Wasser in das Sediment einströmt. Damit das Sandbett soweit vor mechanischen Störungen und Umschichtungen bewahrt bleibt, erfolgt die Bestromung idealerweise laminar, in paralleler Richtung oder in ganz flachem und in Richtung des Sediments abgesehenem Winkel. Das führt dazu, dass Wasser in das Sediment aktiv hineingedrückt wird. Eine turbulente und vertikal auf das Sediment wirkende Strömung würde eine Verwirbelung des Sandbetts und eine Verfrachtung von Sandmassen bewirken. Für eine solche idealisierte laminare und parallel gerichtete Bestromung kann im Hauptaquarium kaum Sorge getragen werden. In unterschiedlichen Bereichen des Riffaquariums variiert die Strömungsrichtung genauso wie die Strömungsgeschwindigkeit, und zwar in Abhängigkeit von der übrigen Dekoration und der Korallen als Strömungsbrecher. Daher kann ein Bodengrund im Riffaquarium kaum einheitlich funktionieren oder wirken.

Möchte man eine biologische Wirkung über das Sandbettssystem erzielen, muss das Sandbett in einem kontrollierten und definierten Sandbettrefugium → [Refugium](#) untergebracht werden.

Die Strömung ist als Parameter zur Steuerung und damit zur Pflege eines Bodengrundes äußerst wichtig, aber im Hauptbecken wie erläutert recht schwer zu steuern. Als dritte hier erörterte Dimension, liefert sie dem Sandbettssystem Sauerstoff und Nährstoffe, wirkt aber in Abhängigkeit von den ersten beiden Dimensionen Korngröße und Schichthöhe jeweils sehr unterschiedlich.

Je feiner die Körnung des Sediments ist, desto höher muss die Strömungsgeschwindigkeit über dem Sediment sein, damit der Verdichtung entgegengewirkt werden kann und das kleine Lückensystem mit Sauerstoff und Nährstoffen angereichert werden kann. Umgekehrt gilt, je niedriger die Strömungsgeschwindigkeit bei einer feinen Körnung ist, desto wahrscheinlicher und schneller wird das Sediment mit zunehmender Tiefe biologisch inaktiv. Allerdings sind der Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit bei feinen Sedimenten schnell Grenzen gesetzt, weil die Strömung die Sedimentoberfläche abträgt und Sandmassen verfrachtet. Auch dieser Umstand trägt dazu bei, dass schlecht beströmbare, feinkörnige Sandbettssysteme schnell biologisch inaktiv werden und sich Schichthöhen von > 5 cm kaum lohnen und > 7-8 cm schlichtweg für eine biologische Aktivität nutzlos sind.

Im Hauptbecken wird bei starker Bestromung feiner Sand schnell aufgewirbelt und bleibt selten dort liegen, wo der Riffaquarianer ihn gerne hätte. Daher wird empfohlen, die Strömungsausrichtung im Rahmen des → [Strömungskonzepts](#) so zu optimieren, dass die Pumpen eine maximal lange Strömungsverteilung entwickeln können, die sehr lange das Wasser bewegt, bevor sie an einer Scheibe abprallt und dadurch passiv wird. Ist der Strömungsweg vorher lang, ist die passive Rückströmung entlang des Bodens gleichmäßiger verteilt und weniger turbulent. Natürlich sind

größere und v.a. lange rechteckige Riffaquarien diesbezüglich einfacher einzustellen als kleine, vor allem quadratische Becken, bei denen die Scheiben sehr nah aneinander stehen. Teilweise nutzen manche, wenn auch nur wenige Riffaquarianer daher auch Mischformen aus Sediment- und Harts-ubstrat-Bodengrund.

Je gröber die Körnung und desto größer dadurch auch das Lückensystem im Sediment ist, desto tiefer kann die Strömung in das Sediment eintreten, d.h., desto geringer kann die Strömungsgeschwindigkeit über dem Sediment ausfallen. Wenn die Strömung über einem solchen Sediment sehr hoch ist, dann muss die Schichthöhe ebenfalls sehr hoch sein, sofern das Sediment dazu dienen soll, auch anaerob zu arbeiten. Ansonsten wird das gesamte Sedimentsystem mit Sauerstoff versorgt und kann dadurch nur aerob verstoffwechseln. Über eine starke Bestromung wird allerdings auch der Effekt der Ausspülung von aerob produziertem Nitrat oder Phosphat begünstigt. Daher soll hier nochmals davor gewarnt werden, grobe Körnungen mit hoher Schichthöhe im Riffaquarium einzusetzen.

Die *sangokai* Empfehlungen für den Bodengrund leiten sich aus den bis hierhin vorliegenden detaillierten Erörterungen ab. Grundsätzlich wird dazu geraten, im Hauptbecken selbst auf ein komplexes Sandbettssystem zu verzichten, weil es nicht kontrolliert werden kann. In diesem Zusammenhang soll die Entstehung eines starken Gradienten zwischen Sediment und der darüber stehenden Wassersäule minimiert werden.

Daher sollte das Sandbettssystem flach ausfallen und komplett mit Sauerstoff gesättigt sein und aerob arbeiten. Ein solches Sandbett ist einfacher zu kontrollieren, weil es nicht so komplex arbeiten kann, und kann auch schneller und ohne Probleme entfernt werden. Die Schichthöhe sollte 1-2 cm betragen, und 2- max. 3 cm nicht überschreiten, sofern keine andere Notwendigkeit besteht, den Sand höher zu schichten (grabende Fische, Brunnenbauer, etc.).

Feiner Sand mit circa 1-2 mm Körnung eignet sich nicht nur optisch besser für die Aquariengestaltung, sondern lagert bei einer ausreichenden Gesamtströmung im Becken auch weniger partikuläres Material ein, so dass die aerobe Bildung und Freisetzung von Nitrat oder Phosphat geringer ausgeprägt ist als bei gröberem Material. Feinerer Sand wirkt wiederum zu stark verdichtend und wird auch schneller verwirbelt, daher sind Körnungen < 1 mm wenig praktisch, aber natürlich nicht grundsätzlich verboten. Der Verdichtungsgrad ist aber sehr hoch und kann dazu führen, dass die Feinsedimente verklumpen und zementieren.

Größere Körnungen sollten weitestgehend bei Bedarf nur anteilig und in geringen Mengen eingesetzt werden. Die Schichthöhe für Korallenbruch, wenn er denn unbedingt eingesetzt werden muss, sollte maximal 1 cm hoch sein, um die Ablagerung von partikulären Stoffen so gering wie möglich zu halten. Keinesfalls sollte eine grobe Körnung mit einer hohen Schichthöhe kombiniert werden, was ausführlich erläutert wurde.

Als Material empfiehlt sich für das *sangokai* System toter aragonitischer Korallensand oder calcitischer Sand, der im Handel von diversen Herstellern und Lieferanten angeboten wird (Korngröße 1-2 mm). Die verschiedenen belebten Sandsorten zeigen im praktischen Betrieb nicht selten eine zu hohe biologische Aktivität und können sich mitunter stark konkurrierend auf das Riffaquariensystem auswirken.

tem auswirken und zu viele Nährstoffe umsetzen, die den Korallen dann nicht mehr zur Verfügung stehen. Daher geht die Empfehlung tendenziell eher zu totem Sand, was aber nicht grundsätzlich davon abhalten soll, belebten Sand gleichermaßen erfolgreich zu nutzen. Letztlich ist der Bodengrund, wie im Eingangssatz in diesem Kapitel bereits erläutert, in erster Linie auch Dekorationsmaterial.

Ein Sandbettsystem im Hauptaquarium sollte nicht nur im *sangokai* System, sondern in jedem Riffaquarium nach 1,5 - 2 Jahren komplett ausgetauscht werden. Im Laufe dieser Zeit reichert es z.B. ausgefällte oder von Adsorbieren abgeriebene Feinstpartikeln an und auch abgestorbenes Zellmaterial von Bodenmikroben oder Häutungen von Krebsen führen nach und nach zu einer Vermulmung. Mit zunehmendem Alter können dann auch Probleme mit Cyanobakterien oder anderen Mikroalgen häufiger werden.

Ein flacher und komplett oxischer Bodengrund kann relativ einfach und zügig abgesaugt und durch neuen ersetzt werden. Allerdings sollte zunächst nur ein kleiner Bereich abgesaugt werden, um zu prüfen, wie die unteren Bodengrundsichten ausschauen und ob das schnelle Absaugen des Bodengrundes potentielle Gefahren für das Riffbecken birgt. Wenn hier ein Verdacht besteht, sollte der Sand in mehreren Etappen abgesaugt werden, mit einer Pause zwischen den Intervallen von ca. 2-3 Tagen. Nachdem der Bodengrund nach 1-2 Wochen komplett entfernt wurde, kann neues Material in einem Schwung eingebracht werden.

### **- Hartsubstrat-System**

Im Gegensatz zu den Sediment-Systemen sind Hartsubstrat-Systeme keine mechanisch beweglichen Systeme. Während sich Sand durch die Strömung oder den Einfluss von z.B. grabenden Organismen bewegen und umschichten kann, ist das Hartsubstrat statisch und verändert sich im Verlauf der aquaristischen Praxis daher so gut wie nicht, wenn man Veränderungen der Oberfläche durch Bewuchs, Abrieb oder Bruch einmal außen vor lässt.

Genau aus diesem Grund wird ein Bodengrund auch als Hartsubstrat eingesetzt, weil viele Riffaquarianer eine sehr strömungsintensive Umgebung schaffen wollen, die Sand unkontrollierbar im Becken verwirbelt und verteilen würde. Es können aber auch ausschliesslich gestalterische Gründe vorliegen, z.B. bei der Umsetzung eines Riffaquariumprojekts mit architektonischem Gestaltungsansatz, das ein Riffdach oder ein Riffplateau nachbilden soll, das auch im natürlichen Korallenriff in der Regel frei von Sedimenten ist.

Das Hartsubstrat kann mehr oder weniger stark strukturiert sein. Einfach gemörtelte Böden sind ganz eben oder zeigen nur ein feineres Relief. Solche unstrukturierten Böden werden oft mit Sand bedeckt, so dass dem Hartsubstrat letztlich nur die Aufgabe zukommt, den Sand etwas besser zu fixieren. Dabei ist je nach Schichthöhe des Sediments der Hartboden biologisch inaktiv, oder entwickelt eine biologische Aktivität, die mehr oder weniger derjenigen der darüber liegenden Sandschicht entspricht.

Andere Hartsubstrat-Böden sind mit Korallensand oder Korallenbruch beklebt bzw. beschichtet, so dass sich nur ein optischer Effekt eines Sandbodens ergibt.

In manchen Gestaltungsprojekten, v.a. bei den genannten Riffplateaus, werden die Hartsubstrate mit verschiedenen großen Steinchen, Steinfragmenten (Brocken) bis hin zu größeren Steinen beklebt, so dass sich ein natürlich aussehendes Gesteinsplateau entwickelt. Hier sind dem Gestalter keine Grenzen gesetzt.

Ein Hartsubstrat-System verhält sich hinsichtlich seiner biologischen Wirkung genauso wie die übrige Riffgestaltung und ist daher immer biologisch aktiv. Da es ein statisches Gestaltungselement ist, kann es von sehr vielen verschiedenen Organismen besiedelt werden. Die Biofilm-Bildung spielt hier eine sehr große Rolle, weil diese sich in Abhängigkeit von der Gesamtdekorationsoberfläche (GDO, vgl. → [Riffaquariengestaltung](#)) mitunter stark auf den Nährstoffbedarf wie auch auf den Mineralstoffbedarf des Beckens auswirkt. Die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von → [Nährstoffmangelsituationen](#), v.a. in der Startphase eines neuen Riffbeckens, ist in Hartsubstrat-Systemen signifikant erhöht. Wachsende Kalkrotalgen oder andere kalkabscheidende Organismen wie Kalkschwämme steigern auch den Kalkbedarf, was auch eine effektive Methode zur → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#) voraussetzt.

Darüber hinaus hat jede statische Gestaltung auch Einfluss auf die Beströmung, so dass dem → [Strömungskonzept](#) im Zusammenhang mit Hartsubstrat-Systemen eine wichtige Rolle zukommt. Vor allem die bodennahe passive Rückströmung kann bei strukturreichen Böden derart stark verlangsamt und geblockt werden, dass zur Etablierung einer ausreichend hohen Strömungsverteilung und Strömungsleistung im Vergleich zu einem Sandbett-System bei gleicher Gestaltung mehr und/oder leistungsfähigere Pumpen notwendig sind. Das gilt es bei der Planung eines neuen Riffaquariumprojekts zu berücksichtigen!

Ein stark strukturiertes Hartsubstrat-System kann sehr gut mit Korallen oder anderen sessilen Wirbellosen besetzt werden, was auch ein entscheidender Punkt für die Planung eines solchen Bodengrunds sein muss. In der Regel sind die Korallen hier sehr gut sowohl Licht und Strömung exponiert. Allerdings tragen die Korallen mit ihrem Wachstum und ihrer Wuchsform stark zur gestalterischen Wandlung des Hartsubstrats bei, wodurch sich auch das Strömungsmuster bzw. die Strömungsverteilung im Becken insgesamt verändert. Eine regelmäßige Überprüfung des → [Strömungskonzepts](#) mind. einmal jährlich ist hier sehr wichtig. Zwischen den Korallen können schnell Strömungslücken entstehen, die über die Zeit auf dem Hartsubstrat Mulm ansammeln. Dieser Mulmbildung muss nicht nur durch eine abwechslungsreiche Strömung entgegengewirkt werden, sondern es sollte in regelmäßigen Abständen aktiv „ausgeblasen“ werden.

Wird das Hartsubstrat nicht mit Korallen besetzt, kann es schwer kontrollierbar werden, weil sich ggf. unter bestimmten Umgebungsbedingungen auch andere Organismen, z.B. Fadenalgen anzusiedeln versuchen. Starkes Licht und ein hoher Nährstoffgehalt tragen stark dazu bei, dass ein solches Becken im Bodenbereich veralgelt. Daher sollte das Hartsubstrat-System nicht nur aus gestalterischer/architektonischer Sicht sinnvoll geplant werden, sondern v.a. auch hinsichtlich der Besiedlung mit Korallen oder anderen gewünschten Organismen.

Im *sangokai* System ist jede → **Riffaquariengestaltung** recht, solange sie gut geplant, durchgeführt und gepflegt wird. Daher ist auch das Hartsubstrat-System für *sangokai* Riffbecken eine sehr interessante Gestaltungsart für den Bodengrund. Aber es gelten die hier erläuterten Hinweise bezüglich der bei Hartsubstrat-Systemen bestehenden höheren Anforderungen hinsichtlich Mineralstoff- und Nährstoffversorgung sowie bezüglich des Strömungskonzepts.

**-C-**

## Calciumgehalt

Der Gehalt an gelösten Calcium-Ionen im Meerwasser ist in der riffaquaristischen Praxis ein äußerst dynamischer Parameter, weil Calcium sowohl biogen durch den Aufbau von Skelettmaterial von Korallen und Muscheln verbraucht wird, als auch chemisch ausgefällt werden kann, z.B. durch eine zu hohe → **Karbonathärte** oder durch einen zu hohen pH-Wert.

Der Calciumgehalt kann mit handelsüblichen Titrationstests oder auch in ausgewiesenen Meerwasser-Analytik-Laboratorien bestimmt werden und sollte regelmäßig - für Einsteiger und wenig erfahrene Riffaquarianer mindestens einmal pro Woche - überprüft werden.

Der Calciumgehalt (Ca-Gehalt) sollte bei einer normalen Salinität von ca. 35 psu/Promille (Dichte ca. 1,0235 g/cm<sup>3</sup> bei 25°C) zwischen 415-425 mg/L liegen. Höher als 430 mg/L sollte der Calciumgehalt nicht ansteigen, um die Wahrscheinlichkeit für die chemische Fällungen von Carbonaten (d.h. für die Absenkung der Karbonathärte) nicht zu erhöhen. Der Ca-Gehalt sollte auch nicht unter 400 mg/L sinken, um eine ausreichend gute Verfügbarkeit für biogene Verbrauchsmechanismen (z.B. Korallenwachstum) aufrecht zu erhalten. Es bestehen mehrere Möglichkeiten zur Erhöhung und Stabilisierung des Calciumgehalts im Rahmen der → **Kalkhaushalt-Stabilisierung**, die vom Riffaquarianer erlernt und im riffaquaristischen Alltag beherrscht werden müssen.

Besteht ein Defizit im Calciumgehalt, dann muss dieses Defizit schnellstmöglich ausgeglichen werden. Empfehlungen oder Hinweise darauf, dies nur in bestimmten Etappen oder über einen bestimmten Zeitraum verteilt zu tun, sind nicht sinnvoll und können dazu führen, dass ein kritisches Defizit Probleme im Korallenwachstum verursacht oder sich andersartig negativ auf das Aquariensystem auswirkt. Hierbei ist lediglich wichtig zu verstehen, dass der einmalige Ausgleich eines großen Defizits die Wahrscheinlichkeit dafür erhöht, dass die Karbonathärte absinkt. Es ist also notwendig, nach der Anpassung des Calciumgehalts die → **Karbonathärte** zu überprüfen und diese ggf. wieder anzugleichen.

**Closed-loop System** → **Strömungskonzept**

**Cyanobakterien**  
**IN BEARBEITUNG**

**-D-**

## **Dinoflagellaten**

Dinoflagellaten sind vor allem einzellige Mikroalgen, die sich dadurch auszeichnen, dass Sie zwei sog. Flagellen (Geißeln) besitzen, mit denen sie sich aktiv fortbewegen können. Bekannt sind Dinoflagellaten bei Riffaquarianern vor allem als extrem schwer zu kontrollierende Plagen. Im Gegensatz zu den weniger problematischen mattenbildenden Kieselalgen (Diatomeen), können Dinoflagellaten weitaus aggressiver sein und breiten sich auch auf gesunden und lebenden Biofilmen und im Extremfall sogar auf lebenden Korallen aus und können dabei großen Schaden anrichten.

Viele Dinoflagellaten sind nicht nur (wie für Pflanzen typisch) photosynthetisch aktiv (*autotroph*), sondern können auch auf eine räuberische Ernährungsweise umschalten, bei der sie sich von anderen Einzellern und Mikroben (heterotroph) ernähren. Man bezeichnet solche Dinoflagellaten als mixotroph, d.h. sie können sowohl autotroph wie auch heterotroph leben.

Jedes tropische Korallenriffaquarium beherbergt Dinoflagellaten in Form von Zooxanthellen, die innerhalb der symbiontischen (zooxanthellaten) Korallen im Gewebe Photosynthese treiben und weitestgehend von den Korallen reguliert sind. Problematisch können diese Zooxanthellen aber v.a. dann werden, wenn ihre Wirtspartner sie ausstoßen und an die Umgebung, also das Riffaquarium, abgeben.

Es ist wissenschaftlich nachgewiesen, dass sich ausgestoßene Zooxanthellen je nach genetischer Konstitution nach kurzer Akklimatisationsphase, in der sie sich dann auch wieder begeißeln und die typisch oval-kugelige Form und „Autoscooter“-ähnliche Schwimmweise annehmen (in der Koralle sind sie nicht begeißelt und kreisrund), neben ihrer photosynthetischen Aktivität auch in heterotropher Lebensweise ausserhalb des Wirtes ernähren und vermehren können. Genau in dieser sonderlichen Fähigkeit ist die Problemursache für die meisten Dinoflagellaten-Plagen zu suchen.

Mit dieser, im Folgenden näher diskutierten Diagnostik in der Hinterhand, bietet sich aber auch die Grundlage für eine langfristig erfolgreiche Verdrängung und Problemlösung. Im Weiteren sollen die hier relevanten Aspekte erörtert werden.

### **- Beleuchtung als primäre Ursache für Dinoflagellaten-Plagen**

Das Ausschleusen von Zooxanthellen aus dem Korallengewebe ist oft die Folge von Strahlungsstress. Versagen in einer zu strahlungsintensiven Umgebung die Abwehrmechanismen gegen Strahlungsstress (sowohl in den Zooxanthellen, als auch in den Korallen, die z.B. durch farbige Chromoproteine ihre Zooxanthellen zu schützen versuchen → [Fluoreszenz](#)), dann überlastet die

photosynthetisch absorbierte Strahlungsenergie die Photosysteme der Zooxanthellen. Da die Photosynthese sehr viel Sauerstoff produziert, wird die absorbierte Energie auf Sauerstoff „übertragen“, wodurch gefährliche reaktive Sauerstoffverbindungen entstehen können. Diesen Zustand nennt man oxidativen Stress.

Auch gegen oxidativen Stress haben Zooxanthellen, v.a. aber auch die Korallen entsprechende Schutzmechanismen entwickelt, um reaktive Sauerstoffverbindungen zu neutralisieren (zu „quenchen“). Aber insbesondere lang anhaltender, d.h. chronischer Strahlungsstress (durch eine falsche Beleuchtungseinstellung) führt dazu, dass auch diese Abwehrmechanismen irgendwann den Stresszustand unzureichend kontrollieren und die reaktiven Sauerstoffverbindungen nicht mehr kompensieren können.

Wird eine solche kritische Situation erreicht, entleert die Koralle ihr Gewebe mehr oder weniger stark von den Zooxanthellen, damit sich die in den Algen angesammelten gefährlichen reaktiven Sauerstoffverbindungen nicht in das Korallengewebe freisetzen und damit die Koralle schädigen können. Dadurch verliert die Koralle zwar ihren nahrungsproduzierenden Partner, bzw. einen Großteil davon, aber diese Entleerung, die man bei sehr starkem oder fast vollständigen Verlust auch als Korallenbleiche (engl. „coral bleaching“) bezeichnet, wird in Kauf genommen, um durch die gefährlichen reaktiven Sauerstoffverbindungen nicht selbst in größere Mitleidenschaft gezogen zu werden.

An dieser Stelle müssen wir festhalten, dass die Zooxanthellen im Korallengewebe extrem stark durch die Koralle reguliert sind, d.h., dass sie nicht auf ihre volle metabolische Leistungsfähigkeit zurückgreifen können und dadurch auch nicht über ein vergleichbares Potential für Wachstum und Zellteilung verfügen, wie in einem frei lebenden Zustand ausserhalb des Wirtes. Während viele ausgestoßene Zooxanthellen vermutlich tatsächlich früher oder später absterben, können sich einige Zooxanthellen aber auch ausserhalb ihres Wirtes eigenständig entwickeln und sich dabei vor allem ganz anders verhalten.

Besteht also in einem Riffaquarium ein Problem mit einer Dinoflagellaten-Plage, dann muss in erster Linie die Beleuchtung geprüft werden, und zwar hinsichtlich eines zu hohen → **Blauanteil in der Beleuchtung**. Hohe Strahlungsdosen im Bereich von violetten oder royal blauen LEDs, sowie durch zu viele anteilig blaue oder sogar aktinische T5-Röhren, können zu Strahlungsstress führen. Dieser chronische Zustand begünstigt das Ausschleusen von Zooxanthellen und muss daher als primäre Quelle für die Entstehung von Dinoflagellaten-Plagen diskutiert werden.

Leider werden im Bereich der Beleuchtung von Riffaquarien oft wesentliche photobiologische Zusammenhänge nicht verstanden oder falsch interpretiert. In vielen Lampen ist insbesondere der Anteil kurzweiliger Violett- und Blaustrahlung zwischen 390 - 430 nm zu hoch eingestellt, weil angenommen wird, dass dadurch vor allem die Chlorophylle in den Zooxanthellen optimal angeregt und damit eine optimale Leistungsfähigkeit der Photosynthese erreicht werden kann.

Zooxanthellen verfügen jedoch über ein für sie einzigartiges Photosynthesepigment, dem Peridinin, das sich in den Photosystemen zusammen mit Chlorophyll a und Chlorophyll c zu sogenannten Peridinin-Chlorophyll-Protein Komplexen (PCP Komplexe) formiert. Dadurch verschiebt sich

die photosynthetische Strahlungsabsorption in den langwelligen Blaubereich zwischen 460 - 480 nm. Genau dies wird leider v.a. im LED Sektor, aber auch im Bereich der T5-Lampen wenig berücksichtigt. Stattdessen werden die kurzwelligeren und damit energiereicheren Wellenlängen im Bereich von 390 - 430 nm emittiert, die teilweise zu energiereich sind, was die Wahrscheinlichkeit für Strahlungsstress ohne direkten photosynthetischen Nutzen erhöht und damit auch die Dinoflagellaten-Plagen statistisch signifikant häufiger auftreten lässt als vergleichsweise zu Zeiten von HQI-Lampen und T8-Röhren.

Blaustrahlung ist in der Tat wichtig für das Korallenwachstum, allerdings nur in geeigneter Dosierung und v.a. auch im sinnvollen Wellenlängenbereich, der sich eher in Richtung 460-480 nm bewegen sollte. Starkes Licht führt nicht grundsätzlich zu besserem Wachstum oder einer besseren Farbausprägung, sondern nur im Rahmen der physiologischen Wirksamkeit der Strahlung. Wird dieses physiologische Maß überschritten, das für jede Koralle unterschiedlich hoch sein kann und auch in Abhängigkeit des jeweiligen Standorts betrachtet werden muss, wirkt Strahlung potentiell stressend oder sogar irreversibel schädigend.

Der Anteil an violetten LEDs sollte im Falle einer Dinoflagellaten-Problematik komplett auf Null gesetzt werden, und royal blaue LEDs sollten immer in geringerer anteiliger Mischung zu den langwelligeren blauen LEDs gefahren werden.

Allerdings ist die Beleuchtung nur der erste und initiale Parameter, der bei Problemen mit Dinoflagellaten Relevanz hat. Hinzu kommt i.d.R. auch eine Nährstoffmangelsituation, die im Folgenden diskutiert werden soll.

### **- Nährstoffmangel als zweite Ursache für Dinoflagellaten-Plagen**

Eingangs wurde auf das mixotrophe Ernährungsspektrum vieler Dinoflagellaten hingewiesen und erörtert, dass ausgestoßene Zooxanthellen nach Verlassen ihrer Wirtskoralle neben ihrer photosynthetischen Aktivität auch die räuberische Ernährungsweise verfolgen können.

Strahlungsgestresste Korallen, aber auch andere Organismen im Riffaquarium, die sich vor Strahlungsstress schützen müssen, zeigen aufgrund ihres höheren Leistungspotentials in der Stressabwehr auch einen höheren Nährstoffbedarf. Die im Wasser zur Verfügung stehenden Nährstoffe werden daher nicht in Korallenwachstum investiert, sondern leisten ihren Wirkungsanteil bevorzugt in der Stressabwehr. Weniger stark wachsende oder gar wachstumsstagnierte Korallen sind wiederum auch nicht so konkurrenzstark gegenüber anderen Organismen, die unter den gegebenen Umweltbedingungen besser zurecht kommen.

Sehr häufig ist im Falle von Dinoflagellaten-Plagen der Phosphatgehalt nicht messbar. Wenngleich Phosphat als Pflanzennährstoff für das Wachstum von Algen im Allgemeinen einen hohen Stellenwert hat, scheinen die Dinoflagellaten davon unabhängig zu sein. Es wird oft argumentiert, dass die stark wachsenden Dinoflagellaten Populationen selbst den gesamten im Wasser zur Verfügung stehenden Phosphatgehalt aufbrauchen würden und deshalb Phosphat nicht nachweisbar ist. Die-

se Argumentation ist aber physiologisch unsinnig, weil bei sich verschlechternder Phosphat-Verfügbarkeit auch das Dinoflagellaten-Wachstum irgendwann verlangsamten müsste, was aber genau nicht der Fall ist.

Es ist also zunächst wichtig festzuhalten, dass die Dinoflagellaten offensichtlich eine andere Phosphat-Rekrutierungsmöglichkeit besitzen als z.B. Korallen und von dem gelösten Phosphatgehalt im Wasser weitestgehend unabhängig sind.

An dieser Stelle steht das genannte mixotrophe Ernährungs-Verhalten im Fokus. Wenn sich die Dinoflagellaten durch das aktive Fressen anderer Einzeller (z.B. Bakterien) von einer alternativen Phosphatquelle zehren können, dann sind Sie im Gegensatz zu den Korallen dazu in der Lage, ein sehr starkes Konkurrenzverhalten zu entwickeln. Die alternative Rekrutierung von Nährstoffe über die mixotrophe Lebensweise erlaubt den Dinoflagellaten dann auch eine hohe Photosyntheseleistung, trotz einer wie oben erörtert potentiell strahlungsstressigen Lichtumgebung, die wir ursprünglich als erste Ursache für die allgemeine Schwächung von Korallen und das Ausstoßen von Zooxanthellen betrachtet haben.

Zur Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit empfiehlt es sich, den → **Abschäumer** sehr trocken einzustellen und das → **effektive Durchflussvolumen** auf das 1 - 1,5-fache des Nettobeckenvolumens pro Stunde zu drosseln, um die Verweilzeit für Nährstoffe im Becken zu verlängern und um die Aktivität des Abschäumers zu senken. Auch auf den Einsatz von Adsorbentien oder von Zeolith sollte in dieser Zeit abgesehen und im System befindliches Material schnellstmöglich aber kontrolliert entfernt werden. Auf Wasserwechsel sollte ebenfalls verzichtet werden, sofern keine dringende andere Indikation für einen Wasserwechsel besteht, um den Nährstoffgehalt nicht unnötig zu verringern.

Die hier vorgestellte und erörterte Konstellation aus zu strahlungsstressiger Lichtumgebung und einer daran gekoppelten Nährstoffmangel-Situation mit geschwächten und damit wenig konkurrenzstarken Korallen ist erfahrungsgemäß die Hauptursache für langanhaltende Dinoflagellaten-Plagen. Die genannten praktischen Maßnahmen zur Verbesserung der Licht- und Nährstoffumgebung sollten die Grundlage für eine langfristige Verbesserung schaffen. Von anderen, vielmehr aus der Verzweiflung als aus einer sinnvollen diagnostischen Aufarbeitung der Symptome entstammenden Maßnahmen, wie z.B. dem Abdunkeln von Riffaquarien (was die Korallen und andere Bewohner wie auch photosynthetisch aktive Biofilme noch weiter schwächt), der Dosierung chemischer Mittel und selbst von der Dosierung lebender Bakterien-Präparate (was zusätzliches Futter für die Dinoflagellaten sein kann), sollte im *sangokai* System unbedingt Abstand genommen werden.

**DSB/Deep Sand Bed (Tiefsandbett) → [Bodengrund](#) → [Refugium](#)**

**-E-**

**Effektives Durchflussvolumen (Förderpumpen)**

Das effektive Durchflussvolumen ist das tatsächlich von einer Förderpumpe (oder mehrerer) durch ein Aquariensystem transportierte Wasservolumen, das pro Stunde innerhalb der Hauptaquarienanlage und dem Filterabteil/Technikbecken zirkuliert. Es unterscheidet sich sehr oft von den seitens der Pumpenhersteller angegebenen Kennzahlen oder von Angaben in technischen Leistungsdiagrammen. Das liegt hauptsächlich am zunehmenden Grad der Verschmutzung im Laufe der Betriebszeit sowie an der Länge des Förderweges zwischen der Druckseite der Pumpe und dem Wasserauslass und dem dabei bestehenden Wandungswiderstand, den Schläuche und Rohre sowie Rohr-Verbindungen („Fittings“) erzeugen. Weitere häufige Störfaktoren sind mechanische Blockaden im Bereich der Ansaugseite und/oder der Druckseite, Ablagerungen oder Aufwuchs in Rohren und Schläuchen, oder eine inkorrekte Pumpeninstallation, die das nominale Fördervolumen des Herstellers praktisch senken. Es kommt nicht selten vor, dass das effektive Durchflussvolumen aus genannten Gründen gravierend von dem vermeintlichen Fördervolumen, das der Aquarianer als richtig vermutet, abweicht, woraus sich Probleme mit dem Aquariensystem ergeben können, die so lange unbemerkt bleiben, bis das effektive Durchflussvolumen bestimmt wird oder ein Fehler bei der Wartung/Reinigung auffällt.

Zur Bestimmung des effektiven Durchflussvolumens eignet sich entweder ein Durchflussmessgerät (nur bei sehr großen Riffaquarien und einer entsprechend leistungsfähigen Pumpe), oder es wird händisch ausgelitert. Für das Auslitern fängt man das rücklaufende Wasser aus dem Hauptbecken eine festgelegte Zeit lang in einem geeigneten Behälter auf und bestimmt dann das in dieser Zeit aufgefangene Volumen, das dann auf das effektive Durchflussvolumen pro Stunde hochgerechnet wird. Es kann auch ein festgelegtes Volumen aufgefangen werden und die dafür notwendige Zeit bestimmt werden, um wiederum auf das effektive Durchflussvolumen pro Stunde hochzurechnen. Je länger Wasser aufgefangen wird, bzw. je länger die festgelegte Zeit dafür ist, desto präziser wird das hochgerechnete Messergebnis. Allerdings sind die Möglichkeiten dazu häufig durch räumliche Begebenheiten oder durch einen nur knapp zur Verfügung stehenden Wasservorrat im Technikbecken begrenzt.

Als effektives Durchflussvolumen empfiehlt sich das zweifache - bis max. dreifache des Nettovolumens der zu betreibenden Riffaquarienanlage pro Stunde, um das Technikbecken in seiner Leistungsfähigkeit optimal auszulasten. Das entspricht z.B. in etwa dem Wasservolumen, das ein sinnvoll dimensionierter Eiweißabschäumer ansaugen kann. Ein 1000 L Becken sollte also ein effektives Durchflussvolumen von mindestens 2000 L bis max. 3000 L pro Stunde aufweisen.

Wird das effektive Durchflussvolumen auf über das 2 - 3-fache des Beckennettovolumens pro Stunde erhöht, geht der Differenzbetrag, der nicht z.B. vom Abschäumer angesaugt werden kann, wieder ohne Filterung zurück ins Hauptbecken und erzeugt letztlich nur Nebenkosten ohne tatsächlichen Nutzen.

An dieser Stelle sei aber auch auf die kritische Bedeutung eines übertrieben hohen effektiven Durchflussvolumens bei der Anwendung adaptiver Filtermethoden, wie z.B. der → [Pelletfilterung](#) hingewiesen, was unter dem Stichwort → [Technikbecken und Technik-Kompartimente](#) thematisiert wird. Hierbei darf das effektive Durchflussvolumen das jeweilige Ansaugvolumen des Ab-

schäumers nicht überschreiten, damit es nicht zur Freisetzung von potentiell schädlichem Abrieb (z.B. Pelletbakterien oder Kohlenstoffpartikel) ins Hauptbecken kommt.

Es gibt Aquariensysteme und Hersteller, die von der hier genannten Empfehlung abweichen und eigene Argumentationen liefern, warum das effektive Durchflussvolumen einen höheren Soll-Wert haben sollte. Im *sangokai* System ist jedoch das 2 - 3-fache des Beckennettovolumens pro Stunde völlig ausreichend und kann bei der Beckenplanung soweit als Vorgabe genutzt werden.

Kritisch relevant wird das effektive Durchflussvolumen v.a. im Falle einer → **Nährstoffmangelsituation**, wenn es gilt, die Verweilzeit für Nährstoffe im Riffaquarium zu verlängern. Hier sollte das effektive Durchflussvolumen auf das 1-fache bis max. 1,5-fache des Beckennettovolumens pro Stunde begrenzt werden. Dadurch wird nicht nur die Nährstoffverfügbarkeit im Hauptbecken verbessert, sondern auch die Leistungsfähigkeit der Filterung, z.B. der Abschäumung, verringert, was im Sinne der Nährstoffhaltung im Wasser in einem solchen Fall sinnvoll ist.

Das effektive Durchflussvolumen ist also hinsichtlich des Nährstoffgehalts bzw. der allgemeinen Nährstoffverfügbarkeit ein dynamischer Parameter, was wiederum bedeutet, dass eine Förderpumpe auch als dynamische Technikkomponente verstanden werden muss. Eine Förderpumpe sollte idealerweise regelbar sein, um in Abhängigkeit von der allgemeinen Nährstoffverfügbarkeit dynamisch und angemessen in ihrer Leistungsfähigkeit moduliert zu werden.

**Einfahrphase** → **Start von Riffaquarien (Startphase)**

## **Eiweißabschäumer**

Der Eiweißabschäumer bzw. die Eiweißabschäumung ist die Filtermethode Nummer 1 in der Meerwasseraquaristik und sollte auch im *sangokai* System angewendet werden, wenngleich v.a. kleinere Riffaquarien und Nanoriffbecken auch ohne Abschäumer betrieben werden können oder müssen (ggf. durch Platzmangel).

Ein Riffbecken ohne Eiweißabschäumer zu betreiben ist zwar möglich, allerdings steigt dabei je nach Besatz die organische Belastung des Wassers, sowie der Trübstoffgehalt im Wasser und auch die Keimzahl kann vergleichsweise höher sein. Darüber hinaus bestehen ohne Abschäumer höhere Anforderungen an den Gasaustausch, der in diesem Falle nur über die Wasseroberfläche stattfinden kann. Diese Nachteile kann sich auf die Pflege empfindlicher Korallen auswirken, v.a. bei der SPS-Pflege. Daher wird im *sangokai* System zur Eiweißabschäumung geraten.

Allerdings gelten auch äußerst wichtige Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Dimensionierung der Eiweißabschäumung, die im Folgenden ausführlich erörtert werden sollen.

**Ein Eiweißabschäumer soll überschüssiges und nicht verbrauchtes Material entfernen, aber nicht kontraproduktiv und konkurrierend in den Nährstoffhaushalt eingreifen!**

Bis heute ist der Eiweißabschäumer zur unspezifischen Entfernung überschüssiger gelöster Nährstoffe sowie kolloidaler und feinputikulärer Stoffe durch keine andere Methode zu ersetzen. Die Methode erfuhr in den vergangenen zwei Jahrzehnten eine kontinuierliche und vor allem signifi-

kante Leistungssteigerung, mit einem gewissen Zustand der „Vollendung“ in den letzten Jahren. Diese ist allerdings in der heute modernen Riffaquaristik unter Umständen ein Problem, weil oftmals zu große bzw. zu leistungsstarke Geräte in üppig mit Korallen bewachsenen Riffbecken zum Einsatz gebracht werden und es dadurch zu → [Nährstoffmangelsituationen](#) v.a. an den Korallen kommen kann.

Während in den 1980er und 1990er Jahren noch empfohlen wurde, für ein bestimmtes Becken ein Abschäumermodell größer zu wählen (basierend auf den Hersteller-Empfehlungen), ist es heute sogar ratsam, bei hohem Korallen- und geringen Fischbesatz eine Nummer kleiner zu nehmen, oder auf Modelle zurückzugreifen, die sehr schonend und trocken abschäumen. **Auf keinen Fall darf ein Abschäumer heute überdimensioniert werden** (Ausnahme ggf. reine Fischbecken), selbst wenn ein motorbetriebener Abschäumer mit einer regelbaren Betriebspumpe ausgestattet ist, die es dem Anwender ermöglicht, die Leistungsfähigkeit des Abschäumers dynamisch zu modellieren. Einen Eiweißabschäumer in der Gewissheit eines zukünftig größeren Aquarienprojekts schon vorab größer zu wählen, führt in der Regel dazu, dass das bestehende kleinere Becken nicht funktioniert und einem chronischen Nährstoffmangel erleidet!

Bezüglich der Leistungsfähigkeit von Abschäumertypen gibt es große Unterschiede. Eine weniger „aggressive“ bzw. schonendere Abschäumung findet sich neben den luftbetriebenen Abschäumer-Typen, die es heute fast nur noch als „Mini-Abschäumer“ für kleinere Becken gibt, auch bei den motorbetriebenen *Venturi*-Typen (auch Injektor-Typen genannt), sowie bei den baubedingt eher trocken schäumenden konischen Abschäumer-Typen mit Dispergator-Pumpen. Diese Abschäumer-Typen empfehlen sich insbesondere dann, wenn das Augenmerk auf der Korallenpflege liegt, und der Fischbesatz bewusst niedrig gehalten werden soll. Ein übermäßig leistungsstarker Abschäumer ist für ein solches Becken ungeeignet und absolut kontraproduktiv.

Den etwas schonenderen Typen stehen die meisten Dispergator-Abschäumer gegenüber, die in der Regel sehr leistungsfähig sind und demzufolge auch eine starke Konkurrenz gegenüber Korallen und anderen Organismen erzeugen können, v.a. wenn das → [effektive Durchflussvolumen](#) durch das Technikbecken oder Filterabteil sehr hoch ist (größer als das 2-fache des Nettobecken-volumens pro Stunde) und dadurch die Abschäumer sehr wirkungsvoll mit abschäumbaren Substanzen versorgt werden. Hier bestehen höchste Ansprüche an das Können des Riffaquarianers, den Nährstoffhaushalt im Aquariensystem auszubalancieren und den Sinn und Nutzen der Eiweißabschäumung richtig zu verstehen. **Wie einleitend bereits gesagt: ein Eiweißabschäumer soll überschüssiges und nicht verbrauchtes Material entfernen, aber nicht kontraproduktiv und konkurrierend in den Nährstoffhaushalt eingreifen!** Der Fischbesatz kann bzw. sollte also bei diesen Abschäumertypen bei Bedarf etwas üppiger ausfallen und ggf. ist eine aktive Zuführung von Nährstoffen unumgänglich.

Heutzutage leiden regelmäßig Riffaquarien unter akuten → [Nährstoffmangelsituationen](#), weil die Abschäumtechnik unsinnig und übertrieben stark eingesetzt wird.

Die Platzierung des Abschäumers innerhalb des Aquariensystems ist sehr wichtig. In einem separaten → [Technikbecken](#) sollte der Abschäumer immer an erster Stelle stehen, d.h. idealerweise in einem eigenen Abschäumer-Kompartiment oder einem Technik-Kompartiment mit Einlauf-Kammer unmittelbar dort, wo das zu filternde Wasser aus dem Hauptbecken in das Technikbecken einläuft. Sämtliche übrige Filtertechnik, mechanische und adsorptive Filtermedien, sowie Refugien, sollten räumlich hinter dem Abschäumer platziert werden. Durch diese Anordnung kann der Abschäumer alle potentiell abschäumbaren Substanzen/Stoffe aufnehmen, d.h. die Abschäumeffizienz wird maximiert. Befinden sich insbesondere mechanische Filtermedien oder ein Refugium vor dem Abschäumer, kann eine „Rieselfilter-Wirkung“ eintreten, die dadurch zustande kommt, dass sich eine mikrobielle Aktivität auf dem mechanischen Filtermedium entwickelt und die potentiell abschäumbaren Substanzen in nicht mehr oder schlecht abschäumbare Substanzen umwandelt. Ganz klassisch gehört dazu die biologische Transformation gut abschäumbarer organischer Stickstoffverbindungen (z.B. Eiweiß) in nicht mehr abschäumbares Nitrat über mineralisierende und nitrifizierende Bakterien, wie es zu Zeiten des aeroben Riesel- oder Sprühfilters der Fall war (daher „Rieselfilter-Wirkung“). Dadurch wird die Effizienz der Abschäumung mitunter kritisch reduziert. Trotz eines leistungsfähigen Abschäumers kann dies zur Anreicherung von Nitrat und Phosphat im Wasser führen. Hier hilft dann auch kein Austausch des Abschäumers gegen ein anderes oder gar größeres Modell. Vielmehr liegt der Grund wie erörtert in dem räumlich vorgeschalteten Filtermaterial oder einem falsch vor dem Abschäumer platzierten Refugium. Es sei auch darauf hingewiesen, dass auch eine sehr üppige Aquariendekoration aufgrund der dadurch bedingten hohen mikrobiellen Aktivität auf der Gesamtdekorationsoberfläche eine solche Wirkung auf die Abschäumleistung und den Nitrat-/Phosphataufbau haben kann.

**-F-**

**Förderpumpen** → [effektives Durchflussvolumen \(Förderpumpen\)](#)

**Fluoreszenz/fluoreszierende Korallen**

**IN BEARBEITUNG**

**-G-**

**Gesamtdekorationsoberfläche (GDO)** → [Riffaquariengestaltung](#)

**-H-**

**-I-**

**-J-**

**-K-**

## **Kalkhaushalt-Stabilisierung**

Mit dem Begriff der Kalkhaushalt-Stabilisierung ist der Ausgleich akuter Defizite im Calcium- und Carbonatgehalt des Meerwassers und deren langfristige Aufrechterhaltung in einem möglichst für die riffaquaristische Pflege optimalen Bereich gemeint. Ein optimaler → [Calciumgehalt](#) liegt bei 415-425 mg/L, eine optimale → [Karbonathärte](#) liegt im Bereich von 6,8 - 7,5°dKH, jeweils bezogen auf eine Salinität von 35 psu (Promille).

Im *sangokai* System wird empfohlen, den Gehalt und v.a. den kontinuierlichen Verbrauch an Calcium und an Carbonaten (gemessen als Karbonathärte) getrennt voneinander zu bestimmen, respektive auszugleichen.

Während Calcium als Erdalkalimetall nur durch einen aktiven Eintrag ins Becken gelangt, wird der Carbonatgehalt auch über den konstanten Ein- und Austrag von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aus der Luft über den Gasaustausch beeinflusst (Wasseroberfläche, Abschäumer).

Im Zuge der Calcifikation (Kalkskelettaufbau durch Korallen oder Muscheln) werden sowohl Calcium als auch Carbonate verbraucht, während andere autotrophe Stoffwechselwege wie die Photosynthese oder die ebenfalls autotrophe Nitrifikation nur Carbonate als anorganische Kohlenstoffquelle verbrauchen.

Darüber hinaus können sich bei unnatürlich hohen Calcium- oder Carbonatkonzentrationen im Meerwasser (z.B. in einer ungünstig gemischten oder konzipierten Meersalzmischung, oder bei falscher Anwendung jeweiliger Methoden zur Kalkhaushalt-Stabilisierung, s.u.) und in Abhängigkeit von dem pH-Wert auch chemische Ausfällungen ergeben, die dem Riffaquarianer oftmals einen biologischen bzw. biogenen Verbrauch vorgaukeln, aber als unlösliche chemische Fällungen biologischen Abläufen gar nicht oder nur schlecht zur Verfügung stehen.

Daher ergeben sich im riffaquaristischen Betrieb oft individuell unterschiedliche Verbrauchsmuster für Calcium und Carbonate, die nicht zwingend der stöchiometrischen Verteilung der Calcifikation (Kalkbildung, Kalk = Calciumcarbonat = CaCO<sub>3</sub>) entsprechen. Vor allem frisch eingerichtete und wenige Wochen alte Riffaquarien verbrauchen durch das schnell einsetzende Wachstum nitrifizierender Bakterien in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Gesamtdekorationsoberfläche mehr oder weniger viel Carbonat, während in dieser Zeit der Calciumgehalt gleichzeitig konstant bleibt, oder sogar durch Rücklösungen aus den verwendeten Dekorationsmaterialien ansteigen kann und dadurch die chemische Ausfällung von Carbonaten begünstigt. Aus diesen beispielhaften Begebenheiten resultiert also ganz offensichtlich die Notwendigkeit für individuelle oder zumindest individualisierbare Methoden zur Kalkhaushalt-Stabilisierung.

Im *sangokai* System befasst sich das [sango chem-balance System](#) und seine Produkte mit dieser Aufgabe.

Grundsätzlich gibt es drei „echte“ Methoden, die man im Rahmen der Kalkhaushalt-Stabilisierung ansprechen kann, die entweder nur den Calciumgehalt, nur den Carbonatgehalt oder auch beides gleichzeitig, sowohl abhängig als auch unabhängig voneinander anpassen. Darüber hinaus soll auch kurz der Wasserwechsel als Möglichkeit zur Calcium- und Carbonaterhöhung angesprochen werden.

#### **- Wasserwechsel**

Vielen Einsteigern sind die chemischen Prinzipien rund um das Thema Meerwasser und Kalkhaushalt zu kompliziert, was sie dazu verleitet, bestehende Defizite über einen Wasserwechsel auszugleichen. Sofern der Calcium- und Carbonatgehalt im frisch angesetzten Meerwasser höher ist als im Aquariumwasser, ist eine Erhöhung von Calcium und Carbonaten im Riffaquarium durchaus möglich. Allerdings kann man in diesem Falle den Calcium- und Carbonateintrag nicht unabhängig voneinander steuern.

Der wesentliche Nachteil liegt aber vor allem in der Ineffizienz und der ungeheuren Unwirtschaftlichkeit, weil der Wasserwechsel zunächst auch wertvolles Calcium und Carbonate aus dem Aquariensystem entfernt. Wird der Wasserwechsel dann vollzogen, d.h. das frisch angesetzte Meerwasser dem Aquariensystem zugeführt, kann lediglich der Differenzbetrag zwischen entnommener Menge und wieder zugeführter Menge zur effektiven Erhöhung beitragen. Ineffizienter kann diese Aufgabe kaum gelöst werden! Allerdings tragen der (durchaus nachvollziehbare) geringere Kenntnisstand eines Einsteigers, sowie die Tatsache, dass viele Meersalzsorten einen künstlich erhöhten Calcium- und Carbonatgehalt aufweisen, zu diesem Verhalten bei.

Wenn ein Defizit in einer bestimmten Substanz im Meerwasser fehlt, dann sollte dieses Defizit auch unmittelbar und direkt ausgeglichen werden. Der Wasserwechsel tauscht aber viele weitere Substanzen, die zur Kalkhaushalt-Stabilisierung inhaltlich gar nicht beitragen (Natrium, Chlorid, Kalium, Bromid, Bor, Strontium, etc.) durch neue aus, was praktisch gesehen von gar keinem Nutzen ist. Das macht diese Möglichkeit (ich spreche hier bewusst nicht von einer „Methode“ zur Kalkhaushalt-Stabilisierung) so unwirtschaftlich und schafft für die theoretische wie auch praktische Entwicklung eines höheren Kenntnisstands im Einsteiger keinen fruchtbaren Boden. Eine frühzeitige Schulung insbesondere von Riffaquaristik-Einsteigern in diese Thematik ist wirtschaftlich wie qualitativ eine Bereicherung für den Einsteiger und ist auch mit entsprechend qualitativ hochwertigen Produktlösungen für den beratenden Händler umsatzfördernd. Allerdings muss sich auch der Einsteiger in die Riffaquaristik darüber klar sein, dass es kein erfolgreich betriebenes Riffaquarium ohne entsprechendes Wissen über die aquaristisch relevante Meerwasserchemie gibt.

#### **- Kalkwassermethode nach PETER WILKENS**

Die Kalkwassermethode ist im *sangokai* System nicht grundsätzlich kontraproduktiv, allerdings auch nicht notwendig, weil das *kai mineral* wie auch das *sango chem-balance KH* (über eine leichte pH-Erhöhung) Aufgabenbereiche der Kalkwassermethode übernehmen.

Die Kalkwassermethode dosiert eine gesättigte Calciumhydroxid-Lösung, die pro 1 L Lösung 1,7 g gelöstes  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  bereithält und damit ca. 0,9 g Calcium dosieren kann. Diese Lösung enthält kein Carbonatanteil und ist mit einem pH-Wert von etwa 13 bei Zimmertemperatur sehr alkalisch und sollte daher nur so hoch dosiert werden, wie der pH-Wert im Riffaquarium nicht auf  $> 8,4$  ansteigt. Aus diesem Grund dosiert man Kalkwasser ganz klassisch und praktisch sinnvoll als Verdünnungsersatz in den frühen Morgenstunden, wenn der pH-Wert im Riffaquarium noch relativ niedrig ist. Der Vorteil der Kalkwassermethode liegt allerdings nicht direkt in der Calciumdosierung. Die Calciumerhöhung ist aufgrund der schlechten Löslichkeit von Calciumhydroxid in Wasser beinahe schon unauffällig und kann bei normal gutem Steinkorallenwachstum den Calciumverbrauch kaum decken. Vielmehr führt die pH-Erhöhung dazu, dass sich das pH-abhängige Carbonat-Gleichgewicht etwas in Richtung Carbonat verschiebt und dadurch der Anteil an pflanzenverfügbarem gelösten  $\text{CO}_2$  im Wasser sinkt und das Wachstumspotential von z.B. Fadenalgen (*Derbesia*, *Bryopsis*, *Cladophora*) dadurch herabgesetzt werden kann.

Dieser Zusammenhang war auch Hintergrund einer Praktik, die in den 1980er und 1990er Jahren nicht unpopulär war, als Meerwasseraquarien  $\text{CO}_2$  äquivalent zu einem Süßwasseraquarium zugeführt wurden, um neben der Calciumerhöhung über die Kalkwassermethode auch eine Carbonaterhöhung zu erzielen. Diese Kombination war aber nicht ganz ohne und schwer zu regulieren, daher ist dies auch heute mehr oder weniger in Vergessenheit geraten (einige alte Hasen werden sich aber bestimmt erinnern).

Die Reichweite der Kalkwasser-Methode ist aufgrund des sehr hohen pH-Wertes hinsichtlich der praktischen Applikation aber eher kurz, ansonsten führt ein zu hoher pH-Anstieg wiederum zur Fällung von Kalk (die Kalklöslichkeit ist pH-abhängig: je höher der pH, desto geringer die Kalklöslichkeit) und wirkt dadurch kontraproduktiv. Heute ist die Kalkwassermethode eher unpopulär, wenngleich sie durchaus bei richtiger Anwendung Vorteile über die pH-abhängige Carbonat-Gleichgewichtsverschiebung bringen kann. Dieser Vorteil ist aber wie gesagt im *sangokai* Grundnährstoffsystem und dem *sango chem-balance System* integriert.

### **- Kalkreaktor**

Im Kalkreaktor wird ein kalkhaltiges Füllmaterial (klassisch grober Korallenbruch, heute oft mit Fremdstoffen und Verunreinigungen weniger belastete calcitische Materialien) durch eine pH-Ab-senkung durch zugeführtes Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) bei einem pH-Wert von circa 6,0 - 6,4 zur Lösung gebracht. Die freigesetzte Menge Calcium und Carbonat wird über einen konstanten langsamen Zufluss von Meerwasser aus dem Riffaquarium durch den Kalkreaktor zurück ins Riffbecken transportiert. Das ins Riffbecken rücklaufende Wasser ist mit Calcium und Carbonat stark angereichert und kann auch sehr üppiges Steinkorallenwachstum je nach Modellgröße des Reaktors ohne Probleme abdecken. Allerdings können dabei Calcium- und Carbonatgehalt nicht unabhängig voneinander ausbalanciert werden, was möglicherweise problematisch sein kann.

Ein Kalkreaktor kann im *sangokai* System natürlich zur Anwendung kommen, allerdings muss sich der Anwender mit der Methode, dem jeweiligen Modell und dem Füllmaterial auskennen und alle Regelgrößen beherrschen, die den Kalkreaktorbetrieb beeinflussen. Das sind neben der Wartung, Reinigung und Kontrolle des Kalkreaktors vor allem die Art und Füllmenge des Kalkmaterials, der CO<sub>2</sub>-Eintrag und dessen Steuerung sowie die Steuerung und Kontrolle des Durchflussvolumens. Genau hier liegt die Problematik des Kalkreaktors, der als komplexe technische Komponente mit mehreren Regelgrößen vor allem für Einsteiger und den wenig erfahrenen Riffaquarianer nicht leicht zu handhaben ist.

Darüber hinaus muss auch erwähnt werden, dass der Kalkreaktor mit CO<sub>2</sub> als Säure betrieben wird, und eine CO<sub>2</sub> Zufuhr den Carbonat-Gehalt im Meerwasser erhöht. Es ist daher mitunter schwierig, den Kalkreaktor so einzustellen, dass sowohl der Calciumgehalt, als auch die KH in einem normalen und sinnvollen Bereich bleiben. Dies gelingt oft nicht, und in der Konsequenz wird dann ein mögliches Defizit separat ausgeglichen, z.B. mit der Methode nach HANS-WERNER BALLING (siehe nächster Abschnitt) oder entsprechenden Modifikationen, d.h., man benötigt für eine Aufgabe zwei Methoden, und das ist äußerst unwirtschaftlich, sowohl vom Materialeinsatz, als auch hinsichtlich des Arbeitsaufwands. Den Kalkreaktorbetrieb muss man daher definitiv beherrschen, sonst ist die Methode kein probates Mittel.

Dadurch, dass sich die Einstellung des Kalkreaktors immer an einem messbaren Defizit im Calcium- oder KH-Bereich orientiert, werden Überdosierung mit nachträglicher chemischer Ausfällung von Kalk, teilweise schon im Technikbecken, oft gar nicht bemerkt und der Kalkreaktor immer höher „aufgedreht“. Bei einem Kalkreaktor kennt man den absoluten Calcium- und KH Verbrauch nicht. Man regelt das Gerät so ein, dass die Werte passen. Dies ist hinsichtlich einer wirtschaftlichen und verbrauchsorientierten Kalkhaushalt-Stabilisierung ein gravierender Nachteil. Beispielsweise kann ein zu niedriger Calciumgehalt beim Kalkreaktorbetrieb die Folge einer zu hohen KH sein. Wenn die KH beispielsweise bei 14°dKH liegt, dann ist die Wahrscheinlichkeit für die chemische Ausfällung von Calcium als Kalk sehr hoch. Meistens wird aber der zu hohe Carbonatgehalt gar nicht als Ursache erkannt, sondern nur der zu geringe Calciumgehalt beachtet, der sich durch die chemische Fällung immer wieder stark verringert. Entsprechend wird der Kalkreaktor weiter hochgedreht, was die Situation noch verschlimmert. Im Kalkhaushalt ist „weniger immer mehr“. Die in diesem Szenario korrekte praktische Reaktion wäre eine Drosselung des Kalkreaktors, d.h. eine Senkung der CO<sub>2</sub>-Menge (d.h. Erhöhung des pH-Werts im Reaktor) und ggf. auch eine Veränderung der Durchflussmenge (langsamer Durchfluss = längere Verweilzeit im Reaktor = größere Anreicherung von Calcium und Carbonat = höherer Austrag; und umgekehrt bei schnellerem Durchfluss).

Bevorzugt für den Kalkreaktorbetrieb als probate Methode zur Kalkhaushalt-Stabilisierung sind SPS dominierte Becken, die durch eine hohe Skelettbildungsrate der Steinkorallen auch einen hohen Kalkverbrauch aufweisen, der sich in der calcifikationstypischen Calcium/Carbonat - Stöchiometrie darstellt. Für Mischaquarien würde sich die Methode oft schon nicht rentieren oder aufgrund der Nachteile nicht empfehlen.

## - Methode nach HANS-WERNER BALLING und PAWLOWSKI

Die sowohl auf H-W BALLING als auch auf ERNST PAWLOWSKI zurückgehende und von diesen beiden Pionieren verbreitete Methode dosiert die auch in Meersalzmischungen als Calcium- und Carbonatquellen eingesetzten chemischen Salze Calciumchlorid-Dihydrat ( $\text{CaCl}_2 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ ) und Natriumhydrogencarbonat ( $\text{NaHCO}_3$ ). Heute ist diese Methode und v.a. einige ihrer Abwandlungen und Modifikationen sehr weit verbreitet, weil sie den Calcium- und Carbonatgehalt auch unabhängig voneinander kontrollieren kann. Daher kann diese Methode, die wiederum bis auf optionale Dosierautomaten gar kein technisches Gerät verlangt, auch für das *sangokai* System sehr erfolgreich angewandt werden.

Historisch betrachtet nimmt die von H-W BALLING in der DATZ 06/1996 publizierte Methode einen äquivalenten Verbrauch von Calcium und Carbonat durch das Steinkorallenwachstum im Riffaquarium gemäß der stöchiometrischen Verteilung in der Kalkskelettbildung der Korallen als kalkulatorische Basis. Das bedeutet, es wird bei dieser „klassischen“ Methode nach BALLING genau so viel Calcium und Carbonat dosiert, wie es nötig ist, um vollständigen Kalk für die Calcifikation zu liefern, ohne das Calcium oder Carbonat im einseitigen Überschuss im Wasser übrig bleiben würde. Infolge der Dosierung von Natriumhydrogencarbonat und Calciumchlorid erfährt das Riffaquarium allerdings auch eine Zufuhr von Natrium und Chlorid (beachte die farbliche Markierungen um den Zusammenhang zu verdeutlichen). Beides sind die dominanten Hauptkomponenten des Meerwassers und eine Erhöhung dieser Substanzen wäre physiologisch betrachtet absolut unproblematisch. Allerdings, und das betrifft den wesentlichen qualitativen Punkt, steigt durch die Zufuhr der Substanzen Calciumchlorid und Natriumhydrogencarbonat die Salinität, aber es werden dabei lediglich Natrium und Chlorid erhöht, aber nicht die übrigen Meerwasserkomponenten wie Kalium, Bromid oder Bor. Durch die einseitige Anreicherung von Natrium und Chlorid ohne Berücksichtigung der übrigen Meerwasserinhaltsstoffe würde sich die Zusammensetzung des Meerwassers (die Meerwasser Komposition) langfristig verändern, was als Ionendisbalance oder „Ionenverschiebung“ bezeichnet wird. Daher hat H-W BALLING der Methode eine dritte Komponente hinzugeführt, die über ein sogenanntes NaCl-freies Mineralsalz genau den Defizit-Anteil der übrigen Meerwasserinhaltsstoffe in Anlehnung an die Natrium- und Chlorid-Erhöhung ausgleicht.

Dieser ursprünglich publizierte Ansatz, der bis heute allerdings noch zur Applikation kommt, berücksichtigt jedoch nicht, dass der Carbonatgehalt im Wasser auch über den Eintrag von Luft- $\text{CO}_2$  beeinflusst ist, und ein Riffaquarium verbrauchte Mengen an  $\text{CO}_2$  über den Gasaustausch ausgleicht. Das hat zur Folge, dass bei der erörterten 1:1 Stöchiometrie in der Nachdosierung von Kalk die Karbonathärte über die  $\text{NaHCO}_3$  Dosierung langfristig ansteigen kann. Ab einer bestimmten Carbonat-Konzentration würde das wiederum auch den Calciumgehalt chemisch ausfällen und damit genau das Gegenteilige von dem bewirken, was sich als Aufgabe im Rahmen der Kalkhaushalt-Stabilisierung eigentlich stellt. Eine Erhöhung der Dosierung macht diese Situation nur schlimmer, weil der Carbonatanteil immer weiter zunimmt und darüber die Wahrscheinlichkeit für die Ausfällung von Calcium steigt.

Aus dieser zunächst v.a. praktischen Beobachtung resultierten dann mit der Zeit Modifikationen, die letztlich entweder nur die Kalk-Stöchiometrie auflösten und den Carbonatgehalt im Vergleich zum Calciumgehalt geringer wählten, oder die als „individuelle“ Methoden die Anpassung von Calciumdefiziten und KH-Defiziten komplett unabhängig voneinander regulierten.

Mit dieser Individualisierung wurde jedoch auch das Thema der Ionendisbalance ins theoretische Wanken gebracht, weil sich durch diese Trennung auch der Eintrag von Natrium und Chlorid nicht mehr äquivalent zueinander verhielt. So oder so sollte es also zu einer theoretischen Ionendisbalance kommen. Praktisch wurde das NaCl-freie Mineralsalze im Laufe der Zeit unpopulärer und wurde durch üppigere und vor allem regelmäßigere wöchentliche Wasserwechsel ersetzt.

## **Kalkreaktor → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#)**

### **Karbonathärte**

Die Karbonathärte ist ein Maß zur Beurteilung des Carbonatgehalts im Wasser und wird als Härtegrad [ $^{\circ}$ dKH] ausgedrückt. Die Bestimmung der Karbonathärte erfolgt über die Messung der Alkalinität, einem Titrationsverfahren, bei dem das zu beprobende Meerwasser mit Säure angereichert wird. Durch die pH-Pufferwirkung des Carbonatsystems kann die Säurewirkung in der Meerwasserprobe in Abhängigkeit vom bestehenden Carbonatgehalt gepuffert werden. Ist das Carbonat-Puffersystem erschöpft, verändert sich der pH-Wert und beeinflusst die Färbung einer Indikatorlösung, die den pH-Umschlagpunkt anzeigt. Je schneller sich die Färbung in der Probe verändert, desto geringer ist der Carbonatgehalt und umgekehrt.

In Deutschland ist die Karbonathärte nach wie vor der gängige Parameter zur Beurteilung des Carbonatgehalts in Riffaquarien, wenngleich sie definitionsgemäß etwas anderes aussagt als die Alkalinität, die bei der KH-Bestimmung eigentlich angewendet wird.

Für das *sangokai* System und als allgemeingültige Empfehlung ist ein KH-Bereich von 7,0 – 7,5 $^{\circ}$ dKH empfehlenswert. Unter 6,5 $^{\circ}$ dKH sollte die KH möglichst nie fallen, wobei kurzfristige Absenkungen im Tagesverlauf bis auf 6,7 – 6,8 $^{\circ}$ dKH völlig unbedenklich sind. Über 8 $^{\circ}$ dKH sollte die KH wiederum nicht ansteigen bzw. nicht höher angehoben werden, weil sich darüber die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass durch den erhöhten Carbonatgehalt eine chemische Ausfällung mit Calcium als unlöslicher Kalk ergibt. Daher sollte ein moderater und naturnaher Wert für die KH eingehalten werden.

Je höher die KH ist, desto größer ist ihr senkender Effekt auf den Calciumgehalt. Beide Partner, KH wie auch Calcium, beeinflussen sich gegenseitig, weil die Löslichkeit für Kalk im Meerwasser sehr beschränkt ist. Steigt also die KH an, dann steigt damit auch die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sich Carbonate und Calcium miteinander chemisch binden und unlösliches Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ , Kalk) bilden. Die Folge davon ist eine Absenkung sowohl der KH, wie auch des Calciumgehalts. Liegt dabei der Calciumgehalt auf einem normalen Niveau, kann dies folglich zu einer mitunter kritischen Senkung der Calciumkonzentration führen und der Calciumgehalt muss wieder er-

höht werden. Das Problem dabei ist jedoch, dass es sich hierbei nicht um einen biologischen (biogenen) Verbrauch handelt, sondern um einen chemischen Verbrauch.

Das durch den chemischen Verbrauch ausgefällte Carbonat und Calcium steht dadurch den Organismen nicht zur Verfügung. Die zur Kalkhaushalt-Stabilisierung angewandte Methode wird in einem solchen Falle also sehr unwirtschaftlich betrieben. Es müssen daher immer KH wie auch Calcium auf einem normalen und moderaten Niveau vorliegen, damit der chemische Verbrauchsanteil möglichst klein gehalten wird.

Oftmals wird auch vor dem Urlaub oder zur Sicherheit die KH etwas höher eingestellt, was, wie bis hierhin erörtert wurde, nicht nur unsinnig ist, sondern sogar auch äußerst kontraproduktiv sein kann, weil eine übermäßige Erhöhung der KH auch zur Senkung des Calciumgehalts als Partner zur KH beitragen kann. Eine höhere KH-Anhebung als üblicherweise notwendig im Sinne einer „Bevorratung“ für den Fall, das man einige Tage nicht zu Hause ist, erzeugt also womöglich genau den gegenteiligen Effekt.

Ein realistischer KH Verbrauch für nur gering besetzte Becken (z.B. Weichkorallenbecken oder Mischbecken mit wenigen SPS) liegt zwischen 0,2 – 0,5°dKH pro Tag. Ein gut mit SPS Korallen bewachsenes Mischbecken kann zwischen 0,5 – 1,5°dKH pro Tag verbrauchen, während sehr stark wachsende reine SPS-Riffaquarien bis zu 2 – 2,5°dKH pro Tag biogenen Verbrauch erzeugen können.

Diese Richtwerte können natürlich auch individuell abweichen und dienen nur der Orientierung. Wenn jedoch ein seit mehreren Monaten laufendes Mischbecken mit nur wenigen SPS-Korallen einen KH-Verbrauch von 2°dKH pro Tag aufweist, dann sollte die KH-Zufuhr ganz genau kontrolliert werden. Hier ist die Wahrscheinlichkeit für einen hohen chemischen Anteil am KH-Verbrauch hoch. In diesen Fällen sollte neben der KH auch der Calciumgehalt und die Calciumdosierung geprüft werden.

Zur praktischen Überprüfung kann man beide(!) Dosierungen, d.h. die KH- und die Calciumdosierung, gleichzeitig um 10% von der aktuellen Dosierung absenken. Es ist wichtig, dass beide Dosierungen um diesen Betrag gesenkt werden, um zu prüfen, ob dadurch nicht das gleiche KH und Calcium-Level aufrecht erhalten werden kann, wie mit der ursprünglichen Dosierung. Es kommt nämlich nicht selten vor, dass die KH- und der Calciumgehalt beide übertrieben angehoben, aber durch die chemischen Ausfällungen von Kalk jeweils wieder auf ein normales Niveau gesenkt werden.

Senkt man also die Dosierungen parallel und stückweise ab, und misst nach ca. drei Tagen die Werte, kann man sehen, ob die KH und der Calciumgehalt trotz der Senkung gleichgeblieben sind. Wenn dies der Fall ist, kann von der jetzt aktuellen Dosierung wieder 10% abgezogen und erneut nach drei Tagen KH und Calcium bestimmt werden, bis man schliesslich die Dosiermenge erreicht hat, bei der die Werte tatsächlich sinken. Hierbei kann es sein, dass ein Wert sinkt, der andere jedoch noch stabil bleibt, weshalb man beim nach wie vor stabilen Wert nach wie vor eine stückweise Absenkung weiter betreibt, und nur den gesunkenen Wert durch eine leichte Dosierhöhung stabilisiert.

Eine einseitige Erhöhung der KH auf ein übertrieben hohes Niveau, z.B. 10-14°dKH, lässt sich nur dann erreichen, wenn gleichzeitig der Calciumgehalt in einem normalen Bereich liegt und gleichzeitig nicht übermäßig stark angehoben wird. Gleiches gilt übrigens auch im umgekehrten Fall für Calcium, d.h. ein sehr hoher Calciumgehalt ist nur dann möglich, wenn die KH auf einem normalen Niveau liegt und nicht übermäßig stark angehoben wird.

Ist der Calciumgehalt oder der Calciumeintrag bei hohem KH-Eintrag ebenfalls sehr hoch, fallen sowohl KH als auch Calcium wieder auf ein normales Niveau ab und implizieren dem Riffaquarianer, dass die Dosiermengen scheinbar nicht hoch genug waren. Dadurch kommt der Riffaquarianer in einen Teufelskreis, der die Dosiermengen immer weiter hochschraubt, ohne dass sich die Werte signifikant ändern. Der Grund dafür ist jedoch der erläuterte chemische Verbrauchsanteil, der völlig unnützlich ist. **Es gilt immer zu beachten: bei der Kalkhaushalt-Stabilisierung ist weniger immer mehr!**

In der → [Startphase von Riffaquarien](#) kann der KH Verbrauch in den ersten Wochen relativ hoch sein, weil in dieser Zeit v.a. tote Dekorationsmaterialien einen mikrobiellen Biofilm entwickeln, der Carbonate verbraucht, z.B. im Rahmen der Nitrifikation. Je höher die → [Gesamtdekorationsoberfläche](#) ist, desto höher ist in der Regel auch der KH-Verbrauch in dieser Zeit, und damit auch die Notwendigkeit des Riffaquarianers, KH-Defizite durch geeignete Methoden zur → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#) auszugleichen. Auch keramisches Material oder stark mit Wasserstoffperoxyd gereinigtes totes Riffgestein zur Aquariengestaltung kann anfangs viel Calcium freisetzen, wodurch die KH ebenfalls sinken kann. Auch ein neuer kalkhaltiger Bodengrund kann diesen Effekt haben, v.a. wenn er sehr fein und staubig ist. Der KH-Verbrauch in dieser Phase ist typischerweise unabhängig vom Calciumgehalt, es muss daher eine Methode gewählt werden, die nur die KH individuell erhöht, den Calciumgehalt jedoch unberücksichtigt lässt.

Der Carbonatgehalt im Wasser wird auch über den CO<sub>2</sub>-Eintrag aus der Luft im Rahmen des Gasaustauschs beeinflusst, wie es beim Thema → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#) erörtert wird. Wenn gleich sich durch den CO<sub>2</sub>-Eintrag die KH im Wasser nicht verändert, weil sich CO<sub>2</sub> als Säure verhält und zugleich einen Carbonatanteil und auch einen Säureanteil abgibt und sich dadurch das Puffervermögen des Wassers in der Nettobilanz nicht verändert, kann sich der KH-Verbrauch im Meerwasser auch unabhängig von einem Calciumverbrauch durch kalkabscheidende (calcifizierende) Organismen wie Korallen oder Muscheln darstellen. Eine individuelle Stabilisierung der Karbonathärte ist daher in der riffaquaristischen Praxis sehr wichtig.

Im *sangokai* System dienen die [sango chem-balance](#) Produkte, v.a. das *sango chem-balance KH* zur Erhöhung und Stabilisierung der Karbonathärte/Alkalinität.

## **Kohlefilterung**

**IN BEARBEITUNG**

## **Korallenernährung / Korallenfutter**

**IN BEARBEITUNG**

-L-

## Lampentypen

Ein ganz bestimmter Lampentyp bzw. eine bestimmte Beleuchtungsart wird seitens *sangokai* nicht empfohlen. Nach wie vor sind T5 Röhren aufgrund ihres qualitativ sehr guten und homogenen Lichts und der guten Ausleuchtung von Riffaquarien empfehlenswert. Letztlich wurden insbesondere in den 2000er Jahren auf durchaus bemerkenswerte Art und Weise anhand extrem farbiger SPS-Riffaquarien demonstriert, dass die T5 Beleuchtung ein hohes Potential als alleinige Beleuchtung für Korallenriffaquarien besitzt.

Auch LED Lampen sind als alleinige Lichtquelle genauso geeignet wie T5/LED-Hybrid-Lösungen. Allerdings gelten bestimmte Anforderungen an LED Leuchten, die unter dem Stichpunkt → [Blauanteil in der Beleuchtung](#) näher erörtert werden.

HQI-Metalldampfstrahler (HQI-Brenner) können selbstverständlich ebenfalls verwendet werden, sofern zusätzlich auch T5 Röhren zur besseren Ausleuchtung und zur Erweiterung der Lichtqualität eingesetzt werden. Allerdings wird seitens der meisten Hersteller im Bereich der HQI Beleuchtung nichts weiter entwickelt und aufgrund der sinkenden Nachfrage auch produziert.

Für die Pflege von anspruchsvollen SPS empfiehlt sich eine T5-Röhrenkombination mit möglichst vielen Röhren zur optimalen Ausleuchtung, eine T5/LED-Hybrid Lösung oder eine LED in geeigneter Lichtqualität und mit ausreichend guter Fähigkeit das Becken auszuleuchten.

LED → [Lampentypen](#) → [Blauanteil in der Beleuchtung](#)

-M-

## Mechanische Filterung **NEU!**

Die mechanische Filterung ist der für uns visuell nachvollziehbare Vorgang der Entfernung partikulärer Substanzen oder Stoffe aus dem Wasser, das durch ein Feststoffmaterial mit einer bestimmten Porengröße hindurchströmt. Die mechanische Filterung ist eine klassische Methode zur Wasserreinigung in geschlossenen aquatischen Systemen und dient primär der Wasserklärung.

Allerdings ist die Funktion der Wasserklärung in einem Aquarium nicht von der ebenfalls schnell einsetzenden (sekundären) „biologischen Filterwirkung“ des eingesetzten mechanischen Filtermaterials zu trennen. Der Grund dafür ist die Keimzahl im Wasser eines Aquariums. Die Keimzahl ist ein Parameter, der sich zwar in verschiedenen Becken individuell unterschiedlich darstellt, aber in der absoluten Konsequenz jedes mechanische (und natürlich auch adsorptive) Filtermedium, sei

es ein Filterschwamm, Watte oder ein Filtervlies, mit der Zeit in seiner eigentlichen mechanischen Filterwirkung beeinflusst. Diese biologische Wirkung ist für die Riffaquaristische Praxis von großer Bedeutung und wird in diesem Kapitel sehr ausführlich diskutiert.

Vor allem stark mit keramischen oder chemisch (z.B. mit Wasserstoffperoxid) gereinigten Dekorationsmaterialien gestaltete Riffaquarien, zeigen v.a. in der Anfangszeit ein erhöhtes Maß an mineralischem Abrieb, der sich in der Wassersäule verteilt und langfristig ablagern kann. Solche Feinsedimente können mehr oder weniger stark mit Keimen (v.a. Bakterien, aber auch marine Protisten wie Pilze, Mikroalgen oder tierische Mikroben) besiedelt sein. Ein mechanisches Filtermedium kann zwischen der Natur der Partikel nicht unterscheiden und wird demnach nicht nur totes Material festhalten, sondern auch belebtes, organisches Material herausfiltern und dadurch unmittelbar gleichzeitig auch eine biologische Aktivierung erfahren.

Ausgehend von einem mehr oder weniger hohen Gehalt an organischen Partikeln, sowie von ausgefälltem Kalk (Calciumcarbonat, siehe → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#)) oder z.B. auch von Eisenphosphat-Verbindungen im Wasser, entwickeln sich in mechanischen Filtermedien rasch Bakterien- und Mikrobenpopulationen. Diese können das Filtermedium verdichten und damit die Leistungsfähigkeit zur Wasserklärung vermindern. Gleichzeitig entsteht in dem Filtermedium ein Milieu, das nicht mehr dem der direkten Umgebung entspricht. Das Wasser im Mikromilieu des Filtermediums hat einen veränderten Sauerstoffgehalt, ein anderes Redoxpotential und pH Wert. Vor allem aber reichert sich das Filtermedium kontinuierlich mit organischen Ablagerungen und damit auch mit Nährstoffen an, was immer auch Konsequenzen für das Aquariensystem hat.

Meistens sehen sich Aquarianer im Einsatz mechanischer Filtermedien dann bestätigt, wenn bei der Reinigung, oder beim Tausch des Filtermediums, offensichtlich große Menge Dreck sichtbar sind oder ausgewaschen werden. Ungeklärt ist hier allerdings, wie hoch der Anteil an tatsächlich gefilterter Masse ist und welchen Anteil gewachsene Bakterienpopulationen am Gesamfiltrat haben. Der Anteil an entstandener Biomasse im Vergleich zur tatsächlich gefilterten Masse an Partikeln lässt sich zugegebenermaßen nur schwer bestimmen. Sinnvoll ist hier immer eine praktische Überprüfung, ob das Wasser bei Einsatz einer mechanischen Filterung tatsächlich klarer ist und weniger Trübstoffe enthält, und ob sich ggf. im Technikbecken weniger Sedimente oder Detritus ablagern. Ist das nicht der Fall, würde eine hohe Filtratmenge im Filtermedium vornehmlich dafür sprechen, dass diese Masse hier erst entstanden ist und nicht ihren Ursprung im freien Wasser hatte.

Wie bereits angesprochen, sind v.a. frisch eingerichtete und junge Aquarien über den anfänglichen Materialabrieb von der Dekoration, oder auch vom Bodengrund, potentiell stärker mit Trübstoffen belastet, als ältere Aquarien. Dadurch beobachtet man in jungen Riffaquarien oft schnell die Ansammlung von Sedimenten oder von Mulm im Technikbecken, wenn keine mechanische Filterung installiert ist. Der Einsatz einer mechanischen Filterung kann also für die Anfangszeit nach dem Start des Riffaquariums durchaus sinnvoll sein. Aber, auch hier kann der Anteil an sich entwickelnder Mikrobenmasse im Filtermedium sehr hoch sein, was eine regelmäßige Säuberung bzw. den Austausch des Materials notwendig macht. Da der Nährstoffgehalt in jungen Aquarien, v.a. auf-

grund der noch nicht zu starken Belastung mit Ausscheidungen von Fischen und partikulären Futterresten, nicht so hoch ist, wie in Becken mit einer längeren Standzeit, wird das Ausmaß an Nährstoffeinlagerung in einem mechanischen Filtermedium auch noch nicht kritisch hoch sein. Je älter das Aquarium jedoch ist, und um so mehr Fische in das Riffaquarium einziehen, desto kritischer wird die Nährstoffbelastung in einem mechanischen Filtermedium, die dann auch eine „biologische Filterwirkung“ zum Vorschein bringt.

### **Die Porengröße als relevanter Faktor für die biologische Filterwirkung**

Jedes mechanische Filtermedium stellt mit seiner porigen oder gewebten Struktur eine entsprechend hohe Filteroberfläche, und damit auch eine Siedlungsfläche für Bakterien und Mikroben zur Verfügung. Je feiner das Material ist, desto höher ist auch die Gesamtoberfläche, d.h., dass ein grober Filterschwamm eine geringere Gesamtoberfläche aufweist, als ein feiner Schwamm.

Wenn ein mechanisches Filtermedium eine sehr kleine Porenstruktur aufweist, dann ist der verdichtende Effekt von anhaftenden Partikeln und Mikroben auf die Materialoberfläche stärker als bei grobporigen Medien. Dadurch wird sich schnell ein starker Gradient zwischen der Oberfläche und den oberflächennahen, inneren Bereichen einstellen, insbesondere was den Sauerstoffgehalt betrifft. Weiter ins Innere wird Wasser aus der Umgebung nur dann vorstoßen können, wenn es aktiv durchgedrückt oder durchgesaugt wird, was aber technisch nicht einfach zu realisieren ist. Andernfalls wird das Wasser an der Außenseite des Filtermaterials vorbeifließen, wenn dazu die Möglichkeit besteht, oder es staut sich an und kann, je nach Bauart eines mechanischen Filters, überlaufen.

Ein sehr feines Material muss also in einem Riffaquarium sehr oft gereinigt werden, was in der Arbeitsroutine einen hohen Aufwand bedeutet. Zudem sollte es auch nicht zu dick sein, weil die beschriebene Verdichtung an der Materialoberfläche das Innere des Mediums funktional unwirksam macht, so dass das Filterkonzept platzraubend und damit ineffizient wird. Sinnvoller wäre es, hier nur wenige dünne Lagen Filtervlies, die schnell ausgetauscht werden können, einzusetzen, als dicke Filterschwammplatten zu nutzen. Dieses Prinzip verfolgte auch der in den 1970er und 1980er Jahren nicht unpopuläre Flächenfilter, genauso wie die gerade populär werdenden Fliessband-Filter, die ihrerseits eine dünne Filterfläche anbieten, die durch einen Aufroll-Mechanismus auch keine biologische Filterwirkung erzeugen, allerdings durch ihre Größe auch einen gewissen Platzbedarf aufweisen.

Ein grobes Filtermedium hat den Vorteil, dass es weniger schnell verstopft und dadurch länger filteraktiv bleibt und auch hinsichtlich der Leistungsfähigkeit im Inneren des Materials mehr wirksame Oberfläche bietet, als ein feines Material. Zur Wasserklärung sollte also im Riffaquarium grundsätzlich ein grobes Filtermedium genutzt werden. Mit der Zeit wird durch die Einlagerung von gefilterten Partikeln die effektive Porengröße abnehmen, so dass ein grober Filter zunächst grob filtert, dann aber automatisch auch zum Feinfilter wird.

Heute sind mechanische Filterbeutel, die wie ein Staubsaugerbeutel aufgebaut sind und in spezielle Halterungen gehangen werden, sehr populär. Sie wurden ursprünglich als Vorfilter (im engl.: pre-

filter) konzipiert, und sollen das Wasser aus der Rückförderleitung ins Technikbecken von Partikeln befreien. Genauso wirksam ist auch ihr Einsatz als Nachfilter (im engl.: post-filter), um z.B. ablaufendes Wasser aus dem Abschäumer von Luftblasen zu befreien, um Rest-Ozon über Aktivkohle zu neutralisieren, um den Abrieb adsorptiver Filtermedien hinter einem Fließbettfilter aus dem Wasser zu entfernen, oder sogar, um selbst adsorptive Filtermedien aufzunehmen.

Manche Hersteller von Filtereinheiten bieten in Reihe geschaltete mechanische Filter an, die eine von der Grobfilterung bis hin zur extremen Feinfilterung reichende Wasserklärung zum Ziel haben. Diese Filtereinheiten nehmen viel Platz in Anspruch, und es ist fraglich, in wie fern überhaupt eine in Reihe Schaltung von Filtersäcken unterschiedlicher Porengrößen einen deutlich besseren Effekt auf die Wasserklärung hat, als nur ein Filter mit einer groben Maschenweite, der wie erörtert wurde, je nach Partikelbeladung mit der Zeit auch die Qualität zur Feinfilterung erreicht. Ein ähnliches, aber technisch überholtes Konzept, gab es auch schon in den 1970er bis 1990er Jahren mit der Stapelung von Filterschwämmen mit verschiedenen Porendichten in Ablaufschächten, oder in speziellen Filter-Kompartimenten im Technikbecken. Auch hier sollte das Wasser systematisch von Partikeln unterschiedlicher Größen von Grob nach Fein befreit werden. Allerdings scheiterten diese Filterschwamm-Säulen daran, dass in ihnen eine nicht kontrollierbare mikrobielle Aktivität stattfand, die sich meistens negativ auf das Gesamtaquariensystem auswirkte, z.B. durch die Erhöhung des biologischen Sauerstoffbedarfs und einer daran gekoppelten Senkung des Redoxpotentials sowie der Freisetzung von gebildetem Nitrat und Phosphat aus der Mineralisation herausgefilterter organischer Stoffe.

Für den Einsatz im Riffaquarium empfiehlt sich eine Maschenweiten für die Filtersäcke von 800 µm (0,8 mm) und 400 µm (0,4 mm). Kleinere Maschen (200 µm oder 100 µm) verstopfen sehr schnell und erzeugen dadurch einen zu hohen Wartungs- und Reinigungsaufwand. Solche feinen Filterbeutel sollten wenn überhaupt nur als Post-Filter zur Entfernung von feinem Materialabrieb adsorptiver Filtermedien zum Einsatz kommen, d.h. in bereits abgeschäumtem und damit vorgereinigtem Wasser. Die gröberen Filtersäcke mit 400 - 800 µm können sehr einfach auch mit einer dünnen Lage Filtervlies befüllt werden, wodurch sich die Maschenweite verringert und eine kontrollierbare Feinfilterung möglich wird, ohne eine schnelle Verstopfung des Filtergewebes.

Wenn sich die Notwendigkeit für den Einsatz eines Filterschwamms stellt, dann sollte grundsätzlich nur die grobe Variante mit einer Porendichte von 10 ppi („pores per inch“) zum Einsatz kommen. Eine Dicke von 3 cm darf hierbei auf keinen Fall überschritten werden, weil sonst im Inneren eine zu hohe biologische Sauerstoffzehrung stattfindet und das Redoxpotential in der Umgebung sinkt, was in einem Riffaquarium nachteilig ist. Gut geeignet sind 1,5 – max. 2 cm dünne grobe Filterschwämme, die man relativ einfach als mechanische Filter einsetzen und auch gut auswaschen kann. Allerdings sollten diese Filterschwämme nur in jungen Riffaquarien zum Einsatz kommen, und grundsätzlich auch immer hinter dem Abschäumer platziert sein, damit dieser in seiner Leistungsfähigkeit nicht negativ beeinflusst wird. Wenn möglich, sollte auf den Einsatz von Filterschwämmen immer verzichtet werden, weil sie schwer zu kontrollieren sind und eine ungewünsch-

te biologische Wirkungsweise sehr schnell eintritt, worauf im Weiteren detailliert gesprochen werden soll.

### **Biologische Filterwirkung in mechanischen Filtermedien als potentiell nachteilige Systemstörung**

Bis hier hin wurden nun verschiedene Aspekte der mechanischen Filterung und ihrer Wirkung bezüglich der Wasserklärung betrachtet, und auch das Thema der biologischen Filterwirkung angesprochen und kurz dargestellt, wie diese entsteht. Die wichtigen Parameter sind in diesem Zusammenhang a) der durch das Filtermaterial und seine Porengröße bereitgestellte Siedlungsraum, b) die Aktivierung über die Keimzahl im Wasser, c) die Einlagerung von gefilterten partikulären Nährstoffen, und d) die Veränderung des Milieuzustands im Filtermedium.

Es lässt sich vielleicht schon an den insgesamt vier verschiedenen Faktoren erahnen, dass bei der Kombination und dem Zusammenspiel dieser Punkte kein einheitlich gültiges Ergebnis für ein individuelles Aquarium zu erwarten ist, weder für einen kurzen, noch für einen langfristigen Zeitraum. Eine mechanische Filterung in frisch eingerichteten oder jungen Riffaquarien, sofern diese einen hohen Anteil an mineralischen Partikeln im Wasser aufweist, stellt kein grundsätzliches Problem dar, weil zu dieser Zeit meist auch die organische Belastung des Wassers und auch die Keimzahl relativ gering ist. Auch hier wurde die regelmäßige Reinigung und der Austausch des Filtermaterials angesprochen, insbesondere hinsichtlich der Aufrechterhaltung einer hohen Funktionalität bei der Wasserklärung. Die in jungen Riffaquarien zu erwartende biologische Filterwirkung ist meistens noch nicht so ausgeprägt wie in älteren Riffaquarien, v.a. dann, wenn nur mit totem oder keramischen Material zur Aquariengestaltung gearbeitet wurde.

In bereits seit mehreren Monaten laufenden Riffaquarien, die mit partikulärem Futter für Fische, und womöglich auch mit partikulärem Futter zur → **Korallenernährung** oder mit → **Plankton** versorgt werden, sind die Ausgangsbedingungen anders. Hier ist die organische Nährstoffbelastung sowie die Keimzahl im Wasser in der Regel deutlich höher als in jungen Aquarien. **Ein mechanisches Filtermedium sollte jetzt also vorrangig als Siedlungsraum und als biologischer Filter betrachtet werden, unabhängig von seiner möglichen ursprünglichen mechanischen Filterwirkung!** Heute oft eingesetzte Filtermedien sind die bereits angesprochenen Filterbeutel, Filtervlies, oder auch nach wie vor Filterschwämme oder Filterwatte. Ein Filterbeutel hat durch seine gewebeartige Struktur eine gewisse Oberfläche, und bietet damit einer wachsenden Bakterienpopulation ausreichende Ressourcen, sowohl was das Angebot an Siedlungssubstrat betrifft, als auch die Rekrutierung von organischen Nährstoffen, z.B. Futterreste oder partikuläre Ausscheidungen (Fischkot). Bakterien und auch andere destruierende Mikroben beginnen in dieser sauerstoffhaltigen (oxischen) Umgebung, die gefilterten und in den Maschen fixierten Nahrungspartikel in kleinere Bestandteile abzubauen (Destruktion), bis hin zu ihren kleinsten molekularen Bausteinen. Sie beziehen aus dieser sog. *Mineralisation* sowohl Energie, als auch Bausteine für ihr Wachstum.

Allerdings verbrauchen die Bakterien und Mikroben dabei auch wertvolle Mikronährstoffe wie Spurenmetalle oder auch wichtige im Wasser gelöste Nährstoffe, wie z.B. Aminosäuren oder andere organische Verbindungen, die auch für Korallen bedeutsam sind und unter Umständen dadurch zur Mangelware werden. Vor allen in unterversorgten Riffaquarien spielt dies eine wichtige Rolle und verstärkt die Mangelsituation mitunter kritisch und kann zur Degeneration z.B. von Korallen führen.

Der wesentliche Nachteil besteht aber darin, dass alle diese Abbauprozesse in einem sauerstoffhaltigen (oxischen) Milieu stattfinden, d.h. dass die jeweiligen Stoffwechselprozesse aerob (unter Veratmung von Sauerstoff) ablaufen. Die bei vollständiger Oxidation von organischer Biomasse endgültig entstehenden Abbauprodukte aus einem aeroben Stoffwechsel sind Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Stickstoff in Form von Ammonium, das weiter zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) oxidiert wird, und Phosphor in Form von Phosphat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). **Im Riffaquarium ist die potentielle Folge einer übertriebenen und v.a. wenig gepflegten mechanischen Filterung eine Anreicherung von Nitrat und Phosphat im Wasser, die es eigentlich zu vermeiden gilt.**

Der aus früheren Zeiten bekannte Rieselfilter, oder auch Varianten davon, wie der Sprühfilter, arbeiten ähnlich, und sind aus diesem Grunde auch aus den modernen Riffaquarien verschwunden. Auch hier wurde in einer oxischen Umgebung Siedlungsraum für Bakterien angeboten, damit v.a. aus dem Fischstoffwechsel freigesetztes potentiell giftiges Ammonium (bzw. der Ammoniak-Anteil davon) schnell und effektiv zu Nitrit und weiter zu Nitrat umgebaut werden konnte. Seinerzeit war der Bedarf für einen solchen aeroben Filter möglicherweise deshalb gegeben, weil es im Handel wenig Korallen gab, die, wie wir heute besser verstehen, nicht nur Ammonium effektiv aufnehmen, sondern dies auch bevorzugt verwerten. Dadurch greifen Korallen direkt in den Stickstoffhaushalt ein und entlasten die Nitrifikation, wodurch insgesamt weniger Nitrat entsteht. Die Korallenpflege selbst war früher bei weitem nicht so erfolgreich wie heute, v.a. weil es die modernen Licht- und v.a. auch Strömungskonzepte nicht gab, und die allgemeinen Filtertechniken nicht so weit entwickelt und schon gar nicht käuflich erwerbbar waren, wie wir es heute zu Zeiten des online Handels gewohnt sind.

Ohne einen entsprechend sinnvollen Anwendungsbereich, den man z.B. im gewerblichen Fischgroß- und Einzelhandel findet, sollten aerobe Filter im privaten Bereich nicht eingesetzt werden. Das klassische Konzept von Früher entwickelte Nitrat im Rieselfilter, und baute es im Denitrifikationsfilter (Nitratfilter) wieder ab. Bis heute können wir dieses Konzept auch im Handel wiederfinden: dort, wo Rieselfilter oder Sprühfilter noch im Warensortiment angeboten werden, finden sich auch konsequenterweise Denitrifikationsfilter.

Weitaus sinnvoller und aufgrund unseres Wissens zeitgemäß, ist der praktische Ansatz, oxidierte Nährstoffformen wie Nitrat oder Phosphat gar nicht erst entstehen zu lassen. Deshalb spielt auch der ursprünglich, am Anfang dieses Unterkapitels, angeführte Faktor des Siedlungsraums eine wichtige Rolle. Dort, wo Siedlungsraum von uns angeboten wird, z.B. in einem mechanischen Filterbeutel, werden sich Bakterien ansiedeln, deren Stoffwechsel sich den entsprechenden Umweltbedingungen schnell anpasst. Viele Bakterien können ihren Stoffwechselmodus je nach Sauerstoffgehalt umschalten, also von einem aeroben Stoffwechsel, zu einem anaeroben (reduzierenden) Stoffwechsel in einer sauerstofffreien (anoxischen) Umgebung, was man sich auch im Sand-

bett-Refugium (→ **Refugium**) zu Nutzen machen kann. Mechanische Filter, wie z.B. ein Filterbeutel, sind jedoch fast immer mit Sauerstoff ausreichend versorgt und wirken damit oxidierend. Daher wird hier auch nur ein aerober Bakterienstoffwechsel stattfinden können, der Nitrat und Phosphat erzeugt, aber nicht weiter abbauen kann und damit an die Umgebung freisetzt.

Bietet man also keinen Siedlungsraum durch einen mechanischen Filter an, wird an dieser Stelle auch kein Nitrat oder Phosphat entstehen können. Vielmehr bleiben sowohl partikuläre, als auch gelöste organische und anorganische Nährstoffe im Wasser erhalten und können bei einem optimalen → **Strömungskonzept** anderen Filteroptionen zur Verfügung stehen. Vorrangig ist hier der Eiweißabschäumer zu nennen.

An dieser Stelle ist die wichtigste Schlussfolgerung aus allen bisherigen Betrachtungen einer mechanischen Filterung diejenige, dass sie über die biologische Filterwirkung potentiell abschäumbare partikuläre wie auch wertvolle gelöste Nährstoffe entfernt und in schlecht abschäumbare Stoffe wie Nitrat oder Phosphat umwandelt. Dadurch wird die Leistungsfähigkeit eines Eiweißabschäumers drastisch verringert und die allgemeine Nährstoffverfügbarkeit z.B. für Korallen verschlechtert, was zu → **Nährstoffmangelsituationen** führen kann. Nitrat kann gar nicht, Phosphat nur schlecht abgeschäumt werden. Das moderne Konzept eines optimalen Riffaquariums sieht also vor, Bakterien und Mikroben nur dort anzusiedeln, wo sie nicht die Effizienz eingesetzter Filtermethoden herabsetzen. Präziser formuliert, schließt dies das gesamte Technik-Kompartiment als Siedlungsraum aus, und definiert nur das Hauptbecken oder ein → **Refugium** als Lebensraum für Bakterien und Mikroben.

Der weit verbreiteten Meinung, dass es grundsätzlich nicht verkehrt ist, Siedlungsraum für Bakterien zu schaffen, soll an dieser Stelle anhand der hier vorgelegten Erörterung vehement widersprochen werden. Siedlungsraum für Bakterien erzeugt man im Riffaquarium über das eingesetzte Dekorationsmaterial im Hauptbecken mehr als ausreichend. In stark und üppig z.B. mit Wandmodulen oder mit gemörtelten Bodengrund dekorierten Riffaquarien sogar u.U. zu viel. Darauf wird im Kapitel über die → **Gestaltung von Riffaquarien** intensiv eingegangen. An dieser Stelle sei nur vorab erläutert, dass die Dekorationsoberflächen im Riffaquarium, die potentiell mit bakteriellen Biofilmen und Mikroben besiedelt sind, immer auch eine Konkurrenz zur Eiweißabschäumung erzeugen können. Das hängt natürlich davon ab, wie hoch die Nährstoffbelastung des Wassers im Vergleich zur verfügbaren Siedlungsfläche im Aquarium ist. Bei einer hohen organischen Nährstoffbelastung können sich auf der Dekoration mineralisierende Bakterien und andere Mikroben ansiedeln, die abschäumbare Stoffe, wie schon für die mechanische Filterung und ihrer biologischen Wirkung erklärt, in schlecht abschäumbare Stoffe umwandeln. Der Eiweißabschäumer erlangt also auch in diesem Szenario nicht seine zu erwartende Leistungsfähigkeit.

Die mechanische Filterung ist eine möglicherweise sinnvolle Option für sehr junge Riffaquarien, um eine bestehende mineralische Partikelbelastung (durch Abrieb) im Wasser zeitweise zu reduzieren. Sie kann auch in älteren Riffaquarien zur Anwendung kommen, sofern dazu ein akuter, aber nur kurzfristiger Bedarf besteht. Allerdings sollte es vermieden werden, viel Siedlungsraum zu

schaffen. Dieser muss dann in der aquaristischen Praxis auf jeden Fall kontinuierlich gewartet werden. Eine mindestens(!) zweimal in der Woche stattfindende Reinigung von mechanischen Filtermedien ist Voraussetzung dafür, dass sich eine biologische Wirkungsweise nicht etablieren kann.

Immer sollte auch ein Bedarf für eine mechanische Filterung bestehen. In den meisten Fällen wird der Eiweißabschäumer eine mögliche partikuläre Beladung eigenständig entfernen können. Eingesetztes mechanisches Filtermaterial erhöht hier allenfalls den Wartungsaufwand ohne größeren praktischen Nutzen. Entsprechend muss, wie schon erwähnt, immer auch überprüft werden, ob eine mechanische Filterung überhaupt sichtbaren Erfolg bringt. Vor allem solche Filterkonzepte, die eine massive mechanische Filterung vor der Eiweißabschäumung vorsehen, sind insofern fragwürdig, als dass sie die Leistungsfähigkeit des Eiweißabschäumers potentiell verringern und zur Entstehung von Nitrat und Phosphat beitragen können, unabhängig davon, wie leistungsfähig die technischen Komponenten für sich alleinstehend sind.

Außer in frisch gestarteten Becken mit einem tatsächlichen Bedarf, oder in Riffbecken mit hoher Partikelbeladung (z.B. durch grabende oder wühlende Organismen), wird empfohlen, vor dem Eiweißabschäumer kein Filtermaterial zu platzieren. Der Eiweißabschäumer muss so betrieben werden, dass er möglichst viel abschäumbares Material aus dem Wasser entfernen kann, worauf im Kapitel → [Technikbecken und Technik-Kompartimente](#) näher eingegangen wird. Nur dann arbeitet er effizient und kann (v.a. bei einer feuchten Einstellung) auch feine partikuläre und kolloidale Substanzen aus dem Wasser entfernen.

Eine mechanische Filterung macht allerdings ggf. hinter dem Abschäumer Sinn, wenn es z.B. zu verhindern gilt, dass sich Abrieb von eingesetzten Filtermaterialien verteilt oder gar ins Hauptbecken gelangt. Dazu können entweder handelsübliche Filterbeutel, z.B. auch als hang-on Variante eingesetzt werden, die man relativ einfach und bequem entfernen und ausspülen kann, oder auch eine einfache Konstruktion aus Lichtrasterplatten gebaut werden, auf die dann z.B. einige Lagen Filtervlies oder ein Filterbeutel eingebracht werden kann. Da der Materialabrieb hier sehr fein ist, sind durchaus auch feinporige Filtermedien sinnvoll, z.B. Filtersäcke mit 100-200 µm Maschenweite. Filterschwämme sind allerdings auch hier nicht zu empfehlen, weil das schnell ausströmende Wasser aus einem Fließbettfilter oder im Bereich der Kanalisierung zwischen zwei Kompartimenten im → [Technikbecken](#) mitsamt des Abriebs abprallen würde. Feine und weiche Materialien, wie z.B. ein Filterbeutel oder ein weiches Filtervlies mit hoher Rückhalteleistung sind hier die bevorzugten Filtermedien.

## **Mondlicht**

Ein Mondlicht ist, wenngleich es viele wissenschaftlich belegte regulatorische Effekte auf die Natur hat, nicht unbedingt notwendig und kann bei falscher Anwendung auch gravierende Nachteile haben.

Wenn ein Mondlicht benutzt wird, dann sollte es unbedingt eine weiße Lichtquelle sein, die die Reflektion natürlichen Sonnenlichts durch den Mond auch wirklich simuliert. Der Mond strahlt letztlich nicht blau!

Blaue Mondlichter sind allerdings sehr häufig, weil das menschliche Auge Blaustrahlung weniger gut rezeptieren kann und es uns daher dunkel erscheint. In diesem Zusammenhang müssen wir aber berücksichtigen, dass insbesondere die Photosysteme von Algen und zooxanthellaten Korallen ihr rezeptorisches Maximum vor allem im Blaubereich haben, und Blaustrahlung daher als „hell“ wahrnehmen. Das bedeutet, dass selbst eine geringe Blauemissionen, die ein Mondlicht abstrahlt, dazu führen kann, dass die Photosysteme von Algen und Zooxanthellen nicht zur Ruhe kommen und dauerbelastet werden. Das kann photophysiologicalen Stress verursachen, was die Korallenwachstumsrate senken und sogar im Falle von → [Nährstoffmangelsituationen](#) weitaus größere Schäden verursachen kann. Darüber hinaus sind Probleme mit Algenwachstum, v.a. Cyanobakterienwachstum und Dinoflagellaten (als stressbedingt ausgestoßene Zooxanthellen) begünstigt.

Es wird daher empfohlen, auf ein blaues Mondlicht zu verzichten und wenn überhaupt nur eine weiße Lichtquelle dafür zu nutzen. Ein weißes Mondlicht ist für alle Organismen im Riffaquarium schonender und kann dann auch Vorteile haben, um Fische, v.a. Neuzugänge ohne Schlafplatz oder hektische oder springfreudige Fische wie Grundeln oder Lippfische schonender in die Nachruhe zu bringen.

**-N-**

### **Nährstoffmangelsituationen**

**IN BEARBEITUNG**

**-O-**

### **Ozonisierung**

**IN BEARBEITUNG**

**-P-**

### **Plankton (Phytoplankton, Zooplankton, Bakterioplankton)**

**IN BEARBEITUNG**

**Pelletfilter → [Biopellets](#)**

**Pumpen → [Strömungskonzept](#)**

-Q-

-R-

## Refugium (Pl.: Refugien)

Als Refugium bezeichnet man ein vom Hauptaquarium, oft im Filter-/Technikbecken separiertes Abteil (auch Kompartiment genannt), oder ein abgekoppeltes, zumeist kleineres Aquarium, das eine i.d.R. andere Organismengemeinschaft beherbergt wie das Hauptbecken. Der Name leitet sich vom lateinischen *refugere* ab und bezieht sich auf einen Zufluchtsort. Er impliziert auch in der Riffaquaristik, dass die in diesem Biotop lebenden Organismen von einem Fraßdruck oder einem allgemeinen Konkurrenzdruck, der sich durch Fische, Seeigel, Schnecken, etc., ergibt, räumlich geschützt sind und sich ungestört entwickeln, wachsen und fortpflanzen können. Demnach kann auch ein an das Hauptbecken angeschlossenes Becken mit Korallenablegern (Ablegerbecken) als Refugium bezeichnet und als solches betrachtet werden, weil es der ungestörten Regeneration und Aufzucht von Korallenablegern dient.

Häufig werden Refugien heute aber nicht mehr in diesem ursprünglichen und wortabgeleiteten Sinn verstanden. Vielmehr werden in vielen Fällen Algenrefugien installiert, um bestimmte Probleme mit dem Riffaquarium, wie zu hohe Nitrat- oder Phosphatwerte, Algenwachstum, schlechtes Korallenwachstum, Plagen mit Cyanobakterien oder anderen Mikroalgen, wie z.B. Dinoflagellaten, zu verdrängen, weil dem jeweiligen Riffaquarianer grundlegende diagnostische Fähigkeiten und Möglichkeiten fehlen, um solche Probleme gezielt zu ergründen und zu beheben. Das Refugium ist in vielen Fällen daher leider nur ein weiterer Hilfsnagel, an den sich Riffaquarianer klammern, um ein nicht nachvollziehbares Problem irgendwie „in den Griff zu bekommen“.

Dem Refugium muss stets die gleiche pflegerische Aufmerksamkeit gewidmet werden wie dem Hauptbecken. Je komplexer ein Gesamtaquariensystem aufgebaut ist, desto höher ist auch der Pflegeaufwand. Wer es also einfacher haben möchte, verzichtet besser auf ein Refugium. Ein Korallenriffaquarium kann auch stets ohne Refugium gepflegt werden, und man ist kein schlechter Riffaquarianer, wenn man dieser „biologischen Filterung“ den Rücken kehrt. Die Entscheidung für ein Refugium liegt immer beim Riffaquarianer, mit der Anforderung, dass das Refugium sowohl gut gepflegt als auch adäquat und wenn nötig separat/autark mit Nährstoffen versorgt wird.

Für das *sangokai* System, bzw. generell für Riffaquarien, sind Refugien im Sinne der Biotoperweiterung durchaus nützlich, wenn auch nicht grundsätzlich notwendig. Jedes Riffaquarium kann auch ohne ein Refugium optimal gepflegt werden. Allerdings kann es, wenn es sinnvoll geplant, aufgebaut, gepflegt und v.a. kontrolliert wird, durchaus nützlich sein, und zwar im Sinne der genannten Biotoperweiterung und der Komplexierung der Nahrungskette und der Steigerung der Artenvielfalt, was auch dem Grundprinzip des *sangokai* Systems entspricht. Ganz klar muss jedoch betont werden, dass ein schlecht gestaltetes, falsch installiertes und mangelhaft gepflegtes Refugium deutlich

mehr Schaden anrichten und kontraproduktiv für das Gesamtaquariensystem sein kann, als das es überhaupt einen positiven Effekt hätte.

Das *sangokai* System empfiehlt bevorzugt Lebendgesteinrefugien, die nach einem ganz bestimmten Prinzip aufgebaut sind, das im Verlaufe dieses Kapitels an gegebener Stelle noch erläutert wird. Allerdings sind alle anderen Refugiumtypen genauso akzeptiert. Welcher Refugium-Typ zum Einsatz kommt, oder welche Algen in einem Algenrefugium gepflegt werden können, ist nicht so sehr relevant und kann individuell vom Riffaquarianer bestimmt werden.

Grundsätzlich ist es für den Riffaquarianer wichtig, dass ein Refugium als eigenständiger Lebensraum, d.h. als Biotop verstanden wird. Dieses Biotop muss nicht nur optimal technisch ausgestattet, und sinnvoll gestaltet sein, sondern auch regelmäßig und dauerhaft gepflegt werden. **Vor allem muss es als sich selbst behauptender Lebensraum innerhalb des Gesamtaquariensystems verstanden werden.** Das bedeutet, dass sich die Organismen in einem Refugium genauso zu behaupten versuchen, wie es die Organismen im Hauptaquarium gleichzeitig tun. Dabei geht es v.a. um Konkurrenz um Nährstoffe sowie um Siedlungsraum. Im Weiteren sollen die hier zugrunde liegenden ökologischen Prinzipien erörtert werden.

Die häufigste Form des Refugiums ist das Makroalgenrefugium. Andere Refugiumtypen wie das Lebendgesteinrefugium oder das Sandbettrefugium kommen zwar nicht selten als Hybridformen innerhalb eines Algenrefugiums vor, sind als eigenständige Refugiumtypen aber deutlich seltener.

Prinzipiell ist ein Refugium im Sinne der Biotoperweiterung sinnvoll und nützlich, sofern es gut gepflegt wird und es nicht mit dem Hauptbecken z.B. um Nährstoffe konkurriert. Letzteres ist eine wesentliche Anforderung, die erfüllt sein muss. Wenn beispielsweise im Falle einer akuten → **Nährstoffmangelsituation** das Refugium anteilig Nährstoffe verbraucht, dann stehen diese dem Hauptbecken und den darin wachsenden Korallen nicht zur Verfügung, was den positiven Nutzen des Refugiums nicht nur zunichte macht, sondern das Refugium auch als negatives Element darstellt. Allerdings kann z.B. ein Algenrefugium im umgekehrten Falle eines Nährstoffüberschuss bei hohem Fischbesatz sehr wirkungsvoll den Nährstoffgehalt senken, wenn die Algen regelmäßig abgeerntet werden. Das Abernten schafft dann letztlich den Nährstoffexport aus dem Aquariensystem. Der Riffaquarianer muss sich also der möglichen Wirkungen eines Refugiums auf das Gesamtsystem bewusst sein!

Um ein Refugium hinsichtlich eines möglichen Konkurrenzeffekts kontrollieren zu können, sollte es im Bypass oder mit einer eigenen Betriebspumpe betrieben werden. Dadurch erhält man eine Regelgröße, die dynamisch je nach Sinn und Nutzen verändert werden kann. Im Falle eines Nährstoffmangels sollte der Durchfluss durch das Refugium gedrosselt werden, oder man würde das Refugium sogar gänzlich abtrennen und separat mit Nährstoffen versorgen, um einen Effekt auf das Hauptbecken auszuschließen. Ist das Refugium direkt im Technikbecken integriert, steht diese Regeloption natürlich nicht zur Verfügung, und die Auswirkungen des Refugiums kann nur über das → **effektive Durchflussvolumen** der Rückförderpumpe gesteuert werden.

Als Richtwert für das Durchflussvolumen durch ein Bypass-betriebenes oder separiertes Refugium empfiehlt sich zur optimalen Pflege das 1 - 2-fache des Nettovolumens des Refugiums pro Stunde. Ein 50 L Refugium kann also mit 50 - 100 L/h versorgt werden. Ob eine Erhöhung des Durchflussvolumens z.B. hinsichtlich des Abbaus erhöhter Nitrat- und Phosphatwerte sinnvoll ist, sollte individuell geprüft werden. Wichtig ist nur, dass in einer allgemeinen Nährstoffmangelsituation das Durchflussvolumen auf mindestens das 1-fache des Refugium-Nettovolumens gedrosselt wird, oder im Bedarfsfall sogar noch geringer.

Für ein Refugium empfiehlt sich nicht nur eine eigene Beleuchtung (die auch invertiert zur Hauptbeleuchtung gesteuert werden kann, d.h. tagsüber aus, nachts an, was eine bessere pH-Stabilität und Kohlendioxid/CO<sub>2</sub>-Verfügbarkeit ermöglicht), sondern auch eine eigene Bestromung. Dadurch werden die Algen, die lebenden Steine oder das Sandbett nicht nur besser mit Nährstoffen versorgt und der Gasaustausch verbessert, sondern auch Mulm-Ablagerungen im Refugium vermieden. Ein Mulm-/Detritus-Aufbau sollte generell verhindert werden, d.h. dass das Refugium auch in individuellen Intervallen abgesaugt werden sollte.

Die korrekte Platzierung eines Refugiums innerhalb des Aquariensystems ist sehr wichtig. Grundsätzlich sollte das Refugium räumlich immer hinter dem Abschäumer platziert sein, damit dieser das abzuschäumende Wasser aus dem Hauptbecken unmittelbar und an erster Stelle erhält, und nicht das Refugium (was die Abschäureffizienz durch die Umwandlung potentiell abschäumbarer Substanzen verringern kann). Erst dahinter sollte das Algenrefugium platziert sein bzw. der Bypass Betrieb erfolgen.

Im Folgenden sollen die drei Refugium-Typen etwas genauer vorgestellt werden.

### **- Algenrefugium**

Die Algen sollten immer in einer optimalen Wachstumsphase gehalten und entsprechend getrimmt werden. Ein verwuchertes Algenrefugium ist wenig bis gar nicht produktiv, weil es in der Netto-Bilanz genau so viele Nährstoffe in den beleuchteten und beströmten oberen Bereichen aufnimmt, wie es in den abgeschatteten und mangelhaft beströmten unteren Bereichen freisetzt bzw. durch abgestorbene Algenteile an die Umgebung verliert. Daher gilt der regelmäßigen Kürzung und dem Auslichten der Algen besondere Aufmerksamkeit, damit nicht nur eine positive Wirkung des Refugiums als Biotop erzielt wird, sondern die für das Refugium zusätzliche Technik (Bestromung und Beleuchtung) hinsichtlich der Energie-Nebenkosten sinnvoll eingesetzt wird.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es zu vermeiden gilt, dass sich Algenteile auslösen und ins Hauptbecken gelangen, was zu schlecht kontrollierbaren Plagen führen kann. Vor allem fein gefiederte und filigrane Algen (z.B. *Dictyota*) sollten durch eine nachgeschaltete mechanische Filterung aus dem Hauptbecken fern gehalten werden. Ähnliches gilt für z.B. Glasrosen, die

oft in Refugien ohne entsprechende Kontrolle (z.B. über *Lysmata wurdemanni* Garnelen, etc.) auftreten können und sich ins Hauptbecken ausbreiten können.

#### - Lebendgesteinrefugium

#### - Sandbettrefugium

Ein Sandbettrefugium ist ein vom Hauptbecken separiertes Sandbett-System, in dem gewünschte biologische Aktivitäten im Sand etabliert und v.a. gesteuert und kontrolliert werden können. Solche biologischen Aktivitäten sind üblicherweise der Abbau zu hoher Nitrat- oder Phosphatwerte, z.B. durch die Denitrifikation oder die Steigerung des Phosphatumsatzes in mikrobiell sehr aktiven Sedimenten. Allerdings kann auch im ganz allgemeinen Sinne die Biotoperweiterung und die Steigerung der Organismen- und Artenvielfalt ein gewünschtes Ziel sein, das wiederum auch den Nährstoffbedarf eines Riffaquariensystem durch die gesteigerte Produktivität erhöht und darüber Nitrat und Phosphat senken kann.

Wichtige Grundinformationen zum Thema Sandbett-Systeme liefert das Stichwort → [Bodengrund](#). An dieser Stelle soll vornehmlich der optimale Aufbau und Betrieb eines Sandbettrefugiums erläutert werden, was letztlich darüber entscheidet, ob das Sandbettrefugium funktioniert oder nicht, bzw. ob es sich sogar negativ auf das Gesamtsystem auswirkt.

Für ein Sandbettrefugium ist der Betrieb im Bypass oder mit einer regulierbaren separaten Betriebspumpe beinahe schon Pflicht, weil ein mikrobiell hochaktives Sandbett enorm leistungsfähig und damit auch potentiell schädlich ist. Daher muss das Sandbettrefugium eine Regelgröße wie das Durchflussvolumen besitzen, damit man es steuern und kontrollieren kann. Je höher der Durchfluss durch ein Sandbettrefugium ist, desto stärker kann auch die biologische Wirkung sein, unabhängig davon, ob diese gewünscht ist oder sogar negativ für das Riffaquarium ist.

Wichtig für ein Sandbettrefugium sind nicht nur die optimale Korngröße und die Schichthöhe, wie es unter dem Stichwort → [Bodengrund](#) thematisiert wird, sondern die Bestromung des Sediments und die Strömungsgeschwindigkeit über dem Sediment. Ohne eine ausreichend hohe Oberflächenströmung können weder Sauerstoff, noch wichtige Nährstoffe in das Sandbettsystem eindringen. Daher sollte ein Sandbettrefugium so konzipiert und gebaut sein, dass sich über dem Sandbett eine laminare und möglichst konstante Strömung ausbreiten kann. Über die Konstanz gewährleistet man, dass sich die Sandoberfläche nicht zu stark mechanisch verwühlt oder gar verfrachtet wird. Es gilt also, Turbulenzen zu vermeiden.

Idealerweise ist die Strömung über dem Sediment eine passive Zugströmung, die sich in einem Strömungskanal, also einem flachen und schmalen Refugium mit hoher Geschwindigkeit relativ einfach erzeugen lässt. Dafür benötigt es eine Unterbodenströmung durch eine leistungsfähige und sinnvollerweise regelbare Strömungspumpe (Propellerpumpen sind hierzu sehr gut geeignet). Am Ende des Strömungskanals wird die Strömung durch die begrenzende Glasscheibe nach oben geleitet bzw. gedrückt und dann wieder in die entgegengesetzte Richtung durch den Sog der Strömungspumpe zurückgezogen. Diese Strömung ist dann eine passive und sehr laminare, gleichmä-

ßige Rückströmung. In diesem oberen Bereich wird das Sandbett untergebraucht, so dass das Wasser in konstanter Geschwindigkeit über das Sandbett fließen und in das Lückensystem eindringen kann.

Das Becken für das Sandbett-Refugium hat also einen doppelten Boden und sollte für die Kanalwirkung nicht zu breit gebaut sein. Es gilt, je schmaler der Kanal ist, desto weniger Leistung muss die eingesetzte Strömungspumpe besitzen, und umgekehrt. Um Spritzwasser bei zu starker Strömung daran zu hindern, in die Umgebung zu gelangen, können am oberen Rand des Sandbettefugiums Längstraversen eingeklebt und darauf eine Glasplatte, bzw. PVC- oder Acrylglasplatten aufgesetzt werden (je nachdem, ob das Sandbettefugium hell oder abgedunkelt sein soll). Darüber wird allerdings der Gasaustausch mit dem Wasser verschlechtert, d.h., dass der externe Zufluss von Aquarienwasser in das Sandbettefugium hinein bei komplett abgedecktem Refugium für den Haupteintrag von Sauerstoff sorgt und das Wasser bei hoher Sandbettaktivität das Refugium entsprechend sehr sauerstoffarm verlässt. Es sollte nach dem Refugium erst wieder Sauerstoff aufnehmen können, was eine gute nachgeschaltete Belüftung erforderlich macht. Soll das System mit viel Sauerstoff versorgt werden, würde man das Refugium nicht komplett abdecken, sondern nur an den jeweiligen Enden Platten auflegen, dort, wo das Wasser jeweils auf die Glaswand trifft und die Richtung ändert und dabei Spritzwasser erzeugen kann.

Das Sandbett kann in einem solchen Strömungskanal recht einfach nach dem Blumenkasten-Prinzip eingesetzt werden, mit entsprechendem Abstand von den Stirnseiten, damit sich die Strömung hier nach oben bzw. nach unten umkehren kann, ohne in diesem turbulenten Bereich das Sandbett aufzuwirbeln, was zur Verfrachtung von Sandmassen führen würde. Je nach Strömungsleistung bzw. Strömungsgeschwindigkeit sollte der Abstand 10 - 15 cm zu den Stirnseiten hin betragen, bei kleineren Refugien ggf. auch etwas weniger. Für Privataquarien eignen sich aus Platzgründen kaum längere Sandbettefugien als 1 m, mit einer effektiven Sandbettlänge von ca. 60-80 cm, je nachdem, wie groß die Abstände zu den Stirnseiten gewählt werden. Ein 1 m langes Refugium ist dann nicht breiter als 25 cm, um eine gute Kanalwirkung zu erzielen. Auch 20 cm würden ausreichen, wobei dann die Strömungsgeschwindigkeit gut reguliert werden muss, weil diese mit abnehmender Kanalbreite zunimmt. Für ein 50 cm langes Refugium wäre eine Breite von 10 - 12 cm annehmbar. Als Faustformel kann man pro 10 cm Länge eine Breite von 2-2,5 cm annehmen. Schmalere Sandbettefugien sind zu turbulent und entwickeln zu hohe Strömungsgeschwindigkeit, deutlich breitere Kanäle erfordern wiederum leistungsfähigere Pumpen.

Es darf bei der Dimensionierung des Refugiums, vergleichbar mit den anderen Refugiumtypen, nicht übersehen werden, dass das Refugium keinen konkurrierenden Effekt verursachen soll. Ein hochaktives Sandbettefugium mit 1 m Länge und 25 cm Breite kann eine enorme Wasserbelastung beherrschen, wenn es richtig betrieben wird.

Die Auswahl der Korngröße entscheidet dann wiederum über die Schichthöhe. Hier gelten die Informationen, die unter dem Stichwort → [Bodengrund](#) genannt sind. Je feiner die Körnung ist, desto höher ist die Verdichtung sowie das Lückensystem, und desto geringer kann die Schichthöhe ausfallen. Je gröber das Material ist, desto höher muss die Schichthöhe gewählt werden, wenn sowohl aerobe wie auch anaerobe Stoffwechselaktivitäten gewünscht sind.

Durch die parallele laminare Bestromung richtet sich der Sauerstoff- und Nährstoffgradient im Sediment entsprechend der Strömungsrichtung ebenfalls quer aus. Das hat zur Folge, dass es weniger darauf ankommt, wie tief das Sandbett ist, sondern v.a. auch, wie lang es ist. Wird also ein relativ kurzes Refugium mit sehr viel Strömungsgeschwindigkeit betrieben, wird das Sandbett vermutlich komplett oxisch sein, selbst bei einer sehr feinen Körnung, die den Wassereintritt stark abbremsst.

Für ein hochaktives Sandbettrefugium sollte die Sedimentkörnung nicht zu fein und auf keinen Fall zu grob sein. Es empfiehlt sich eine Körnung von nicht weniger als 2-5 mm, die sowohl feinkörnig genug ist, um einen guten Gradienten zu entwickeln, aber kein zu großes Lückensystem erzeugt. Größere Körnungen oder gar Korallenbruch würden unter solchen Strömungsbedingungen viele Aufwuchsalgen (engl. „Turf“-Algen) ansammeln, v.a., wenn das Refugium beleuchtet wird, was dann eher einem „Algen-Turf-Filter“ ähneln würde, der im englischen Sprachraum in den 1990er Jahren v.a. in Großaquarien sehr populär war. Feinere Sandsorten würden hingegen in Relation zu der zur Verfügung stehenden Siedlungsfläche zu wenig Nährstoffe einlagern, wodurch das Sandbett nur eine geringe Bioaktivität erzeugen würde.

Zum Einbringen des Sandbettes empfiehlt sich das Blumenkasten-Prinzip. Entweder, es werden direkt Begrenzungs-Querscheiben auf dem oberen Boden des Refugiums eingeklebt und der Sand dort eingefüllt, oder der Aquarienbauer baut einen eigenen Kasten (wie ein Blumenkasten), der ausserhalb des Refugiums mit Sediment gefüllt und eingesetzt und auch wieder herausgenommen werden kann. Letztere Option besteht aufgrund des Gewichts nur für kleinere Sandbettrefugien bis zu ca. 50 cm Länge. Bei größeren Refugien spielt dann die richtige Auswahl von Korngröße und Schichthöhe eine weitaus wichtigere Rolle, weil das Sediment nur noch mühselig aus dem System ausgeschaufelt werden kann.

Für den Aquarienbauer ist die Höhe der Begrenzungsscheiben bzw. des Einsatzkastens wichtig. Während der Unterbodenabstand sich v.a. nach der Größe der eingesetzten Strömungspumpe richtet, und meist mit ca. 10 cm Höhe für fast alle Pumpen völlig ausreichend ist, kann die Schichthöhe im Sandbett selbst variieren. Für die empfohlene Korngröße von 2-5 mm sollte die Schichthöhe mindestens 8-10 cm betragen, was auch die Höhe der Begrenzungsscheiben bzw. des Einsatzkastens wäre. Soll gröberer Korallenbruch eingesetzt werden, würde der Einsatzkasten mind. 15 cm hoch sein. Hier spielen auch die räumlichen Gegebenheiten im Aquarium- oder Technikraum bzw. Schrank eine entscheidende Rolle. Ein Sandbettrefugium wird also eine Höhe von ca. 40 cm haben.

Die Strömungsgeschwindigkeit spielt im Sandbettrefugium eine sehr große Rolle und ist die wesentliche dynamische Komponente, mit der das Sandbettrefugium gesteuert wird. Die Korngröße und die Schichthöhe sind vielmehr fixe Komponenten, die einmalig bestimmt und nur bei Bedarf verändert werden. Es gilt jedoch am Riffaquarium selbst zu beobachten, wie ein solches Sandbettrefugium optimal eingeregelt werden muss.

Zur Auswahl der Strömungspumpen sei noch gesagt, dass es wenig Sinn macht, breit strömende und schwache Pumpen zu nehmen, weil es dann im strömungsaktiven Bereich des Strömungskanals sein kann, dass die Strömung gar nicht am Ende nach oben gedrückt wird, sondern seitlich

am Kanal zurück strömt und wieder von der Pumpe im unteren Kanalbereich angesaugt wird. Es empfiehlt sich also, eine Strömungspumpe zu nehmen, die eine druckvolle Strömung erzeugen kann und es schafft, die Wassermasse über eine möglichst weite Länge zu beschleunigen. Dadurch wird das Wasser aus dem oberen Kanalbereich, dort wo das Sandbett liegt, angesaugt, was dann das Zirkulationsprinzip in Gang setzt.

Sandbettrefugien können auch beleuchtet werden, was die Entwicklung komplexer und artenreicherer Biofilme auf dem Sandbett begünstigt. Dadurch entsteht im Lückensystem des Sandbetts auch eine oftmals reichhaltige Mikrofauna, die v.a. aus diversen Krebstieren wie Isopoden, Gammariden oder harpacticoiden Copepoden besteht. Diese ermöglichen dann auch die Destruktion von Futterpartikeln, die im Zuge der mikrobiellen Mineralisation weiter im Sand verarbeitet werden können. Das Licht sollte allerdings nicht zu stark sein und eine Tageslänge von maximal 12 Stunden nicht überschreiten, damit nicht übertrieben starkes Algenwachstum wie in den „Algen-Turf-Filtern“ generiert wird. Das Sandbettsystem würde dann an Leistungsfähigkeit einbüßen, weil der Wassereintritt in das Sediment kritisch verringert wird. Ist das der Fall, sollte das Sandbettrefugium abgedunkelt werden.

Auch bei einem Sandbettrefugium kann die Beleuchtungsphase zur Hauptbeleuchtung des Riffaquariums invertiert werden.

Ein Sandbettrefugium kann zwar durchaus sehr leistungsfähig sein und positiven Einfluss auf das Riffaquarium ausüben. Aufgrund seiner Komplexität sei es Einsteigern aber nicht empfohlen. Darüber hinaus sollte ein entsprechend üppiger Fischbesatz mit einem signifikanten Futtereintrag Grundlage für den Einbau eines solchen Refugiums sein. Riffaquarien unter 500 Liter werden alleine aus Platzgründen i.d.R. kein Sandbettrefugium einrichten können. Steht aber etwas Platz zur Verfügung, können auch kleine Sandbett-Kanäle mit 40-50 cm etabliert werden.

## **Riffaquariengestaltung**

**IN BEARBEITUNG**

**-S-**

## **Start von Riffaquarien (Startphase)**

**IN BEARBEITUNG**

## **Strömungskonzept **NEU!****

Die Beströmung von Riffaquarien ist für den erfolgreichen Betrieb eine der wichtigsten Faktoren und sollte im Rahmen der Beckenplanung eine ausreichende Zeit lang thematisiert werden. Die Strömung ist qualitativ betrachtet genauso wichtig wie die Beleuchtung, was aber nicht immer berücksichtigt wird. Dieses Kapitel soll hinsichtlich der Planung und Auswahl des Strömungskonzepts vor allem ein praxisnaher Ratgeber sein und darüber hinaus verschiedene Strömungsmöglichkeiten vorstellen.

Auch dieses Kapitel versteht sich unabhängig vom *sangokai* System als allgemein gültige riffaquaristische Literatur.

Der wichtigste, aber leider oft am wenigsten beachtete Parameter hinsichtlich der Auswahl und Optimierung des Strömungskonzepts für ein individuelles Riffaquarium ist die → **Riffaquariengestaltung**. Bevor überhaupt die Anzahl und die Leistung der für das Strömungskonzept erforderlichen Strömungspumpen bestimmt werden kann, muss das Konzept der Riffaquariengestaltung weitestgehend stehen. Das bedeutet nicht, dass bis zum letzten Stein der Aufbau fertiggestellt sein muss, sondern dass eine gut geplante Übersicht vorhanden ist, und die Riffaquariengestaltung aus architektonischer Sicht einem definierten Thema folgt, z.B. einem Riffplateau, einer Riffschlucht oder dem mittlerweile sehr populären Thema des „Sandzonen-Riffs“, das nur wenige kleine Gesteinsformationen mit viel Schwimmraum darstellt.

Die Gestaltung des Riffaquariums bestimmt den Strömungswiderstand und die Strömungsverteilung. Genau dieser Zusammenhang stellt die Planung des Strömungskonzepts nicht auf eine einzelne separate thematische Basis, sondern verlangt, dass beide Themen bei der Planung gruppiert werden. **Eine in Lehrbüchern oder im beratenden Handel oft empfohlene relative Mindest-Wasserumwälzung von dem x-fachen des Beckenvolumens pro Stunde ist nicht nur sinnlos und führt zu keinem optimalen Ergebnis, sondern geht auch an der hier wichtigen individuellen Beratung und Planung in Anlehnung an die Riffaquariengestaltung vorbei.**

Es gilt, je üppiger eine Riffaquariengestaltung ausfällt, desto höher sind die Anforderungen an das Strömungskonzept, sowohl qualitativ wie auch quantitativ. Viele Steine blockieren im Becken den Strömungsweg und verhindern eine ausreichend große Wasserumwälzung, erzeugen Strömungslücken und Bereiche mit Strömungsschatten. Demnach müssen vor allem mehr Pumpen in unterschiedlichen Beckenbereichen eingeplant werden, damit sich bezogen auf die stark strukturierte Beckengestaltung eine sehr gute Gesamtströmungsverteilung ergibt. Es macht also keinen Sinn, auf wenige, dafür aber sehr starke Pumpen zurückzugreifen, weil sich dadurch nicht die Gesamtverteilung verbessern lässt und eine hohe Druckleistung nur für lokale Turbulenzen sorgt, die oftmals auch zu stark sind. Für üppig gestaltete Becken ist es weniger wichtig, wie viel Druck eine einzelne Pumpe erzeugt, sondern wie breit und flächig sie die Strömung im Raum verteilen kann. Nur mit einer breiten Strömung aus mehreren Richtungen können gestalterische Hürden wie Riffformationen überwunden werden. Da sich in einem üppig gestalteten Becken pro Beckenabschnitt mehrere Pumpen innerhalb des Strömungskonzepts um die Gesamtströmungsverteilung kümmern, muss die einzelne Pumpe weniger druckvoll und stark sein. Eine breite aber nicht zu starke Beströmung ist vor allem auch für die Korallenpflege wichtig, weil üppig dekorierte Riffaquarien typischerweise einen geringen Abstand zwischen Pumpen und Koralle aufweisen, und eine zu starke und punktuelle Strömung das Korallengewebe schädigen kann.

Umgekehrt gilt, dass ein lockerer Steinaufbau die Wasserzirkulation erleichtert und die Strömungswege lang ausfallen. Es geht also hier weniger um die Anzahl der Pumpen, als um die tatsächliche Leistung einer einzelnen Pumpe. Oft reichen eine oder zwei Pumpen für ein lockeres Gestaltungs-

konzept wie dem Sandzonen-Riff aus, um das gesamte Wasser um die flachen Riffformationen optimal zu verteilen. Dafür sind allerdings druckvolle Pumpen notwendig, die v.a. bei langen Becken über die Entfernung das gesamte Becken erreichen können. Nur in kleineren und v.a. quadratischen Becken, deren Glasscheiben aufgrund der Beckenform nah beieinander stehen, werden auch hier weniger druckvolle und dafür breit strömende Pumpen eingesetzt.

Wir sind heute technisch betrachtet in einer optimalen Ausgangslage, um durch verschieden konzipierte Strömungspumpen die individuell notwendigen Strömungsaufgaben lösen zu können. Vor allem die Entwicklung der Propellerpumpen war in den frühen 2000er Jahren eine wesentliche praktische Verbesserung, die hohen Anteil an der positiven Entwicklung der modernen Riffaquaristik hat.

Im folgenden sollen verschiedene Strömungs-Parameter besprochen werden.

### ***Strömungsverteilung***

Physiologisch ist jeder Organismus davon abhängig, dass er sich mit seiner Umgebung austauscht, d.h., dass er z.B. Sauerstoff und Nährstoffe aufnehmen und CO<sub>2</sub> und Stoffwechselendprodukte wieder abgeben kann. Die Strömung spielt dafür in aquatischen Ökosystemen als Mediator eine entscheidende Rolle. Durch die Stoffwechselaktivität der Organismen sinkt in einer stehenden und wenig bewegten Wassermasse mit der Zeit die Verfügbarkeit der Ausgangsstoffe (Sauerstoff, Nährstoffe), während sich gleichzeitig die Stoffwechselendprodukte anreichern. Darüber hinaus führt die Akkumulation der Stoffwechselendprodukte, v.a. das CO<sub>2</sub>, dazu, dass sich darüber auch physikalisch-chemische Veränderungen im Wasser ergeben, z.B. dass der pH-Wert und das Redox-Potential sinken. In der riffaquaristischen Praxis muss also dafür gesorgt werden, dass sich an jeder Stelle und idealerweise zu jeder Zeit im Riffaquarium ein signifikanter Austausch der Wassermassen ergibt.

Vor allem Steinkorallen mit ihren harten und nicht im Wasser beweglichen Kalkskeletten sind davon abhängig, dass sich nicht nur um sie herum das Wasser bewegt, sondern auch das Wasser innerhalb ihrer Kolonie ausgetauscht wird. Genau hier führt die Ansammlung von Stoffwechselendprodukten schon in sehr kurzer Zeit zu einer möglicherweise kritischen Veränderung nicht nur der Meerwasserqualität, sondern auch von der Temperatur, denn der Korallenstoffwechsel erzeugt Wärme. Diese Wärme kann sich innerhalb der Kolonie anstauen und lokal zur Überhitzung und zu Schäden führen, was gerade in heißen Sommermonaten ein zu beachtender Punkt ist, wenn innerhalb einer Korallenkolonie das Wasser nochmal um 1-2°C wärmer sein kann als im freien zirkulierenden Wasser.

Wenn das Wasser im Riffaquarium durch eine ausreichend hohe Strömungsverteilung zirkuliert, verteilen sich sowohl Nährstoffe wie auch Schadstoffe bzw. Stoffwechselendprodukte gleichmäßig. Durch die Wirkung der Filtertechnik und in Abhängigkeit von dem → **effektiven Durchflussvolumen** kann das Wasser dann wieder aufbereitet werden (Sauerstoffanreicherung, Nährstoffzufuhr durch aktive Düngung/Fütterung und Schadstoffentfernung durch die Filtertechnik).

Die Qualität und Leistungsfähigkeit der Filterung hängt also maßgeblich auch von der Qualität der Strömungsverteilung im Riffaquarium ab.

Grundsätzlich ist es im praktischen Betrieb des Riffaquariums notwendig, dass das Strömungskonzept regelmäßig, mindestens einmal im Jahr auf eine optimale Wirkung hin überprüft wird. Es ist in der Folge der „Betriebsblindheit“ nicht untypisch, dass es für den Riffaquarianer unbemerkt bleibt, dass die gewachsenen Korallen im Laufe der Zeit die ursprüngliche Raumstruktur der Riffaquariengestaltung verändert, und damit auch die Qualität des Strömungskonzepts beeinflusst haben.

Es kommt häufig vor, dass bei gut wachsenden Korallen v.a. Probleme mit einer sog. strömungsinduzierten → **Nährstoffmangelsituation** auftreten, d.h., dass durch einen lokal mangelhaften Austausch von Wassermassen in der Nähe oder in der Korallenkolonie (v.a. bei buschigen SPS-Korallen) eine nicht mehr optimale Nährstoffzufuhr besteht, wenngleich im freien Wasser noch ausreichend viele Nährstoffe vorhanden sind. Solche Situationen gilt es stets zu vermeiden.

### ***Strömungsarten (aktive und passive Strömung)***

Wie erwähnt hat die Entwicklung der Propellerpumpen sehr dazu beigetragen, dass sich die Qualität der Strömung in Riffaquarien verbessert. Die Propellerpumpen lösten schnell die damals noch typischen Kreiselpumpen ab, die einen sehr harten Strömungsstrahl erzeugten, der zwar Wasser auch über eine gewisse Länge transportieren konnte, aber nur in einem sehr schmalen Grat. Oberhalb und unterhalb dieses Strömungsstrahls wurde das Wasser nur wenig bewegt. Der Pumpenstrahl war oft zu stark, um in naher Entfernung Korallen zu platzieren, was den Riffaquarianer hinsichtlich der Gestaltung und seines Besatzplans mitunter stark einschränkte.

Propellerpumpen hingegen erzeugen einen breiten Pumpenstrahl, der eine größere Wassermasse bewegt und daher auch effektiver zur Strömungsverteilung beiträgt. Auch die Distanz zu den Korallen verkürzt sich, weil die Strömung sanfter und nicht zu punktuell auf die Korallen trifft.

Heute haben sich Propellerpumpen als Strömungspumpen für Korallenriffaquarien weitestgehend durchgesetzt, wenngleich für größere Riffbecken ab 1000 L auch elektronisch regelbare Kreiselpumpen im sog. *closed-loop* System eingesetzt werden. Auch dieses Thema wird an geeigneter Stelle in diesem Kapitel diskutiert.

Wir unterscheiden hinsichtlich der durch Pumpen erzeugten Strömung zwei verschiedene Arten: die aktive und die passive Strömung.

- **Die aktive Strömung** ist die unmittelbar am Pumpenausgang erzeugte und sich im Aquarium ausbreitende Strömung. Sie wird bei Kontakt mit einem Gegenstand, wie einem Stein oder einer Koralle, je nach Einwirkung in ihrer Richtung mehr oder weniger stark verändert, oder aber bei vollem Kontakt unterbrochen. An diesen Stellen entstehen sogenannte *Turbulenzen*. Darüber hinaus führt eine Aquarienscheibe bei Kontakt sofort zur Ableitung der aktiven Strömung, was eine schlechte Gesamtströmungsverteilung bedeutet, mit einer hohen Strömungsgeschwindigkeit an den Scheiben oder auch am Boden bzw. an der Wasseroberfläche (je nachdem, in welche Rich-

tung die Strömung von der Scheibe abgeleitet wird), aber mit einer mehr oder weniger schlecht bewegten Wassermasse im Bereich der Beckenmitte.

Die Reichweite der aktiven Strömung hängt also sowohl von der Pumpenleistung selbst ab, als auch von der zur Verfügung stehenden Länge bzw. dem freien Weg, um die aktive Strömung auszubreiten. Dabei drückt die neu generierte Strömung am Pumpenausgang die bereits erzeugte bewegte Wassermasse weiter voran, allerdings nur so weit, wie der Druck der Pumpe ausreicht, um gegen den Widerstand der Wassermasse zu arbeiten.

Neben Gegenständen wirkt auch eine bereits bewegte aber nicht gleichgerichtete Wassermasse zur Ableitung oder Unterbrechung einer aktiven Strömung, wobei sich beide Strömungen gegenseitig beeinflussen und im schlechtesten Falle bei genau gegensätzlicher Strömungsrichtung aufheben können. Eine solche Konfrontations-Strömung gilt es im Rahmen des Strömungskonzepts zu vermeiden.

An dieser Stelle sei nochmals deutlich gesagt, dass das Strömungskonzept maßgeblich von der → **Riffaquariengestaltung**, und hier v.a. von der Raumstruktur der Gestaltung, wie auch von der Beckenform abhängig ist, was die Auswahl geeigneter Pumpen und die Pumpenzahl bestimmt.

Neben der aktiven Strömung gibt es beim Einsatz von Strömungspumpen auch eine passive Strömung.

- **Die passive Strömung** wird durch die Saugleistung der eingesetzten Strömungspumpen erzeugt. Jede Pumpe saugt Wasser an und beschleunigt dieses Wasser durch ihren Antrieb. Bei Propellerpumpen ist die Ansaugung sehr stark von der Bauweise der Pumpe abhängig, aber insgesamt gilt, dass eine Propellerpumpe möglichst widerstandsarm ansaugen muss, damit es nicht zu einer Leistungsschwächung kommt. Ein passiver Strömungseffekt im Riffaquarium hängt stark von der Platzierung der Pumpe ab sowie von der Beckenform, bzw. von der Form der Gestaltung, die ggf. die Strömungsrichtung hin zur Pumpe kanalisiert.

Der passive Rückstrom des Wassers hin zur Pumpe kann v.a. in Pumpennähe sehr leistungsfähig sein und sollte auch durch eine gute Pumpenplatzierung im Rahmen des Strömungskonzepts ausgenutzt werden. Je kanalisierter die Ansaugung zur Pumpe ist, desto stärker ist die passive Saugströmung. Wenn wiederum die Pumpe Wasser aus allen Richtungen im Becken ansaugt, z.B. dann, wenn sie innerhalb einer Gestaltung versteckt ist, erzeugt diese Pumpe bezogen auf eine bestimmte Strömungsrichtung auch keinen passiven Strömungseffekt.

Sehr effektiv, aber für den Tierbesatz problematisch, sind spezialisierte Strömungsschächte, in denen die Pumpen platziert werden. Manche Propellerpumpen haben eine Gehäuseform am Pumpenauslass, die der genormten Größe von PVC-Fittings entspricht, so dass man die Pumpen direkt in ein PVC-Fitting-Ring einstecken kann. Ein solches Fitting wird in die Bohrung des Glasschachts mit Silikon eingeklebt. Dadurch kann sich unter Umständen die Lautstärke der Pumpe durch Vibrationen erhöhen. Allerdings können die Pumpen dann oft ohne weitere Verankerung oder Befesti-

gung direkt im Schacht montiert werden. Die Strömungsrichtung kann hier natürlich nicht mehr räumlich verändert werden.

Die Pumpe saugt das Wasser im Strömungsschacht an und drückt es direkt in das Becken, so dass Wasser durch eine zweite Öffnung im Schacht nachströmen muss. Diese Ansaugöffnung muss größer sein als die Öffnung, in der die Pumpe steckt, um einen Unterdruck-Effekt und damit eine Leistungsschwächung der Pumpe zu vermeiden.

Mithilfe eines Strömungsschachts wird die passive Saugströmung, die die Pumpe erzeugt, sehr gut im Riffbecken linear kanalisiert und kann daher auch wirkungsvoll genutzt werden.

Allerdings können je nach Pumpenleistung Fische und auch andere Tiere wie Garnelen oder Schnecken angesaugt werden. Solche Strömungskanäle sollten daher niemals mit einem Gitter versehen werden, weil die Tiere angesaugt und gegen das Gitter gezogen werden, was tödliche Quetschungen erzeugen kann, wenn sie sich nicht eigenständig von dem Gitter befreien können. Selbst in einem turbulenten Strömungsschacht, ist es für Fische oder Garnelen in einem Strömungs-Loch, z.B. im Bereich der Schachtecken, möglich, Schutz zu finden, sofern sie nicht aus eigener Kraft dazu in der Lage sind, gegen die Strömung aus dem Schacht zu schwimmen. Für starke und kräftige Fische wie Riffbarsche, Zwergbarsche etc. ist das oft kein Problem. Schwimmschwache Grundeln oder kleinere Fische sind allerdings stark gefährdet. Es macht daher durchaus auch Sinn, zwei Öffnungen/Bohrungen für die Ansaugung vorzusehen, damit die Saugleistung direkt am Schacht nicht zu stark konzentriert wird.

Strömungsschächte bieten sich v.a. für größere Riffaquarien an, oder für spezialisierte Anlagen wie Korallenzucht- oder Verkaufsanlagen, um die eingesetzten Pumpen effektiv sowohl hinsichtlich der aktiven wie auch der passiven Beströmung nutzen zu können.

Sie eignen sich zudem sehr gut dazu, dosierte Flüssigkeiten oder Futter direkt und schnell im Becken zu verteilen.

Im Gegensatz zur aktiven Strömung ist die passive Rückströmung sehr gleichmäßig und gleichgerichtet und entspricht einer laminaren Strömung. Der passiven Strömung fehlt allerdings der nötige Druck, um z.B. eine üppige Gestaltung zu durchqueren. Hier sucht die Strömung dann einen möglichst widerstandsfreien Weg und würde dann eher über eine Gestaltung hinweg fließen oder den Weg daran vorbei suchen. Nichts desto trotz kann eine passive Strömung sehr gut geeignet sein, um Korallen optimal zu beströmen. Dazu gehören v.a. Weichkorallen oder Gorgonien, aber auch SPS-Korallen, die durch die konstante passive Beströmung auch einen guten Wasseraustausch innerhalb ihrer Kolonie erfahren.

Sehr fangaktive Korallen wie *Tubastrea* oder auch azooxanthellate Gorgonien oder Weichkorallen sind hinsichtlich Ihrer Plankton-Fangquoten bei gleichmäßigen laminaren Strömungen sehr effektiv und können dadurch auch leicht indirekt gefüttert werden. Mit turbulenten Strömungen kommen solche Korallen und Filtrierer kaum zurecht und es steigt die Wahrscheinlichkeit, dass bereits gefangene Beute wieder entrissen wird. Solche Tiere können also sehr gut im Bereich der passiven Saugströmung von Propellerpumpen platziert und damit optimal gepflegt werden.

## **Ausrichtung von Strömungspumpen**

Um die technische Leistungsfähigkeit einer Pumpe im Riffaquarium auch optimal ausnutzen zu können, muss diese Pumpe optimal platziert werden. Dabei spielt nicht nur die Gestaltung wie bereits angesprochen wurde eine entscheidende Rolle, sondern auch die Beckenform und die Anzahl und Leistungsfähigkeit der anderen Pumpen. Wie in vielen Bereichen der Riffaquaristik ergeben sich daraus eine ganze Reihe an möglichen Varianten. Dadurch steigt auch die Wahrscheinlichkeit dafür, dass jeweilige Fehler dazu führen können, dass das Strömungskonzept nicht optimal funktioniert.

Ein wesentliches Kriterium dabei ist die Länge des Strömungsweges, der einer Pumpe zur Verfügung steht, um Wasser zu beschleunigen und damit auch Wassermassen zu bewegen. Jede Pumpe sollte also so ausgerichtet werden, dass die Strömung einen maximal langen Weg ausnutzen kann, damit das gesamte Wasservolumen im Riffaquarium bewegt und verteilt werden kann. Die stärkste Pumpe kann ihre maximale Wirkung nicht entfalten, wenn ihre aktive Strömung nach 30 cm Distanz zum Ort der Strömungsgeneration an eine Scheibe stößt und mehr oder weniger in mehrere Richtungen verpufft. **Eine Pumpe sollte daher v.a. nie schräg gegen eine Scheibe ausgerichtet werden!** (eine frontale Ausrichtung wird noch im Weiteren erörtert).

Genau das wird aber sehr oft in der Praxis gemacht, weil eine für das Gestaltungsprojekt oder für die Aquariengröße und Beckenform ungünstige oder zu druckvolle Pumpe ausgewählt wurde, die Schaden an den Korallen anrichten kann. Allerdings gewinnt man dadurch nichts. Die Korallen, die eine aktive Strömung benötigen, bleiben oft trotz starker Pumpe unterversorgt, weil die Strömung sich nur entlang der Aquarienscheiben ausbreitet und nicht mehr zurück ins freie Wasser reflektiert wird.

Hier machen für kleinere Becken regelbare Pumpen sehr viel Sinn, auch wenn diese in der Anschaffung teurer sind. Durch die Regeloptionen kann die Leistung der Pumpe aber auf die individuellen Bedürfnisse eingestellt werden. Kleine Riffaquarien sind hinsichtlich ihrer Bestromung durchaus sehr schwierig und stellen insbesondere den Einsteiger vor große Probleme. Daher sei jedem Einsteiger empfohlen, regelbare Pumpen einzusetzen, sofern die finanziellen Mittel dafür zur Verfügung stehen. Am falschen Ende spart man hier aber garantiert nicht. Viele Hersteller haben mittlerweile auch sehr breit strahlende Pumpen entwickelt, die zwar viel Wasser bewegen, aber diese Wassermasse auf eine breite Fläche verteilen. Dadurch sind sie auch für kleine Becken hervorragend geeignet und können Korallen selbst in kürzester Distanz optimal beströmen.

Häufig werden Strömungspumpen auch gegen die Wasseroberfläche gerichtet, um z.B. die Bildung einer Kahmhaut in geschlossenen Becken ohne Überlaufsystem zu verhindern. Dadurch wird die Strömungsverteilung im Becken deutlich verschlechtert. Zudem erzeugt eine turbulente Wasseroberfläche nicht nur Spritzwasser und damit Salzkrusten an der Lampe, sondern erhöht auch den Anteil an Reflektionsstrahlung, die nicht ins Wasser eintritt, sondern in die Umgebung zurückgeworfen wird. Dadurch sinkt die Strahlungsausbeute der jeweiligen Beleuchtung.

Es wird an dieser Stelle empfohlen, die Strömungspumpen möglichst effizient gemäß der hier vorgestellten Kriterien mit maximal langen Strömungswegen auszurichten, und zur Verhinderung einer

Kahmhaut eine der verschiedenen technischen Möglichkeiten zur Oberflächenabsaugung zu installieren.

Ein ähnlicher Effekt wie bei der Ausrichtung an Scheiben oder an die Wasseroberfläche ergibt sich für Pumpen, die genau gegensätzlich ausgerichtet werden, und deren Wassermassen aufeinanderprallen und ausser einer lokalen Turbulenz wenig bewirken. Die Wassermassen heben sich in Ihrer Bewegungsrichtung u.U. vollständig auf und der aufgewendete Energiebetrag für den Pumpenbetrieb ist mehr oder weniger nutzlos.

Durch eine optimierte Ausrichtung können sich gegenüberliegende Pumpen in Ihrer Wirkung allerdings deutlich verstärken, wenn die aktive Strömung durch die Saugleistung (also die passive Strömung) der gegenüberliegenden Pumpe angezogen und dadurch auch verlängert wird. Die Pumpen müssen dafür versetzt platziert werden, so dass sich eine Ringströmung entwickeln kann.

Eine solche Ringströmung kann das gesamte Wasser im Riffaquarium sehr gut bewegen und verteilen. Voraussetzung dafür ist jedoch eine lockere Riffgestaltung, die den Strömungsweg nicht blockiert. Eine theoretisch perfekte Ringströmung hat allerdings in ihrer Mitte auch ein strömungsfreies Zentrum. Dieser Bereich kann verschoben werden, wenn die individuellen Leistungszustände der beteiligten Pumpen moduliert werden, wodurch sich ein abwechslungsreiches Strömungsmuster ergibt. Die Strömungsintensität und Strömungsausbreitung wird dabei im Becken verändert, so dass verhindert werden kann, dass dauerhaft strömungsarme Bereiche entstehen, die Mulm ablagern und strömungsinduzierten Nährstoffmangel verursachen können.

Diese Möglichkeiten sprechen erneut für den Einsatz regelbarer Pumpen, die in ihrer Funktionalität erhebliche Vorteile bringen, die den höheren Anschaffungspreis rechtfertigen.

Bei Raumteilerbecken ist eine gegenüberliegende Ausrichtung von Pumpen oft nicht möglich, weil es zugegebenermaßen recht bescheiden aussieht, wenn der Betrachter eines schönen freistehenden Raumteilers auf eine frei an der Scheibe hängende Pumpe mitsamt Kabel und Befestigungsmagnet blickt. In diesem Falle sollte die Riffaquariengestaltung so locker und flach gebaut sein, dass die Bestromung des Beckens nur von einer Seite aus möglich ist. Dafür bedarf es starker und leistungsfähiger Pumpen, die nicht nur eine druckvolle aktive Strömung ermöglichen, sondern auch eine effektive passive Strömung durch die Saugleistung erzeugen, die zur Bestromung von Korallen genutzt werden kann. Insbesondere der Bodenbereich sollte nicht zu stark strukturiert sein, damit die passive Strömung nicht geblockt wird. Strömungskanäle, wie sie bereits kurz beschrieben wurden, können sich für lange Raumteilerbecken sehr gut eignen, weil sie eine starke passive Strömung entwickeln können.

Üppig gestaltete Riffaquarien benötigen mehrere kleinere, wenngleich auch leistungsfähige Pumpen, die sehr breit strömen und dadurch auch Hindernisse durch die Gestaltung überströmen und wachsende Korallen durchbrechen können. Ringströmungen entlang der Längsseiten des Riffbeckens sind in üppig dekorierten Riffbecken kaum möglich. Es bestehen also keine geringen Anforderungen an das Können des Riffaquarianers, ein für das gesamte Becken optimales Strömungskonzept zu realisieren. Wer versucht, ein solches stark strukturiertes Becken mit nur einer oder zwei Pumpen zu betreiben, wird in der Regel nach einiger Zeit scheitern und Probleme mit der Bil-

dung von Detritus, strömungsinduziertem Nährstoffmangel und Schadstoffakkumulation in den Korallenkolonien bekommen.

In solchen Becken bietet sich eine Platzierung der Pumpen an der Rückwand mit frontaler Ausrichtung hin zur Frontscheibe an, wenngleich dies im Widerspruch zur bisherigen Argumentation steht, dass Pumpen nicht an Aquarienscheiben ausgerichtet werden sollten. Die aktive Strömung wird also keinen sehr langen Weg finden, sondern wird an der Frontscheibe abgeleitet und schnell in eine passive Rückströmung umgewandelt. Damit die Strömung nicht in alle Richtungen verpufft, müssen die Pumpen an der Rückseite entweder deutlich unterhalb oder deutlich oberhalb der Beckenmitte platziert sein, so dass das Wasser nach oben, respektive nach unten abprallt und dann wieder direkt zurück zur Pumpe fließt, wodurch sich eine Zirkulationsströmung von der Rückseite zur Beckenfront und wieder zurück ergibt.

Bei einer lockeren Riffgestaltung kann eine solche Zirkulationsströmung sehr praktikabel sein. Allerdings kann sie im passiven Rückfluss zur Pumpe keinen Druck aufbauen, der die bewegte Wassermasse z.B. in einen rückwandigen Aufbau hineindrückt. Es sollte also unbedingt darauf geachtet werden, dass solche Becken nicht in einer an der Rückwand hochgestapelten Mauerformationen gestaltet werden, die langfristig nur Ablagerungen ansammelt und sehr schlecht kontrollierbar ist. Vielmehr bieten freistehende Säulen oder flachere Plateaus sehr schöne Möglichkeiten für den Besatz mit Korallen, die in der Zirkulationsströmung auch ausreichend gute Voraussetzungen für den Nährstoff- und Gasaustausch haben.

Die Frage, ob die Pumpen dabei oberhalb oder unterhalb der Beckenmitte angeordnet werden, d.h. ob die Rückströmung über den Boden zurück oder über das Freiwasser zurück fließt, sollte idealerweise individuell praktisch überprüft werden.

### ***Closed-loop Strömungssysteme***

In den letzten Jahren wurden v.a. für größere Riffaquarien sog. „closed-loop“-Systeme populär, bei denen eine ausserhalb des Beckens montierte Pumpe so über eigene Beckenbohrungen mit der Saugseite als auch mit der Druckseite direkt an das Becken angeschlossen wird, dass ein geschlossener Wasserkreislauf (closed-loop) entsteht. Die Ansaugung und der Pumpenauslass auf der Druckseite befinden sich dabei i.d.R. an verschiedenen Stellen im Becken.

Meist fällt die Wahl auf closed-loop Systeme, wenn im Becken selbst keine Pumpen sichtbar sein sollen, oder wenn auf eine extrem geräuscharme Umgebung Wert gelegt wird, die mit einer qualitativ hochwertigen closed-loop Pumpe meist auch problemlos geschaffen werden kann. Darüber hinaus überzeugen einige Hersteller solcher regelbarer Hochleistungspumpen mit effektiven Simulationsprogrammen für verschiedene Leistungszustände der Pumpe(n), wodurch sich ein dynamisches und abwechslungsreiches Strömungskonzept ergeben kann.

Allerdings gilt auch im closed-loop System die praktische Gesetzmäßigkeit, dass die Riffaquariengestaltung maßgeblich die Ausbreitung des Wassers, d.h. die Qualität des Strömungskonzepts mitbestimmt.

Leider kommt hier der größte Nachteil der closed-loop Systeme zum Vorschein, nämlich die fixe Positionierung der Pumpe(n) über die Bohrungen im Becken. Es muss also bereits beim Becken-

bau die Gestaltung des Riffbeckens feststehen. Diese planerische Voraussetzung ist sicherlich auch grundsätzlich wünschenswert, allerdings muss zudem auch die Auswahl und Positionierung der Korallen einem klaren Konzept und einer guten Planung folgen, weil die Wuchsformen und die potentiellen Endgrößen der Korallen das Strömungskonzept maßgeblich beeinflussen. Auf diese langfristige Veränderung der Gestaltung durch die Korallen wurde auch schon hingewiesen.

Hinsichtlich dieser Veränderungen sind closed-loop Systeme äußerst unflexibel und in vielen Fällen auch problematisch, sofern der Riffaquarianer nicht auch noch weitere Strömungspumpen wie z.B. Propellerpumpen nachträglich einsetzt und die jeweiligen Strömungsdefizite dadurch ausgleicht. Und das ist kein seltener Fall, dass sich der Besitzer weigert, zu einem teuren closed-loop System, das neben der hohen Leistungsfähigkeit der Pumpe(n) auch Vorteile wie Unsichtbarkeit der Pumpentechnik und Geräuschlosigkeit verspricht, noch weitere Pumpen einzusetzen, die dann dem Betrachter sichtbar und für den Zuhörer ggf. auch hörbar sind. In dieser Situation reagiert auch die Aquarienpraxis mit Beharrlichkeit und fördert zwangsläufig die riffaquaristischen Probleme zutage, die bereits genannt wurden.

Ein closed-loop System gewinnt und verliert also mit der Planung sowohl der Gestaltung, als auch des Korallenbesatzes.

Je nach Aquarienform und Gestaltung wird man um zwei getrennte closed-loop Systeme nicht umher kommen, damit eine größere Variabilität in der Strömungsverteilung möglich ist. Dann sind solche Systeme extrem leistungsfähig und können Strömungsgeschwindigkeiten generieren, die nur von sehr großen und damit auch auffälligen Propellerpumpen erreicht werden können.

Auch die passive Rückströmung ist im closed-loop System sehr ausgeprägt und kann bei günstiger Positionierung der Saugseite im Becken eine äußerst korallenfreundliche laminare Strömungsumgebung schaffen.

Ein weiterer Vorteil der closed-loop Systeme ist, dass eine Bodenbohrung (sofern man dem Risiko einer Leckage und dem kompletten Auslaufen des Beckens mit mentaler Stärke und absolutem Optimismus begegnet) auch eine aktive Beströmung in sehr langen oder auch tiefen Becken ermöglicht. Hier muss lediglich der Austritt der PVC-Verrohrung geschickt durch eine kleine Riffformation verdeckt werden (Achtung: der Pumpenauslass wie auch alle Ansaugstellen müssen dennoch immer gut kontrollierbar sein und dürfen nicht durch die Gestaltung blockiert werden).

Bei den bereits angesprochenen langen Raumteilerbecken, die i.d.R. aus den genannten optischen Gründen immer nur von einer Seite aus beströmt werden können, bieten sich mit einer closed-loop Bohrung auf der Stirnseite des Raumteilers gute Möglichkeiten, das Strömungskonzept zu erweitern.

**-T-**

## **Technikbecken und Technik-Kompartimente NEU!**

Dieses Kapitel ist weitestgehend unabhängig vom *sangokai* System und versteht sich daher als allgemeine Fachliteratur. Das *sangokai* System gibt keine bestimmte Technikbecken-Konzeption vor. Allerdings sollte ein Technikbecken grundsätzlich nach bestimmten Kriterien geplant und gebaut

werden, damit die eingesetzte Technik optimal funktionieren und damit das Riffaquarium auch optimal betrieben werden kann.

Es gibt einige Firmen, die sich auf die Planung, Konzeption und Durchführung im Bereich des Riffaquarium- und Technikbeckenbaus spezialisiert haben, die weltweit agieren und nicht zu Unrecht aufgrund Ihrer Erfahrung und Qualität eine hohe Reputation genießen. Aber nicht jeder Riffaquarianer wird die Planung und Durchführung des Riffaquariums in professionelle Hände geben wollen, oder können. Wobei an dieser Stelle auch angemerkt sein soll, dass viele funktionelle Aspekte, die in diesem Kapitel erörtert werden, auch in professionellen Anlagen nicht immer ihre Berücksichtigung finden. Auch hier können im Einzelfall gravierende konzeptionelle und bauartbedingte Nachteile bestehen, die sich letztlich auch negativ auf die riffaquaristische Praxis und auf aquarienbiologische Prozesse auswirken können.

Unabhängig von den i.d.R. finanziell höheren Aufwendungen für ein käufliches Komplett-Filterssystem, können Platzprobleme, v.a. aber auch individuelle technische Anforderungen gegen ein fertiges System sprechen, weshalb es notwendig ist, ein Technikbecken selbst zu planen.

Häufig machen Riffaquarianer dabei Fehler, sowohl bei der Planung des Technikbeckens an sich, als auch von einem daran angeschlossenen oder integrierten → **Refugium**. Im harmlosesten Fall schränken diese Fehler den Riffaquarianer z.B. in der Platzverfügbarkeit im Technikbecken ein, oder verringern die Effizienz und Leistungsfähigkeit der eingesetzten Filtertechnik. Im schlimmsten Fall können sie aber auch dazu führen, dass ein Riffaquarium über lange Sicht nicht erfolgreich betrieben und gepflegt werden kann.

Im Folgenden sollen daher wichtige und grundlegende Aspekte bei der Planung von Technikbecken erörtert werden. Ein sehr komplexes, aber auch spannendes Thema ist daran angelehnt auch die Planung und Positionierung von diversen Refugien, die im Sinne einer Biotoperweiterung Vorteile haben, aber v.a. bei einer falschen Realisierung auch gravierende Nachteile mit sich bringen können. Dieses Thema wird aufgrund seiner Komplexität separat unter dem Stichwort → **Refugium** behandelt.

Im hier vorliegenden Kapitel werden generelle Aspekte der Technikbeckenplanung thematisiert, die letztlich auch unmittelbare Auswirkung auf die Aquarienbiologie haben, und somit den langfristigen Betrieb eines Riffaquariums beeinflussen können. Nur ein richtig geplantes Technikbecken kann letztlich in der Summe aller Komponenten auch optimal funktionieren. Fehlerhafte Details können dazu führen, dass z.B. die Filtertechnik nicht effizient arbeitet und ihre anzunehmende Leistungsfähigkeit nicht erreicht. Ohne eine korrekte Installation und Positionierung wird selbst die beste Technik nicht zufriedenstellend arbeiten. Ein hier ganz wesentliches Thema ist das → **effektive Durchflussvolumen**, das aufgrund seiner Wichtigkeit als eigenständig Stichwort behandelt wird. Darüber hinaus spielt v.a. die Kanalisierung des zu filternden Wassers eine eminent wichtige Rolle, sowie die räumliche Platzierung und Anordnung der eingesetzten Filterkomponenten. Beide Anforderungen sollen im Weiteren im Rahmen der Kompartimentierung von Technikbecken erörtert werden.

Was in diesem Kapitel nicht erläutert wird, ist die Frage, wie groß ein Technikbecken in Relation zum Hauptbecken sein muss. Dabei geht es v.a. um das Rücklaufvolumen bei ausgeschalteter Hauptförderpumpe, das es im Technikbecken aufzufangen gilt, ohne dass die Gefahr besteht, dass das Technikbecken überläuft und einen Wasserschaden am Gebäude verursacht.

Das Rücklauf-Volumen hängt v.a. von der Gesamtfläche sowie der Höhe der am Ablauf angestauten Wassersäule aller am Technikbecken angeschlossenen Aquarien ab. Darüber hinaus spielt auch das in der Verrohrung vorliegende Restwasservolumen eine Rolle, und hier insbesondere die Frage, wie baulich gewährleistet wird, dass ein unter Wasser getauchter Auslass der Förderpumpe durch das in der Druckleitung herabfallende Wasser nicht noch weiteres Wasser aus dem Becken absaugt und damit das eigentlich richtig berechnete Restwasservolumen im Technikbecken nicht überschreitet. Dieses Thema muss individuell mit dem Aquarienbauer und/oder Händler geklärt werden.

Hier geht es lediglich um den allgemeinen Aufbau eines Technikbeckens und um eine sinnvolle und funktionell ausgerichtete Technikbecken-Konzeption.

### ***Kompartimentierung im Technikbecken als grundlegendes Funktionsprinzip***

Ein Kompartiment ist ein abgegrenzter, definierter Raum, dem eine bestimmte Funktion zugeordnet ist und dessen Umgebung für diese Funktion optimal ausgeprägt ist. Die Kompartimentierung ist auch ein biologisches Funktionsprinzip: in der lebenden Zelle ist sie Voraussetzung dafür, dass Stoffwechselprozesse in einer eigens dafür optimierten Umgebung schneller und damit effizienter ablaufen können, als es in einer gemeinschaftlich genutzten Umgebung möglich wäre. Sie bietet die Möglichkeit zur Spezialisierung, und ist damit die Grundlage für die Evolution komplexer und vielfältiger Lebensformen.

Auch im Technikbecken eines Riffaquariums sollen die Filterkomponenten so platziert und angeordnet werden, dass sie ihren speziellen Aufgaben und Funktionen möglichst effizient gerecht werden können. Darüber hinaus geht es v.a. auch darum, dass der Weg des zu filternden Wassers durch das Technikbecken keiner Willkür überlassen ist, was eine optimale Filterleistung nicht oder nur schlecht ermöglichen würde. Funktionalität und Kanalisierung müssen also bei der Planung eines Technikbeckens immer im Vordergrund stehen.

Nicht selten verleitet der sinnvolle Ansatz einer Kompartimentierung allerdings dazu, beim Entwurf eines Technikbeckens zu verspielt vorzugehen, mit zum Teil abenteuerlichen Wasserführungen und unnützen Trennscheiben, die letztlich nur Platz verschwenden. Daher fällt der sinnvollen Kompartimentierung, im Aquarienbau auch „Kammerung“ genannt, die wichtigste Bedeutung bei der Planung des Technikbeckens zu.

Im Weiteren werden verschiedene Kompartimente und ihre technischen Komponenten nach Ihrer Funktion und ihrem Nutzen vorgestellt und erörtert.

#### ***- Abschäumer-Kompartiment***

Grundsätzlich sollte das zu filternde Wasser aus dem Hauptbecken zuerst zum Abschäumer geleitet werden, damit dieser die Wasserbelastung im Rahmen seiner Möglichkeiten möglichst effizient verringern kann. Alle anderen Filterkomponenten und auch ein → [Refugium](#) müssen stets **hinter** dem Abschäumer platziert werden, wenngleich es hinsichtlich einiger Filtermethoden, die als → [adaptive Filtermethoden](#) bezeichnet werden, Besonderheiten gibt, die am Ende dieses Kapitels diskutiert werden.

Ein Abschäumer-Kompartiment dient dazu, das zu filternde Wasser möglichst so zu kanalisieren und zu konzentrieren, dass es ein Innenabschäumer, oder eine Betriebspumpe für einen Außenabschäumer, möglichst vollständig ansaugen kann. Das abzuschäumende Wasser wird dadurch nicht mit bereits gefiltertem Wasser im Technikbecken vermischt, wodurch sich die Abschäuffizienz erhöht.

Ein weiterer Vorteil ist ein konstant hoher Wasserstand im Kompartiment, der für den Betrieb des Abschäumers je nach Modell sehr wichtig ist.

Es muss darauf geachtet werden, dass das auslaufende Wasser aus dem Eiweißabschäumer auch zurück in das Abschäumer-Kompartiment geleitet wird, und nicht in die nächste Kammer (bei manchen Modellen mit Bodenauslauf ist das auch gar nicht anders möglich).

Das hat zwei Gründe: zum einen kann, wenn die Auslaufseite des Abschäumers auf der gegenüberliegenden Seite von der Ansaugung liegt, am Abschäumer ungefiltert vorbei geflossenes Wasser in der Kammer rückgestaut und ggf. doch noch angesaugt werden. Dieser Effekt hängt aber stark von der Größe und Form des Kompartiments sowie von der Pumpenleistung ab und kann mitunter auch gänzlich unbedeutend sein.

Zum anderen, und das ist der eigentlich wichtige Grund, würde das Abschäumer-Kompartiment leer gepumpt werden, wenn die Abschäumpumpe durch eine hohe Pumpenleistung mehr Wasser ansaugt, als eine schwächere Rückförderleistung aus dem Hauptbecken Wasser neu zuführt. Als Folge davon würde die Abschäumpumpe trocken laufen und nicht nur Schaden an sich selbst davon tragen, sondern unter Umständen auch einen Stromausfall erzeugen und damit das gesamte Aquariensystem potentiell schädigen.

Aus der bisherigen Erläuterung könnte man schließen, dass ein kompaktes, gerade für die Größe des Abschäumers ausreichendes Kompartiment, am besten funktioniert. Theoretisch ist diese Aussage sicherlich nicht falsch. Praktisch gesehen können sich hierbei jedoch auch nachteilige Konsequenzen ergeben. Im einfachsten Fall, weil ein alternativ eingesetztes, anders gebautes, oder größeres Abschäumermodell nicht in das Kompartiment passt und man sich damit technischer Alternativen beraubt. **Ein Abschäumer-Kompartiment sollte daher nicht zu klein ausfallen!**

Darüber hinaus kann im Einzelfall, z.B. bei sehr starker grabender Aktivität von Grundeln (z.B. *Valencienna* Arten) und einer damit einhergehenden hohen Partikelbeladung des Wassers, auch ein mechanischer Vorfilterbeutel, über den das Beckenwasser zunächst von groben Partikeln gefiltert werden soll, nachträglich aus Platzgründen nicht installiert werden (siehe → [mechanische Filterung](#)).

Ein weiterer Punkt betrifft → [adaptive Filtermethoden](#) wie die → [Zeolithfilterung](#) und v.a. die Fil-  
terung über → [Biopellets](#), die so platziert werden müssen, dass ihr abfließendes Wasser mög-  
lichst vollständig zum Abschäumer gelangt. Das bedeutet in der Regel, dass diese Geräte auch im  
gleichen Kompartiment stehen müssen wie der Abschäumer, was ein reines Abschäumer-Kompar-  
timent für diese Methoden ungeeignet machen würde.

Ein reines Abschäumer-Kompartiment kann den Riffaquarianer daher u.U. nachhaltig einschränken  
und ist trotz der theoretischen Vorteile in der Praxis oft nicht sinnvoll, auch wenn es gerne (auch  
von professionellen Aquarienbauern) so gebaut oder angeboten wird. Für kleinere Riffaquarien, die  
z.B. ein im Becken integriertes Technikabteil aufweisen, reicht in der Regel ein einzelnes Abschäu-  
mer-Kompartiment aus, in dem dann auch gleichzeitig die Rückförderpumpe untergebracht ist.

Konsequenterweise, wenn noch weitere Filterkomponenten neben dem Abschäumer installiert wer-  
den sollen, oder wenn solche Optionen unter Vorbehalt geplant sind, macht ein größeres Technik-  
Kompartiment, das auch den Abschäumer enthält, mehr Sinn. Hier muss dann allerdings der Was-  
sereinlauf in das Technik-Kompartiment sowie die Kanalisierung so kontrolliert werden, dass das  
Wasser in der Nähe der Abschäumerpumpe einfließt. Am effektivsten geht dies mit Hilfe einer Ein-  
laufkammer, bzw. einem Einlauf-Kompartiment innerhalb eines eigenständigen Technik-Komparti-  
ments. Diese Kombination wird in diesem Kapitel ebenfalls erörtert und bietet sich vor allem für  
größere Technikbecken an, die aus individuellen Platzgründen nicht klein und kompakt gebaut wer-  
den müssen.

Für kleinere und kompakte Technikbecken ist ein eigenständiges Abschäumer-Kompartiment sehr  
nützlich und wirkungsvoll, wenn man von den genannten Nachteilen absieht, die jedoch in kleineren  
Riffaquarien vermutlich auch nicht zur Ausprägung kommen.

Eine abschließende Anmerkung zum Abschäumer-Kompartiment, die aber natürlich auch für jedes  
andere Kompartiment gilt, wäre, dass man den Ausfluss ins nächste Kompartiment so gestalten  
sollte, dass das Wasser dabei kanalisiert wird. Das kann man bei einer gleichmäßig hohen Kom-  
partiment-Trennscheibe dadurch erreichen, in dem man z.B. mit einer angeklebten Kammtasche  
aus PVC einen Überlaufschutz über die gewünschte Länge einklebt, so dass nur ein 10-15 cm lan-  
ger Ausschnitt auf einer festgelegten und gut zugänglichen Seite erhalten bleibt. Natürlich kann der  
Aquarienbauer die Überlaufscheibe auch beim Bau des Technikbeckens gleich so ausschneiden,  
dass ein definierter Bereich für den Überlauf ins nächste Kompartiment entsteht.

Durch diese Kanalisierung überfließt das Wasser nicht die gesamte Breite der Trennscheibe, son-  
dern wird gezielt ins nächste Kompartiment geschleust. Bei einer hohen Strömungsgeschwindig-  
keit muss dieser Bereich größer ausfallen, damit es nicht zu einem starken Plätschern und nicht  
zur Spritzwasserbildung kommt. Alternativ, bzw. bei sehr hohem effektiven Durchflussvolumen,  
kann ein nicht zu großer Bodenschlitz geeignet sein, durch den zusätzlich zum Überlauf, der den  
Wasserstand konstant hält, Wasser gerichtet ins nächste Kompartiment fließt. Auf diese verschie-  
denen Arten und Weisen kann für ein darauf folgendes Kompartiment die Ansaugung z.B. für einen

Fließbettfilter erleichtert, oder dort gezielt Filtersäcke oder Filterbeutel effektiver positionieren werden, auf die das Wasser mit einem entsprechenden Gefälledruck und einer bestehenden Strömungsgeschwindigkeit fällt.

### **- Technik-Kompartiment mit Einlauf-Kammer und ggf. mit Folge-Kompartiment**

Diese Kombination bietet den Vorteil der Kanalisierung hin zum Abschäumer, ohne dabei die Raumaufteilung eines größeren Kompartiments, das auch andere Abschäumermodelle und Filterkomponenten problemlos aufnehmen kann, zu stören. Die Einlauf-Kammer ist ein separater Schacht im Technikbecken, in den das zu filternde Wasser von oben einfließt und der im Bereich der Bodenscheibe eine Öffnung aufweist, durch die das Wasser in das Technik-Kompartiment gelangen kann. Idealerweise ist diese Öffnung (eine Bohrung oder ein Schlitz) so groß und in der Höhe des Schachts so platziert, dass die Abschäumpumpe genau an dieser Stelle ansaugen kann. Dadurch besteht die Funktionalität eines separaten Abschäumer-Kompartiments, bei gleichzeitig geringem Platzverlust für weitere Technik-Komponenten.

Die Wassereinspeisung in die Einlauf-Kammer kann dabei von unterschiedlicher Herkunft sein, z.B. direkt aus dem Rücklauf aus dem Hauptbecken, oder aus einem vorangestellten Technik-Kompartiment, das solche Technik-Komponenten beherbergt, die vor dem Abschäumer platziert werden müssen, wie z.B. ein Zeolith- oder ein Biopellet-Filter.

In der Einlauf-Kammer kann, je nach Bauweise, bei Bedarf auch eine nicht zu feine → **mechanische Filterung** vorab etabliert werden, z.B. durch einen Vorfilterbeutel mit einer Maschenweite von nicht weniger als 400 µm, der bei Bedarf auch mit austauschbarem Filterfließ bestückt werden kann.

Im Regelfall wird man ein größeres Technik-Kompartiment so gestalten, das insgesamt eine gute Zugänglichkeit zu allen Filterkomponenten möglich ist. Auch der Zulauf aus dem Hauptbecken sollte so verrohrt sein, dass er entsprechend gut kontrolliert werden kann, d.h., dass der Einlauf-Schacht an der Front des Technikbeckens eingebaut wird und wenn möglich nicht an der Rückseite des Technikbeckens. Der Abschäumer wird direkt an der Auslauföffnung der Einlauf-Kammer platziert, was je nach Form des Abschäumers ggf. auch mit einer außenliegenden Abschäumpumpe vorab gut geplant werden muss, um eine korrekte und sinnvolle räumliche Anordnung des Abschäumers sicherzustellen.

Grundsätzlich gilt, dass alle Komponenten des Technikbeckens, die regelmäßig gewartet oder ausgetauscht werden müssen, idealerweise im frontalen Bereich platziert sein sollten.

Meistens haben Innenabschäumer für den Betrieb in Technikbecken den Auslauf auf der entgegengesetzten Seite der Abschäumpumpe oder seitlich davon, oder der Auslauf kann über ein Rohr in seiner Richtung verändert werden. Dadurch kann in einem größeren Technik-Kompartiment hinter dem Abschäumer eine weitere Ausrichtung der Flussrichtung hin zu anderen Technik-Komponenten, wie z.B. einem Fließbettfilter, erfolgen. Da die meisten Fließbett- oder Wirbelbett-Filter eine eigene Betriebspumpe besitzen, können sie direkt am Auslauf des Abschäumers platziert werden und so das abgeschäumte Wasser effizient weiter filtern.

In größeren Technikbecken macht hingegen ein Folge-Kompartiment Sinn, in dass das Wasser nach der Abschäumung im ersten Technik-Kompartiment kanalisiert eingeleitet und hier z.B. adsorptiv und/oder mechanisch gefiltert wird. Dadurch werden ungünstige Wechselwirkungen zwischen Abschäumer und dem Materialabrieb von Adsorbentien verhindert und es besteht eine bessere Kanalisierung hin zu den nachfolgenden technischen Komponenten.

Die Ablauftrennscheibe aus dem Abschäumer-/Technik-Kompartiment sollte idealerweise so hoch sein, wie der Hersteller des Abschäumers den optimalen Wasserstand vorgibt. Ist die Trennscheibe des Kompartiments und damit der Wasserstand zu hoch, muss der Abschäumer auf einem Podest aus Lichtrasterplatten so positioniert werden, dass der Wasserstand optimal passt. Dadurch ergeben sich allerdings Probleme mit der Ansaugung des zu filternden Wassers, welches sich mit bereits abgeschäumten Wasser im Kompartiment vermischt und die Effizienz der Abschäumung potentiell senken kann.

Ein Abschäumer-/Technik-Kompartiment sollte also grundsätzlich nicht zu hoch geplant werden und sich nach der optimalen Wasserstandslinie des Abschäumers richten, damit eine Kanalisierung und damit ein effizienter Betrieb des Abschäumers möglich ist.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass manche Hersteller von Eiweißabschäumern den Anwender darauf hinweisen, dass mit Phosphat-Adsorbentien gefüllte Fließbettfilter nicht in der Nähe, und auf keinen Fall vor den Abschäumer platziert werden dürfen, da manche Abschäumer sehr empfindlich auf Abrieb oder andere Interaktionen mit Leistungsverlust reagieren.

Diese Filtermaterialien werden also grundsätzlich in einem großen Technikabteil in Richtung des Durchflusses hinter dem Abschäumer, oder, wenn es der Platz in einem großen Technikbecken erlaubt, in einem Folge-Kompartiment separat positioniert. Es empfiehlt sich immer auch eine → **mechanische Filterung** zur Entfernung von feinem Materialabrieb im Auslaufbereich einer adsorptiven Filterung bzw. eines Fließbettfilters.

Es gilt bei der Planung von aufeinanderfolgenden Technik-Kompartimenten zu beachten, dass die Trennscheiben jeweils in Flussrichtung kaskadenförmig niedriger sein müssen. Die höchste Trennscheibe definiert immer den Gesamtwasserstand!

Die Anwendung adsorptiver Filtermedien in einem Folge-Kompartiment, sowohl im aktiven Fließbett-, wie auch in verschiedenen passiven Verfahren, setzt voraus, dass das zu filternde Wasser kanalisiert aus dem vorgeschalteten Kompartiment in das Folge-Kompartiment eintritt. Diese Kanalisierung verhindert, dass sich das zu filternde Wasser mit bereits gefiltertem Wasser aus dem übrigen Technikbecken vermischt, oder aber auch an dem Filtermedium vorbei fließt. Es sollte also verhindert werden, dass sich das Wasser über eine gleichmäßig hohe Querscheibe sehr breit im vorliegenden Kompartiment verteilt. Vielmehr sind definierte Überlaufstellen wichtig, so dass es zu einer gerichteten Wasserführung kommt, z.B. von der hinteren Kompartimentseite zur Front, von wo aus das Wasser wiederum ins nächste Kompartiment fließt. Dazu können wie bereits geschildert Überlaufkämme genutzt werden, oder der Aquarienbauer hat dies in der Konzeption bereits

berücksichtigt und schneidet die Aussparungen in den Kompartiment-Trennscheiben entsprechend aus.

Der Betrieb eines Fließbettfilters ist zwar technisch und energetisch aufwändiger als ein passives Verfahren, erlaubt aber eine kontrollierte Durchflussrate und eine gleichmäßige Verwirbelung des Filtermediums und damit eine optimale Exposition der gesamten adsorptiven Filteroberfläche mit dem Wasser. Allerdings sollte der Auslauf aus solchen Filtereinheiten über einen entsprechend feinen Filterbeutel oder ein Filtervlies geleitet werden, um den Abrieb nicht im Filterbecken oder gar im Hauptbecken zu verteilen.

Auf den passiven Betrieb adsorptiver Filtermedien soll an dieser Stelle etwas detaillierter eingegangen werden, weil es dazu einige gute praktische Anwendungen gibt, die auch eine zufriedenstellende Annäherung an die Effizienz des Fließbett-Verfahrens erlauben.

Zunächst sei erwähnt, dass der Handel kommerzielle Lösungen mit z.B. einhängbaren Filterkästen anbietet, über die bzw. durch die das zu filternde Wasser hindurch fließt. Diese Filterkästen können sehr individuell mit verschiedenen Filtermedien bestückt und auch in der Größe an das eigene Technikbecken angepasst werden. Diese Filterkästen heben je nach Bauweise aber in der Regel die Kanalisierung im Technikbecken auf, weil das Wasser gleichmäßig über die gesamte Fläche den Filterkasten wieder verlässt. Wenn das Wasser erneut einer weiteren Filterkomponente zugeführt werden soll, bedarf es daher eines weiteren Folge-Kompartiments. Dieser Fall sollte aber nur selten gegeben sein und i.d.R. schließt sich direkt das Förderpumpen-Kompartiment an, in das das Wasser wiederum kanalisiert eingeleitet werden kann.

Andere kommerzielle Lösungen sind Filterbeutel im „hang-on“-Verfahren, die so installiert werden, dass z.B. im Bereich der Kompartiment-Wechselstellen das Wasser gezielt in einen solchen Filterbeutel einfließt. Hier hier kann auch eine effektive Verwirbelung erreicht werden, ähnlich zum Fließbettverfahren, was die Effizienz des adsorptiven Filtermediums erhöhen kann, die aber je nach Ausprägung auch zu viel Materialabrieb erzeugt, so dass man über dem Filtermedium eine dünne Lage Filtervlies als Schutz einbringen muss.

Leider sind die meisten „hang-on“-Varianten für Filterbeutel so konzipiert, dass sie eine Rohr- oder Schlauchzuleitung benötigen, die das Wasser in den Filterbeutel einfließen lässt. Solche Filtereinheiten sind als mechanische Vorfilter konzipiert, die das Beckenwasser aus der Rücklaufverrohrung auffangen und mechanisch filtern. Nur in einigen professionellen Anlagen werden die Filter so in die Filter-Kompartimente eingebaut, dass das Wasser über eine Verteiler- oder Verrieselungsplatte strömt und in die dort eingesetzten Filterbeutel fließt.

Mit einer selbstgebauten Konstruktion, z.B. aus Lichtrasterplatten, ggf. einer PVC-Platte mit passendem Ausschnitt für einen Filtersack und Kabelbindern, lässt sich eine passende Halterung für einen mechanischen Filterbeutel oder einen Filterkorb relativ leicht bauen. Diese Halterung positioniert man direkt im Überlaufbereich in das Folge-Kompartiment und kann so das gesamte zu filternde Wasser in den Filterbehälter leiten, womit an dieser Stelle über die kommerziellen Lösun-

gen hinaus der Übergang zu den verschiedenen DIY-Lösungen geschaffen ist, die sehr effektiv und kostengünstig eingesetzt werden können.

Die Filterbeutel-Variante zur Unterbringung adsorptiver Filtermedien bietet den Vorteil, dass ein feiner Beutel gleichzeitig auch nur wenig Materialabrieb durchlässt. Bei einem hohen Maß an Abrieb wird der Filterbeutel allerdings innerhalb weniger Tage verstopfen, so dass der Filterbeutel überläuft und das Ausschwemmen von Filtermaterial möglich ist, was es zu vermeiden gilt! Daher ist es wichtig, für ein jeweiliges Filtermaterial auch die entsprechend günstige Porengröße zu wählen.

DIY-Konstruktionen zur Aufnahme von Filterbeuteln sind nicht nur in modularer Bauweise für größere Folge-Kompartimente geeignet, sondern können auch sehr gut zur mechanischen Post-Filterung des Ablaufwassers aus Fließbettfiltern eingesetzt werden, wobei käufliche „hang-on“-Varianten mit ihrer sehr guten und optisch ansprechenden Verarbeitung oft den Vorzug vor der DIY-Lösung erhalten.

Im Technik-Kompartiment kann neben dem Abschäumer und anderer Technik-Komponenten auch der Heizstab untergebracht werden, weil hier ein konstanter Wasserstand vorliegt und man keine Gefahr läuft, dass der Heizstab während des Heizbetriebs trocken fällt. Auch ein Kühlgerät kann hier mit einer separaten Betriebspumpe im closed-loop Prinzip angeschlossen werden.

#### **- Durchfluss-Kompartiment (Gasaustausch-Kammer)**

Viele Aquarienbauer kleben zwei eng hintereinander stehende Querscheiben durch das Technikbecken, wobei eine Scheibe mit einem gewissen Abstand zur Bodenscheibe eingeklebt ist und unterströmt wird, während die im kurzen Abstand von etwa 5-8 cm in Flussrichtung dahinter liegende, zweite Scheibe mit der Bodenscheibe verklebt ist und daher überströmt wird.

Der theoretische Gedanke hinter einem solchen Durchfluss-Kompartiment ist der, dass Luftblasen im Wasser (z.B. aus dem Abschäumer) in die Umgebung entweichen können, bevor sie von der Rückförderpumpe erfasst und ins Hauptbecken gepumpt werden. Man spricht daher auch von einer sog. Gasaustausch- oder Entgasungs-Kammer.

Als weiterer optionaler Nutzen von solchen Durchflussskammern wird oft die Unterbringung von Aktivkohle oder anderer Filtermedien genannt, die hier in Filterbeuteln zwangsdurchströmt werden. Das ist praktisch aber kaum realisierbar, weil das Wasser selbst keinen ausreichend hohen Druck aufbauen kann, der eine zwingende Durchströmung überhaupt ermöglichen würde. Der durch die Höhendifferenz der jeweiligen Trennscheiben zustande kommende Gefälledruck ist vernachlässigbar klein, so dass nur die Förderpumpenleistung, also das → **effektive Durchflussvolumen** wirksam ist. Allerdings ist die passive Strömung in einem solchen Durchfluss-Kompartiment nicht dazu geeignet, das Wasser durch einen mit Filtermedium gefüllten Sack zu drücken, weil dieser je nach Füllmaterial und Materialmenge zu dicht gepackt ist und einen zu hohen Widerstand erzeugt. Passiv strömendes Wasser wird immer einen Weg an den Filtersäcken vorbei suchen und nur mit der Oberfläche des Filtermediums im Grenzbereich interagieren, was die Effizienz der eingesetzten

Filtermedien mehr oder weniger stark herabsetzt. Daher sollten Filtermedien im passiven Einsatz (d.h. ausserhalb spezialisierter Filter, wie z.B. einem Fließbettfilter) nur dort eingesetzt werden, wo sie aktiv beströmt werden können, z.B. dort, wo kanalisiertes Wasser von einem Kompartiment ins nächste strömt und dabei frontal und mit einem Gefälledruck auf das Filtermedium einwirken kann. Diese Möglichkeiten wurden bereits im Rahmen der Technik-Kompartimente erörtert.

Enge Durchfluss-Kompartimente sind in den meisten Fällen völlig überflüssig, v.a. was die Entfernung von Luftblasen aus dem Wasser angeht, die sich bei einer allgemein sinnvollen Kompartimentierung von alleine ergibt. Demgegenüber verbrauchen Durchfluss-Kompartimente viel Platz, die nützlicheren Aufgaben und anderen Filterkomponenten dann nicht mehr zur Verfügung steht. Dies ist ein Hauptgrund dafür, dass auf Durchfluss-Kompartimente verzichtet werden sollte, auch wenn es vielleicht hübsch anzuschauen ist, wie das Wasser über und unter den Trennscheiben hindurch fließt. Die Kompartimentierung sollte jedoch nicht vordergründig der Optik dienlich sein, sondern sollte dazu genutzt werden, die optimale Funktion von Technikkomponenten auch hinsichtlich der Kanalisierung zu ermöglichen. Diese Kanalisierung, und das ist ein weiterer Hauptgrund, der gegen Durchfluss-Kompartimente spricht, geht aber durch ein Durchfluss-Kompartiment weitestgehend verloren, weil das Wasser über die gesamte Beckentiefe (bzw. „Breite“) verteilt wird und sich ggf. stark mit bereits gefiltertem Wasser vermischt. Genau dieser Effekt sollte verhindert werden.

Aufgrund der engen Scheibenanordnung sind diese Bereiche im Technikbecken zudem schlecht zu reinigen.

#### **- Förderpumpen-Kompartiment (Klarwasser-Kammer)**

Das in Flussrichtung letzte Kompartiment eines Technikbeckens enthält die Rückförderpumpe und wird daher als Förderpumpen-Kompartiment, oder im Aquarienbau allgemein als Klarwasserkammer bezeichnet.

Die Förderpumpe pumpt das Wasser in das Hauptbecken oder in andere an das Hauptbecken angeschlossene Teilaquarien oder Refugien, von wo aus es wieder letztlich ins Technikbecken passiv zurückfließt und den Wasserkreislauf schliesst.

In dieser Kammer macht sich die Wasserverdunstung im Gesamtsystem bemerkbar, d.h., dass hier der Wasserstand durch den Evaporationsverlust sinkt und durch regelmäßiges manuelles Nachfüllen von Wasser, oder durch eine Niveau-Regulierung mit Wassernachfüll-Automatik konstant gehalten werden muss. Geschieht dies nicht, sinkt der Wasserstand im Förderpumpen-Kompartiment kontinuierlich und die Pumpe zieht je nach Saugleistung ab einer bestimmten Höhendifferenz zwischen Saugseite der Pumpe und Wasseroberfläche im Kompartiment Luft. An einem bestimmten Punkt kann sie schliesslich kein Wasser mehr fördern, was zu einem Schaden an der Pumpe selbst, wie auch am gesamten Aquariensystem führen kann. Problematisch ist dies vor allem in Urlaubszeiten, wenn das Riffaquarium unbeobachtet ist.

Oft wird im Förderpumpen-Kompartiment auch der Heizstab flach auf den Boden gelegt, sofern das Riffaquarium überhaupt eine Erwärmung benötigt (viele Riffaquarien benötigen eher eine Küh-

lung, v.a. im Sommer). Allerdings kann bei Ausfall der Wassernachfüllung auch der Heizstab trocken fallen, was einen Schaden am Heizstab und meist auch einen Stromausfall verursacht, sofern der Heizstab im Heizbetrieb ist. Daher sollte der Heizstab immer im Technik-Kompartiment untergebracht sein, der ein konstantes Wasserniveau aufweist.

Durch eine geeignete Überlauf-Kanalisation aus dem vorherigen Technik-Kompartiment, kann im Förderpumpen-Kompartiment nicht nur eine mechanische Nachfilterung erfolgen, sondern auch adsorptive Filtermedien wie Aktivkohle oder Phosphat-Adsorber in geschlossenen Filtersäcken eingesetzt werden, sofern dazu im Technik-Kompartiment keine Möglichkeit besteht.

Dies gelingt recht einfach, wenn das Filtermaterial idealerweise auf einem Gestell oder einer Halterung aus Lichtrasterplatten an der Stelle platziert wird, wo das Wasser in das Kompartiment einfließt. Hier hat man durch den Gefälledruck beim Einfließen in die Kammer auch eine effektive Bestromung des Filterbeutels, wodurch das Wasser tiefer in den Beutel eindringen und damit frisches Adsorbermaterial erreichen kann. Nichts desto trotz müssen solche Filterbeutel alle 1-2 Tage (idealweise täglich) durchgeknetet werden, damit frisches Material aus dem Inneren an die Oberfläche bewegt wird. Ohne diese pflegerische Maßnahme wird das Material schnell inaktiv, wenngleich es noch nicht vollständig beladen ist. Dazu ist es wichtig, dass die kanalisierte Stelle mit dem Adsorber-Beutel gut im vorderen Beckenbereich zugänglich ist. Je schwieriger diese durch den Riffaquarianer erreichbar ist, desto weniger häufig wird das Material kontrolliert und letztlich auch getauscht, was unter Umständen Probleme verursachen kann.

Hinter dem Adsorbermaterial sollte eine mechanische Filterung erfolgen. Dazu benötigt es bei einem leicht zu bauenden Gestell aus Lichtrasterplatten zumeist lediglich 1-2 Lagen feinem Filtervlies, die unter den Filterbeuteln platziert und regelmäßig ausgewaschen oder getauscht werden.

Die Förderpumpe und die Komponenten der Niveauregulierung sollten stets leicht zugänglich sein, d.h., dass das Technikbecken dahingehend auch für die schnelle Kontrolle und Problemlösung sinnvoll konzipiert sein muss.

### **- Besonderheiten bei adoptiven Filtermethoden (Zeolithfilterung, Biopellet-Filterung)**

Es wurde bereits in der Einleitung dieses Kapitels angesprochen, dass manche Filter-Komponenten vor dem Abschäumer platziert werden müssen, weil Ihre Funktionsweisen unmittelbar an die Eiweißabschäumung gekoppelt sind. Solche Filtermethoden werden → [adoptive Filtermethoden](#) genannt, weil Sie Ihre Wirkung auf die Funktion einer zweiten Filter-Komponente, in diesem Falle dem Abschäumer, schultern. Dazu gehört die → [Biopellet-Filterung](#) und die → [Zeolithfilterung](#).

Adoptive Filtermethoden stellen gewisse Anforderungen an die Konzeption von Technikbecken. Die jeweiligen Filter-Komponenten müssen so im Technikbecken platziert sein, dass ihr Auslaufwasser direkt zum Abschäumer transportiert werden kann. Je nach Bauweise der Filter ist dies möglich, oder auch nicht, wenn es keine geschlossenen Filtersysteme sind, die keinen gerichteten Auslauf z.B. über ein Auslaufrohr besitzen.

Grundsätzlich gilt auch für adoptive Filtermedien, dass das aus dem Hauptbecken ins Technikbecken geleitete Wasser immer zuerst vom Eiweißabschäumer erfasst werden sollte, damit dieser die Wasserbelastung an erster Stelle senken kann. Erst danach sollte das durch den Abschäumer gefilterte Wasser an adoptive Filtermedien übergeben werden. Um dies zu verwirklichen, gibt es einige Varianten, die aber stark von der Bauweise der jeweils eingesetzten Filtertypen abhängig sind.

In einem Abschäumer-/Technik-Kompartiment mit Einlaufkammer (s.o.) ist die Unterbringung eines Abschäumers zusammen mit adoptiven Filtermedien relativ leicht möglich, wenn es sich um geschlossene Filter mit einem gerichteten Auslauf handelt. Bei Zeolithfiltern ist das der Fall, weil sich diese letztlich als Modifikation von einem klassischen Fliessbett-Filter ableiten. Hier kann das Auslaufrohr des Zeolithfilters zurück zum Abschäumer geleitet werden und entweder in die Einlaufkammer münden, oder direkt im Auslaufbereich der Einlaufkammer, so dass es von der Abschäumpumpe angesaugt werden kann. Wird ein eigenständiges Abschäumer-Kompartiment verwendet, kann der Auslauf aus dem Zeolithfilter ebenfalls direkt in dieses Kompartiment münden.

Es sei an dieser Stelle aber auch erwähnt, dass es u.U. auch erwünscht sein kann, dass der Materialabrieb aus dem Zeolithfilter in das Hauptbecken gelangt. Zu weiteren detaillierten Informationen zu diesem Thema wird auf das Stichwort → [Zeolithfilterung](#) verwiesen.

Bei Pelletfiltern ist die Positionierung schwieriger, weil es verschiedene Pelletfilter-Typen gibt, sowohl Wirbelbettfilter mit offenem Auslauf, wie auch Rieselfilter-Typen. Hier verlässt das gefilterte Wasser mitsamt dem Abrieb den Filter ungerichtet und muss daher erst wieder kanalisiert werden, bevor es in den Ansaugbereich des Abschäumers eingeleitet wird.

Die vermutlich am häufigsten anzutreffende, aber mitunter kontraproduktive Variante wäre, auf die angesprochene Reihenfolge: 1 – Abschäumer – 2 adoptiver Filter zu verzichten und den Pelletfilter dort zu positionieren, wo das Wasser in das Technikbecken einströmt und den Abschäumer erst an zweiter Stelle zu positionieren. Hierbei geht allerdings die Kanalisierung in hohem Maße verloren und es kommen genau die Nachteile zum tragen, die bereits beim Thema → [Biopellets](#) erörtert wurden.

Eine sinnvollere, wenngleich auch aufwändigere bzw. platzfordernde Variante, wäre ein eigenständiges Technik-Kompartiment für die adoptive Filtertechnik, d.h. ein adoptives Filter-Kompartiment, das in Flussrichtung räumlich vor dem Abschäumer/Technik-Kompartiment liegt. Dieses Kompartiment muss letztlich nicht sehr groß sein, weil es nur den jeweiligen Filter und dessen Betriebspumpe aufnehmen muss. Natürlich muss dieses Kompartiment baulich so kanalisiert sein, dass das Wasser in der darauf folgenden zweiten Kammer direkt zum Abschäumer gelangt.

Um ein solches adoptives Filter-Kompartiment betreiben zu können, bieten sich zwei verschiedene Möglichkeiten an:

- entweder, und das wäre die einfachste, aber hinsichtlich der optimalen Wasseraufbereitung nachteilige Variante, mündet der Einlauf des zu filternden Wassers aus dem Hauptbecken direkt in diesem adoptiven Filter-Kompartiment, d.h. der Biopellet- oder auch Zeolithfilter erhält das Wasser je nach Durchflussvolumen zumindest anteilig vor dem Abschäumer. Dieses Kompartiment würde man also als eine vergrößerte Einlaufkammer, oder besser als Einlauf-Kompartiment verstehen, das durch seine Größe dazu in der Lage ist, die adoptiven Technik-Komponenten aufzunehmen.

Natürlich kann auch ein passiver Bypass aus der Ablaufleitung mit einem Regelhahn anteilig Wasser sowohl direkt zum Abschäumer, als auch in das adoptive Filter-Kompartiment einspeisen. Das macht die Verrohrung etwas aufwändiger, und der individuelle Nutzen ist schwer zu beurteilen. Da ein Pellet- oder Zeolithfilter je nach Größe und pro Zeiteinheit nur ein bestimmtes Wasservolumen ansaugen und verarbeiten kann, fließt das nicht genutzte überschüssige Wasservolumen ohnehin an der Filterung vorbei in das Abschäumer-/Technik-Kompartiment, so dass eine Bypass-Verrohrung nicht unbedingt einen praktischen Nutzen bringt.

- oder, und das wäre die funktional sinnvollere und sehr gut kontrollierbare Methode, wird das vorangestellte adoptive Filter-Kompartiment mit einer eigenen kleinen Betriebspumpe aus dem Technik-Kompartiment betrieben, ähnlich, wie ein externes → [Refugium](#) auch mit einer eigenen Betriebspumpe mit Wasser versorgt werden kann. Dabei wird das zu filternde Wasser aus dem Hauptbecken zuerst in das Abschäumer-Kompartiment bzw. in die Einlaufkammer des Technik-Kompartiments geleitet, wo es an erster Stelle effektiv abgeschäumt wird. Am Auslauf des Abschäumers kann dann eine Pumpe ansaugen, die ein bestimmtes Volumen pro Stunde in das adoptive Filter-Kompartiment hineinpumpt. Dort kann es von der Betriebspumpe des jeweiligen Filters angesaugt und gefiltert werden, bevor es wieder kanalisiert in das Abschäumer-Kompartiment oder die Einlauf-Kammer zum Technik-Kompartiment zurückfließt, wo der Abrieb von der Abschäumpumpe direkt erfasst werden kann. Diese Variante ist durch den zusätzlichen Aufwand mit einer eigenen Betriebspumpe für das eigenständige Kompartiment teurer, kann aber dadurch extrem gut und auch sinnvoll kontrolliert werden. Das eingepumpte Wasservolumen kann hier auch der jeweiligen Betriebspumpe des Filters optimal angepasst werden.

Von einem Bypass aus der Rückförderpumpe wird an dieser Stelle abgeraten, um die Leistungsfähigkeit der Förderpumpe durch unnötige Abzweige und PVC-Fittings nicht zu mindern. Die Hauptaufgabe der Rückförderpumpe sollte stets sein, möglichst effektiv und viel Wasser aus dem Technikbecken in die Aquarienanlage zu pumpen. Der Aufwand in der Beschaffung einer kleinen Betriebspumpe für das adoptive Filter-Kompartiment sowie deren laufenden Kosten sind meistens verhältnismäßig kleiner als eine Bypass-Verrohrung aus der Förderleitung der Hauptförderpumpe mit einem bestimmten Leistungsverlust durch die Bypass-Verrohrung.

Abschliessend soll, vor allem hinsichtlich der Biopellet-Filterung und der damit verbundenen potentiellen Ausschwemmung von heterotrophen Bakterien ins Hauptbecken, das Thema → [effektives Durchflussvolumen](#) angesprochen werden.

Da adoptive Filtermethoden die Leistungsfähigkeit des Eiweißabschäumers in Anspruch nehmen und der freigesetzte Abrieb idealerweise vollständig vom Abschäumer erfasst werden soll/muss, spielt das effektive Durchflussvolumen eine bedeutende Rolle. Ist dieses höher als das Volumen, das die Abschäumpumpe zeitgleich ansaugen kann, geht das Differenzvolumen am Abschäu-

mer ungefiltert vorbei und gelangt dadurch ins Hauptbecken. Ein übermäßig hohes effektives Durchflussvolumen von z.B. dem 5 – 10-fachen des Beckennettovolumens pro Stunde sorgt dafür, dass große Teile des von adoptiven Filtermedien freigesetzten Abriebs nicht vom Abschäumer erfasst werden können und schnell und ungehindert ins Hauptaquarium gepumpt werden. Es ist also für die nachhaltige Anwendung adoptiver Filtermethoden, vor allem bei der Biopellet-Filterung sehr wichtig, dass das effektive Durchflussvolumen nicht höher ist als das Ansaugvolumen des eingesetzten Abschäumers.

**-U-**

**UV-Klärung / UV-Anlage**

**IN BEARBEITUNG**

**-V-**

**-W-**

**Wasserwechsel**

**IN BEARBEITUNG**

**-X-**

**-Y-**

**-Z-**

**Zeolithfilterung**

**IN BEARBEITUNG**