

SANGOKAI

Empfehlungen A-Z

Ratgeber für die riffaquaristische Praxis
(SEA-Z)

© *Jörg Kokott* (Autor)

Version v3.3_2016



SANGOKAI

Stand: 04.12.2016

Aktualisierte Themen:

Neu in dieser aktualisierten Version:

→ [Gestaltung von Riffaquarien](#)

Inhaltsverzeichnis

-A-.....	3
Abschäumer → Eiweißabschäumer.....	3
Adoptive Filtermethoden.....	3
Aktivkohle → Kohlefilterung.....	3
Algenrefugium → Refugium.....	3
Alkalinität → Karbonathärte.....	3
-B-.....	4
Balling, Hans-Werner → Kalkhaushalt-Stabilisierung.....	4
Beleuchtung/Beleuchtungsarten → Lampentypen.....	4
Beleuchtungsdauer.....	4
Blauanteil in der Beleuchtung.....	6
Bestromung → Strömungskonzept.....	9
Biopellets (Pelletfilter).....	9
Bodengrund.....	11
-C-.....	18
Calciumgehalt.....	18
Closed-loop System → Strömungskonzept.....	19
Cyanobakterien.....	19
-D-.....	19
Dinoflagellaten.....	19
DSB/Deep Sand Bed (Tiefsandbett) → Bodengrund → Refugium.....	22
-E-.....	22
Effektives Durchfluss-Volumen (Förderpumpen).....	22
Einfahrphase → Start von Riffaquarien (Startphase).....	24
Eiweißabschäumer.....	25
-F-.....	27
Fischbesatz.....	27
Fluoreszenz/fluoreszierende Korallen.....	27
Förderpumpen/Rückförderpumpen → Effektives Durchfluss-Volumen (Förderpumpen).....	27
-G-.....	27
Gestaltung von Riffaquarien.....	27
-H-.....	36
-I-.....	36
-J-.....	36
Jaubert -System → Bodengrund.....	36
-K-.....	36
Kalkhaushalt-Stabilisierung.....	36

Kalkreaktor → Kalkhaushalt-Stabilisierung.....	41
Kalkwasser → Kalkhaushalt-Stabilisierung.....	41
Karbonathärte.....	41
Kohlefilterung.....	43
Kompensationsbiotop NEU!.....	43
Korallenernährung / Korallenfutter.....	46
-L-.....	46
Lampentypen (T5/LED/HQI).....	46
LED → Lampentypen → Blauanteil in der Beleuchtung.....	48
-M-.....	48
Mechanische Filterung.....	48
Meersalz → Wasserwechsel.....	54
Mondlicht.....	54
-N-.....	55
Nährstoffmangelsituationen.....	55
-O-.....	55
Ozonisierung.....	55
-P-.....	55
Plankton (Phytoplankton, Zooplankton, Bakterioplankton).....	55
Pelletfilter → Biopellets.....	55
Pumpen → Strömungskonzept.....	55
-Q-.....	55
-R-.....	55
Refugium (Pl.: Refugien).....	55
-S-.....	61
Start von Riffaquarien (Startphase).....	61
Strömungskonzept.....	61
-T-.....	69
Technikbecken und Technik-Kompartimente.....	69
-U-.....	80
UV-Klärung / UV-Anlagen.....	80
-V-.....	80
-W-.....	80
Wasserwechsel.....	80
-X-.....	101
-Y-.....	101
-Z-.....	101
Zeolithfilterung.....	101

-A-

Abschäumer → [Eiweißabschäumer](#)

Adoptive Filtermethoden

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 (engl. particulate organic 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 feinputikulärer Form in das Aquarienwasser freigesetzt wird.

Beide hier genannten adoptiven Filtermethoden werden in diesem Ratgeber unter den Stichwörtern → [Biopellets](#) und → [Zeolithfilterung](#) 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 11-11,5 Stunden (h) inklusive aller Dimmphasen betragen und 12 h nicht überschreiten. Nur für erfahrene Aquarianer und in problemfreien Riffbecken ohne Stresssymptome kann zur weiteren Verbesserung des Korallenwachstums oder der Korallenausfärbung auf eine Tageslänge von 13 h erhöht werden.

Zeigen sich jedoch Probleme, z.B. mit einem zu geringen Nährstoffgehalt und entsprechenden Symptomen (vgl. → [Nährstoffmangelsituationen](#)), entstehen Schäden an Korallen, oder entwickeln sich Makro- und Mikroalgen (vgl. → [Dinoflagellaten](#)) oder → [Cyanobakterien](#), sollte die Beleuchtungszeit unbedingt wieder auf max. 12 h, besser sogar auf nur 11 h verringert werden. Dadurch gelangt weniger Strahlungsenergie ins Riffaquarium und somit ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten kritischer Strahlungssstresssituationen in Korallen verringert.

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

Innerhalb des gesamten Beleuchtungszeitraumes ist es sinnvoll, eine Beleuchtungszusammensetzung zu wählen, die sich über den Tagesverlauf qualitativ, d.h. hinsichtlich der spektralen Zusammensetzung, nicht oder nur geringfügig verändert. Das bedeutet, dass idealerweise das Licht mit dem gleichen Spektrum zu Tagesbeginn hochfährt, wie es über den übrigen Tag auch leuchten soll. Abends fährt es auch genauso wieder herunter. Dadurch müssen sich alle vom Licht abhängigen Organismen, v.a. die Korallen, nicht auf unterschiedliche Beleuchtungsumgebungen akklimatisieren und werden dadurch physiologisch weniger stark belastet. Je konstanter und je gesünder die Strahlungsumgebung im Riffaquarium ist, desto leichter kann die Strahlungsenergie in Wachstum umgesetzt werden. Zu starkes und zu energiereiches Licht kann Strahlungsschutzmechanismen stärker ausprägen, so dass Wachstumsraten sinken und sogar Wachstum gänzlich zum Erliegen kommen kann.

In vielen Fällen wird dem Konzept einer einheitlichen Strahlungsumgebung im Gesamttagungsverlauf nicht entsprochen und mit den bekannten Blauphasen als Morgen- und Abendlicht spektral anders gearbeitet. Insbesondere sehr lange Blauphasen, die länger andauern als 1 Stunde, können unter Umständen zu Strahlungsstress führen. Daher sollten Blauphasen idealerweise gar nicht angewendet werden oder nur kurzweilig über 30 – 45 Minuten. Für das SANGOKAI System empfiehlt sich, die Strahlungsumgebung qualitativ, d.h. spektral möglichst gleich zu halten.

Ein exemplarischer Tagesverlauf über 11 – 11,5 Stunden ist im Folgenden dargestellt (anwendbar für alle dimmbaren T5- und LED-Lampen). Dabei ist wichtig zu verstehen, dass die Tagesmaximalleistung (TML) von der Begrifflichkeit her nicht der maximalen technischen Lampenleistung entspricht bzw. entsprechen muss. LED Lampen können meist in ihrer Leistungsaufnahme geregelt werden, z.B. auf nur 60% der maximal technisch möglichen Lampenleistung. Eine Tagesmaximal-Leistung von 100% entspricht dann dieser individuell eingestellten technischen Lampenleistung.

Beispielprofil für 11,0 – 11,5 Stunden (h)

Sonnenaufgang von 0 – 60% der Tagesmaximalleistung (TML) innerhalb von 30-45 min.

In den folgenden 2 h Erhöhung von 60 – 90% der TML

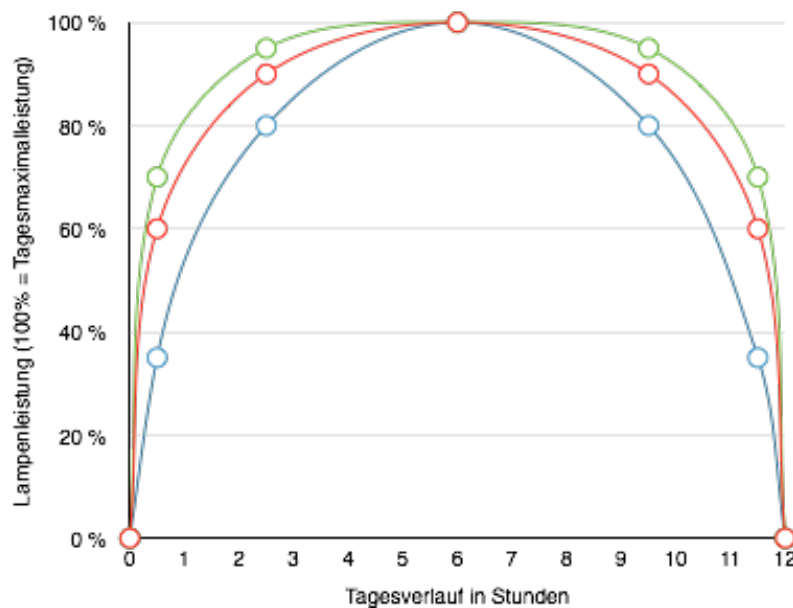
In den darauf folgenden 3 h Erhöhung von 90 – 100% der TML (Tageshöchststand erreicht)

Rückwärts über 3 h Absenkung von 100% auf 90% der TML

Zum Abend 2 h Absenkung von 90 auf 60% der TML

Sonnenuntergang von 60 – 0% innerhalb von 30-45 min.

Das untenstehende Diagramm zeigt einen idealisierten Tagesverlauf über 12 Stunden in drei Varianten (grüne, rote und blaue Kurve). Die verschiedenen Kurven zeigen, dass die Zahlenwerte selbstverständlich veränderlich sind, z.B. beim Sonnenaufgang innerhalb von 30 min. von 0 – 60% (rote Kurve), von 0 – 70% (grüne Kurve) oder von 0 – 35%. Auch der Anstieg auf das mittägliche Plateau kann abweichend gestaltet werden, z.B. von 60 – 90% (rote Kurve) oder von 70 – 95% (grüne Kurve). Durch solche Modulationen können die Vor- und Nachmittage im Verlauf zur Tagesmaximalleistung steiler gestellt und das mittägliche Plateau abgeflacht werden. Die blaue Kurve zeigt einen Verlauf, der einen langsameren Anstieg und Abfall in der Strahlungsintensität aufweist und damit auch über den Gesamtbeleuchtungszeitraum weniger Strahlungsenergie in das Aquariensystem einbringt als der rote und grüne Verlauf. Ein solcher moderater und weniger energiereicher Beleuchtungsverlauf kann sinnvoll sein, wenn das Becken häufiger zu Nährstoffmangelsituationen neigt, auf eine neue Beleuchtung umgestellt wird oder Riffaquarien neu gestartet werden. Je konstanter ein Riffaquarium läuft und wenn das Korallenwachstum und die Ausfärbung gefördert werden sollen, kann der Beleuchtungsverlauf wie in den roten und grünen Kurven gezeigt, steiler gestellt werden.



Bei einem Beckenneustart empfiehlt es sich, die Beleuchtungsdauer zunächst nur mit 9 Stunden (h) täglich anzusetzen. Bei dem zügigen Korallenbesatz wenige Tage nach dem Beckenstart spielt eine ausreichend lange Beleuchtung für die Gesunderhaltung der eingesetzten Korallen natürlich eine wichtige Rolle. Im Abstand von z.B. 3 – 5 Tagen kann dann die Beleuchtungsdauer um jeweils 30 – 60 min. verlängert werden, so lange, bis eine maximale Beleuchtungsdauer von 11 h erreicht ist. Dieser 11 h Tag kann nun zunächst für einige Wochen beibehalten werden, bevor bei gutem und gesunden Korallenwachstum auf 11,5 h oder 12 h erhöht wird.

In Algen- oder Lebendgesteinrefugien wird oft eine 24 stündige Dauerbeleuchtung empfohlen, was insbesondere die Sporulation von *Caulerpa* Arten verhindern soll. Empfehlenswerter und für die Algen gesünder und auch wachstumsfördernder ist eine ebenfalls natürliche Beleuchtungsdauer von max. 12 Stunden, die jedoch invertiert zum Hauptbecken gesteuert werden kann → **Refugium**). Durch diese Invertierung (Umkehr) ergibt sich sowohl eine pH-Stabilisierung als auch eine verbesserte CO₂/O₂Verfügbarkeit durch die gleichzeitige CO₂-Freisetzung/O₂-Zehrung aus der nächtlichen Zellatmung (Respiration) und der photosynthetischen CO₂-Fixierung/O₂-Produktion in dem jeweils beleuchteten Teil des Riffaquariensystems. Wird das Algenrefugium jedoch in seiner Konkurrenz zu den Korallen zu stark, kann auch eine Verkürzung der Beleuchtungsdauer im Refugium auf z.B. nur 6-8 Stunden sinnvoll sein, damit den Korallen anteilig mehr Nährstoffe zur Verfügung stehen und die Wachstumsraten der Algen im Refugium begrenzt wird. Hier gilt es jedoch zu beachten, dass ein nur kurz beleuchtetes Refugium stärker respiriert (atmet) und dadurch sauerstoffzehrend sowie über die CO₂-Produktion pH-senkend auf das Gesamtaquarium wirkt und daher eine gute Belüftung des Refugiums notwendig ist.

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 (z.B. *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, v.a. im kurzwelligen Violett- und Tiefblaubereich (400-430 nm). Mehr Informationen und Zusammenhänge 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. T5-Röhren haben einen dominanten Emissionspeak bei ca. 430 nm und sind im Vergleich zu royal blauen LEDs (Bereich um 450 nm) und blauen LEDs (460-470 nm) in der Blauemission kurzwelliger und damit auch energetisch wirkungsvoller.

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 im Bereich von 390-410 nm, als auch v.a. auf die an das sichtbare Licht bei 380 nm angrenzende UV-A Strahlung gänzlich zu verzichten. 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 T5/T8-Röhren vor allem bei 420-450 nm vertreten, mit einem Hauptpeak bei ca. 420-430 nm. Demgegenüber weisen LED-Lampen verschiedene violette und blaue LEDs auf und können je nach LED-Konfiguration daher in einem sehr breiten Bereich von 410 - 480 nm emittieren. Die meisten LED-Lampen geben meist ein eher langwelliges Blau im Bereich von 450-480 nm ab. Hier zeigt sich durchaus ein positiver Aspekt in T5/LED-Hybridlampen, bei denen sich das kurzwellige Blauspektrum der T5-Röhren geeignet mit dem langwelligen Royal-Blau und Blau der LEDs bis hin zu einem Cyan bei ca. 490-495 nm kombinieren lässt.

Bei LED-Lampen gilt es v.a. die „UV“/violetten LEDs zu beachten, die im energiereichen und daher potentiell schädlichen Wellenlängenbereich von 380-410 nm emittieren und die nicht übertrieben stark eingesetzt werden sollten. Die royal blauen (rb) LEDs mit einer dominanten Wellenlänge von ca. 450 nm und blaue (b) LEDs mit einer dominanten Wellenlänge von ca. 470-480 nm sind für Korallen (Zooxanthellen) photosynthetisch sehr gut nutzbar, während die violetten LEDs v.a. → **Fluoreszenz** in Korallen erzeugen, die jedoch kritisch als Strahlungsbelastung interpretiert werden muss, wenngleich sie für uns Aquarianer auch einen ästhetischen Aspekt in sich trägt. Neuere LED-Lampen dehnen den photosynthetisch nutzbaren Emissionsbereich sinnvollerweise noch um bestimmte CYAN-LEDs aus, die bei 490-495 nm gerade an der Grenze zu Grün (> 500 nm, photosynthetisch für Korallen jedoch kaum von Bedeutung) emittieren. Da Zooxanthellen durch die Kopplung von Chlorophyll a und Peridinin an Proteine eine eher langwelliges photosynthetisches Aktionsspektrum zeigen, ist diese Neuerung in modernsten LED-Lampen durchaus sinnvoll. Einige LED-Hersteller argumentieren nach wie vor mit Chlorophyll-Anregungen im Bereich von 430 nm, in Anlehnung an die Photobiologie von Landpflanzen, was mit unseren Ansprüchen in der Riffaquaristik reichlich wenig zu tun hat. Grün > 500 nm ist für Zooxanthellen eher wirkungslos, kann aber u.U. von anderen Algen und Cyanobakterien genutzt werden, so dass dieser Emissionsbereich als kritisch zu betrachten ist.

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 und ggf. mit einer 490-495 nm Emission).

Generell wichtig ist das Verständnis, dass Blaustrahlung insgesamt die energiereichste Strahlung im sichtbaren Lichtspektrum ist und wiederum violette LEDs energiereicher sind als royal blaue LEDs und diese wiederum 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 kaltweise 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 wie bereits erläutert wurde, 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. Für violette LEDs und v.a. für Anfänger und LED-unerfahrene Anwender gilt die Empfehlung, nur circa 10-20% der individuell möglichen Lampenleistung zu nutzen, um Strahlungsstresszustände in Korallen zu verhindern.

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. Auch im violetten Bereich kann in einem gesunden Riffaquarium mit höheren Emissionen experimentiert werden.

- 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 → [adaptiven Filtermethoden](#), die nicht autark 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 anderen 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 stattgefundene 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 Filtrierern 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, spielt aber auch für die Pflege bodenlebender Tiere eine wichtige Rolle als deren Lebensraum und stellt daher auch ein eigenes Biotop innerhalb des Riffaquariums dar. Der Begriff sagt jedoch nichts über das Material aus, das zum Einsatz kommen kann. Typischerweise werden im Meerwasseraquarium kalkhaltige Sande (natürlicher aragonitischer Korallensand oder calcitische Sande) verschiedener Körnungen (0,5 - 2 mm) oder auch feiner Korallenbruch (3 - 5 mm) genutzt. Grober Korallenbruch

(> 10 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 möglich.

Der Bodengrund ist Teil der → [Gesamtdekorationsoberfläche](#) und ist unabhängig von seiner dekorativen Funktion 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, siehe → [Gestaltung von Riffaquarien](#)) 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 Sandbettsystem 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 Auflösungsvorgänge 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. Sandbettsysteme mit geringeren Korngrößen sind dadurch normalerweise nicht zu stark biologisch aktiv, zumindest nicht, wenn das Sandbettsystem 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, Aufwühlen 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 werden würde. 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. Gleichermaßen 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 Bestromung betrieben wurde.

Im Hauptbecken dagegen wird eine grobe Körnung und eine dazu kombinierte hohe Schichthöhe fast immer negative Auswirkungen auf das Riffaquariensystem haben, weil die Turbulenz in den Wassermassen im Bereich der oberen Sedimentschichten immer auch Lückensystemwasser ausspült. Daher wird von dieser Kombination nicht nur für das SANGOKAI System, sondern 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 Beströmung idealerweise laminar, in paralleler Richtung oder in ganz flachem und in Richtung des Sediments abgeschrägtem 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 Beströmung 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 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 Beströmung 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 würfelförmige Becken, bei denen die Scheiben sehr nah aneinander stehen. Teilweise nutzen manche, wenn auch nur wenige Riffaquarianer daher auch Mischformen aus Sediment- und Hartsubstrat-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 (wobei dadurch auch die Sedimentationsrate steigt, s.u.). 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 Beströmung 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. Eine zu schwache Beströmung führt aber immer dazu, dass sich eine hohe Sedimentationsrate ergibt und sich partikuläres Material im Bodengrund absetzt und das Lückensystem dadurch ungünstig z.B. auch mit organischem Material (Mulm) beladen wird.

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 Sandbettsystem 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 Sandbettsystem 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 gröberen 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 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 Adsorbentien abgeriebene Feinstpartikeln an und auch abgestorbenes Zellmaterial von Bodenmikroben oder Häutungen von Krebsen führen nach und nach zu einer Vermulung. Mit zunehmenden 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 verlagert. 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/cm³ 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 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 (veraltet „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 kurzwelliger 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 Farbausbildung, 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. Diese Argumentation ist aber physiologisch unsinnig, weil bei sich verschlechternder Phosphat-Verfügbarkeit auch das Dinoflagellaten-Wachstum irgendwann verlangsamen 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 Adsorbern 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 Durchfluss-Volumen (Förderpumpen)

Das effektive Durchfluss-Volumen (eDfV) ist das tatsächlich von einer Förderpumpe (oder mehrerer) durch ein Aquariensystem transportierte Wasservolumen, dass pro Stunde innerhalb der Hauptaquarienanlage und dem Filterabteil/Technikbecken zirkuliert. Es unterscheidet sich oftmals von den seitens der Pumpenhersteller angegebenen Kennzahlen oder von Angaben in technischen Leistungsdiagrammen. Das liegt hauptsächlich am zunehmenden Grad der Verschmutzung sowie der Abnutzung der Pumpen im Laufe ihrer 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 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 eDfV aus genannten Gründen gravierend von dem vermeintlichen Fördervolumen, das der Aquarianer als richtig vermutet, abweicht, woraus sich eine mangelhafte Filterleistung und infolgedessen 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 Durchfluss-Volumens (eDfV) eignet sich ein Durchflussmengenmesser, der als Bauteil für größere Anlagen im Fachhandel erhältlich ist, oder auch für kleinere Anlagen als DIY-Variante z.B. mit Wasserzählern aus dem Gartenbereich (pers. Mitteil. Udo Richter) gebaut werden kann. Alternativ kann das eDfV händisch ausgelitert werden, indem man das rücklaufende Wasser aus dem Hauptbecken eine festgelegte Zeit lang in einem geeigneten Behälter auffängt und dann das in dieser Zeit aufgefangene Volumen bestimmt, das dann auf das eDfV pro Stunde hochrechnet wird. Es kann auch ein festgelegtes Volumen aufgefangen werden und die dafür notwendige Zeit bestimmt werden, um wiederum auf das eDfV 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 Durchfluss-Volumen (eDfV) empfiehlt sich im allgemeinen das Zweifache - bis Dreifache des Gesamtnettovolumens (GNV) der zu betreibenden Riffaquarienanlage pro Stunde, um das Technikbecken bzw. die dort installierte Filtertechnik in seiner Leistungsfähigkeit optimal auszulasten. Das entspricht z.B. in etwa dem Wasservolumen, das ein sinnvoll dimensionierter Eiweißabschäumer pro Zeiteinheit ansaugen kann. Ein 1000 L Becken sollte also ein eDfV von mindestens 2000 L/h bis 3000 L/h (L/h = Liter pro Stunde) aufweisen. Einige kommerzielle

Aquarien-/Versorgungssysteme arbeiten mit höheren effektiven Durchfluss-Volumina, die entsprechend der Funktionalität der jeweiligen Methode auch angewendet werden müssen.

Wird das effektive Durchfluss-Volumen (eDfV) auf über das Zwei- bis Dreifache des Gesamtnettovolumens pro Stunde erhöht, geht der Differenzbetrag, der nicht von der Filtertechnik angesaugt werden kann, wieder ungefiltert zurück ins Hauptbecken und erzeugt zunächst einmal höhere Neben-/Betriebskosten ohne unmittelbaren filtertechnischen Nutzen.

Allerdings gilt für eine mechanische Filterung, dass die Filterleistung proportional mit dem eDfV zunimmt, sofern das gesamte transportierte Wasser durch die mechanische Filterung fließt und der mechanische Filter ausreichend Kapazität für ein hohes eDfV besitzt. Da diese Art der Wasserfilterung in der Meerwasseraquaristik durch die schnell einsetzende und mit der Zeit zunehmende biologische Filterwirkung des → [mechanischen Filtermaterials](#) allgemein kontraproduktiv wirkt, wird dieser Aspekt des eDfV i.d.R. nicht berücksichtigt. Eine Ausnahme bildet der mittlerweile populäre Rollvliesfilter, der nur eine kurze Kontaktzeit zwischen beladenem Filtermaterial und dem Aquarienwasser ermöglicht und somit weitestgehend biologisch unwirksam ist.

Eine weitere sinnvolle Erhöhung des effektiven Durchfluss-Volumens (eDfV) über das allgemein empfohlene Dreifache hinaus, ergibt sich für vollständig in Technikbecken integrierte Refugien, wenn diese in ihrer Wirkung möglichst stark zur Ausprägung kommen sollen. Wenn man ein → [Refugium](#) im wörtlichen Sinne als Ausgangsort für dort ungestört wachsende und sich vermehrende Organismen betrachtet, dann sind hinsichtlich der Ausschwemmung von Fortpflanzungs- und Larvenstadien, ggf. auch von gewünschten Stoffwechselprodukten (z.B. organische Nährstoffe, Hormone, Lockstoffe) in das Hauptbecken höhere eDfV sinnvoll, wenngleich natürlich auch energetisch deutlich aufwändiger. Ähnliches gilt für ein → [Kompensationsbiotop](#), wenn es darum geht, überschüssige Nähr- und Schadstoffe in z.B. Algenbiomasse umzuwandeln. Hier zeigt sich, allerdings nur bis zu einem gewissen Grad, dass eine wachsende Algengemeinschaft von der Bereitstellung der überschüssigen Nährstoffe abhängig ist und es dafür ein höheres eDfV als das Dreifache benötigt, z.B. bis zu einem fünffachen eDfV.

Gleichzeitig kann sich jedoch ein überdimensioniertes, schlecht gepflegtes und unterversorgtes Refugium bzw. Kompensationsbiotop ökologisch dominant verhalten und kontraproduktiv z.B. auf Korallen wirken, zum einen als Konkurrent im Rahmen der allgemeinen Nährstoffverfügbarkeit, zum anderen aber auch durch die Ausschwemmung potentiell schädigender oder wachstumshemmender biochemischer Stoffe (sog. sekundäre Metabolite) aus dem Algen- oder Bakterienstoffwechsel. Aus diesem Grund empfiehlt sich ein Bypass-Betrieb für Refugien (siehe → [Refugium](#)) und eine elektronische Leistungsregelung für Förderpumpen, um im individuellen Bedarfsfall das eDfV modulieren zu können.

An dieser Stelle sei abschliessend auf die kritische Bedeutung eines übertrieben hohen effektiven Durchflussvolumens (eDfV) bei der Anwendung adoptiver Filtermethoden, wie z.B. der → [Pelletfilterung](#) hingewiesen, was auch unter dem Stichwort → [Technikbecken und Technik-](#)

Kompartimente thematisiert wird. Hierbei darf das eDfV das jeweilige Ansaugvolumen des Abschäumers idealerweise nicht überschreiten, damit es nicht zur Freisetzung von potentiell schädlichem Abrieb (z.B. Pelletbakterien oder Kohlenstoffpartikel) ins Hauptbecken kommt. In geringem Maße kann dieser Effekt gewünscht sein, allerdings darf es nicht zu einer Überladung des Hauptaquariums kommen.

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 Zwei- bis Dreifache des Gesamtnettovolumens pro Stunde i.d.R. ausreichend und kann bei der Beckenplanung soweit als Vorgabe genutzt werden.

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

Das effektive Durchflussvolumen ist also hinsichtlich des Nährstoffgehalts bzw. der allgemeinen Nährstoffverfügbarkeit und der Wirkung von Refugien und Kompensationsbiotope ein dynamischer Parameter, was wiederum bedeutet, dass eine Förderpumpe auch als dynamische Technikkomponente verstanden werden muss. Eine Förderpumpe sollte also 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 Eins 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 Riffaquarium dauerhaft ohne Eiweißabschäumung zu betreiben ist zwar möglich, allerdings steigt dabei je nach Besatz die organische Belastung des Wassers, der Trübstoffgehalt und auch die Keimzahl kann vergleichsweise höher sein als in abgeschäumten Riffaquarien. Da es funktionell und qualitativ zur Eiweißabschäumung keine alternative Filtermethode gibt, müssen solche Riffaquarien mit einer deutlich höheren Wasserwechsel-Intensität und mit kürzeren Intervallen betrieben werden, damit sich keine Akkumulation hemmender oder gar schädigender Substanzen ergibt (eine generelle Empfehlung ist schwer zu formulieren, es sollten mindestens 15-

20% idealerweise einmal die Woche gewechselt werden). 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 immer 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 kolloidaler¹ und feinpartikulärer Stoffe und Sedimente durch keine andere Methode zu ersetzen. Die Methode erfuhr in den vergangenen zwei Jahrzehnten eine kontinuierliche und vor allem signifikante 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 und schwach mit Fischen besetzten Riffaquarien zum Einsatz gebracht werden und dies zu akuten → [Nährstoffmangelsituationen](#) führen 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 schonend und trocken abschäumen (konische Bauform sowie Venturi/Injektor-Modelle). **Auf keinen Fall sollte ein Abschäumer bewusst 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 Aquarien gibt, auch bei den motorbetriebenen *Venturi*-Typen (auch Injektor-Typ 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 wird. Ein übermäßig leistungsstarker Abschäumer ist für ein solches Becken ungeeignet und absolut kontraproduktiv.

1 kolloidal beschreibt einen Aggregatzustand im Grenzbereich zwischen nicht vollständig gelöst aber auch nicht vollständig partikulär.

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 Durchfluss-Volumen](#) durch das Technikbecken oder Filterabteil hoch ist (ca. das Zwei- bis Dreifache des Gesamtnettovolumens 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 formuliert wurde, gilt: 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 (viele kleine Fische) ausfallen und eine aktive Zuführung von Nährstoffen kann sich als notwendig zeigen.

Heutzutage tendieren Riffaquarien zu akuten → [Nährstoffmangelsituationen](#), u.a. deshalb, weil die Abschäumtechnik unsinnig und übertrieben stark eingesetzt wird und zeitgleich zu wenige und v.a. zu wenig kleine Fische gepflegt werden, die sich in Korallennähe aufhalten und somit für eine Nährstoffmediation sorgen, die große Fische nicht in dem Maße leisten können (diese tragen eher zu einer übermäßig starken Kotbildung bei). Dieses Thema wird in einem eigenen Kapitel → [Fischbesatz](#) ausführlicher thematisiert.

Die Platzierung des Abschäumers innerhalb des Aquariensystems ist ein sehr wichtiges Thema, weil es die Leitungsfähigkeit und Effizienz der Eiweißabschäumung stark beeinflusst. 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, d.h. 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 größeres Modell. Vielmehr liegt der Grund wie erörtert in dem räumlich vorgeschalteten Filtermaterial oder beispielsweise auch einem falsch vor dem Abschäumer platzierten und schlecht gepflegten 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 (vgl. → [Gesamtdekorationsoberfläche](#)).

-F-

Fischbesatz

IN BEARBEITUNG

Fischbesatz in der Startphase von Riffaquarien

Fische als Nährstofflieferanten

Artgerechte Fischpflege und Auswahl geeigneter Aquarienfische

Fluoreszenz/fluoreszierende Korallen

IN BEARBEITUNG

Fluoreszenz als potentieller Indikator für Strahlungsstress

Fluoreszenz als ästhetische Komponente

Förderpumpen/Rückförderpumpen → [Effektives Durchfluss-Volumen \(Förderpumpen\)](#)

-G-

Gestaltung von Riffaquarien

Die Gestaltung von Aquarien ist ein zentrales Thema und neben dem Tier- und Pflanzenbesatz der ästhetisch wirksamste Aspekt innerhalb der Aquaristik. Insbesondere für den Laien ist der optische Eindruck des Aquarium wichtiger, als die Art und Weise, wie das Aquarium z.B. technisch betrieben wird.

Die Form und die Gestalt des eingesetzten Dekorationsmaterials erweckt jedoch nicht nur eine individuelle emotionale Wirkung im Betrachter. Vielmehr bestimmt die Gestaltung auch unmittelbar und direkt den praktischen Betrieb des Riffaquariums. An dieser Stelle sei auf den im Latka Verlag 2015 publizierten Fachartikel „Der Einfluss der Riffaquariengestaltung auf die Aquarienpraxis, Teil 1“ verwiesen, der in der Kategorie Wissen auf der SANGOKAI Webseite zur Verfügung steht und das Thema am Beispiel der Nitrifikation in einem Riffaquarium diskutiert.

Um den Einfluss der Riffgestaltung auf aquarienbiologische Prozesse und den praktischen Betrieb zielführend diskutieren zu können, werde ich (J. Kokott) an dieser Stelle drei Parameter definieren und vorstellen, mit denen eine jeweilige Riffgestaltung charakterisiert und beurteilt werden kann: die Gesamtdekorationsoberfläche (GDO), die Expositionsfläche (EF) und die Raumstruktur (RS). Diese drei Parameter sollen im Folgenden erklärt und diskutiert werden.

Gesamtdekorationsoberfläche (GDO)

Wenn in einem Riffaquarium ein Hartsubstrat als Siedlungsraum angeboten wird, entwickelt sich darauf eine ganz spezifische, d.h. für das Aquarium eigene und individuelle Organismengemeinschaft z.B. aus Bakterien, Mikroben und Algen. Diese Entwicklung ist abhängig von den jeweils vorherrschenden physikalisch-chemischen Umweltbedingungen (z.B. Licht, Strömung, Meerwasserzusammensetzung, Nährstoffgehalt), dem Ausmaß an Veränderungen in diesen Bedingungen (Dynamik) und der Zeit. Hinsichtlich dynamischer Veränderungen muss man davon ausgehen, dass die im Wasser verfügbaren Nähr- und Mineralstoffe bei einem begrenzten Volumen im Aquarium potentiell wachstumslimitierende Faktoren sind. Sehr einfach nachzuvollziehen ist das anhand des Verbrauchs an Calcium oder Carbonaten im Rahmen der → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#). Viele Organismen haben eine Vorliebe für einen ganz bestimmten Nährstoff, so dass die Verteilung verschiedener Nährstoffformen im Aquarium die Organismengemeinschaft unterschiedlich anspricht. Manche Organismen werden in ihrem Wachstum gefördert, gleichzeitig andere geschwächt, wenn sie mit den verfügbaren Nährstoffen weniger gut umgehen können. Der Nährstoffhaushalt ist also aus Sicht der Organismengemeinschaft eine relative, und keine absolute Größe und bestimmt die Entwicklung der Organismen auf dem Hartsubstrat dynamisch über die Zeit. Dadurch bringt jedes Aquarium eine ganz individuelle Organismengemeinschaft hervor, was jedes einzelne Aquarium (selbst wenn es Teil in einem Gesamtkreislauf ist) einzigartig macht. Wir müssen also davon ausgehen, dass sich unabhängig von der Materialbeschaffenheit und der Form der Gestaltung eine biologische Aktivität v.a. im Bereich der Mikrobiologie entwickelt, die das Aquarium beeinflusst und das wir nicht in allen Situationen ausreichend gut steuern und kontrollieren können (Algenplagen, Cyanobakterien, etc.). Es ist allerdings wichtig zu verstehen, dass ins Aquarium eingebrachtes Gestaltungsmaterial niemals völlig inaktiv und damit vernachlässigbar ist. Es interagiert mit dem Wasser und den Organismen im Aquarium und muss dahingehend optimal verstanden werden.

Die Gesamtdekorationsoberfläche schließt alle Biotope im Aquariensystem ein, also neben den Aquarienscheiben selbst auch das Hartsubstrat (Steine) und auch der Bodengrund, der Lebensraum für eine ganz eigene Organismenwelt ist, und je nach Material, Körnung und Struktur ganz unterschiedliche Umweltbedingungen schafft, die im Kapitel → [Bodengrund](#) detailliert erläutert sind. Relevant ist an dieser Stelle nur, dass alle exponierten Oberflächen im Aquarium mit dem Wasser interagieren, selbst die Aquarienscheiben, die wir aus diesem Grund auch regelmäßig von Aufwuchsorganismen befreien müssen. Diese Interaktionen betreffen ganz allgemein den Gas- und Stoffaustausch auf drei unterschiedlichen Ebenen, und zwar zwischen Gestaltungsmaterial und dem Wasser (Ebene 1), zwischen den Organismen auf dem Gestaltungsmaterial und dem Wasser (Ebene 2) und natürlich auch zwischen den Organismen und dem Gestaltungsmaterial, auf dem sie wachsen (Ebene 3).

Typisch für viele künstliche Gestaltungsmaterialien ist z.B. die Abgabe von Calcium oder auch Silikat als direkte Interaktion zwischen Gestaltungsmaterial und Wasser (Ebene 1). Je nach Art und Qualität der verwendeten Rohstoffe, und in Abhängigkeit von der Verarbeitungsweise und dem Herstellungsvorgang, kann die spätere Rücklösung von Stoffen aus dem Gestaltungsmaterial ins

Meerwasser seitens des Herstellers beeinflusst und kontrolliert werden. Dennoch wird man nach der Verarbeitung solcher Materialien im Aquarium oft schnell eine Veränderung in der Meerwasserzusammensetzung feststellen und wird korrigierend eingreifen müssen (z.B. Stabilisierung der Karbonathärte bei steigendem Calciumgehalt, oder, im kritischeren Fall, Wasserwechsel bei sich anreichernden Schadstoffen aus einem Gestaltungsmaterial). Je größer die Gesamtdekorationsoberfläche im Aquarium ist, desto stärker ist auch das Ausmaß der Rücklösung z.B. von Stoffen aus dem Gestaltungsmaterial ins Meerwasser, bzw. der Entfernung von Stoffen aus dem Meerwasser, wenn das Material adsorptive, d.h. bindende Eigenschaften aufweist.

An dieser Stelle sei auch bemerkt, dass sich bei der Verwendung von sehr viel Gestaltungsmaterial auch das Verhältnis von Gesamtdekorationsoberfläche (GDO) zu Wasservolumen in Richtung der GDO verschiebt, was für den langfristigen Aquarienbetrieb nicht folgenlos bleibt. Je mehr Steine oder Bodengrund ins Aquarium eingebracht werden, desto weniger Wasser ist anteilig im Aquarium enthalten. Steigt die GDO im Vergleich zum Wasservolumen an, so nimmt auch der angesprochene wachstumslimitierende Einfluss des Nährstoffhaushalts auf die Organismengemeinschaft zu, d.h. Korallen und andere gewünschte Pfleglinge stehen in deutlich größerer Konkurrenz zu Bakterien und Mikroben, die im gleichen Wasser auf der Dekoration siedeln und möglicherweise auf die selben Nährstoffe zurückgreifen. Eine solche Nährstoffkonkurrenz kann für die Korallenpflege problematisch sein und kann z.B. auch auf → [Refugien](#) zutreffen.

Im Folgenden soll ein Szenario im Zusammenhang mit der Gesamtdekorationsoberfläche und dem Nährstoffhaushalt vorgestellt werden, dass deutlich machen soll, wie sich eine hohe Gesamtdekorationsoberfläche auf aquarienbiologische Prozesse im Riffaquarium auswirken kann. Dieses Thema ist auch in dem bereits empfohlen Artikel „Der Einfluss der Riffaquariengestaltung auf die Aquarienpraxis, Teil 1“ behandelt, soll hier jedoch ebenfalls als Beispiel dienen.

Eine hohe Gesamtdekorationsoberfläche erzeugt im sauerstoffhaltigen (oxischen) Milieu eine starke Nitrifikationsaktivität, wenn ausreichend Ammonium zur Verfügung steht. Je mehr Siedlungsraum Nitrifikanten geboten wird, desto größer kann auch deren Population heranwachsen, d.h. desto höher ist die mögliche Nitrifikationsaktivität im Aquarium. Die Nitrifikation ist ein bakterieller Stoffwechselweg, der Ammonium zunächst zu Nitrit und dieses in einem zweiten Schritt zu Nitrat oxidiert. Dadurch verschiebt sich also im Wasser das Verhältnis von reduziertem Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) hin zu oxidiertem Nitrat-Stickstoff ($\text{NO}_3\text{-N}$).

Nitrat ist hinsichtlich der Verwertung z.B. in der Proteinsynthese energetisch ungünstiger, weil es in der lebenden Zelle zunächst wieder energieaufwändig zu Ammonium reduziert werden muss, damit der enthaltene Stickstoff (N) in Proteine eingebaut werden kann. Je höher also die Nitrifikationsrate im Riffaquarium ist, desto schneller geht das physiologisch günstige Ammonium verloren und desto schneller entsteht das energetisch aufwändiger nutzbare Nitrat.

Unabhängig von dieser Verschlechterung in der Stickstoffverfügbarkeit an sich muss in diesem Zusammenhang auch die Bedeutung einer Spurenmetallversorgung angesprochen werden, denn

nicht nur die Nitrifikation selbst benötigt Spurenmetalle für die darin aktiven Enzyme, sondern auch die in den lebenden Zellen stattfindende Umkehr der Nitrifikation, also die Reduktion von aufgenommenem Nitrat zurück zu verwertbarem Ammonium. Die hier benutzten Enzyme (Nitratreduktase, Nitritreduktase) enthalten die Spurenmetalle Eisen und Molybdän. Ein Mangel an diesen Spurenmetallen kann also praktisch die Verwertung von Nitrat als Stickstoffquelle im Aquarium verschlechtern, d.h. es liegt zwar Nitrat im Wasser vor, es kann jedoch nicht genutzt werden. Folglich entsteht für Korallen und Algen eine Stickstoffmangelsituation, sofern nicht auf Ammonium oder andere organische Stickstoffverbindungen zurückgegriffen werden kann (z.B. durch eine unmittelbare Ammoniumversorgung durch kleine Fische, die in einer Korallenkolonie leben oder sich darin zeitweise aufhalten. Solche kleinen Fische tragen also weitaus besser zur Stickstoffversorgung von Korallen bei als große Fische, was im Kapitel → [Fischbesatz](#) thematisiert wird).

Je höher also die Nitrifikationsaktivität im Aquarium ist, desto theoretisch schlechter ist die allgemeine Stickstoffverfügbarkeit für Korallen und desto höher ist der Bedarf z.B. an Eisen und Molybdän, damit Nitrat als Stickstoffquelle von Korallen und Algen genutzt werden kann. Da in diesem Szenario die Nitrifikationsaktivität mit steigender Gesamtdekorationsoberfläche (GDO) zunimmt, erhöht sich auch der Spurenmetallbedarf im Riffaquarium, was der Aquarianer in seinen Pflegemaßnahmen berücksichtigen muss (Spurenmetallversorgung), um einen Spurenmetallmangel zu vermeiden.

Wenn also im Umkehrschluss das Wasservolumen im Aquarium groß und die Gesamtdekorationsoberfläche relativ klein ist (wenn also wenig Gestaltungsmaterial verwendet wird), dann bleibt physiologisch wirksames Ammonium (abgegeben z.B. von Fischen über die Kiemen, oder zugeführt aus einer Nährstoffversorgung) länger im Wasser erhalten und wird weniger schnell über die Nitrifikation in ungünstiges Nitrat umgewandelt. Ammonium steht damit auch den Organismen länger zur Verfügung. Wir können weiterführend argumentieren, dass auch der Bedarf an Spurenmetallen praktisch niedriger ist, wenn ein Riffaquarium eine geringe Gesamtdekorationsoberfläche, also eine sparsamere Dekoration, aufweist. Diesen Trend beobachten wir in den letzten Jahren bei vielen SPS-Liehabern, die nicht nur auf Bodengrund verzichten, sondern auch sehr locker und spartanisch gestalten, um für ein möglichst großes Wasservolumen bei gleichzeitig geringer Dekorationsoberfläche zu sorgen. Dadurch bleiben wichtige Nährstoffe, z.B. aus einer aktiven Versorgung, für Korallen länger verfügbar und werden nicht von Bakterien oder Mikroalgen verbraucht, die auf einer hohen Dekorationsoberfläche siedeln und dadurch eine Nährstoffkonkurrenz zu den Korallen erzeugen.

Im gleichen Zusammenhang ist auch eine Ableitung auf die Filtertechnik zu besprechen. So kann die Effizienz der Eiweißabschäumung bei hoher Gesamtdekorationsoberfläche mitunter deutlich reduziert sein, weil viele potentiell abschäumbare Substanzen von Bakterien und Mikroben auf der Dekorationsoberfläche im Aquarium abgebaut (mineralisiert) werden und schnell in die Nitrifikationskette gelangen. Vergleichbar mit den früheren Rieselfilteranlagen, die vor dem Abschäumer positioniert waren (Ablaufschacht), ist eine Nitratanreicherung im Wasser möglich, obwohl eine qualitativ hochwertige und technisch leistungsstarke Eiweißabschäumung installiert

ist. Auch Zeolithfilter, die vor allem auf die frühzeitige Ammoniumbindung abzielen, werden in ihrem Wirkungspotential stark eingeschränkt, wenn die Nitrifikationsaktivität im Aquarium aufgrund einer üppigen Gesamtdekorationsoberfläche zu hoch ist. Wenn also Eiweißabschäumer keine zufriedenstellende Wirkung zeigen, dann ist die Überprüfung der Gesamtdekorationsoberfläche im Rahmen der Ursachenfindung und Problemdiagnose ein äußerst sinnvoller Ansatz und weniger die Infragestellung der Leistungsfähigkeit der verwendeten Technik.

Es gilt abschließend festzuhalten, dass die Gesamtdekorationsoberfläche im Riffaquarium ein bedeutender Parameter für die langfristige Riffaquariumpflege und nicht nur eine Frage der Optik ist. Es sollte in Relation zum Wasservolumen nicht willkürlich viel Siedlungsfläche geschaffen werden. Wenn also das Aquarium aus optischen Gründen mit Wandmodulen komplett verkleidet werden soll, muss der Pfleger schon im Vorfeld wissen, welche möglichen Folgen dies für das Gesamtsystem haben kann. Je mehr Gestaltungsmaterial verwendet wird, desto stärker ist die Interaktion auf verschiedenen Ebenen und desto schlechter können insbesondere Einsteiger die Riffgestaltung kontrollieren und verstehen. Locker und einfach gestaltete Riffaquarien sind daher für Einsteiger stets zu bevorzugen. Insbesondere die mit vielen Wandverkleidungen gestalteten Riffaquarien mit einer extrem hohen Gesamtdekorationsoberfläche sind pflegetechnisch aufwändiger und sollten daher erfahrenen Riffaquarianern vorbehalten sein. Einsteiger benötigen ein klares und einfaches Gestaltungskonzept.

Expositionsfläche (EF, spezifische EF und unspezifische EF)

Die Expositionsfläche einer Riffgestaltung ist der für Licht und Strömung zugängliche (exponierte) Anteil der Gesamtdekorationsoberfläche. Nicht exponierte Bereiche der Gesamtdekorationsoberfläche sind z.B. die Steine im Grundaufbau (Unterbau), die als statische Basis dienen und pflegerisch nicht zugänglich sind und auch dem Licht und der Strömung nicht zugewandt sind. Stellt man sich also einen Haufen Steine vor, der im Aquarium aufgetürmt ist, dann ist die Expositionsfläche nur die sichtbare Oberfläche, während ein Großteil der darüber hinaus vorhandenen Gesamtdekorationsoberfläche im Inneren des Haufens weder für Licht noch für Strömung zugänglich ist. Allerdings ist es wichtig zu verstehen, dass dieser nicht-exponierte Teil der Gestaltung dennoch biologisch und chemisch aktiv sein kann, d.h. auch hier können Interaktionen auf verschiedenen Ebenen stattfinden, was sich jedoch außerhalb unseres Wirkungs- und Kontrollbereichs befindet und deshalb Probleme verursachen kann.

Während die physikalisch-chemischen Interaktionen von Wasser mit Gestaltungsmaterial (z.B. die Herauslösung von Schadstoffen) auch in der nicht-exponierten Gestaltungsoberfläche ähnlich stark sein kann wie auf der Expositionsfläche, ist die biologische Interaktion auf der licht- und strömungsexponierten Oberfläche weitaus stärker. Algenprobleme treten beispielsweise nur auf der Expositionsfläche auf, weil die Abschattung bzw. der Lichtmangel auf nicht-exponierten Siedlungsflächen trotz der verursachenden Problematik, die hinter der Algenplage steckt, hier keine Algenbildung zulässt.

Grundsätzlich gilt es, einen möglichst großen Anteil der Gesamtdekorationsoberfläche als Expositionsfläche zu nutzen, weil dieser potentiell für die Platzierung von Korallen geeignet ist und zudem die nicht-exponierten Flächen wie erörtert schlecht kontrolliert und gesteuert werden können. Der bereits beispielhaft genannte Steinhaufler ist für die Pflege von Korallen wenig geeignet, weil die Expositionsfläche in Relation zur Gesamtdekorationsoberfläche, d.h. in Relation zum eingesetzten Gestaltungsmaterial gering ist und sehr viel Wasservolumen verloren geht (siehe vorheriges Kapitel Gesamtdekorationsoberfläche). In den 1970 – 1990er Jahren war es üblich, Riffaquarien extrem üppig mit Steinen (lebenden Steinen) zu besetzen, wobei die Steine von der Aquarienfront unten bis hoch zur Rückwand in einer Art schrägen Mauer aufgestapelt wurden. Daraus resultierte nur eine zweidimensionale Expositionsfläche. Alles hinter dieser exponierten Fläche waren Steine, die im Dunkeln ohne Strömung im Verborgenen lagen. Damals war die Meinung populär, dass man nicht genug lebende Steine einbringen kann, um eine möglichst große biologische Filterwirkung zu erreichen. Es dauerte tatsächlich einige Jahrzehnte bis bemerkt wurde, dass viele der teils bis heute als positiv betrachteten biologischen Vorgänge nicht grundsätzlich für Korallen förderlich sind. Diese „Mauerbecken“ konnten kaum beströmt werden (siehe nächster Abschnitt Raumstruktur), es lagerte sich schon in kurzer Zeit sehr viel organisches Material im Lückensystem des Steinaufbaus ab und letztlich war die Nitrifikationsaktivität durch die extrem hohe Gesamtdekorationsoberfläche und die Freisetzung von Phosphat aus organischem Material so stark, dass die Korallen in Nitrat und Phosphat „ersticken“. Zugegebenermaßen ist es mit lebenden Steinen (oder auch totem Riffgestein) sehr schwer, filigrane, z.B. säulenartige Strukturen zu schaffen, die statisch auch halten und nicht umfallen oder kollabieren. Kabelbinder sind nicht allzu lange beständig gegenüber Meerwasser und einige Aquarianer kennen das Problem, dass filigrane und mühselig gestaltete Säulen und Überhänge nach einiger Zeit abreißen oder zusammen stürzen. Deshalb braucht es bei Aufbauten aus brockenförmigen Steinen immer eine solide Basis, damit höhere Aufbauten stabil positioniert und verankert werden können. Das bedeutet natürlich auch einen Anstieg in der Gesamtdekorationsoberfläche und einen Verlust an Wasservolumen und Schwimmraum, Probleme bei der Beströmung des Aquariums sowie Einlagerung von organischem Material (Detritus) und chemischen Ausfällungen z.B. von Phosphat (Phosphatdepots).

Die Situation um die Gestaltung von Riffaquarien hat sich mit der Entwicklung künstlicher Gestaltungsmaterialien in den späten 1990er Jahren, v.a. durch die erste in Deutschland produzierte Keramik von Torsten Luther, Rostock (Fa. Korallenwelt) dahingehend vereinfacht, dass die schon immer begehrten Säulen oder Plateaus nun als fertige und stabile, d.h. für sich alleine stehende Einzelformen erhältlich waren. Durch eine modulare Bauweise, die lediglich nur noch um lebende Steine im Abschlussbereich ergänzt werden musste, konnte die Gesamtdekorationsoberfläche deutlich reduziert werden. Gleichzeitig stieg der dem Licht und der Strömung exponierte Gestaltungsanteil (also die Expositionsfläche), der für die Platzierung von Korallen nutzbar war. Diese Vorteile künstlicher Gestaltungsmaterialien, d.h. v.a. die modulare Bauweise von bereits fertig gestalteten Motiven, nutzen wir bis heute in der modernen Riffgestaltung. Man darf an dieser Stelle konstatieren, dass dies eine wegweisende Entwicklung war, die sich in vielerlei Hinsicht positiv ausgewirkt hat: weniger Materialeinsatz und geringere

Gesamtdekorationsoberfläche, mehr Stellfläche für Korallen v.a. in einem dreidimensionalen Raum, bessere Beströmung und Strömungsverteilung, sowie eine deutlich bessere Vorgehensweise bei der Planung und Durchführung der Riffgestaltung, die insbesondere dem Einsteiger die Arbeit mit dem Riffaufbau einfacher macht.

Die Expositionsfläche ist jedoch aus pflegerischer Sicht nicht einheitlich zu bewerten. Vermutlich kennt jeder Riffaquarianer das Problem, dass einige Gestaltungsbereiche zwar dem Licht und der Strömung exponiert sind, jedoch für den Aquarianer selbst unzugänglich sind. Dadurch können an solchen Stellen Korallen nicht platziert werden. Auch sind vertikale Flächen, je nach Material und Oberflächenbeschaffenheit, oft sehr schlecht zur Befestigung von Korallen geeignet. Einige Korallenkleber härten sehr langsam aus oder verbinden sich schlecht mit dem Substrat, so dass Korallen nicht fixiert werden können.

Es ist daher sinnvoll, zur Charakterisierung einer Gestaltung zwischen der spezifischen Expositionsfläche (spEF) und der unspezifischen Expositionsfläche (uspEF) zu unterscheiden.

Zur spezifischen Expositionsfläche zählen z.B. gut zugängliche horizontale Flächen der Gestaltung, auf die Korallen problemlos gestellt werden können. Je mehr horizontale Flächen im Riffaquarium vorhanden sind, desto einfacher ist es, an dieser Stelle eine Koralle fest im Licht und in der Strömung zu platzieren. Gesunde Korallen erzeugen eine gewünschte biologische Wirkung indem sie eine Raum- und Nährstoffkonkurrenz generieren und damit verhindern, dass sich an gleicher Stelle z.B. Algen ansiedeln können. Folglich macht es für die Korallenpflege Sinn, möglichst so zu gestalten, dass die spezifische Expositionsfläche maximiert und der Anteil an unspezifischer EF minimiert wird.

Auf der unspezifischen Expositionsfläche ist ein Korallenbesatz nicht möglich. Natürlich hängt es davon ab, aus welchem Material eine Gestaltung gefertigt ist, wie zerklüftet oder durchlöchert z.B. vertikale Flächen sind, und wie geschickt der Aquarianer selbst im Umgang mit der Platzierung von Korallen ist. Vertikale Flächen müssen also nicht zwingend unspezifisch sein. Einige keramische Materialien sind jedoch so verdichtet und glatt strukturiert, dass kaum ein Kleber auf der Oberfläche hält. Hier können allenfalls vor der Gestaltung durch den Aquarianer Löcher gebohrt werden, in die später Korallen direkt eingepflanzt oder entsprechende Korallenhalter platziert werden können. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, im Vorfeld nicht optimal geeignete Materialien aufzuwerten.

Auf der unspezifischen Expositionsfläche (uspEF) fehlt die bereits genannte Raum- und Nährstoffkonkurrenz durch Korallen. In der Konsequenz steigt die Wahrscheinlichkeit, v.a. in Problemsituationen (Strömungsmangel, falsche Beleuchtung, Probleme im Nährstoffhaushalt, mangelhafte Meerwasserzusammensetzung), dass sich auf der uspEF z.B. Algen ansiedeln können, die wiederum im Gesamtsystem eine für Korallen ungünstige kompetitive Wirkung entwickeln können und somit die Korallengesundheit gefährden. Vor allem für den Einsteiger ist es daher wichtig und vorteilhaft, den Anteil an unspezifischer EF so gering wie möglich zu halten. Das ist jedoch bei der anzunehmenden Unerfahrenheit eines Einsteigers im Umgang mit

Gestaltungsmaterialien oft leichter gesagt als getan. Hilfestellung und optimale Beratung durch den Fachhandel oder durch Aquarianerkollegen können diese Defizite aber ausgleichen. Wichtig ist v.a. ein Verständnis dafür zu entwickeln, dass es nicht damit getan ist, einige Steine hübsch im Aquarium zu stapeln. Die auf den drei verschiedenen Ebenen stattfindenden Interaktionen zwischen Gestaltungsmaterial, Wasser und den Organismen im Aquarium lässt wenig Raum für Willkür und Zufall und wird in den meisten Fällen Probleme verursachen, wenn die Zusammenhänge nicht erkannt und erlernt werden.

Es sei ebenfalls erwähnt, dass in einem gesunden und gut mit Nähr- und Mineralstoffen versorgten Riffaquarium (z.B. mit dem SANGOKAI System) eine hohe Organismenvielfalt erzeugt werden kann, d.h. es siedeln sich auch auf unspezifischen Flächen Kalkrotalgen, Schwämme, Röhrenwürmer oder andere sessile Organismen an, die für eine positive Kompetitivität sorgen und das Aquariensystem beleben. Hier ist aber ein langfristig gesunder Betrieb und entsprechendes Können des Aquarianers Voraussetzung dafür, dass auch komplex gestaltete Riffaquarien mit hoher Gesamtdekorationsoberfläche und ggf. hohem Anteil an unspezifischer Expositionsfläche langfristig gesund und problemlos funktionieren. Die meisten Einsteiger sind damit überfordert und sollten ihr Riffaquarium mit geringer Gesamtdekorationsoberfläche und möglichst hohem Anteil an spezifischer Expositionsfläche starten.

Abschliessend sei noch bemerkt, dass es mitunter schwierig ist, verschiedene Gestaltungsmaterialien innerhalb eines Aquariums so zu kombinieren, dass es dennoch natürlich aussieht und harmonisch wirkt. Dies betrifft sowohl Material als auch Form. Vor allem kleinere Riffaquarien sollten mit nur einem Gestaltungsmaterial dekoriert werden, das zudem auch vergleichbar geformt ist. Verschiedene Formen und Materialien sind schwer miteinander zu verbinden, z.B. sind Riffäste und Gesteinsbrocken nur sehr schwer so zu gruppieren, dass die Gestaltung natürlich wirkt, stabil ist und gleichzeitig auch möglichst viel spezifische Expositionsfläche generiert. Mittlerweile ist die Auswahl an verschiedenen künstlichen Materialien und Formen im Handel so groß, dass sich Einsteiger zu sehr verleiten lassen, von allem etwas zu kaufen. Die dadurch entstehenden Nachteile können das Aquarium langfristig vor Probleme stellen, z.B. dadurch, dass zu viel unspezifische Expositionsfläche erzeugt wird, die nicht für eine Korallenplatzierung geeignet ist.

Raumstruktur (RS)

Als dritter relevanter Parameter zur Charakterisierung einer Riffgestaltung spielt die Raumstruktur, also die Anordnung und dreidimensionale Ausrichtung der Gestaltungsmaterialien, eine nicht minder bedeutende Rolle wie die beiden zuvor behandelten Parameter Gesamtdekorationsoberfläche und Expositionsfläche.

Zunächst einmal ist die Raumstruktur in optischer und ästhetischer Hinsicht vordergründig wirksam. Vermutlich ist jeder Riffaquarianer vom Charakter des zerklüfteten Lebensraumes eines Korallenriffs fasziniert, mit seinen Höhlen, Vorsprüngen, Überhängen oder säulenartigen Strukturen. Aus dieser Betrachtung resultiert ein architektonischer Ansatz für die Riffgestaltung,

d.h. eine Anlehnung an ein geologisches Motiv, sei es eine Riffschlucht, eine Riffbrücke, freistehende Säulen oder ein flaches Plateau auf einer ausgedehnten Sandzone. Bei der Auswahl passender Korallen für den architektonischen Ansatz gilt es darauf zu achten, dass die Raumstruktur selbst bei starkem Wachstum nicht maßgeblich durch die Korallenwuchsform verändert wird. Vielmehr soll die geologische Form, also das Motiv, langfristig erhalten bleiben und durch Farbe und Erscheinung der Korallen lediglich positiv unterstützt und ergänzt werden. Es geht hier also nicht nur um die Pflege gesunder Korallen und Fische, sondern um eine weitaus globalere und anspruchsvollere Sichtweise auf den Lebensraum, die dem Aquascaping im Süßwasser gleich kommt und Tierbesatz und Gestaltung als harmonisierende Einheit betrachtet. Flach oder krustenförmig wachsende Korallen sind gegenüber ausladenden Bäumchen oder Astformen für den architektonischen Ansatz prädestiniert, weil sie die Form der gegebenen Gestaltung adaptieren und sich flächig darauf ausbreiten. Bäumchen- oder große Geweihkorallen (*Acropora*) bestimmen die Riffstruktur wesentlich mit und verändern diese im Zuge ihres Wachstums mit der Zeit stark. Je nach Motiv kann natürlich auch eine bewusst eingesetzte Korallenwuchsform eine bestehende Gestaltung um eine ansprechende Raumstruktur ergänzen. Hier sind z.B. freistehende Säulen zu nennen, die als solche relativ einfach langfristig in ihrer geologischen Gestalt sichtbar erhalten bleiben, deren Korallenbewuchs aber natürlich die Form der Säule attraktiv verändern kann.

Dem architektonischen Gestaltungsansatz stelle ich (J. Kokott) den Organismen-spezifischen Ansatz gegenüber. Dabei geht es nicht vorrangig um die Form und Erscheinung der Dekoration, sondern um die der Korallen bzw. der Aquarienbewohner selbst, die es langfristig zu präsentieren und zu fördern gilt. Der Übergang vom architektonischen zum Organismen-spezifischen Ansatz ist fließend, zumal natürlich auch beide Ansätze innerhalb eines Aquariums gezeigt werden können, v.a. in großen Riffaquarien. Die Unterscheidung ist jedoch wichtig, weil gerade perspektivische und räumliche Probleme auftreten, wenn z.B. eine Bäumchenweichkoralle wie *Lithophyllum* auf einem viel zu hohen Riffaufbau direkt unter der Wasseroberfläche positioniert wird. Dies ist weder der ästhetischen Wirkung der Riffgestaltung und schon gar nicht der Pflege der Koralle selbst förderlich. Bei groß werdenden Korallen sollte eine statisch solide, aber flache und optisch zurückhaltende Gestaltung eingesetzt werden, die der Präsentation der Korallen dienlich ist. Große Korallen benötigen nicht nur Platz zum wachsen, sondern auch viel Strömung, weshalb sie idealerweise prominent und freistehend platziert werden. Auch ausladende astförmige Korallen oder kelch- und tischförmig wachsende Korallen sind ihrerseits so dominant in ihrer Wuchsform, dass sie keine auffallende Gestaltung benötigen. Sie selbst definieren durch ihre Wuchsform die Riffgestaltung und verändern die Raumstruktur in starkem Maße. Insbesondere Einsteiger neigen zu dem Fehler, dass sie das Riff im leeren Aquarium so aufbauen, dass das Becken ansprechend dekoriert aussieht. Hier fehlt dann nachher der Platz für die Korallen und ihr Wachstum und Probleme mit der Beströmung und der Ausleuchtung des Beckens sind vorprogrammiert, was im nächsten Abschnitt intensiv erörtert wird.

Neben der optischen und ästhetischen Bedeutung nimmt die Raumstruktur auch ganz entscheidend Einfluss auf pflegerische Aspekte, v.a. was die Beströmung und Ausleuchtung, d.h. Aspekte der technischen Konzeption des Riffaquariums betrifft.

Oft wird das → [Strömungskonzept](#) für ein Riffaquarium schon entschieden, bevor die individuelle Riffgestaltung und damit die Raumstruktur thematisiert wurde. Zunächst erscheint diese Vorgehensweise nachvollziehbar, weil sich darüber doch ein Großteil des Kostenapparates kalkulieren lässt. Zudem ist es schlichtweg einfacher und vermutlich auch aufregender, eine Technikkomponente aus einem Warensortiment oder einem Produktkatalog auszuwählen, als sich mit der doch für viele Aquarianer mühevollen und schwierigen Aufgabe der Riffgestaltung zu beschäftigen. Dazu kommt auch die Leidenschaft für Technik und die Hingabe zu prestigeträchtiger hardware, die manchem Technikbegeisterten sogar wichtiger ist als die Riffgestaltung oder gar der Tierbesatz selbst.

Bei genauer Überlegung ist diese Abfolge in der Planung jedoch wenig sinnvoll, weil die Gestaltung zusammen mit dem Korallenbesatz z.B. die Strömung im Aquarium direkt beeinflusst und darüber entscheidet, ob ein Strömungskonzept funktioniert oder nicht, und nicht umgekehrt. Diese Planungsrichtung birgt also das Problem in sich, dass Technik und Gestaltung möglicherweise nicht optimal zueinander passen, und hier ist v.a. das Thema Strömung zu nennen. Glücklicherweise sind mittlerweile fast alle Propellerpumpen regelbar und können in ihrer Leistung moduliert werden. Nichtsdestotrotz sind diese Pumpen unterschiedlich gebaut, was Auswirkungen auf ihre Literleistung (Liter pro Stunde, L/h), den Druck am Pumpenauslass, den Ansaugwinkel für das angesaugte Wasser sowie den Austrittswinkel des beschleunigten Wassers hat. Oft wird für ein Riffaquarium eine falsche Pumpe gewählt, v.a. allem von Einsteigern, die nicht ausreichend gut beraten wurden. Drei Pumpen mit der gleichen Literleistung können drei völlig unterschiedliche Strömungsmuster erzeugen, d.h. es ist grundsätzlich falsch, eine Pumpe nur nach ihrer absoluten Literleistung auszuwählen. Dieses Thema ist auch im Kapitel → [Strömungskonzept](#) erläutert.

Die Gestaltung beeinflusst die Verteilung von Wasser im Aquarium. Je mehr Dekorationsmaterial zum Einsatz kommt, und je üppiger und verwinkelter die Gestaltung ausfällt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass Stellen im Riffaquarium schlecht mit Wasser versorgt werden. Wird man also, wie es nicht selten in der Aquarienpraxis Anwendung findet, die Auswahl der Strömungspumpen nur auf das relative Umwälzvolumen pro Stunde (die Literleistung) basieren, dann beströmt man das Aquarium möglicherweise nicht optimal. Die Praxis zeigt, dass so viele Strömungspumpen einzusetzen sind, wie es die Gestaltung verlangt, damit überall im Aquarium Wasser bewegt wird, also unabhängig davon, wie hoch das relative Umwälzvolumen pro Zeiteinheit ist. Strömendes Wasser sucht sich stets den widerstandsärmsten Weg, zirkuliert daher gut im offenen, dekorationsfreien Raum, dringt aber nicht gut in die gestalteten Bereiche ein.

Viele künstliche Gestaltungsmaterialien, allen voran Keramik, sind durch ihre offene, freistehende und modulare Bauweise sehr gut geeignet, um Wassermassen im Aquarium gut zirkulieren zu lassen. Als Konsequenz reichen meist auch leistungärmere Pumpen, oder eine geringere Pumpenzahl, um das Aquarium optimal zu beströmen. Grundsätzlich darf im Rahmen der

Raumstruktur das Wachstum der Korallen nicht vergessen werden, die ihrerseits mit der Zeit immer stärker Einfluss auf die Raumstruktur nehmen, diese also prägen und verändern, und damit auch die Strömungsverteilung mit der Zeit verschlechtern. Eine wiederkehrende Kontrolle des Strömungskonzepts, z.B. ein- bis zweimal im Jahr, ist für den nachhaltigen Betrieb eines Riffaquariums sehr wichtig. Dies zeigen zahlreiche Beispiele aus der Praxis, in denen durch einen bestehenden Strömungsmangel Symptome an Korallen auftreten, die einen Nährstoffmangel implizieren, obwohl Nährstoffe wie Nitrat oder Phosphat im Freiwasser nachweisbar sind. In der Tat ist aber die Verteilung der Wassermassen innerhalb der Raumstruktur der Grund dafür, dass sich bei unzureichendem Wasseraustausch in einer gewachsenen Korallenkolonie, v.a. bei buschig wachsenden SPS mit ihren starren Kalkskeletten, physiologische Probleme durch einen Strömungsmangel ergeben. Ein Strömungsmangel führt dazu, dass sich die von den Korallen abgegebenen Stoffwechselendprodukte im nicht ausgetauschten Wasser in der Korallenkolonie anreichern, v.a. CO_2 , das eine pH-Senkung herbeiführt, aber auch ein Temperaturanstieg durch Stoffwechselwärme innerhalb der Kolonie kann insbesondere im Sommer bei bereits erhöhten Wassertemperaturen kritisch sein. Darüber hinaus nimmt auch durch den Verbrauch von Nährstoffen der lokale Nährstoffgehalt in der Korallenkolonie ab und kann bei mangelhafter Strömung nicht durch neue Nährstoffe ausgeglichen werden, d.h. es besteht ein sogenannter strömungsinduzierter Nährstoffmangel.

An dieser Stelle muss ebenfalls bedacht werden, dass gewachsene Korallenkolonien proportional zur entstandenen Biomasse auch einen gestiegenen Nährstoffbedarf aufweisen, d.h., dass die Bestromung der Kolonie langfristig grundsätzlich an Bedeutung zunimmt und der Aquarianer dies durch Modulation des Strömungskonzepts berücksichtigen muss. Insbesondere regelbare Pumpenmodelle sind hier für den Aquarienbetrieb von großem Vorteil. Auch wenn das Wasser in den nicht gestalteten, freien Wassermassen im Aquarium sichtbar strömt, kann man nicht grundsätzlich davon ausgehen, dass dies auch in den gestalteten und zugewachsenen Bereichen der Fall ist. Je kompakter und massiver eine Riffgestaltung ist, d.h. je dichter die Raumstruktur ausgeprägt ist, desto höher ist der Anspruch an eine ausreichende und druckvolle Bestromung und desto größer ist die Wahrscheinlichkeit für einen strömungsinduzierten Nährstoffmangel und Schadstoffüberschuss in einer Koralle.

Auch die Beleuchtung muss in Anlehnung an die Gestaltung und konkret an die Raumstruktur der Gestaltung wohl überlegt und durchdacht sein. Natürlich kann man als einfachen und gleichermaßen sinnvollen Ansatz eine Beleuchtung wählen, die technisch und leistungsbezogen dazu in der Lage ist, die gesamte Aquariumfläche komplett auszuleuchten. Dieser Idealfall ist aber nicht die Regel. Aus Kostengründen werden nicht selten weniger Lampen eingesetzt als es für eine vollständige Ausleuchtung notwendig wäre, v.a. wenn sehr teure LED Lampen über großen Riffaquarien benutzt werden. Je nach Gestaltung und Reflektionsvermögen des Sediments (weißer Bodengrund) ist eine nicht vollständig deckende Ausleuchtung oft auch möglich, zumal hier bewusst Korallen platziert werden können, die für ein gesundes Wachstum keine hohen Strahlungsintensitäten benötigen. Es sollten jedoch sichtbare Schattenbereiche idealerweise vollständig vermieden werden, weil dies dem Betrachter unnatürlich und demzufolge auch unangenehm auffällt. Das Riffaquarium wirkt dunkel.

Problematisch ist dies beispielsweise bei einem mit freistehenden Säulen gestalteten Riffaquarium, das mit LED-Spots beleuchtet wird. LED Spots erzeugen auf den hoch ragenden Säulen ein Überangebot von Licht, lassen aber gleichzeitig zwischen den Säulen sichtbare Schattenzonen entstehen. Diese Schattenbildung fällt bei einem mit Säulen gestalteten Riffaquarium weitaus stärker auf, als z.B. in einem vergleichbaren Becken mit einer durchgehenden Riffdachgestaltung. Es macht also bei einem Riffaquarium mit mehreren freistehenden Säulen mehr Sinn, eine flächige Beleuchtung zu wählen, die das Licht diffus verteilen kann (T5). Die Lampenauswahl hängt also ebenfalls von der Raumstruktur der Gestaltung ab und ist keinesfalls ein für sich alleinstehendes, rein technisches Thema.

Auswirkung von künstlichem Gestaltungsmaterial auf die Meerwasserqualität

In Bearbeitung

Verhalten der Riffgestaltung in der Startphase von Riffaquarien

In Bearbeitung

-H-

-I-

-J-

JAUBERT -System → Bodengrund

-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 Alkalinität/Karbonathärte) getrennt voneinander zu betrachten, 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 (CO₂) aus der Luft über den Gasaustausch beeinflusst (Wasseroberfläche, Abschäumer).

Im Zuge der Calcifikation (Kalkskelettaufbau durch Korallen, Kalkalgen oder Muscheln) werden sowohl Calcium als auch Carbonate verbraucht, während andere autotrophe Stoffwechselwege wie die Photosynthese oder die ebenfalls autotrophe Nitrifikation lediglich Carbonate als anorganische Kohlenstoffquelle verbrauchen und keinen Einfluss auf den Calciumgehalt haben.

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 im Meerwasser auch chemische Fällungen (Präzipitationen) ergeben, die dem Riffaquarianer einen biologischen (biogenen) Verbrauch vorgaukeln. Solche im Meerwasser unlöslichen Kalkfällungen stehen biologischen Abläufen allerdings nicht oder nur schlecht zur Verfügung (ggf. Filtration durch z.B. Muscheln), können sich aber unter Umständen, z.B. in einer pH-sauren Umgebung (mikrobiell aktiver Bodengrund) zeitlich versetzt wieder zurück lösen.

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_3) entsprechen müssen. Vor allem frisch eingerichtete und wenige Wochen alte Riffaquarien verbrauchen durch das schnell einsetzende Wachstum nitrifizierender Bakterien oder Mikroalgen 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 BALANCE System mit den sango chem-balance Produkten 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 zum Calcium- und Carbonateintrag 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. Vergleiche dazu auch das Kapitel → [Wasserwechsel](#).

Der wesentliche Nachteil liegt aber vor allem in der Ineffizienz und der Unwirtschaftlichkeit, weil der Wasserwechsel zunächst auch wertvolles Calcium sowie Carbonate aus dem Aquariensystem entfernt. Wird der Wasserwechsel dann durchgeführt, d.h. das frisch angesetzte Meerwasser dem Aquariensystem zugeführt, kann lediglich der Differenzbetrag zwischen entnommener Menge und wieder zugeführter Menge zur effektiven Erhöhung beitragen. Der Wasserwechsel ist daher der ineffizienteste Weg, um die Aufgabe der Kalkhaushalt-Stabilisierung zu lösen. Allerdings tragen der (durchaus nachvollziehbare) noch nicht so gut entwickelte Kenntnisstand eines Einsteigers, sowie die Tatsache, dass viele Meersalzhersteller einen genau dafür geschaffenen künstlich erhöhten Calcium- und Carbonatgehalt anbieten, dazu bei, dass der WW als Möglichkeit zur Calcium- und KH-Zufuhr propagiert wird. Das dadurch im Handel der Umsatz mit Meersalz steigt, möchte ich als Autor an dieser Stelle nicht unerwähnt lassen.

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 dessen bewusst 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 (ab BASIS- und HED-Version 2 ersetzt durch sango nutri-basic/HED #3) 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 keinen 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 > 8,3 -8,4 ansteigt. Aus diesem Grund dosiert man Kalkwasser ganz klassisch und praktisch sinnvoll als Verdunstungersatz 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 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 CO_2 äquivalent zu einem Süßwasseraquarium zugeführt wurden, um neben der Calciumerhöhung über die Kalkwassermethode auch eine Carbonaterhöhung zu erzielen. Diese Kombination war jedoch nicht leicht 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 System und in den sango chem-balance Produkten integriert.

Kalkreaktor

Im Kalkreaktor wird ein kalkhaltiges Füllmaterial (klassisch grober Korallenbruch, heute oft mit Fremdstoffen und Verunreinigungen weniger belastete calcitische Materialien oder gut gereinigtes aragonitisches Naturmaterial) durch eine pH-Absenkung durch zugeführtes Kohlendioxid (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, wenn sich der Calcium- und der Carbonat-Verbrauch nicht in calcifikationstypischer Art und Weise äquivalent darstellt und es dadurch zu einer einseitigen Anreicherung von z.B. Calcium oder Carbonat (KH-Anstieg) kommt und dies den Kalkhaushalt destabilisiert.

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_2 -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_2 als Säure betrieben wird, und eine CO_2 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_2 -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 individuell sinnvolle und bevorzugende Methode zur Kalkhaushalt-Stabilisierung sind große Becken mit einem Gesamtnettovolumen $> 1000 \text{ L}$ (hier ist der Kalkreaktor eine wirtschaftlich weitaus effizientere Methode als ein Calciumchlorid/Natrium(bi)carbonat-basiertes System) und natürlich SPS dominierte Becken, die durch eine hohe Skelettbildungsrate der Steinkorallen auch einen hohen Kalkverbrauch aufweisen, der sich idealerweise in der calcifikationstypischen Calcium/Carbonat - Stöchiometrie darstellt. Für Mischaquarien würde sich die Methode oft schon nicht rentieren oder aufgrund der Nachteile nicht empfehlen.

Supplement-basierte Kalkhaushalt-Stabilisierung (Methode nach HANS-WERNER BALLING sowie ERNST 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 (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. Es gibt mittlerweile sehr viele Abwandlungen dieser Methode, so dass man insgesamt von einer Supplement-basierten Kalkhaushalt-Stabilisierung sprechen sollte. Die sango chem-balance Produkte sind als weiterentwickelte und spezialisierte Produkte ebenfalls Supplement-basiert.

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- CO_2 beeinflusst ist, und ein Riffaquarium verbrauchte Mengen an 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 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](#)

Kalkwasser → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#)

Karbonathärte

Die Karbonathärte ist ein Maß zur Beurteilung des Carbonatgehalts im Wasser und wird als Härtegrad [°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°dKH empfehlenswert. Unter 6,5°dKH sollte die KH möglichst nie fallen, wobei kurzfristige Absenkungen im Tagesverlauf bis auf 6,7 – 6,8°dKH völlig unbedenklich sind. Über 8°dKH sollte die KH wiederum nicht ansteigen bzw. nicht höher angehoben werden, weil sich darüber die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass sich 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 (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 erhöht 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 Dosiererhöhung stabilisiert.

Eine einseitige Erhöhung der KH auf ein übertrieben hohes Niveau, z.B. $>10^{\circ}\text{dKH}$, 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 unnütz 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 im Rahmen der → [Gestaltung von Riffaquarien](#) die Gesamtdekorationsoberfläche (GDO) 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_2 -Eintrag aus der Luft im Rahmen des Gasaustauschs beeinflusst, wie es beim Thema → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#) erörtert wird. Wenngleich sich durch den CO_2 -Eintrag die KH im Wasser nicht verändert, weil sich CO_2 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 [BALANCE-Produkte](#), v.a. das sango chem-balance KH zur Erhöhung und Stabilisierung der Karbonathärte/Alkalinität.

Kohlefilterung

IN BEARBEITUNG

Kompensationsbiotop **NEU!**

Der Begriff Kompensationsbiotop definiert einen Teilbereich des Aquariensystems, das vorrangig dazu geplant und eingerichtet wird, um einen Überschuss von einer oder mehrerer Substanzen im Wasser zu verhindern (zu kompensieren). Klassisch übernehmen → [Refugien](#) eine solche Kompensationsfunktion, wenn z.B. die in einem Algenrefugium wachsenden Makroalgen Nährstoffe wie Nitrat oder Phosphat aufnehmen und in ihre Biomasse einbauen. Neben Algenrefugien wirken z.B. auch Korallenablegerbecken, die an ein Hauptbecken angeschlossen sind, als Kompensationsbiotop, weil sie im Gesamtsystem durch einen meist nur geringen Fisch- und Tierbesatz mehr Nährstoffe verbrauchen (durch das Korallenwachstum) als produzieren. In diesem Aspekt verbirgt sich jedoch auch eine potentielle Fehlerquelle in der Planung von Riffaquarienanlagen, weil das Wasservolumen der Kompensationsbiotope nicht grundsätzlich in die Überlegung zur Dimensionierung der Filtertechnik mit einbezogen werden sollte, denn hier werden Pflanzennährstoffe wie Nitrat oder Phosphat verbraucht und nicht erzeugt. Als Folge einer solchen Fehlplanung werden z.B. → [Eiweißabschäumer](#) zu groß gewählt und können dann unerwünscht konkurrierend wirken und chronische Nährstoffmangelsituationen verursachen. Allerdings sollten Kompensationsbiotope bei der Anwendung von adsorptiven Filtermedien wie Aktivkohle immer mit einbezogen werden, weil insbesondere Makroalgen potentiell wachstumshemmende Stoffe sekretieren und damit das Korallenwohlbefinden negativ beeinträchtigen können.

Auch wenn sich für jedes Aquarium bei einer erhöhten Nährstoffbelastung die Ursachenforschung als wichtigste Aufgabenstellung ergibt, kann für ein gut geplantes und für das jeweilige Aquariensystem sinnvoll umgesetztes Kompensationsbiotop eine praktische Lösung sein, um einer kritischen Nährstoffbelastung entgegen zu wirken. Allerdings sollten Kompensationsbiotope nicht grundsätzlich als DIE ultimative Lösung angesehen werden, denn sie betrachten und beheben die Problemursache nicht, sondern, wie es der Name schon sagt, versuchen lediglich die Auswirkungen und Symptome einer bestehenden Problematik zu kompensieren. In der Medizin käme dies einer Symptombehandlung gleich, die auf keine Heilung abzielt.

Dazu ein Beispiel aus der aquaristischen Praxis: nach wie vor sind viele Riffaquarien zu üppig mit Gestaltungsmaterial gefüllt, woraus sich eine langfristig schlechte Strömungsumgebung ergibt, die Futterreste und partikuläre organische Nährstoffe in die Dekoration einlagert und dort deponiert. Solche organischen Depots können dann durch degradierende Kleinsttiere und mineralisierende Mikroorganismen zu Nitrat und Phosphat umgebaut werden. Es erfolgt also eine ungünstige Nährstoffproduktion direkt im Aquarium, auf die z.B. ein Eiweißabschäumer im Filterbereich gar nicht mehr einwirken kann, weil keine abschäumbaren Vorstufen zum Abschäumer gelangen können. Es ist also praktisch von keiner Bedeutung, wie groß der Abschäumer in dem hier betrachteten Aquariensystem gewählt wird, weil dieser zeitlich und räumlich hinter der im Aquarium

stattfindenden Nitrat- und Phosphat-Produktion steht. Der Abschäumer bleibt in seiner Funktionalität weitestgehend wirkungslos, ganz gleich, wie groß er ist. Hier zeigt sich leider ein sehr häufiger Fehler im beratenden Handel, der in einem solchen Fall gerne einfach einen neuen Abschäumer in einer Nummer größer verkauft, was jedoch in Anlehnung an die Erörterungen für dieses Szenario vollkommen sinnlos ist. Über das Depot-Problem hinaus wirkt eine zu große Gesamtdekorationsoberfläche im Aquarium (also bei zu viel Dekorationsmaterial) stark aerob-nitrifizierend, d.h. die Nitrifikationsrate steigt i.d.R. proportional zur Gesamtdekorationsoberfläche an und wandelt bei einer zu üppigen Gestaltung potentiell abschäumbare Substanzen vergleichbar mit einem Rieselfilter direkt im Aquarium in Nitrat um, das der Abschäumer dann nicht mehr entfernen kann. Nur ein extrem hohes → effektives Durchflussvolumen bei einem gleichzeitig sehr leistungsfähigen Abschäumer könnte diesen Effekt etwas reduzieren, jedoch nicht vollends verhindern.

Viele Riffaquarianer versuchen einen solchen systemischen Fehler durch ein Kompensationsbiotop auszugleichen, z.B. mithilfe eines Algenrefugiums. Für dieses Szenario würde sich aber eine Behebung der Problemursache, nämlich der zu üppigen Gestaltung, als bevorzugte praktische Maßnahme erweisen. Es macht mehr Sinn (und langfristig auch Freude), das Riffaquarium mit einer sauberen, lockeren Gestaltung neu aufzusetzen, statt mit zusätzlichen Maßnahmen wie einem Kompensationsbiotop, das Pflege-, Wartungs- und damit auch Geldaufwand bedeutet, ständig und über Jahre hinweg nur zu versuchen, die Nitrat- und Phosphat-Probleme zu kompensieren. Durch eine neue lockere Gestaltung ergibt sich eine günstigere Strömungsumgebung, die zur Nitrifikation vorhandene Gesamtdekorationsoberfläche bleibt klein und ein moderates effektives Durchflussvolumen von dem ca. 2-3fachen des Gesamtnettovolumens reicht aus, um die Eiweißabschäumung optimal auszulasten. Dies würde die Nährstoffproblematik tatsächlich lösen.

Es gibt natürlich dennoch Situationen, in denen ein Kompensationsbiotop eine sinnvolle Entscheidung ist. Aquarien mit einem hohen und anspruchsvollen Fischbesatz, der viel Futtereintrag bedeutet, können mit einem Kompensationsbiotop stabil betrieben werden. Auch bei der Pflege von azooxanthellaten Korallen und Filtrierern macht ein Kompensationsbiotop Sinn, um den höheren Nährstoffeintrag zu kontrollieren. Darüber hinaus schreiben verschiedene kommerzielle Aquariensysteme für ihre Versorgungssysteme ein Algenrefugium vor und nutzen dabei z.B. neben der Biotoperweiterung auch die hier besprochene Kompensationsfunktion aus, um wichtige Nährstoffe dauerhaft zu dosieren ohne eine Anreicherung zu erzeugen.

Eine grundsätzliche Anforderung an den Riffaquarianer zur Aufrechterhaltung eines optimalen Kompensationsverhaltens ist der Export von in Biomasse gebundenen Nährstoffen, d.h. die „Ernte“ z.B. von Makroalgen aus dem Algenrefugium. Makroalgen, die durch ihr Wachstum die Algenbiomasse im Aquariensystem vergrößern, können bei ungünstigen Umweltbedingungen sowie durch Frass oder durch mechanische Verletzungen die gebundenen Nährstoffe wieder freisetzen. In einem solchen Fall verliert sich die Kompensationsfunktion in der Netto-Bilanz (Aufnahme im Verhältnis zu Wiederabgabe) mehr oder weniger stark. Das Refugium stellt dann letztlich nur einen Ort zur temporären (zeitweisen) Auslagerung von Nährstoffen dar, die zu einem

bestimmten Zeitpunkt wieder spontan abgegeben werden können und dann zu einer hohen und akut schädigenden Nährstoffbelastung führen. Ein solches Szenario gilt es stets zu vermeiden! Die Algen müssen gut gepflegt und regelmäßig abgeerntet werden, damit sich eine konstant positive Wachstumsrate ergibt. Schlecht abgeerntete Makroalgen schatten sich in unteren Bereichen selbst ab und sind durch zunehmend dichtes Wachstum oft auch zu wenig bestrahlt, d.h. sie können im ungünstigsten Fall hier wieder absterben, so dass sich die Nährstofffreisetzung im unteren Schattenbereich und die Nährstoffbindung im lichtzugewandtem Wachstumsbereich in der Bilanz ausgleichen. Ein derart schlecht gepflegtes Algenrefugium besitzt keine Kompensationsfunktion mehr und kann sogar den Nährstoffhaushalt und das Gesamtaquariensystem negativ beeinträchtigen (siehe dazu → [Refugien](#)).

Wie bis hierher bereits diskutiert wurde, sind v.a. die Hauptnährstoffe Nitrat und Phosphat klassische Substanzen, die über ein Kompensationsbiotop gebunden werden sollen. Darüber hinaus können Makroalgen in einem Algenrefugium oder Korallen in einem Ablegerbecken auch auf den Spurenmetallgehalt im Wasser einwirken. Makroalgen sind sehr gut geeignet, um hohe Metallkonzentrationen im Wasser zu senken. Insbesondere die für das Pflanzenwachstum bedeutsamen Metalle Eisen, Mangan, Zink und Nickel, die in höherer Konzentration jedoch auch nachteilig auf Wachstum, Färbung und Gesundheit von Korallen wirken, können über ein Kompensationsbiotop in Biomasse gebunden und dann bei der Abernte schliesslich entfernt (exportiert) werden.

Dieser zunächst (je nach Wasserbelastung) als Vorteil genannte Aspekt kann sich jedoch auch zum Nachteil entwickeln, wenn bei einer ungenügenden Nährstoffversorgung der Gesamtnährstoffhaushalt im Aquarium limitiert wird. Hier sei nochmals, wie auch im Kapitel „Refugien“, kritisch erwähnt, dass jedes Biotop innerhalb des Aquariensystems optimal gewartet und gepflegt werden muss. Das betrachtet folgerichtig auch das Thema Nährstoffversorgung. Algen wollen genau wie Korallen wachsen und sich in ihrem Biotop, bzw. im gesamten Ökosystem behaupten. Dazu nehmen sie aktiv Nährstoffe auf, die sie allerdings – im Unterschied zu Korallen – nicht ausschliesslich aus dem Wasser, sondern u.U. auch aus der Dekoration (Bodengrund und Steine) rekrutieren können. Das verschafft ihnen gegenüber Korallen einen ökologischen Vorteil, weil die Letzteren die für sie wichtigen Nährstoffe meist nur aus der Wassersäule aufnehmen können. Aus diesem Grund können Algenrefugien in Nährstoffmangelsituationen auch negativ auf das Gesamtaquariensystem wirken, weil die gepflegten Algen ihre ökologische Kompetitivität durch variable Nährstoffrekrutierungsmechanismen u.U. selbst bei gelöstem Nährstoffmangel aufrechterhalten können.

Je mehr wachsende Biomasse im Gesamtaquariensystem gepflegt wird, desto höher ist auch der Nährstoffbedarf. Es ist wichtig, dass ein Kompensationsbiotop daher bei niedrigem Nährstoffgehalt auch aktiv versorgt wird. Ansonsten kann ein Kompensationsbiotop jeglicher Art zum Konkurrenten werden und Nährstoffblockaden hervorrufen. Wer daher ein Kompensationsbiotop etablieren möchte, sollte sich der Wirkungen dieses zusätzlichen Lebensraumes gewahr sein und einen entsprechend notwendigen Pflege-, Wartungs- und Versorgungsaufwand nicht scheuen.

Korallenernährung / Korallenfutter

IN BEARBEITUNG

-L-

Lampentypen (T5/LED/HQI)

Ein ganz bestimmter Lampentyp bzw. eine bestimmte Beleuchtungsart wird seitens SANGOKAI nicht bevorzugt empfohlen, sondern hängt, wie im Weiteren erörtert wird, davon ab, welche Korallen und Tiere gepflegt werden.

Nach wie vor sind T5-Röhren (auch T8-Röhren, die jedoch weitestgehend aus der aquaristischen Anwendung verschwunden sind) aufgrund ihres qualitativ sehr guten Spektrums, der homogenen bzw. diffusen Lichtverteilung und der damit verbundenen optimalen Ausleuchtung von Riffaquarien sehr effektive und vergleichsweise unproblematische Leuchtmittel. Letztlich konnte insbesondere seit Mitte der 2000er Jahre auf durchaus bemerkenswerte Art und Weise mit extrem farbigen SPS-Korallen praktisch demonstriert werden, dass die T5-Beleuchtung großes Potential zur optimalen Beleuchtung von Korallenriffaquarien besitzt.

Voraussetzung dafür ist jedoch der regelmäßige Wechsel der T5-Röhren, bei Blauröhren i.d.R. bereits nach sechs bis acht Monaten, bei weißen Röhren nach acht bis zehn, spätestens aber nach zwölf Monaten, je nach Qualitätsanspruch an das eigene Riffaquarium. SPS-Liebhaber tauschen ihre Röhren zur Erhaltung optimaler Ausfärbungen meist schon nach sechs Monaten aus. Für den Einsteiger in die Riffaquaristik ist eine klassische T5-Lampe nach wie vor eine gute Wahl und es sollte v.a. in der öffentlichen Diskussion keinesfalls der Eindruck entstehen, dass man mit einer T5-Leuchte nicht auf dem aktuell modernsten Stand arbeitet. Die T5-Beleuchtung ist und bleibt vorerst eine – für viele SPS-Liebhaber DIE – herausragende Beleuchtungsmethode für Korallenriffaquarien und erreicht unter optimalen Bedingungen v.a. hinsichtlich der SPS-Ausfärbung Ergebnisse, die zum jetzigen Stand dieser SEA-Z Version oft noch unerreicht bleiben.

Auch die modernen und viel diskutierten LED-Lampen sind als alleinige Lichtquelle, oder in Kombination mit klassischen T5-Röhren als Hybrid-Version sehr gut geeignete Leuchtmittel und haben mittlerweile im Beleuchtungssektor einen erheblichen Marktanteil erlangt. Vor allem kleine Nano-Riffaquarien sind heute mit kompakten LED-Lampen weitaus einfacher zu beleuchten als noch vor einigen Jahren mit T5-Lampen, die aufgrund ihrer Länge z.B. über kleine Würfelbecken nie hundertprozentig gepasst haben. Daher werden Nano-Riffaquarien bereits seit einigen Jahren meist ausschliesslich mit LED-Lampen angeboten.

Darüber hinaus wesentliche Gründe für den Erfolg von LED-Lampen sind das deutlich geringere Ausmaß in der qualitativen und quantitativen Veränderung der Lichtemission über die Zeit, eine je nach Lampentyp oft geringere Leistungsaufnahme (Stromverbrauch), sowie die Möglichkeit, die Leistung der LEDs elektronisch zu modulieren. Allerdings gelten bestimmte Anforderungen an LED-Lampen, die auch unter dem Stichpunkt → [Blauanteil in der Beleuchtung](#) näher erörtert werden. Die verschiedenen Einstellmöglichkeiten von LED-Lampen sind für die Aquarianer Segen

und Fluch zugleich. Wenngleich unter Verwendung sinnvoller LED-Einstellungen die individuellen Bedürfnisse je nach Hersteller und Lampe optimal für die gepflegten Korallen angepasst werden können, was ein großer Vorteil gegenüber der „statischen“ T5- oder HQI Lampen ist, kann eine falsch eingestellte LED-Lampe das Riffaquarium in kurzer Zeit kritisch schädigen und chronischen Strahlungsstress erzeugen, mit Auswirkungen auf das Korallenwachstum, auf die Korallengesundheit (Gewebeschäden) sowie auf die Entstehung und Ausbreitung unerwünschter Cyanobakterien und Mikroalgen (Dinoflagellaten oder Goldalgen). Aus den Erfahrungen mit LED Lampen aus den vergangenen fünf Jahren geht auch die SANGOKAI Empfehlung für Einsteiger hervor, wenn möglich auf eine zuverlässige klassische T5-Kombination zu setzen, um mit einem erfolgreichen Start in das Hobby die notwendigen theoretischen und praktischen Aufgaben zu erlernen, ohne sich mit verschiedenen Lichteinstellmöglichkeiten und variablen Lichtumgebungen das Leben unnötig schwer zu machen.

Unabhängig von der Strahlungsqualität an sich, ist die Ausleuchtung von Riffaquarien bei LED-Lampen ein häufig auftretendes Problem (dunkle Zonen und schwarze Schatten im Randbereich), weshalb viele Anwender die Hybrid-Lösung mit zusätzlichen T5-Röhren bevorzugen, um die gesamte Aquariumfläche auszuleuchten. Gleichzeitig kann über die LEDs der oft gewünschte „Kringe Effekt“ erzeugt werden. Flächig konzipierte LED-Lampen (im Gegensatz zu den Spot-LEDs) sind zwar eine deutlich teurere, aber bei optimaler LED-Konfiguration und geeigneter Leistungsfähigkeit auch ebenbürtige Variante zur T5-Beleuchtung und erzielt auch bei den meisten anspruchsvoll gefärbten SPS-Korallen vergleichbare Resultate hinsichtlich Wachstum und Färbung.

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 nicht weiter entwickelt und aufgrund der sinkenden Nachfrage auch weniger produziert. Gesetzliche Regelungen setzen dem Fortbestehen der HQI-Technologie langfristig auch Grenzen.

Die Auswahl der geeigneten Beleuchtung für Riffaquarien hängt nach wie vor davon ab, welche Korallen und Tiere gepflegt werden sollen.

Für die Pflege anspruchsvoller SPS empfiehlt sich eine klassische T5-Röhrenkombination mit möglichst vielen Röhren zur optimalen Ausleuchtung, eine T5/LED-Hybrid Lösung, oder eine flächig konzipierte LED-Lampe mit geeigneter LED-Konfiguration, hoher Strahlungsleistung sowie guter Ausleuchtung der gesamten Aquarienfläche. Bei sog. „high-grade“ SPS Becken mit anspruchsvollen Farben ist derzeit nach wie vor die T5-Beleuchtung in der Praxis die günstigste und v.a. zuverlässigste Methode der Wahl, sofern die Leuchtmittel in Abständen von 6-10 Monaten regelmäßig gewechselt werden. Die meisten LPS- oder LPS/SPS Mischbecken sowie LPS/Weichkorallenbecken sind mit LEDs in Spot-Bauweise, ggf. auch in Kombination mit T5-Röhren (zur Verbesserung der Beckenausleuchtung) sehr gut beleuchtet. Hinsichtlich fluoreszierender Scheibenanemonen (z.B. *Ricordea*) und Krustenanemonen (*Zoanthus*) sind LED-Lampen durch ihren umfangreichen violetten und blauen Spektralbereich sehr gut geeignet und auch für kleinere Nano-Riffaquarien die bevorzugte Beleuchtungsart.

Es sollte jedoch nicht übersehen werden, dass LED-Lampen bei nicht übertrieben hohem Blauanteil und einer sinnvoll gewählten LED-Konfiguration und Strahlungsleistung auch in SPS-Riffaquarien durchaus sehr hohe Wachstumsraten erzielen können. Nichtsdestotrotz kommt die Farbausbildung in anspruchsvollen SPS-Riffbecken mit ausschliesslicher LED-Beleuchtung meistens nicht zu 100% an die Ergebnisse von stark beleuchteten T5-Riffaquarien heran, was bei einigen Farbmorphen (z.B. „Enzmann“-*Acropora*) aber keinen signifikanten Unterschied macht.

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

-M-

Mechanische Filterung

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 ausgefällttem 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, dass 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 Gesamtfiltrat 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. aufgrund 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. Anderenfalls 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 Wasserklä rung 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 Wasserklä rung 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 Wasserklä rung 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. Die Filtersäcke gibt es mittlerweile sowohl in einer textilen Variante, wie auch aus Nylongewebe, letztere verstopfen nicht zu schnell und sind daher u.U. besser geeignet, um v.a. eine Partikelbeladung aus dem Wasser zu entfernen, während feine Trübstoffe effektiver von textilen Filtersäcken zurückgehalten werden.

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 ungewünschte 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 Wasserklä rung. 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 (CO_2), Stickstoff in Form von Ammonium, das weiter zu Nitrat (NO_3^-) oxidiert wird, und Phosphor in Form von Phosphat (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 Sandbett-Refugium (→ [Refugium](#)) zu Nutze machen kann. Mechanische Filter, wie z.B. ein Filterbeutel, sind jedoch fast immer mit Sauerstoff ausreichend versorgt und wirken damit oxisch. 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 Siedlungsoberfläche 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 Partikelbelastung (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.

Meersalz → [Wasserwechsel](#)

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 photophysiologischen 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“.

Für das SANGOKAI System, bzw. generell für Riffaquarien, sind Refugien im Sinne der Biotoperweiterung durchaus nützlich, wenngleich nicht grundsätzlich notwendig. Jedes Riffaquarium kann auch ohne ein Refugium optimal gepflegt werden, sofern dies nicht z.B. für ein angewendetes Versorgungskonzept seitens des jeweiligen Herstellers vorgeschrieben ist. Allerdings kann ein Refugium, wenn es sinnvoll geplant, aufgebaut, gepflegt und v.a. kontrolliert wird, auch zur Kompensation überschüssiger Nähr- und Spurenstoffe (z.B. Spurenmetalle) eingesetzt werden. Wir sprechen hier funktionell von einem → Kompensationsbiotop.

Im Rahmen der genannten Biotoperweiterung dient ein Refugium der Komplexierung der Nahrungskette und der Steigerung der Artenvielfalt, was 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 dass es überhaupt einen positiven Einfluss hätte. Dem Refugium muss stets die gleiche pflegerische Aufmerksamkeit gewidmet werden wie dem Hauptbecken. Je komplexer ein Gesamtaquariensystem aufgebaut ist, desto höher ist auch der Pflege- und Kontrollaufwand. Die Entscheidung für oder gegen ein Refugium liegt beim Riffaquarianer selbst, oder ist als Voraussetzung für den Einsatz bestimmter kommerzieller Versorgungssysteme obligat. Dabei stellt ein Refugium nicht nur die Anforderung zur regelmäßigen Pflege und Kontrolle, sondern verlangt auch die Aufmerksamkeit für eine adäquate und wenn nötig separate Versorgung mit Nährstoffen.

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/CO₂-Verfügbarkeit ermöglicht), sondern auch eine eigene Beströmung. 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 Abschäumeffizienz 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 (Beströmung 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 Beströmung des Sediments und die Strömungsgeschwindigkeit über dem Sediment. Ohne eine ausreichend hohe Oberflächenströmung können weder Sauerstoff, noch wichtige Nährstoffe in das Sandbettssystem 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, gleichmäßige 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 Sandbettrefugiums Längstraversen eingeklebt und darauf eine Glasplatte, bzw. PVC- oder Acrylglasplatten aufgesetzt werden (je nachdem, ob das Sandbettrefugium hell oder abgedunkelt sein soll). Darüber wird allerdings der Gasaustausch mit dem Wasser verschlechtert, d.h., dass der externe Zufluss von Aquarienwasser in das Sandbettrefugium 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 Sandbettrefugien 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 Sandbettrefugien 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 Sandbettrefugium 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 abbremst.

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.

-S-

Start von Riffaquarien (Startphase)

IN BEARBEITUNG

Strömungskonzept

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 → [Gestaltung von Riffaquarien](#). 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.** Das liegt daran, dass verschiedene Propellerpumpen trotz gleicher Leistungsangabe bei der Liter/h Leistung so unterschiedlich gebaut sein können, dass sie drei verschiedene Strömungsmuster generieren. Die Liter/h Angabe sagt nichts über den Druck aus, den die Pumpe am Pumpenausgang erzeugen kann, oder über die Ansaug- und Austrittswinkel, d.h. ob die Strömung linear nach vorne oder radial auch zu den Seiten austritt. Lange Becken brauchen viel Druck nach vorne, kleinere Becken oder auch üppig gestaltete Teilbereiche innerhalb eines Beckens brauchen eine Strömung, die möglichst breit verteilt wird und nicht mit viel Druck in die Länge gerichtet ist. Es gibt einige Pumpen auf dem Markt, die durch unterschiedliche Propeller und Ansauggehäuse jeweils bei gleichem Motor umgebaut werden können, was sehr praktisch ist. Der Fachhandel kann hier beraten.

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 Gestaltungskonzept 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 CO₂ 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 CO₂, 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 Kreispumpen 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 Kreispumpen 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 Richtung 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 Befestigung 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 Regelooptionen kann die Leistung der Pumpe aber auf die individuellen Bedürfnisse eingestellt werden. Kleine Riffaquarien sind hinsichtlich ihrer Beströmung 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 Bildung 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 Mauerformation 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 Beckenbau 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 bestrahlt 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

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-Filtersystem, 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](#) (Ausnahme bei kommerziellen Systemen mit eigener Filter-Konzeptionierung) 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 Abschäumeffizienz 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 Abschäumerpumpe durch eine hohe Pumpenleistung mehr Wasser ansaugt, als eine schwächere Rückförderleistung aus dem Hauptbecken Wasser neu zuführt. Als Folge davon würde die Abschäumerpumpe 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 Filterung über → [Biopellets](#), die so platziert werden müssen, dass ihr abfließendes Wasser möglichst 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-Kompartiment 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 Abschäumer-Kompartiment aus, in dem dann auch gleichzeitig die Rückförderpumpe untergebracht ist.

Konsequenterweise, wenn noch weitere Filterkomponenten neben dem Abschäumer installiert werden 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 Wassereinlauf 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 Einlaufkammer, bzw. einem Einlauf-Kompartiment innerhalb eines eigenständigen Technik-Kompartiments. 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 werden 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 Kompartiment-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 langer 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, sondern wird gezielt ins nächste Kompartiment geschleust. Bei einer hohen Strömungsgeschwindigkeit 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 verschiedenen 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 Abschäumerpumpe 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 Abschäumerpumpe 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 Adsorbern 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-Adsorber 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 Lösungen 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, das 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 Kühlung, 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 (idealerweise 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 Abschäumerpumpe 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, dass die Abschäumerpumpe zeitgleich ansaugen kann, geht das Differenzvolumen am Abschäumer 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-Anlagen

IN BEARBEITUNG

-V-

-W-

Wasserwechsel

Der Wasserwechsel (WW) ist eine seit Anbeginn der Aquaristik bekannte Praxis, die sich innerhalb der riffaquaristischen Disziplin in den letzten Jahren immer mehr zu einem Diskussionsthema entwickelt hat, nicht zuletzt deshalb, weil Hersteller und Entwickler verschiedener Versorgungssysteme die Notwendigkeit für einen WW individuell unterschiedlich, d.h. direkt angelehnt an die Funktion und Wirkung ihrer Produkte, erörtern. Allerdings wurde die Funktion des WW als praktische Routinemaßnahme für den Betrieb eines Meerwasseraquariums auch schon in der älteren meerwasseraquaristischen Literatur, z.B. in Büchern und Artikeln der 1970er-1990er Jahre, sehr unterschiedlich definiert. Interessanterweise erkennen wir hierbei über die verschiedenen Dekaden hinweg eine Wandlung in der vordergründigen Funktion eines WW. Das über Jahrzehnte hinweg allgemeine Unkenntnis über analytisch-faktische Details hinsichtlich der Zusammensetzung unseres Meerwassers herrschte, ist dabei, wie wir in diesem Kapitel noch sehen werden, kein ganz irrelevanter Punkt.

Während in den sehr nährstoffreichen und von Fischen dominierten Meerwasseraquarien der 1970er und 1980er Jahre v.a. der Aspekt der Nähr- und Schadstoffverdünnung (Ammonium, NH_4^+ und Nitrit, NO_2^-) vordergründig eine Rolle spielte, erfuhr der Wasserwechsel (WW) als potentieller Spuren- und Mineralstofflieferant seit der frühen 1990er und v.a. der 2000er Jahre, einhergehend mit der Vorliebe für die Korallenpflege, eine erweiterte Bedeutung.

Seit etwa 2010 sind uns durch eine professionelle und laborbasierte Meerwasseranalytik umfangreichere Möglichkeiten zur faktischen Beurteilung unseres Meerwassers zugänglich geworden. Hier sind als Vorreiter PETER GILBERS von der Gilbers Umwelttechnik/Oberhausen (insbesondere Ionenchromatographie und Photometrie), sowie EHSAN DASHTI von der Firma Triton GmbH/Düsseldorf (Vorreiterrolle im Bereich der ICP-OES, inductively coupled plasma mit optischer Emissions-Spektrometrie) anerkennend zu nennen. Quantitative Meerwasseranalysen, die mittlerweile auch von einigen anderen Laboratorien durchgeführt werden, zeigen uns nicht nur den aktuellen IST-Zustand des Meerwassers auf, sondern sind v.a. über die Zeit sehr gut dazu geeignet, die Veränderungen in der Meerwasserkomposition tendenziell zu verfolgen (Stichwort „Monitoring“).

Die moderne Entwicklung der Analytiksysteme in unserer jetzigen riffaquaristischen Epoche hat bedeutenden Einfluss auf die Funktion des Wasserwechsels, der nun vorrangig eine praktische Maßnahme ist, um „optimales“ Meerwasser herzustellen und diesen Zustand langfristig zu erhalten. Die Verdünnung von Nährstoffen ist heute kaum mehr ein Thema, im Gegenteil sogar u.U. ein kontraproduktiver Aspekt des WW, der im weiteren Verlauf noch erläutert wird, und auch die Versorgung mit Nähr- und Spurenstoffen sowie Mineralstoffen wie Calcium und Carbonat, ist durch moderne und effiziente Versorgungssysteme kaum mehr ein relevanter Aspekt, den ein WW funktionell übernehmen müsste. Dazu später mehr.

Wir stehen, v.a. als direkte Folge der positiven Entwicklungen in der Meerwasseranalytik, nach all diesen meerwasseraquaristischen Epochen derzeit an einem Punkt, an dem der WW als praktische Routinemaßnahme mehr und mehr an Bedeutung einbüßt, weil wir die Qualität unseres Meerwassers nun sowohl in einem akzeptablen zeitlichen wie auch finanziellen Rahmen überprüfen können. Nichtsdestotrotz hat der WW in verschiedenen Situationen und Szenarien

nach wie vor seine Berechtigung und unter geeigneten Voraussetzungen auch eine positive Wirkung. Diese Szenarien gilt es im Weiteren zu benennen und genauer zu betrachten.

Wir müssen jedoch, schlussfolgernd aus der obigen historischen Entwicklung, konstatieren, dass sich nur anhand der funktionellen Wirkung auf ein individuelles Riffaquarium beurteilen lässt, ob ein Wasserwechsel im Einzelfall Sinn macht oder nicht. Eine globale und v.a. über die Zeit uneingeschränkt gültige Empfehlung für einen Wasserwechsel ist unter heutigen Bedingungen weder notwendig, noch sinnvoll und wird daher hier auch nicht auftauchen.

Bevor im weiteren Verlauf dieses Kapitels die ganz allgemeinen Aufgaben- und Funktionsbereiche des Wasserwechsels im Riffaquarium erörtert werden, um eine solide Basis für individuelle und problembezogene Empfehlungen zu schaffen, soll zunächst die Qualität des Meersalzes kurz thematisch umrissen werden.

Der Wasserwechsel hängt in seinen grundsätzlichen Auswirkungen auf ein Riffaquarium zunächst von der Beschaffenheit des verwendeten Meerwassers ab, d.h. von der Zusammensetzung und der Reinheit aller verwendeter Ausgangsstoffe. Dies sind das Ausgangswasser sowie das darin gelöste Meersalz. Wir müssen allerdings heute auch natürliches Seewasser (NSW) aufführen, dass ebenfalls in den letzten Jahren mehr und mehr Präsenz und Beachtung im Handel eingenommen hat. Meerwasser, egal ob synthetisch hergestellt oder aus natürlichen Ressourcen, ist ein sehr spezielles „Produkt“, auf das wir in der Riffaquaristik angewiesen sind, dessen Qualität wir aber lange Jahre ungenügend und erst seit kurzem durch Analysen faktisch optimal bewerten können.

Grundsätzlich sollten wir bestrebt sein, für unser Riffaquarium „bestmögliche“ Bedingungen zu schaffen. Diese Aussage ist relativ, weil jeder Organismus trotz der gleichen Herkunft (Korallenriff) oder des gleichen Lebensraumes (Biotop) unterschiedliche Einstellungen in den Umgebungsbedingungen als für sich ideal betrachten würde. Im Allgemeinen wird in der Meerwasseraquaristik die natürliche Meerwasserzusammensetzung als der „bestmögliche Zustand des Wassers“ definiert. Nichtsdestotrotz können bewusste Modifikationen am Meerwasser auch für uns bessere Bedingungen schaffen, zumindest in bestimmten Aspekten der Riffaquariumpflege. Wir wissen z.B., dass sich in manchen Riffaquarien je nach Besatz durch einen leicht erhöhten Calcium- oder Carbonatgehalt oder auch durch moderat erhöhte Spurenmetallkonzentrationen bestimmter Elemente individuell bessere Ergebnisse erzielen lassen, z.B. hinsichtlich Wachstum und Ausfärbung von Korallen. Gleichzeitig können andere Organismen unter solchen Modifikationen leiden. Ein sehr komplexes und schwer diskutierbares, aber gerade deshalb auch spannendes Thema.

Subjektive und nicht verifizierte, d.h. unwissenschaftliche Beobachtungen aus der riffaquaristischen Praxis und ihre Verbreitung, daneben aber auch fundierte riffaquaristische Forschung führten dazu, dass viele Meersalzhersteller die Zusammensetzung ihrer Meersalze im Vergleich zu natürlichen Referenzwerten mehr oder weniger stark abgeändert haben. Teils mit guten Resultaten, oft aber auch mit schlechten Auswirkungen auf das Riffaquarium. Wir können dadurch keine allgemein einheitlichen Bedingungen für Riffaquarien in verschiedenen Haushalten

schaffen, weil der Markt für Meersalze in den letzten zehn Jahren sehr groß und das Angebot an verschiedenen Produkten dementsprechend umfangreich geworden ist. Aber selbst bei natürlichem Seewasser (NSW) zeigen die neuerdings verfügbaren ICP-OES/MS-basierten Laboranalysen je nach Jahreszeit, Entnahmeort und ggf. auch Lagerung und Alter in vielen Parametern deutliche Schwankungen und Abweichungen von den referenzierten Lehrbuchwerten an.

Es stellt sich also in der Riffaquaristischen Praxis generell die Frage, ob wir mit einer bestimmten Salzsorte überhaupt Erfolg haben können, und ob wir bei einer angenommen optimal eingestellten Meerwasserzusammensetzung im Riffaquarium mit einem Wasserwechsel (WW) unter Verwendung eines beliebigen Salzes nicht ungünstige Veränderungen erzeugen und die Bedingungen im Riffaquarium dadurch eher verschlechtern, statt sie, wie meist gewünscht und angenommen, zu verbessern? Diese Frage lässt sich heute v.a. durch laborbasierte Analysen faktisch beantworten und unterliegt keiner subjektiven und daher fehlerbehafteten Meinung einzelner Riffaquarianer mehr. Die Schwierigkeit liegt vielmehr darin, eine zuverlässige Quelle für synthetisches Meersalz zu finden, das nicht nur eine sehr gute Reinheit aufweist, sondern auch eine für unsere Bedürfnisse angepasste Rezeptur aufweist, ohne übertrieben hohe Werte im Bereich Calcium-, Magnesium und KH und ohne unklaren Zuschlag von organischen Wirkstoffen. Vergleichbare Anforderungen stellen sich für natürliches Seewasser (NSW), das hinsichtlich Salinität und ggf. Umweltbelastung ebenso seriös und fachlich korrekt kontrolliert und vertrieben werden muss wie synthetisches Meersalz.

Leider werden im Handel häufig günstige Meersalze verkauft und dementsprechend auch von Riffaquarianern aus Kostengründen gekauft, die in den meisten Fällen mangelhaft konzipiert, schlecht gemahlen und unvollständig gemischt sind, selten einer individuellen Qualitätskontrolle und Laborüberprüfung unterliegen und zudem eine teils ungenügende chemische Reinheit aufweisen. **Wenn qualitativ hochwertiges Meersalz für das Riffaquarium zu teuer ist, sollte idealerweise ein kleineres Riffaquarium geplant und gepflegt werden, das in den Nebenkosten problemlos mit Qualitätsprodukten finanzierbar ist, als ein großes Riffaquarium mit schlechten Ausgangsbedingungen für die Pflege aller Tiere zu schaffen.**

Es ist jedoch niemals zu spät, um von einem mangelhaften Meersalz auf eine sehr gute und hochwertige Meersalzmischung umzusteigen, um die Umgebungsbedingungen für unsere Pfleglinge schnellstmöglich zu verbessern und nachhaltig gute Bedingungen für eine erfolgreiche Riffaquariumpflege zu etablieren.

SANGOKAI empfiehlt Meersalze mit möglichst naturnahen Messwerten, keine übertrieben angereicherte Werte für Calcium, Magnesium und KH/Alkalinität, sowie ohne jegliche organische Zuschlagsstoffe, die eine bessere Riffaquariumpflege propagieren.

Wasserwechsel als Export-Maßnahme für überschüssige (Schad-)Stoffe

Heute wie schon vor 50 Jahren ist diese Funktion ein Hauptargument für den Wasserwechsel, wenn Bedarf besteht, einen oder mehrere Inhaltsstoffe in zu hoher Konzentration aus dem Beckenwasser zu entfernen. Auch als Prophylaxe wird diese Funktion gerne empfohlen, um eine Anreicherung z.B. von Nitrat gar nicht erst auf ein kritisches Level voranschreiten zu lassen, was jedoch wenig effektiv ist und die eigentliche Problematik hinter dieser Anreicherung weder diagnostisch ergründet, noch praktisch behebt.

So einfach und verständlich das Prinzip der Stoffentfernung durch einen Wasseraustausch ist, sind dem Wasserwechsel (WW) hinsichtlich dieser Funktion durch den Verdünnungseffekt mathematisch nachvollziehbare, d.h. berechenbare Grenzen gesetzt. Es sei denn, man tauscht mehr oder weniger das gesamte Wasser auf einmal aus. Das geht bei kleinen Nano Becken bis ca. 100 L Beckenvolumen durchaus sehr gut und mittlerweile ist ein solcher Eingriff z.B. durch die Verfügbarkeit von natürlichem Seewasser (NSW) in „handlichen“ 25 L Kanistern allenfalls ein finanzielles, aber kein logistisches Problem.

Mit zunehmender Beckengröße wird jedoch das absolute Austauschvolumen relativ zum Beckenvolumen kleiner, weil es schlichtweg kaum möglich ist, im normalen Privathaushalt 500, 1000 oder >1000 L Meerwasser frisch aufzubereiten. Daher wird i.d.R. mit nur ca. 15-20% des Beckenvolumens als Wechselvolumen gearbeitet, um einen akut gefährdenden Stoff zu senken.

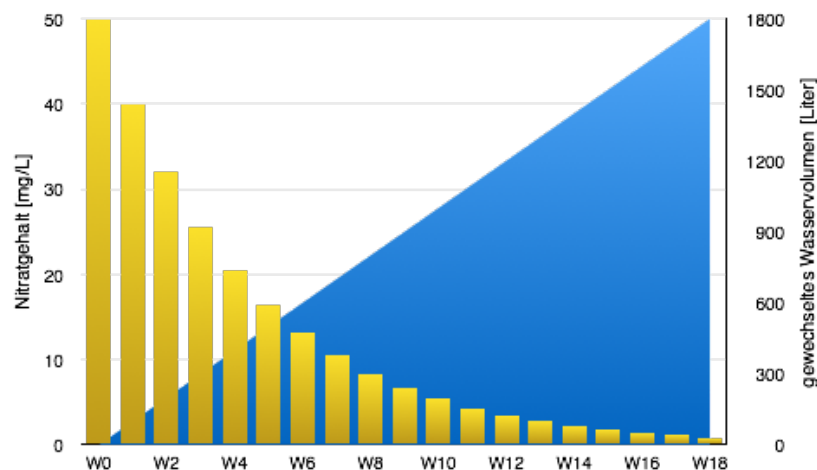
Mit jedem WW wird der angereicherte Stoff in seiner Konzentration im Wasser über das relative Austauschvolumen um genau diesen Prozentsatz gesenkt. Ein WW mit 20% Austauschvolumen senkt demnach auch z.B. den Nitratgehalt um genau 20%, weil gelöste Inhaltsstoffe homogen, d.h. gleichmäßig im Wasser verteilt sind. Ein darauffolgender zweiter WW wird dann nur den verbliebenen Anteil des angereicherten Stoffes erfassen können. Dadurch sinkt die Stoffkonzentration mit jeder Wiederholung des Wasserwechsels nicht linear (geradlinig), sondern nähert sich als immer flacher werdende Kurve der Nachweisgrenze an, wird aber niemals den mathematischen Zustand Null erreichen. Man nennt einen solchen Verlauf **asymptotisch**. Mit jedem weiteren WW wird man also immer weniger der Substanz erfassen, auch wenn das gewechselte Wasservolumen gleich bleibt.

Betrachten wir ein 500 L Riffaquarium mit einem Ausgangsnitratgehalt von 50 mg/L, dann würde ein Wasserwechsel von 20% (= 100 L) genau 10 mg/L Nitrat entfernen und damit den Nitratgehalt von 50 mg/L auf 40 mg/L senken. Ein weiterer WW mit ebenfalls 20% Austauschvolumen könnte dann jedoch nicht mehr 10 mg/L Nitrat entfernen, sondern nur noch 8 mg/L (neuer Nitratgehalt 32 mg/L). Ein dritter WW mit gleicher Intensität würde nur noch 6,4 mg/L Nitrat entfernen und den Wert auf 25,6 mg/L senken.

Hier wird rechnerisch eindeutig, dass wir insgesamt drei aufeinanderfolgende WW mit jeweils 20% Wasseraustausch durchführen müssen, um den Nitratgehalt auf ca. die Hälfte zu reduzieren. Für das exemplarische 500 L Becken sind dafür 300 L sauberes (d.h. Nitrat-freies!) Ausgangswasser nötig, sowie je nach Salzsorte ca. 11-12 kg Meersalz, um für das Frischwasser eine Salinität von 35 psu einzustellen. Nichtsdestotrotz bleiben immer noch 25 mg/L Nitrat im Wasser als Restmenge erhalten, die durch den mehrfachen Wasseraustausch gar nicht erfasst wurden.

Wenn wir das Rechenexempel weiter ausführen, dann müssten wir auf diese Art und Weise insgesamt 18 Wasserwechsel mit 20% Austauschvolumen in Folge durchführen, um den Nitratgehalt von ursprünglich 50 mg/L auf unter 1 mg/L zu senken. Dazu wären folglich 1800 L frisches Meerwasser und somit das 3,6-fache des eigentlichen Beckenvolumens (500 L) notwendig, vorausgesetzt, dass in der Zwischenzeit kein neues Nitrat im Becken entstanden ist oder neu hinzugefügt wurde.

Die folgende Grafik verdeutlicht diesen Verdünnungseffekt bei sich wiederholenden Wasserwechsel von 20% (100 L) für das exemplarische 500 L Riffbecken mit einem Ausgangsnitratgehalt von 50 mg/L (x-Achse Zeitpunkt W0). Dabei zeigt die linke y-Achse im gelben Balkendiagramm die Veränderung des Nitratgehalts mit zunehmenden Wasserwechsel (W) (x-Achse W1-W18). Die rechte y-Achse zeigt das gewechselte Wasservolumen als aufsummiertes blaues Flächendiagramm über den selbigen Zeitraum (x-Achse W1-W18).



Anhand dieser Grafik wird sichtbar, dass sich hinsichtlich der Nitrat-Senkung die stärksten Veränderungen im Nitratgehalt nur innerhalb der ersten 3-4 Wasserwechsel ergeben. Danach flacht die Kurve derart stark ab, dass sich trotz des gleich gebliebenen Austauschvolumens relativ betrachtet nur noch geringe Mengen Nitrat erfassen lassen. Gemäß der zugrundeliegenden Folge sind hier insgesamt 18 Wasserwechsel mit 20% Wechselvolumen nötig, um den Nitratgehalt unter 1 mg/L und damit in die Nähe der Nachweisgrenze kolorimetrischer Tests zu bringen.

Genau hier offenbart sich die Ineffizienz eines Wasserwechsels (WW) bei der Beseitigung von Schadstoffanreicherungen, wenn das zugrundeliegende Problem nicht gesucht und gelöst wird. Es ist schlichtweg zu teuer und zu aufwendig und kann daher nur als akute Notfallmaßnahme nützlich sein, um mit 3-4 WW in einem Abstand jeweils von 2-3 Tagen einen ursprünglich kritischen Wert auf ca. die Hälfte zu reduzieren. Dabei gilt es, mit einem einzigen Wasserwechsel so viel Wasser zu entnehmen und zu tauschen wie nur möglich, um die Effektivität des WW zu maximieren! Natürliches Seewasser (NSW) ist als sofort verwendbares Frischwasser zwar eine teure, aber auch bei guter und überprüfter(!) Qualität (Salinität beachten!) eine durchaus nützliche und für den

Anwender beruhigende Möglichkeit, weil die Wahrscheinlichkeit groß ist, dass dieses Wasser eine optimale Zusammensetzung bei gleichzeitig geringem Schadstoffgehalt und nicht vorhandener chemischer Aggressivität aufweist. Genauso gut kann man aber auch mit frisch angesetztem synthetischen Meerwasser arbeiten, sofern das verwendete Meersalz eine sehr gute Qualität besitzt. Wichtig ist letztlich, möglichst viel Wasser zu tauschen, damit der Verdünnungseffekt minimiert wird. Als langfristige Problemlösung zeigt sich der Wasserwechsel aber als wenig nützlich.

Eine durch die moderne laborbasierte Analysetechnik aufgezeigte Problematik betrifft die Freisetzung und Akkumulation von Schadstoffen wie z.B. Lithium, aber auch von einigen Schwermetallen durch manche Sorten oder ggf. auch Chargen von künstlichem Dekorationsmaterial, sowie durch bestimmte zementbasierte Kleber. Hier kann eine je nach verwendeter Menge mehr oder weniger schnelle Freisetzung von Lithium ins Meerwasser stattfinden, die früher weniger stark zur Ausprägung kam, weil in der Vergangenheit der Routinewasserwechsel von ca. 10% pro Woche eine Akkumulation in potentiell schädigende Bereiche relativ gut kompensieren konnte. Lithium wird von SANGOKAI ab einer Konzentration von 500 µg/L als kritisch, und > 750 µg/L als potentiell schädigend angesehen. Heute, durch die moderne Analytik und die dadurch geringere Wasserwechselhäufigkeit, treten Probleme mit schädigenden Lithiumkonzentrationen in einer gewissen Regelmäßigkeit auf. Glücklicherweise ist dieses Problem nun bekannt. Es stellt sich also bei Verwendung solcher Materialien durchaus die Anforderung an einen Routinewasserwechsel zumindest für die ersten 6 Monate (ggf. auch länger) nach der Neueinrichtung. Laboranalysen können die Entwicklung der Schadstoffanreicherungen aufzeigen, so dass die Notwendigkeit für den Wasserwechsel individuell beurteilt werden kann.

SANGOKAI Empfehlung: Wenn eine oder mehrere Substanzen im Wasser akut negative Auswirkungen auf das Riffaquariumsystem haben, kann eine Folge von 3-4 Wasserwechsel (WW) mit jeweils 15-20% Austauschvolumen im Abstand von 2-3 Tagen sinnvoll sein, um die Konzentration des Schadstoffs in etwa zu halbieren. Weitere Wasserwechsel sind darüber hinaus wenig effektiv und können in Hinblick auf den geleisteten Aufwand und Materialeinsatz keinen zufriedenstellenden Folgeeffekt mehr erzeugen (siehe Grafik oben). Bei kleineren Becken kann je nach Möglichkeiten auch mehr Wasser auf einmal getauscht werden, z.B. in Nanoriffbecken bis zu 100%, womit der WW eine maximale Effektivität hätte. Ein solcher Maximaleingriff ist z.B. unter Verwendung von natürlichem Seewasser (NSW) auch praktisch gefahrlos möglich, sofern dies eine laborgeprüfte Qualität mit optimaler Salinität aufweist. Mit einem sehr guten künstlichen Meersalz können i.d.R. 50% Wasser ohne grundsätzliche Gefährdung gewechselt werden, selbst höhere Intensitäten sind möglich.

Es muss verstanden werden, dass die hinter der Anreicherung stehende Problematik dabei nicht berücksichtigt wird und der Wasserwechsel keine Problemlösung darstellt, sondern nur eine kurzfristige Minderung der Symptome erreichen kann! Üblicherweise wird je nach Quelle und Freisetzung die Schadstoffkonzentration mehr oder weniger schnell wieder die Ausgangskonzentration erreichen. Wenn in einem solchen Fall eine Schadstofffreisetzung aus der Umgebung stattfindet, die nicht beseitigt werden kann (z.B. im Falle von Lithium als Rücklösungen

aus Gestaltungsmaterialien), ist der Wasserwechsel eine zwar wirtschaftlich aufwändige, aber notwendige Maßnahme zur Schadstoffkontrolle und sollte in einer individuellen Routine durchgeführt werden, solange Laboranalysen eine Schadstofffreisetzung anzeigen.

Wasserwechsel als Ergänzung von Haupt-, Spuren- und Mineralstoffen

Nach der Entnahme von Beckenwasser mitsamt der darin enthaltenen Inhaltsstoffe wird mit dem frischen Meerwasser beim Wasserwechsel (WW) wieder neues Material hinzugeführt. Hierbei sind zwei Aspekte relevant: zum einen geht es um die qualitative Zusammensetzung des entnommenen Wassers im Vergleich zum frischen Meerwasser, und zum anderen um die quantitative Wirkung des WW auf den Gehalt der verschiedenen Meerwasserinhaltsstoffe im Beckenwasser.

Qualitativ bedeutet, dass z.B. ein nicht im Beckenwasser vorhandener Stoff mit neuem Frischwasser durch den Wasserwechsel (WW) zugeführt wird. Hätte man beispielsweise bislang eine Meersalzmischung genutzt, der Strontium als Inhaltsstoff fehlt, dann würde man bei einem Wechsel auf ein hochwertiges Meersalz, das Strontium in der natürlichen Konzentration von 8 mg/L enthält, dem Becken erstmalig Strontium hinzugeben. Natürlich erfolgt dies nur in dem relativen Rahmen, in dem Wasser getauscht wird. Um das Rechenbeispiel von oben nochmals zu benutzen, würde sich bei 20% WW an einem 500 L Becken die Masse an gelöstem Strontium in 100 L Frischwasser mit den übrigen 400 L Beckenwasser mischen. Da das Beckenwasser bisher kein Strontium enthielt, läge der Strontiumgehalt nach dem WW also lediglich bei einem Fünftel der Konzentration des frisch angesetzten Wassers, d.h. bei 1,6 mg/L. Nichtsdestotrotz würde das Becken durch den WW eine qualitative Steigerung erfahren, weil jetzt Strontium mit 1,6 mg/L zumindest in geringer Menge verfügbar wäre und es vorher gänzlich fehlte. Vergleichbare Elemente wären Bor oder Iod zu benennen, die in manchen Meersalzmischungen von mangelhafter Qualität oder durch Fehler im Herstellungsprozess fehlen.

Wir betrachten hier die umgekehrte Wirkung zum vorangegangenen Abschnitt „**Wasserwechsel als Export-Maßnahme für überschüssige Stoffe**“: mit jedem Wasserwechsel würde die Strontiumkonzentration im Beckenwasser erhöht, bis der Gehalt irgendwann dem Wert des Meersalzes (wie exemplarisch angenommen 8 mg/L) entspräche. Der Anstieg im Strontiumgehalt würde jedoch mit der Zeit zunehmend abflachen und asymptotisch mit nur sehr langsamer Annäherung an 8 mg/L verlaufen. Der Grund dafür ist, dass mit jedem Wasserwechsel auch eine anteilige Menge Strontium aus dem Becken entfernt wird. Nach dem Wasserwechsel wirkt dann nur der Differenzbetrag zwischen Austauschwasser und Frischwasser positiv auf den Strontiumgehalt im Beckenwasser. Dieser Differenzbetrag wird jedoch mit dem Anstieg im Beckenwasser immer geringer. Auch hier gilt für diesen idealisierten Verlauf, dass sich Strontium im Riffaquarium durch keine chemischen, physikalischen oder biologischen Prozesse verbrauchen würde. Ein vollständiger Defizitausgleich wäre nur nach sehr vielen Wasserwechseln möglich, sodass eine separate Zufuhr von in diesem Fallbeispiel Strontium in Form von Strontiumchlorid-6-Hydrat weitaus effizienter und sinnvoller wäre.

Neben der qualitativen Wirkung eines hochwertigen Meersalzes auf die Wasserqualität ist der quantitative Aspekt bei einem Wasserwechsel für uns äußerst wichtig. Eine Erhöhung eines bestimmten Stoffes im Beckenwasser durch einen Wasserwechsel setzt voraus, dass die Konzentration im frischen Meerwasser höher ist als im Beckenwasser. Umgekehrt würde ein Stoff im Beckenwasser dann eine Verdünnung erfahren, wenn der Gehalt im Frischwasser vergleichsweise niedriger ist (vgl. „**Wasserwechsel als Export-Maßnahme**“). Hier sind z.B. Kalium, Strontium oder auch Bor häufige Problemelemente, weil viele Meersalzmischungen auf dem Markt dahingehend zu niedrige Werte aufweisen oder manche sogar für Strontium oder Bor überhaupt keine Supplementation vorweisen können (siehe qualitativer Aspekt).

Wenn ein optimal eingestellter Borwert im Meerwasser durch einen Wasserwechsel (WW) verdünnt wird, dann kann der Wasserwechsel praktisch gesehen nicht als durchweg positiv gewertet werden, auch wenn andere Probleme ggf. dadurch verbessert werden. Viele Aquarianer passen Werte in ihrem Aquarium gezielt an, nehmen aber nicht wahr, dass sie diese mit ihrem Routinewasserwechsel kurzfristig schon wieder reduzieren. Es gilt also darauf zu achten, dass eine Meersalzmischung tatsächlich auch so beschaffen ist, dass sie eine optimale Meerwasserzusammensetzung beim WW nicht ungünstig verändert. Da Meerwasser eine sehr komplexe Mischung aus verschiedenen Stoffen ist, stellt ein Wasserwechsel auch immer eine Gefahr dar, optimal eingestellte Werte unbemerkt zu verändern.

Es muss an dieser Stelle verstanden werden, dass bei einem Wasserwechsel (WW) im Meerwasser immer auch Salz entnommen wird und grundsätzlich alle homogen im Wasser verteilten Meerwasserinhaltsstoffe gleichermaßen und gleichzeitig entfernt werden. Wenn wir einen wichtigen Mineralstoff wie z.B. Calcium betrachten, dann stellt die Entnahme von Beckenwasser im Zuge des WW immer auch ein Verlust an Calcium dar. Selbst wenn wir mit dem frischen Meerwasser wieder mehr Calcium zuführen würden, als vorher im Beckenwasser vorhanden war, wird dennoch bereits vorhandenes wertvolles Calcium durch den WW entfernt und vermutlich im Altwasser entsorgt. Für eine für uns so wichtige Meerwasserkomponente wie Calcium, die wir im praktischen Alltag unbedingt stützen und stabilisieren müssen, ist diese Maßnahme faktisch und absolut betrachtet eher unverständlich. Das bedeutet, dass ein WW grundsätzlich dann ineffizient ist, wenn es darum geht, einen bestimmten Stoff gezielt dem Riffaquarium zuzuführen, der auch schon im Beckenwasser vorhanden ist, aber lediglich in einer zu geringen Konzentration vorliegt. In einem solchen Fall sollte also nur der fehlende Stoff ergänzt werden.

Beide, sowohl der qualitative wie auch der quantitative Aspekt eines Wasserwechsels (WW), hatten historisch zur Folge, dass viele Riffaquarianer bis einschliesslich heute verschiedene Meersalzmischungen für den WW nutzen, um mögliche Defizite oder auch Überschüsse einer Substanz in einer Meersalzmischung durch ein anderes Meersalz zu kompensieren.

Wäre also in einem Meersalz kein oder zu wenig Bor enthalten, würde eine andere Salzsorte dieses Element beim nächsten Wasserwechsel womöglich zuführen. Der vermeintliche Vorteil neutralisiert sich aber, sobald im Wasserwechsel-Rhythmus erneut mit dem Salz Wasser gewechselt wird, dem Bor fehlt. Dann entfernt der WW wieder bereits dosiertes Bor aus dem

Becken. Man kann dabei einen kurzweiligen Vorteil sehen, wenn zwischen den Wasserwechselintervallen etwas Bor verfügbar wird, bevor der Gehalt beim nächsten WW wieder verdünnt wird. Andererseits überwiegt der gravierende Nachteil, dass das Riffaquarium und seine Bewohner durch erzeugte Schwankungen in der Meerwasserkomposition dauerhaft gestresst und belastet werden. In der Vergangenheit machten sich daher einige Meerwasseraquarianer die Mühe und verarbeiteten verschiedene Meersalze zu einem Verschnitt, um dem alternierenden Wechsel von einem Meersalz zum nächsten und den damit verbundenen Schwankungen vorzubeugen, was aber aufgrund der laboranalytischen Möglichkeiten von heute nicht nur wenig zeitgemäß, sondern sogar in hohem Maße überflüssig und kontraproduktiv ist. Es besteht schliesslich auch die Gefahr, dass dabei ein optimal und hochwertiges Meersalz durch ein anderes Meersalz signifikant verschlechtert wird.

Natürlich müssen wir die Argumentation zulassen, dass vor vielen Jahren die analytischen Möglichkeiten von heute fehlten, um die genaue Zusammensetzung eines bestimmten Salzes zu überprüfen und vorliegende Defizite im Wasser messbar zu erkennen. Auch technische Verfahren bei der Meersalzherstellung sind nicht mit früheren Zeiten vergleichbar, was die Zuverlässigkeit im Herstellungsprozess und damit auch das Vertrauen in die Hersteller heute auf ein anderes Niveau stellt. Mittlerweile ist es in qualifizierten Laboratorien, teilweise sogar mit Testkits zuhause, relativ einfach möglich, Meersalz in seiner Zusammensetzung, im Labor sogar bis hin zu den Spurenstoffen zu analysieren. Im Vergleich dazu gab es bis Ende der 1990er Jahre in Deutschland z.B. keinen Magnesium-Test, der sich erst danach mehr und mehr verbreitete. Das Wissen um solche Umstände sollte Verständnis dafür schaffen, dass in unseren Augen altmodische Vorgehensweisen teilweise bis heute erhalten geblieben sind. Natürlich ist es nun längst an der Zeit, solche Dinge in Anlehnung an die jetzigen Bedingungen zu hinterfragen. Nichtsdestotrotz ist es noch nicht all zu lange her, dass wir in Deutschland vielfach nicht dazu in der Lage waren, ein relativ simpel zu messendes Element wie Magnesium quantitativ im Meerwasser zu erfassen, geschweige denn so relevante Elemente wie Kalium, Bor oder Spurenstoffe wie Iod und verschiedene Spurenmetalle.

Wir können heute weitaus spezifischer und genauer arbeiten, als es noch zu Ende des vergangenen Jahrhunderts der Fall war. Der Wasserwechsel als Methode zur qualitativen wie auch quantitativen Zufuhr bestimmter Elemente hatte seinerzeit durchaus seine Rechtmäßigkeit, weil nicht bekannt war, was überhaupt in einem Meersalz vorhanden war und was mitunter auch fehlte. Wir sollten allerdings unter heutigen Bedingungen denken, argumentieren und dann auch konsequenterweise praktisch überprüfen, ob solche Methoden überhaupt noch zeitgemäß, d.h. zielführend und effektiv sind. Wir müssen nicht mehr drei oder mehr Salzsorten benutzen, um über die Zeit eine vernünftige und funktionierende Salzmischung zu erhalten. Die Gefahr dabei war und ist auch heute, dass Probleme durch eine akut fehlerhafte Salzcharge gar nicht an einem Salz festgemacht werden können. Nutzt man verschiedene Salzsorten gleichzeitig, wird die Suche aufwendiger, weil der Fehler in verschiedenen Verpackungen liegen kann. Auch wird der Fehler über eine gewisse Zeit verschleppt, weil eine grundlegend falsche Zusammensetzung nicht sofort im Becken erkennbar wird. Dadurch verlieren wir mit der Zeit den Überblick, wann die Probleme

überhaupt zuerst aufgetreten sind und können dadurch oft auch keinen Rückschluss mehr auf eine Ursache in der Meersalzmischung ziehen. Während die Fehlersuche im Bereich der Meerwasserzusammensetzung heute durch Laboranalysen kein grundsätzlich hoher Aufwand mehr ist, waren früher solche Probleme schwer zu diagnostizieren.

Neben dieser Argumentation bezüglich der Fehleranalyse spricht aber v.a. die Konstanz in der Meerwasserzusammensetzung über die Zeit dafür, nur eine einzige und im Idealfall laboranalytisch kontrollierte Salzsorte zu verwenden. Der Salzwechsel erzeugt ganz allgemein betrachtet Schwankungen, die aus unterschiedlichen Rezepturen und ggf. auch Reinheitsqualitäten resultieren und die sich in dieser Intensität im natürlichen Korallenriff akut nicht ergeben. Schwankungen zwischen verschiedenen Salzchargen einer Sorte können natürlich herstellungsbedingt auftreten, sind aber bei Weitem nicht so ausgeprägt wie der Wechsel auf eine komplett andere Meersalzmischung. Voraussetzung für diese Überlegung ist natürlich, dass wir von einer qualitativ hochwertigen Salzmischung sprechen. Es besteht kein Zweifel, dass der Wechsel von einem mangelhaften Meersalz auf ein hochwertiges Salz in hohem Maße positiv und daher auch jederzeit zu begrüßen ist. Allerdings kann der Wechsel von einem hochwertigen Salz auf ein anderes Salz vergleichbarer Qualität wenig sinnvoll sein, weil sich die Organismen an Veränderungen in der Rezeptur erst akklimatisieren müssen. Solche Effekte sind natürlich davon abhängig, wie viel Wasser bei einem Wasserwechsel getauscht wird, d.h. wie groß die Wasserwechselintensität ist. Dennoch können ggf. Anpassungsschwierigkeiten das kurzfristige Auftreten unerwünschter Organismen wie z.B. Cyanobakterien begünstigen, woraus sich in der Folge auch langfristige Verschiebungen im Bereich des allgemeinen Nährstoffhaushalts und infolgedessen auch in der mikrobiellen Organismengemeinschaft ergeben können. Konstanz in den Umweltbedingungen ist daher immer ein wichtiges Thema und kann durch mehrfache Wechsel der Salzsorten unterbrochen werden.

Aus der vorliegenden Erörterung gilt für die riffaquaristische Praxis im Allgemeinen die Empfehlung, mit nur einer Salzsorte von hoher Qualität zu arbeiten, deren Zusammensetzung eine möglichst große Ähnlichkeit mit natürlichem Meerwasser aufweist, was eine sehr gute Qualität der Rohstoffe, einen technisch einwandfreien Herstellungsprozess und schlussendlich auch eine ausführliche Qualitätskontrolle voraussetzt. Das bedeutet auch einen entsprechend höheren Anschaffungspreis für das Meersalz, der im Interesse der gepflegten Tiere und damit auch für den nachhaltigen Erfolg unabdingbar ist.

Der Wasserwechsel wird auch hinsichtlich der Zufuhr bestimmter Spuren- und Mineralstoffe im Aquariumwasser diskutiert. Dabei geht es vorrangig um die Ergänzung von Mineralien wie Calcium, Magnesium oder Carbonaten, sowie um anorganische Mikronährstoffe, sogenannte „Spurenelemente“.

Unter dem Stichwort → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#) ist das Thema Wasserwechsel als Möglichkeit zur Erhöhung von Calcium und der Karbonathärte ausführlich erläutert. In der Tat sind in den späten 1990er und 2000er Jahren bis heute seitens der Hersteller von Meersalzen Kalkangereicherte Salzmischungen entwickelt worden, die einen im Vergleich zum natürlichen

Meerwasser erhöhten Calcium-, Magnesium- und Karbonatgehalt zeigen. Dadurch wird bei einem Wasserwechsel der Differenzbetrag aus entferntem Calcium und neu hinzugefügtem Calcium vergrößert, so dass sich eine messbare Erhöhung ergeben kann. Solche Salzmischungen sollen auch den Einsteiger, der mit den komplizierten chemischen Zusammenhängen innerhalb des Themas Kalkhaushalt-Stabilisierung oft noch überfordert ist, dazu anregen, bestehende Calcium- und Carbonatdefizite über den Wasserwechsel auszugleichen. Diese vermeintlich einfache Lösung stellt wiederum aber aufgrund der geringen Effizienz eines Wasserwechsels bei der Stoffmengenerhöhung die teuerste Lösung dar und führt zu keinem individuellen Ergebnis, weil der Differenzbetrag schlecht berechnet werden kann und jeweilige Defizite nicht unabhängig voneinander ausgeglichen werden können, wenn z.B. nur die KH zu niedrig, Calcium hingegen aber noch ausreichend im Beckenwasser vorhanden ist. In diesem Fall kann es passieren, dass der über den WW zusätzlich eingebrachte Calcium-Überschuss das parallel ergänzte Carbonat gleich wieder chemisch fällt, wodurch der Wasserwechsel mit einem übertrieben kalkangereicherten Meersalz sogar eher destabilisierend auf den Kalkhaushalt wirken kann. Wenn z.B. nur die KH zu niedrig ist, sollte auch nur die KH erhöht werden.

Wichtig für das Thema Wasserwechsel ist auch die Beachtung des Nährstoffgehalts im Wasser. Bei Nährstoffknappheit (Stickstoff oder Phosphatmangel) kann ein Wasserwechsel den Nährstoffgehalt selbst bei geringen Wechselvolumina möglicherweise kritisch verringern. Wenn also Wasser z.B. aufgrund eines zu geringen Calciumgehalts gegen frisches Meerwasser getauscht werden soll, kann das zu einer Nährstoffmangelsituation führen, weil i.d.R. sehr gut aufbereitetes und daher von Nährstoffen befreites Ausgangswasser benutzt wird. Der Wasserwechsel hat also selbst bei einem hochwertigen Meersalz mit optimaler Zusammensetzung keine grundsätzlich positive oder neutrale Wirkung, sondern kann Nährstoffmangelsituationen verstärken und damit auch schädigend auf das Riffaquarium wirken. In Nährstoffmangelsituationen sollte daher auf Wasserwechsel wenn möglich gänzlich verzichtet werden.

Es bieten sich heute weitaus gezieltere Methoden und auch spezialisierte kommerzielle Lösungen zur Kalkhaushalt-Stabilisierung an, die wir nutzen können, um individuelle Defizite nach ihrer Erkennung direkt und unabhängig von einem teuren und unspezifisch, und wie erörtert unter Umständen sogar negativ wirkenden Wasserwechsel auszugleichen.

Im Zusammenhang mit der Erhöhung einzelner Parameter durch den Wasserwechsel wird seit den späten 1980er Jahren, z.B. auch durch PETER WILKENS, das Stichwort „Spurenelemente“ oder „Spurenmetalle“ genannt. Spurenmetalle, als natürliche Verunreinigungen in synthetischen oder auch in aus Meerwasser evaporierten Salzen, sollen bei einem Wasserwechsel idealerweise dem Beckenwasser hinzugefügt werden und den Organismen im Riffaquarium zur Verfügung stehen, so die Annahme vieler Riffaquarianer, die sich erhoffen, mit ihrem Wasserwechsel im Riffaquarium etwas positives zu bewirken. Ganz von der Hand zu weisen ist diese Aussage sicherlich nicht, weil es kein 100% reines Meersalz geben kann, das frei von jeglichen Verunreinigungen ist. Allerdings sind sie vor allen Dingen auch sehr verkaufswirksam für den Meersalzhandel, wenngleich in vielen Fällen rein hypothetischer und spekulativer Natur, weil i.d.R. für eine bestimmte Charge eines

Meersalzes gar keine faktischen Messwerte vorliegen, und oft noch nicht einmal für das eigene Beckenwasser. Wir verfügen als Anwender meistens über keine exakten Informationen, welche Spurenstoffe in welcher chemischen Form, in welcher Konzentration und v.a. in welcher relativen Verteilung zu anderen Elementen in einer bestimmten Salzcharge vorliegen. Moderne Laboranalysen stellen uns hier heute zwar auf ein anderes, faktenbasiertes Niveau, die Problematik dabei ist jedoch, dass ICP-OES oder ICP-MS Analysen nur quantitative Aussagen ermöglichen, was insbesondere den Laien erheblich verwirren und überfordern kann. Quantitativ bedeutet, dass wir nicht wissen, ob die gemessenen Werte tatsächlich auch im Wasser physiologisch verfügbar, d.h. qualitativ wirksam sind. Viele Spurenmetalle sind im Beckenwasser durch organische Stoffe abgebunden (komplexiert, oder „maskiert“), was die genannten Analyseverfahren weder im Messverfahren berücksichtigen, noch in der Auswertung der Ergebnisse interpretieren können. Sowohl im frisch angesetzten Meerwasser, wie auch im Beckenwasser können messbare Stoffmengenkonzentrationen an Spurenmetallen vorliegen, die den Organismen jedoch aufgrund verschiedener Wechselwirkungen mit anderen Substanzen im Riffaquarium gar nicht zur Verfügung stehen.

Das Problem bei zugesetzten Spurenstoffen in einer Meersalzmischung ist zudem auch die gleichmäßige, d.h. homogene Verteilung in einer im Verhältnis extrem großen Natriumchlorid-Masse. Die Wahrscheinlichkeit dafür, dass ein bestimmter Spurenstoff in einem Teil der Salzmischung höher konzentriert ist als in einem anderen Teil, steigt theoretisch mit zunehmendem Mischvolumen und mit sinkender Stoffmengenkonzentration des betrachteten Stoffes. Welche Substanzen tatsächlich einem Meersalz zugeführt wurden, und welche Elemente als Verunreinigungen aufgeführt werden, lässt sich leider oft nicht anhand der Deklaration der Hersteller erkennen.

Es ist unbestritten und in Analysen von Meersalzmischungen auch faktisch dargestellt, dass je nach Qualität und je nach Reinheit der Rohstoffe einer bestimmten Meersalzcharge verschiedene Spurenstoffe mit dem Wasserwechsel ins Riffaquarium gelangen. Was wir aber nicht wissen ist, welche Spurenstoffe hier konkret und messbar zu nennen sind und ob diese Stoffe überhaupt für einen bestimmten Organismus verfügbar sind (je nach vorliegender chemischer Form und Löslichkeit) und für wie lange. Auch die Wasserwechselintensität, d.h. das Wasseraustauschvolumen, sowie die zeitlichen Intervalle, lassen eine dem individuellen Verbrauch entsprechende Zufuhr von relevanten Stoffen über den Wasserwechsel gar nicht zu. Täglich wachsende Korallen und im Aquarium lebende Bakterien und Mikroalgen haben auch einen täglichen Nährstoffbedarf, der sich über z.B. wöchentliche Wasserwechsel aus praktischer Kenntnis nicht zuverlässig decken lässt.

Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass bei einem Wasserwechsel immer auch ein Stoff aus dem Wasser ungewollt entfernt wird, weil dessen Konzentration im Meersalz geringer ist als im Beckenwasser. Hier ganz wichtige Hauptkomponenten von Meerwasser sind die mehrfach genannten Elemente Strontium und Bor, aber auch Iod oder Fluor, die nicht in jedem Meersalz in der natürlichen Konzentration vorliegen. Wird ein Meersalz mit einem zu niedrigen Elementgehalt

für den Wasserwechsel genutzt, dann wird dadurch ein optimaler Gehalt im Beckenwasser anteilig verdünnt und mit jedem weiteren Wasserwechsel auf das Niveau des Meersalzes gesenkt, wie es bereits weiter oben erörtert wurde. Während also ein Meersalz einen bestimmten Spurenstoff im Rahmen eines Wasserwechsels möglicherweise erhöhen kann, ist es ebenfalls wahrscheinlich, dass das selbe Salz gleichzeitig einen anderen wichtigen Stoff aus dem Wasser entfernt und dessen Verfügbarkeit dadurch verringert. Wir arbeiten also mit einem Wasserwechsel äußerst unkontrolliert und können nicht garantieren, dass Vorteile nicht auch durch gleichzeitig eintretende Nachteile in ihrer Gesamtwirkung verpuffen. Wenn ein bestimmter und v.a. auch messbarer Stoff im Wasser fehlt, haben wir heute viele Möglichkeiten, diesen Stoff auch direkt und zielgenau nachzudosieren, ggf. auch in sinnvollen Kombinationen mit anderen Substanzen. Aber es braucht dafür keinen Tausch aller anderen Meerwasserinhaltsstoffe durch einen Wasserwechsel.

Wenn das Riffaquarium nach einem Wasserwechsel (WW) ein besseres Bild abgibt als vor dem WW, wird oft argumentiert, es läge an zugeführten Spurenelementen, die im frischen Meerwasser vorhanden waren. Wenn dem so wäre, dann hätte vermutlich jede gute Spurenelementlösung den gleichen Effekt, wäre aber erheblich günstiger als ein WW. Wir dürfen an dieser Stelle nicht übersehen, dass Meersalze auch Zuschlagstoffe wie z.B. Fließmittel oder andere organische Komponenten enthalten können, die auf die Polypenexpansion der Korallen Einfluss nehmen. Wenn also nach einem Wasserwechsel die Korallen für einige Stunden oder einen Tag in einer schöneren Polypenpracht erscheinen, muss das nicht grundsätzlich daran liegen, dass sich die Wasserqualität oder die Nährstoffverfügbarkeit signifikant verbessert hätte. Wer nach dem WW einen positiven Effekt erkennt, ist natürlich auch motiviert, einen WW oft und gerne durchzuführen. Diese potentielle Wirkung von Zuschlagstoffen in einigen Meersalzen ist durchaus verkaufsfördernd und wird auch seitens des Handels ausgenutzt, hat aber mit einem Qualitätsmerkmal nichts zu tun.

Den Fall angenommen, das ein Riffaquarium nach einem Wasserwechsel (WW) tatsächlich und objektiv besser funktioniert, dann sollte diese Feststellung keinesfalls dazu verleiten, öfter und mehr Wasser zu wechseln, ohne dabei gleichzeitig den oder die dahinter liegenden Fehler im Riffaquariumsystem ausfindig zu machen, die dieses Phänomen erklären können. Der Wasserwechsel ist in einem solchen Fall zunächst zwar eine praktische Maßnahme, um die sich zeigenden Symptome zu kompensieren, allerdings betrachtet der Wasserwechsel nicht die Problemursache(n), sondern dient lediglich der Symptombehandlung und der akuten Aufrechterhaltung einer optimalen Wasserqualität. Zur allgemeinen Problemsuche stehen uns heute nicht nur die Laboranalysen zur Verfügung, die eine Beurteilung der anorganischen Wasserzusammensetzung liefern können, sondern auch eine gezielte Fachberatung (SANGOKAI Support Forum), die das Potential hat, nicht optimale Umgebungsbedingungen im Aquariensystem zuverlässig und schnell aufzuzeigen. Dadurch kann die Ursache für einen konkreten Mangel, oder auch für einen vermuteten Überschuss z.B. an nicht messbaren Schadstoffen lokalisiert und benannt werden, so dass nach der Problembehebung auf den Wasserwechsel in einer starken und routinierten Ausprägung in naher Zukunft wieder verzichtet werden kann. Als Beispiele dafür können genannt werden: stark mit Mulm belastetes Technikbecken, alter Bodengrund, ungepflegte

Refugien, stark verdreckte mechanische Filtermedien, oder nicht ausreichende Anwendung adsorptiver Filtermedien wie Aktivkohle oder Anionenadsorber. Liegt es hingegen an einem Mangel an Spurenelementen oder an einer fehlenden Meerwasserkomponente, ist es nicht nur billiger, sondern auch wirkungsvoller, diese gezielt und unabhängig von einem Wasserwechsel zu dosieren. Es macht keinen Sinn, Natrium oder Kalium aus dem Wasser zu entnehmen und neu zuzuführen, wenn es dem Becken lediglich an etwas Eisen oder Bor mangelt, das in einem Meersalz vielleicht oder vielleicht auch nicht in ausreichender Menge enthalten ist.

Man kann einen Wasserwechsel (WW) daher auch als Indikator betrachten: wenn sich mit dem WW im gut funktionierenden Riffbecken nichts verändert, dann ist das Meerwasser an sich und auch das verwendete Meersalz „gesund“. Wenn aber der WW längerfristige positive Effekte an den Tag bringt (d.h. Effekte, die nicht schon nach wenigen Stunden verpuffen), dann ist grundsätzlich eine Fehlerdiagnostik notwendig und sinnvoll. Nur dadurch können wir gezielt Probleme erkennen, diese korrigieren und wertvolle Erfahrungen für die Zukunft sammeln und die tatsächliche Notwendigkeit für einen Wasserwechsel für das eigene Becken besser bewerten. Riffaquarianer, die nicht ohne einen Routinewasserwechsel auskommen, um ein jeweiliges Qualitätsniveau zu erreichen und dieses zu erhalten, und die trotz intensiver Diagnostik und Beratung keine Hinweise auf ungünstige Umgebungsbedingungen finden können, sollten möglichst versuchen, die dafür notwendige Wasserwechselintensität und ein probates Wasserwechselintervall individuell zu ermitteln, um die Kosten für den Wasserwechsel (Meersalz und Reinstwasser) möglichst gering zu halten.

SANGOKAI Empfehlung: Ein Wasserwechsel sollte unter Berücksichtigung der heute zur Verfügung stehenden analytischen Beurteilungen und der praktischen Möglichkeiten durch spezialisierte Produkte nicht gezielt angewendet werden, um dem Riffaquarium bestimmte Spurenstoffe oder Mineralstoffe wie Calcium oder Carbonate hinzuzufügen. Defizite in definierten Parametern sollten über zuverlässige Tests ermittelt und dann individuell ausgeglichen werden.

Der Wasserwechsel ist nur in solchen Fällen geeignet, wenn z.B. mehrere Parameter gleichzeitig erhöht oder korrigiert werden müssen, die nicht optimal eingestellt sind, z.B. durch ein falsch gemischtes und schlecht konzipiertes und damit mangelhaftes Meersalz. Dies bezieht sich auf die Hauptkomponenten des Meerwassers, wie Kalium, Bor, Chlorid oder Sulfat, die mit einem sehr guten Meersalz in einer optimalen Komposition durch mehrere aufeinanderfolgende Wasserwechsel korrigiert werden können. Siehe dazu den nachfolgenden Themenpunkt **„Wasserwechsel zur Ionenbalancierung“**.

Dagegen sollen Kalkhaushalt-Stabilisierung und Nährstoffversorgung immer durch spezialisierte Methoden in exakt bestimmten Mengen nachgereicht werden, und nicht über einen Wasserwechsel, der möglicherweise auch andere Substanzen in ihrer Konzentration im Aquariumwasser verändert und beispielsweise auch einen Verlust solcher Stoffe verursachen kann.

Bestehende Probleme, die sich durch einen Wasserwechsel symptomatisch verbessern lassen, sollten immer näher untersucht werden. Eine intensive fachliche Diagnostik (in Anlehnung an den SANGOKAI Anamnesebogen) kann dann beurteilen, ob die Ursache für die Problematik

ausgeschaltet werden kann, so dass langfristig auf einen Routinewasserwechsel ohne ersichtlichen Qualitätsverlust verzichtet werden kann.

Wasserwechsel als Maßnahme zur Ionenbalancierung

Ionenbalance ist ein auf qualitativer Ebene gültiger Begriff, der den Zustand unseres Meerwassers in den Hauptkomponenten Natrium, Chlor (als Chlorid), Schwefel (als Sulfat) und ggf. auch Kalium so beschreibt, dass er der Zusammensetzung natürlichen Meerwassers entspricht. Demgegenüber beschreibt eine Ionendisbalance eine signifikante Abweichungen von der natürlichen Zusammensetzung in mindestens einer der genannten Komponenten.

Darüber hinaus, an dieser Stelle jedoch nur der Vollständigkeit halber erwähnt, wird der Begriff auch in der Meerwasseranalytik benutzt, um die in einer Meerwasserprobe quantitativ erfassten Substanzmassen mit der jeweils vorliegenden Salinität zu vergleichen. Ionenbalance liegt dann vor, wenn die Summe aller gemessener Massen der angegebenen Salinität entspricht.

Da Natrium, Chlorid und Sulfat zusammen den überwiegenden Anteil an der Meerwasserzusammensetzung stellen, bezieht sich eine Ionenbalance in der Regel auf diese Parameter. Demgegenüber würden wir Abweichungen im Bereich der anderen Hauptkomponenten Magnesium, Calcium, Kalium, Brom, Bor und Fluor vielmehr nur als akute Mangel-, oder als Überschusszustände diskutiert. Wir würden hier aber nicht zwingend von einer Ionendisbalance sprechen, obwohl das natürlich im weitesten Sinne korrekt wäre. Wenn also eine Ionendisbalance im Meerwasser betrachtet wird, geht es in der Regel um die Verhältnisse zwischen Natrium, Chlorid und Sulfat, ggf. auch Kalium untereinander, sowie auch in der jeweiligen Relation zur Salinität.

Die Salinität ist grundsätzlich für alle Meerwasserinhaltsstoffe der Bezugspunkt. Wenn die Salinität im Beckenwasser nicht richtig eingestellt, d.h. entweder zu niedrig oder zu hoch ist, beeinflusst dies auch den Gehalt der jeweiligen Inhaltsstoffe und damit auch deren Verfügbarkeit.

Liegt z.B. bei einer Salinität von 38 psu der Calciumgehalt bei 420 mg/L, dann ist dieser relativ betrachtet zu niedrig, weil die Korrektur der Salinität von 38 auf 35 psu durch eine Entnahme von Meerwasser und anschließender Süßwasserergänzung Calcium aus dem Wasser entfernt, und zwar genau den relativen Anteil der Salinitätsveränderung, hier also von 7,9%. Der bei 38 psu mit 420 mg/L gemessene Calciumgehalt würde also nach der Anpassung nur noch bei 387 mg/L und damit kritisch zu tief liegen. Zwar war vor der Anpassung der absolut betrachtete Zahlenwert von 420 mg/L bei Salinität 38 passend, aber relativ zur erhöhten Salinität wie berechnet nicht korrekt. Steinkorallen können dadurch Schwierigkeiten haben, Calcium aus dem Wasser zu rekrutieren. Wenn die Salinität z.B. mit 32 psu deutlich zu niedrig liegt, und in einer Meerwasseranalyse Kalium nur mit 360 mg/L statt mit 395 mg/L gemessen wurde, muss immer erst die Salinität korrigiert werden. Dadurch steigt auch anteilig der Kaliumgehalt an und liegt dann relativ betrachtet zur Salinität wieder in einem unkritischen Bereich. Viele Anwender verstehen diese Zusammenhänge nicht richtig, und würden z.B. zuerst den Kaliumgehalt von 360 mg/L auf 395 mg/L einstellen. Dann würde zwar der Zahlenwert stimmen, aber eine Anpassung der Salinität auf 35 psu in einem

darauffolgenden zweiten Schritt würde den Kaliumgehalt noch weiter auf ein deutlich zu hohes Niveau anheben.

Es ist also beim Thema Ionenbalance essentiell wichtig, die Salinität zu kennen und die Abweichungen von absoluten Messergebnissen auch dahingehend zu relativieren, sollte die Salinität nicht stimmen. Es muss vor jeder Messwertanpassung immer erst die Salinität korrigiert werden!

Die Salinität verändert nicht zwingend das Verhältnis zwischen zwei Meerwasserinhaltsstoffen im Meerwasser, z.B. zwischen Natrium und Chlorid. Bei sich ändernden Bedingungen im Salzgehalt würde sich dieses Verhältnis zumindest nicht bei einer Senkung der Salinität verändern, weil immer beide Inhaltsstoffe gleichzeitig über eine Meerwasserentnahme und Süßwasserzufuhr gesenkt werden. Bei einer aktiven Erhöhung der Salinität kommt wieder zum tragen, wie das Verhältnis im zugegebenen Meersalz ist. Dieses kann auch das Verhältnis im Beckenwasser modifizieren.

Auch wenn ein bestimmtes Ionenmissverhältnis im Beckenwasser mit sich ändernder Salinität gleich bleibt, kann es möglicherweise dennoch stärker oder schwächer zur Ausprägung kommen, je nachdem in welche Richtung und wie stark sich die Salinität verändert. Auch hier zeigt sich, wie wichtig eine optimale und konstante Salinität in der Riffaquaristischen Praxis ist.

Welche grundsätzlichen Auswirkungen wir von einer Abweichung in der Komposition unseres Wassers vom natürlichen Meerwasser, also von einer Ionendisbalance, auf unser Riffaquarium erwarten können, und ab welchem Zeitpunkt diese kritisch relevant werden, ist für viele Inhaltsstoffe oder Elemente nur unzureichend genau bekannt und auch von Fall zu Fall verschieden. Das liegt zum einen daran, dass in wissenschaftlichen Experimenten ganz bewusst nur natürliches Meerwasser verwendet wird, um allgemein gültige (globale) Voraussetzungen zu schaffen, und um Veränderungen z.B. durch biogenen Verbrauch oder chemische Veränderungen während des Experiments auszuschliessen. Die Wissenschaft sieht zudem selten Anlass dazu, eine Anreicherung des Meerwassers mit z.B. Natrium, Chlorid oder Sulfat gezielt, d.h. für einen bestimmten Organismus, zu untersuchen, weil solche Abweichungen im Meer praktisch nicht vorkommen und es dahingehend keine global relevante Fragestellung gibt. Eine Ionendisbalance ist ein ausschliesslich aquaristisches Problem und wissenschaftlich weitestgehend irrelevant.

Zum anderen sind innerhalb der professionellen Riffaquaristik viele Hersteller oder Händler weder ausgebildet noch ausgerüstet, um gezielte wissenschaftlich fundierte und statistisch signifikante Ergebnisse aus Experimenten zu erzielen, die allgemeine Gültigkeit besäßen. Wenn Ergebnisse in wissenschaftlicher Qualität vorliegen, würden diese von kommerziellen Firmen vermutlich als exklusives Wissen der allgemeinen Geheimhaltung unterliegen und in die Produktentwicklung einfließen, z.B. bei der Meersalzherstellung.

Ungeachtet dessen, zeigt uns seit jeher unsere praktische Erfahrung, dass die möglichst naturähnliche Zusammensetzung des künstlichen Meerwassers in den Hauptkomponenten über einen möglichst langen Zeitraum (Stichwort Konstanz) ein entscheidendes Kriterium für die langfristig erfolgreiche Pflege von Riffaquarien ist. Das liegt vermutlich daran, dass die meisten marinen Organismen evolutiv an konstante Bedingungen hinsichtlich der Zusammensetzung des

Meerwassers adaptiert sind. Dadurch sind sie mitunter auch auf eine bestimmte Konzentration eines Stoffes im Meerwasser physiologisch fix eingestellt. In der Riffaquaristik wird uns dies z.B. am Element Calcium praktisch deutlich, weil schon geringe Abweichung von nur 15-20% von der natürlichen Calciumkonzentration die Kalkbildungsrate in Steinkorallen signifikant beeinflussen kann. Ähnliche Beobachtungen kennen wir auch vom Kalium- oder Borgehalt.

Glücklicherweise stehen uns seit einigen Jahren bezahlbare laboranalytische Möglichkeiten zur Verfügung, anhand derer wir eine kurzfristige Beurteilung unseres Wassers hinsichtlich der allgemeinen Ionenbalance vornehmen können. Das betrifft wie bereits gesagt v.a. die Hauptkomponenten des Meerwassers Natrium, Chlorid und Sulfat, sowie ggf. auch Kalium, die wir nicht mit mobilen Testverfahren zuhause quantitativ überprüfen können.

Die moderne Meerwasseranalytik bieten uns Gelegenheit, das Thema Ionenbalance, respektive Ionendisbalance, anhand faktischer Befunde und in Anlehnung an bestimmte individuelle Problemsituationen zu diskutieren. So lassen sich die oben genannten Wissenslücken hinsichtlich der potentiellen Auswirkungen einer Ionendisbalance in den nächsten Jahren nach und nach schliessen.

Wir können zu diesem Zeitpunkt keine global gültigen Referenzpunkte für die maximale und minimale Ausprägung aller Hauptinhaltsstoffe definieren. Bisher publizierte Referenzwerte sind willkürlich durch einzelne Laboratorien, Hersteller, Händler oder Autoren der Fachliteratur gewählt und sollten daher nur als Einzelmeinungen verstanden werden (was jedoch nicht bedeutet, dass diese ungeeignet wären!). Aber zumindest sind wir dazu in der Lage, einen Messpunkt zu erfassen und diesen dann im Falle eines bestehenden Defizits in Richtung des natürlichen Wertes zu korrigieren. Das betrifft v.a. die Parameter Magnesium, Calcium, Kalium, Brom, Strontium und Bor, also diejenigen Parameter, die wir i.d.R. nicht im Sinne der Ionenbalance besprechen.

Abweichungen von Hauptinhaltsstoffen in Meerwasseranalysen in Richtung einer Ionendisbalance sollten uns auf jeden Fall zur Handlung aufrufen, wenngleich wir hier differenzieren müssen, wie intensiv unsere praktische Handlung sein muss. Ein zu niedriger Natrium oder Chloridgehalt kann ganz einfach und harmlos daran liegen, dass der Salzgehalt nicht stimmt. Die Kontrolle der Salinität spielt hier also immer eine wichtige Rolle als Erstüberprüfung.

Eine Ionendisbalance und die zur ihrer Behebung notwendigen praktischen Maßnahmen sollten bei Bedarf immer im Rahmen einer Fachberatung diskutiert werden (SANGOKAI Support Forum), weil es insbesondere für den Einsteiger ein schwieriges Thema ist, dass erst über einige Jahre in Anlehnung an theoretisches Wissen und an gesammelte praktische Erfahrungen erlernt werden muss.

In einer stark gefährdenden Situationen mit sichtbaren Problemen im Riffaquarium ist der Wasserwechsel nach wie vor eine probate und v.a. schnelle Maßnahme, um eine gravierende, d.h. in mehreren Parametern lokalisierte Ionendisbalance aufzulösen. Dabei gelten die Empfehlungen zum Wasserwechsel, wie sie oben unter dem Thema „**Wasserwechsel als Export-Maßnahme für überschüssige Stoffe**“ vorgestellt wurden, d.h. drei bis max. vier aufeinanderfolgende Wasserwechsel mit ca. 15-20% Wechselvolumen im Abstand von zwei bis drei Tagen. Eine zwar

sehr teure, aber sichere und recht beliebte Alternative zum mehrfachen Wasserwechsel mit künstlichem Meersalz ist der einmalige Austausch eines möglichst großen Wasservolumens (bis zu 100%) gegen natürliches Meerwasser, das aufgrund seiner Herkunft eine optimale Ionenbalance aufweisen sollte. Allerdings muss das NSW im Labor überprüft sein, weil je nach Jahreszeit und Entnahmeort insbesondere die Salinität stark von Idealwerten abweichen kann und Verunreinigungen mit Spurenmetallen oder Nährstoffen wie Phosphat möglich sind.

Liegen Hinweise für eine Ionendisbalance vor, eine akute Gefährdung ist jedoch symptomatisch nicht erkennbar, kann über einen Zeitraum von 10 Wochen mit einem wöchentlichen Wasserwechsel von 10% unter Verwendung eines hochwertigen Meersalzes langsamer, d.h. möglicherweise schonender gearbeitet werden. Nicht jede messbare Ionenverschiebung stellt auch unmittelbar eine Gefährdung für die Riffbewohner dar, weil sich viele Organismen zumindest an schleichende Veränderungen in der Meerwasserzusammensetzung akklimatisieren können. Hier wäre es folglich auch sinnvoll, diesen Prozess ähnlich langsam zu reversieren. Inwiefern dies notwendig ist oder nicht, ist schwer zu beurteilen.

Wichtig ist jedoch zu verstehen, dass eine akute Gefährdung in jedem Fall auch eine zügige Handlung erfordert. Leider wird dies oftmals so nicht befolgt. Wenn es offensichtlich ist, dass das Meerwasser durch eine Ionendisbalance ein Unwohlsein in den Riffbewohnern hervorruft, sollte auch eine rasche Verbesserung der Bedingungen eingeleitet werden. Daher wäre es falsch, in einer solchen Lage die Regeneration der Organismen durch wöchentliche Wasserwechsel unnötig in die Länge zu ziehen. Die Wasserwechselintervalle sollten dann also auf 2-3 Tage verkürzt werden, um eine rasche Verbesserung und Regeneration zu ermöglichen.

Sind in einer Analyse nur ein oder zwei individuelle Hauptparameter angezeigt, die nicht optimal eingestellt sind und die ein Defizit aufweisen, z.B. Kalium oder Strontium, ist eine gezielte Anpassung dieser Elemente nicht nur sehr effektiv, sondern gleichzeitig auch erheblich kostengünstiger als mehrfache Wasserwechsel, die, wie erörtert, aufgrund des Verdünnungseffekts und der damit verbundenen asymptotischen Annäherung an den Sollwert auch gar nicht kurzfristig dazu in der Lage sind, einen akuten Mangel zügig und wirksam auszugleichen. Zudem setzt diese Vorgehensweise voraus, dass die Werte im verwendeten Meersalz auch optimal passen. Nach einer individuellen Korrektur von Defiziten wird sich das Aquarium recht schnell regenerieren, bei Bormangel lässt sich i.d.R. schon nach wenigen Stunden ein verbessertes Polypenbild v.a. an LPS-Korallen beobachten. Nach Ausgleich eines Kaliummangels reagieren Korallen allerdings oft etwas träge und zeigen Verbesserungen von Kalium-Mangelsymptomen erst nach einigen Tagen, manchmal sogar erst nach einer bis zu zwei Wochen. Repetitive Wasserwechsel benötigten dazu weitaus länger, Wochen oder sogar Monate, was die Organismen im Riffaquarium unnötig lange stressen würde.

Selbst wenn wir ein akutes Problem im Riffaquarium, verursacht durch eine Ionendisbalance, durch eine Angleichung an die natürlichen Werte erfolgreich korrigieren können, fällt es uns oft schwer, die dahinterliegende Problematik zu finden und diese langfristig zu lösen.

Oft ist es nur eine Frage der Zeit, bis wieder ein bestimmtes Defizit oder ein Überschuss eines akut falsch eingestellten Meerwasserinhaltsstoffs zum Vorschein kommt und dadurch der

Gesundheitszustand unserer Riffbewohner aufs Neue strapaziert wird. Daher ist immer die Anstrengung des Riffaquarianers und auch beratender Personen gefragt, die dahinterliegende Problematik zu finden und langfristig zu lösen, d.h., die konkrete Frage zu stellen, warum ein oder auch mehrere bestimmte Messwerte in unserem Meerwasser ausserhalb des Referenzbereiches lagen. Antworten darauf finden wir in verschiedenen Bereichen: es kann ein biogener Verbrauch stattgefunden haben, eine chemische Veränderung durch Bindung oder Fällung, eine Freisetzung aus verwendeten Filter- oder auch Gestaltungsmaterialien, die kontinuierliche und einseitige Zufuhr von Natrium und Chlorid über Calcium- und Carbonatsalze im Rahmen der Kalkhaushalt-Stabilisierung, oder es liegt, wie es schon mehrfach in diesem Kapitel thematisiert wurde, an einer mangelhaften Salzmischung, die mit jedem Wasserwechsel den Gehalt eines bestimmten Stoffes reduziert oder ggf. auch weiter erhöht. Alle diese Möglichkeiten können auch mit jeweils anteiligem Effekt wirken.

Mit nur einer einzigen Messwerterfassung wird man diese Frage auch nur selten zuverlässig beantworten können, z.B. nur dann, wenn man durch eine weitere Analyse des verwendeten Meersalzes feststellt, dass der Ausgangswert hier schon nicht stimmt. Ansonsten zeigen nur zeitlich aufeinander folgende Laboruntersuchungen Tendenzen an, wie sich einzelne Messwerte verändern. Diese Langzeitbeobachtungen können wir dann zielführend in Richtung eines Verbrauchs, einer bestimmten Filterwirkung, oder auch einer Freisetzung interpretieren.

Wie es bereits im Thema „**Wasserwechsel als Ergänzung von Haupt-, Spuren- und Mineralstoffen**“ erörtert wurde, entscheidet zunächst die Qualität eines Meersalzes darüber, ob und wie hoch ein bestimmter Stoff im Meerwasser vorliegt. Ein analytisch aufgezeigter Mangel oder ein Überschuss einer Substanz kann sich im einfachsten Falle also dadurch erklären lassen, dass die Ausgangsbedingungen im verwendeten Meersalz nicht optimal sind. Eine zu geringe Natriumkonzentration oder ein zu hoher Sulfatgehalt im Meerwasser treten beispielsweise infolge einer mangelhaften Rezeptur, einer fehlerhaften Einwaage oder einer ungenügenden Vermischung der Einzelkomponenten einer Meersalzmischung auf. Mit zusätzlichen Wasserwechseln würden sich diese Probleme also gar nicht lösen lassen, sondern im Gegenteil, werden genau dadurch verursacht. Die einzige Möglichkeit, hier schnell zu einem gesicherten Ergebnis zu kommen, ist die Meersalzmischung analysieren zu lassen, um festzustellen, ob die Ionenbalance in genau diesem Meersalz nicht stimmt. Das dabei Schwierigkeiten auftreten, wenn man mehrere Salzmischungen gleichzeitig benutzt, wurde bereits im vorherigen Themenabschnitt erläutert und spricht für die Empfehlung, bei nur einer einzigen Meersalzmischung zu bleiben, die für das eigene Becken sehr gute Ergebnisse liefert. Auch lässt es sich nur in Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Hersteller oder durch Messung mehrerer unterschiedlicher Chargen dieses Meersalzes klären, ob es lediglich ein Problem einer einzelnen Charge ist, oder ob das Produkt grundsätzlich eine mangelhafte Qualität aufweist.

Die Leistungsfähigkeit eines Wasserwechsels ist in diesem Zusammenhang recht einfach zu beurteilen: Defizite oder Überschüsse in den Hauptkomponenten können über einen Wasserwechsel nur dann korrigiert werden, wenn die verwendete Meersalzmischung qualitativ auch dazu geeignet ist, d.h., dass sie hinsichtlich ihrer Zusammensetzung dem natürlichen Meerwasser möglichst gut angenähert ist. Bei der Korrektur einer Ionendisbalance, die durch das

Meersalz verursacht wurde, ist also der Wechsel auf ein anderes, qualitativ hochwertiges Salz oder auf natürliches Meerwasser eine primär entscheidende Anforderung, worüber schon im Vorfeld ausführlich diskutiert wurde.

Schwieriger, oder besser gesagt zeitlich aufwendiger, wird die Fehlersuche, wenn die Analyse der Ausgangsqualität des Meerwassers bzw. der verwendeten Meersalzmischung keinen Zusammenhang zur einer vorliegenden Ionendisbalance zulässt. In einem solchen Fall kann die Ionendisbalance entweder über einen einseitigen Verbrauch (biogen oder filtertechnisch bedingt), oder als Folge einer Zufuhr einer oder mehrerer anderer Meerwasserinhaltsstoffe von außen entstanden sein, z.B. durch Salze zur Kalkhaushalt-Stabilisierung nach dem Prinzip von H-W BALLING, respektive E. PAWLOWSKI (→ [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#)). Diese Szenarien sollen im Folgenden vorgestellt werden.

Ein Verbrauch ist von biogener Natur, wenn durch Wachstum oder durch eine bestimmte Stoffwechselaktivität ein Meerwasserinhaltsstoff von einem lebenden Organismus aus dem Wasser aufgenommen und in Biomasse eingebaut (gebunden) wird. Das einfachste Beispiel ist Calcium, das langfristig im Skelett von Steinkorallen, Kalkrotalgen oder Muscheln abgelagert wird. Calcium unterliegt also im Riffaquarium einem kontinuierlichen biogenen Verbrauch. Weitere Beispiele sind Magnesium oder Kalium, die temporär z.B. von Mangroven aufgenommen und angereichert werden können. Diese Elemente spielen bei der Anpassung an den Salzgehalt eine wichtige Rolle für die Pflanzen. Allerdings werden diese Elemente nicht wie Calcium langfristig als Skelettmaterial gebunden, sondern meist nur temporär eingelagert, d.h. es kann unter Umständen auch wieder zu einer Freisetzung kommen, die sich mit der Wiederaufnahme in der Nettobilanz ausgleicht und daher unauffällig ist. Dennoch wird kontinuierliches Wachstum solcher Organismen langfristig einen dauerhaften Verbrauch erzeugen. Ob andere Organismen wie z.B. Cyanobakterien, massive Algenpopulationen von Kugelalgen (verschiedene Arten der Gattung *Valonia*), oder auch Plagen von Mikroorganismen wie Dinoflagellaten oder Goldalgen z.B. auf den Kalium- oder Magnesiumgehalt im Meerwasser einwirken, kann man nur hypothetisch formulieren oder spekulieren. Ähnliches gilt für Bor, Fluor oder Iod, die in verschiedenen Riffaquarien meist unterschiedlich stark verbraucht werden und deren Verbrauchsursache oft nicht im Detail geklärt werden kann. Wenn sich eine Messwertveränderung nicht anders erklären lässt, als durch einen biogenen Verbrauch, kann dieser über die Tendenz in Wasseranalysen durch regelmäßige Einzelzugaben abgedeckt werden, wie es z.B. bei dem Element Iod üblich ist. Jedes Riffaquarium zeigt beim Iodverbrauch ein eigenes Verhalten, daher kann Iod nicht zuverlässig über Kombinationspräparate (z.B. Spurenstofflösungen) dosiert werden. Im SANGOKAI BASIS-System enthält das sango nutri-element basic eine geringe Menge an Kaliumiodid, die lediglich einen kritischen Iodmangel verhindern soll, die aber i.d.R. nicht dazu ausreichend ist, einen für Riffaquarien typischen Verbrauch zu decken. Das sango chem-ioF aus dem HED-System ist dazu geeignet, Iod auf einer regelmäßigen Basis zu supplementieren. Eine Überwachung der Iod-Verbrauchstendenz durch ICP-OES/MS Analysen ist hierbei sehr hilfreich.

Neben dem biogenen Verbrauch kann auch eine chemische Fällung Ursache dafür sein, dass die Konzentration eines Hauptinhaltsstoffs im Wasser sinkt. Auch hier können wir exemplarisch Calcium nennen, das bei einer zu hohen Karbonathärte und/oder einem zu hohen pH-Wert als unlöslicher Kalk niederschlägt. Strontium und Magnesium können ähnlichen Fällungsreaktionen unterliegen. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit für die Fällung der meisten anderen Hauptelemente im Meerwasser unter normalen Aquarienbedingungen extrem gering. Weder Natrium noch Chlorid können unter Aquarienbedingungen gefällt werden, genauso unwahrscheinlich wie Sulfat oder Kalium. Fluor hingegen kann Fällungen z.B. mit Lithium unterliegen, was allerdings auch ein stark alkalisches Milieu voraussetzt und z.B. bei der Kalkwasser-Dosierung (vgl. → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#)) auftreten kann.

Weiterhin sind physikalisch-chemische Bindung an absorbierende und adsorbierende Filtermaterialien wie Aktivkohle, Adsorber und ionenaustauschaktive Oberflächen, z.B. Zeolithe und Tonmineralien, sog. Bentonite, möglich. Vor allem letztere können bei langanhaltendem Einsatz durchaus signifikant in die Ionenbalance eingreifen und den Natrium- und Kaliumgehalt mit der Zeit verändern. Der dauerhafte Einsatz von adsorptiven Filtermedien kann also als Ursache durchaus auch für die Hauptkomponenten in Betracht kommen. Auch künstliche Gestaltungsmaterialien können den Gehalt an Magnesium und Calcium, in seltenen Fällen auch Kalium im Riffbecken durch Rücklösungen erhöhen, was insbesondere beim Beckenstart zu beachten ist.

Die weitaus größte Gefährdung der Ionenbalance im Meerwasser besteht in der Zufuhr von Natrium und Chlorid im Rahmen der → [Kalkhaushalt-Stabilisierung](#) nach dem Prinzip von H-W BALLING, respektive E. PAWLOWSKY. Dabei werden dem Meerwasser Calciumchlorid-2-Hydrat und Natriumhydrogencarbonat, bei erweiterter Anwendung auch Magnesiumchlorid-6-Hydrat und/oder Magnesiumsulfat-7-Hydrat zur gezielten Aufrechterhaltung des Gehalts an Calcium, Carbonat, sowie zuletzt genannt auch Magnesium supplementiert. Der Einfluss auf die Ionenbalance ist dabei Abhängig vom individuellen Kalkverbrauch und wird daher in dominant mit SPS besetzten Riffaquarien stärker zum Ausdruck kommen als in Weichkorallen- oder LPS-Becken mit geringerer Kalkbildungsrate.

Die Zufuhr dieser chemischen Salze führt zunächst einmal ganz allgemein betrachtet zu einem Anstieg in der Salinität: wenn wir dem Wasser Salze zugeben, steigt der Salzgehalt auch dementsprechend an. Darüber hinaus erzeugt die dabei gleichzeitig auftretende Ergänzung von Natrium und Chlorid unter Umständen ein Ungleichgewicht zwischen genau diesen beiden Hauptinhaltsstoffen. Natrium und Chlorid (NaCl, als Festsubstanz Kochsalz genannt) stellen bei Weitem den Hauptanteil an der Meerwasserkomposition, gefolgt von Schwefel (als Sulfat), Magnesium, Calcium, Kalium, Brom, Strontium, Bor und Fluor als letzte per Definition nennenswerte Hauptkomponente.

Wenn das Aquarium Carbonate (messbar als Karbonathärte/Alkalinität) und Calcium unterschiedlich stark, d.h. in einem nicht calcifikationstypischen Modus verbraucht, ergibt es sich, dass wir Natrium und Chlorid nicht in dem Verhältnis zugeben können, wie es im natürlichen Meerwasser vorliegt. Im Zuge der Calcifikation, z.B. durch Steinkorallen, werden im

Kalkbildungsprozess nach der chemischen Summenformel $\text{Ca}^{2+} + 2 \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3$ äquivalente Stoffmengen Calcium und Carbonat benötigt, um Kalk zu bilden. D.h., es müssen der gezeigten chemischen Reaktionsfolge entsprechend auch äquivalente Anteile an Calciumchlorid-2-Hydrat und Natriumhydrogencarbonat dosiert werden, damit das stöchiometrische Verhältnis zwischen Calcium und Carbonat, und gleichzeitig auch an Natrium und Chlorid erhalten bleibt. Für eine Standard-Rezeptur sind dies 73,5 g/L Calciumchlorid-2 Hydrat und 84 g/L Natriumhydrogencarbonat, die in exakt gleichen Volumina dem Riffaquarium zugegeben werden müssen, damit sich das Verhältnis zwischen Natrium und Chlorid im Meerwasser nicht verändert.

Viele Riffaquarien folgen jedoch nicht dieser idealisierten calcifikationstypischen Stöchiometrie, sondern verbrauchen ungleiche Mengen an Calcium und Carbonat, nicht zuletzt auch deshalb, weil der Carbonatgehalt über den Gasaustausch mit der Raumluft über Kohlendioxid, CO_2 , und dem pH-abhängigen Carbonatgleichgewicht im Meerwasser extern beeinflusst ist, der Calciumgehalt aber nicht. Dadurch wird also in der praktischen Konsequenz das Verhältnis zwischen Natrium und Chlorid gestört, weil die genannten Lösungen nicht in gleicher Dosis zugeführt werden können. Ansonsten würde es zu Ungleichgewichten im Kalkhaushalt kommen.

Die Veränderung im Natrium und Chloridgehalt in Anlehnung an die hier besprochene Methode zur Kalkhaushalt-Stabilisierung wird im Allgemeinen am häufigsten und vordergründigsten im Rahmen der Ionenbalance betrachtet und diskutiert, spielt aber praktisch gesehen gar nicht die vordergründige Rolle. Denn, der Anteil an Natrium und Chlorid an der Hauptzusammensetzung des Meerwassers ist derart groß, dass es für die Organismen mariner Lebensräume im Meerwasseraquarium keinen signifikanten Unterschied macht, ob a) der Natrium und Chloridgehalt durch diese Art der Kalkhaushalt-Stabilisierung anteilig zur Salinität steigt, und b) ob sich die beiden Hauptkomponenten Natrium und Chlorid vom natürlichen Verhältnis relativ zueinander verändern.

Das weitaus größere und zeitlich viel schneller auftretende Problem ist der in Folge des Na/Cl-Eintrags auftretende anteilige Verlust der übrigen Meerwasserinhaltsstoffe (wie oben genannt Sulfat, ggf. Magnesium, Kalium, Brom, Strontium, Bor, Fluor) relativ zur Salinität. Der Hintergrund ist der, dass, wie eingangs festgestellt, die Salinität durch die Zufuhr der genannten Salze ansteigt und diese folglich mit der Zeit auch ausgeglichen werden muss (Entnahme von Meerwasser und Ersatz durch Süßwasser). Der Ausgleich der Salinität entzieht dem Meerwasser natürlich nicht nur selektiv Natrium und Chlorid, sondern alle Meerwasserinhaltsstoffe in der jeweils vorliegenden homogenen Verteilung. Die einseitige NaCl Zufuhr bedingt also, dass auf Dauer der Anteil z.B. an verfügbarem Kalium, Brom oder Bor in Relation zu Natrium und Chlorid sinkt. Das Meerwasser verarmt also sukzessive an vielen Meerwasserinhaltsstoffen und entwickelt sich tendenziell immer weiter in Richtung einer von NaCl/Kochsalz dominierten Lösung. Dies erzeugt dann im Laufe der Zeit nicht nur messbare Mangelzustände in der Laboranalyse, sondern zeigt sich sichtbar in Mangelsymptomen im Riffaquarium, durch eine auf ein kritisches Maß gesunkene Verfügbarkeit von z.B. Kalium oder Bor.

Um der geschilderten Verarmung des Meerwassers an wichtigen Inhaltsstoffen vorzubeugen, sieht die Originalpublikation von H-W BALLING nicht nur eine exakt gleiche Dosierung der Calcium und KH-Lösung vor, sondern auch eine NaCl-freie Meersalzmischung (ein sog. Mineralsalz) zur Wiederherstellung der Ionenbalance in den Bereichen Sulfat, Kalium, etc. Da diese Mineralsalze i.d.R. auch carbonathaltig sind und sich sehr schlecht in Wasser lösen, wurde dieses Salz i.d.R. separat über einen Wasserwechsel einem größeren Wasservolumen hinzugeführt. Der jeweilige Anteil an Mineralsalz hat dann einen rechnerischen Anteil an Meersalz ersetzt, wobei gleichzeitig die Salinität angepasst wurde. Im Prinzip ist diese Vorgehensweise veraltet, aber durchaus noch in der Praxis anzutreffen. Eine allgemeine Problematik taucht bei dieser Original Anwendung dennoch auf: weil die meisten Becken keinem calcifikationstypischen Calcium- und KH-Verbrauch folgen, die Berechnung der Mineralsalzmenge jedoch genau diesen Modus vorsieht, stellt sich die Frage nach der Bezugsgröße für den Ionenausgleich. Entweder wird das Mineralsalz an Natriumhydrogencarbonat, also an die Natrium-Anreicherung gekoppelt, oder an die Chlorid-Anreicherung durch das Calciumchlorid-2-Hydrat. Weil i.d.R. der Chlorid-Eintrag über die Calciumzufuhr höher ist als der Natriumeintrag, wird i.d.R. ein Chlorid-Ausgleich durchgeführt.

Da der Wasserwechsel in den 1990er und 2000er Jahren ohnehin üblich war, damals zumeist noch in höherer Intensität von bis zu 10% pro Woche, sind die meisten Anwender dazu übergegangen, auf den mühseligen Mineralsalz-Ausgleich gänzlich zu verzichten und die Ionendisbalance stattdessen mit dem sowieso erfolgten wöchentlichen Wasserwechsel zu kompensieren. Langfristig ist dazu ein Wasserwechsel von ca. 5% pro Woche oder sogar nur 5% alle 14 Tage ausreichend, was jedoch auch von der Kalkbindungsrate des Riffaquariums abhängt. Ein stark wachsendes SPS-Riffaquarium sollte diesbezüglich also regelmäßig laboranalytisch überwacht werden.

In der Tat ist dies bis heute auch in der riffaquaristischen Praxis eine gängige Methode, die dem Wasserwechsel funktionellen Spielraum und eine relevante Bedeutung zukommen lässt. Ohne diesen regelmäßigen Wasserwechsel würde ein derart betriebenes Riffaquarium langfristig Mangelsituationen v.a. in den physiologisch wichtigen Bereichen Kalium und Bor erfahren. Beides sind wichtige Nährelemente, die sich in kritischen Mangelsituationen für die Korallenpflege extrem ungünstig auswirken können. Ein Vorteil des Wasserwechsels ist in diesem Zusammenhang auch, dass Verschiebungen zwischen Natrium und Chlorid bei ungleicher Dosierung von Calcium- und Carbonatlösung leichter kontrollierbar bleiben, sofern diese überhaupt praktisch relevant werden.

Mittlerweile ist es möglich, einzelne Parameter in Laboranalysen zu prüfen und in Form von Einzeldosierungen zuzuführen, z.B. für Kalium, Brom, Strontium und Bor. Es zeichnet sich derzeit schon ab, dass sich diese Vorgehensweise in der nächsten Zeit zu der bevorzugten gängigen Praxis entwickelt und den Routine Wasserwechsel dauerhaft ablöst, aber das bleibt noch abzuwarten. Das SANGOKAI BALANCE System wird in 2016 um die sango chem-individual Produkte für Brom, Bor, Strontium und Kalium ergänzt, so dass die wichtigsten Meerwasserkomponenten in Anlehnung an Labormesswerte gezielt und v.a. exakt berechnet supplementiert werden können.

Heute sind kommerzielle Anwendungen wie das SANGOKAI BALANCE-System mit den sango chem-balance Produkten darauf spezialisiert, exakt berechnete Mengen an Magnesium, Kalium,

Brom, Strontium, Bor und Fluor sowie weitere Spurenstoffe im Rahmen einer H-W BALLING basierten Methode zuzuführen, allerdings nicht in Form des umständlichen Mineralsalzes, sondern als flüssige Mehrkomponenten-Lösungen. Ziel einer solchen modernen Applikation, neben der primären Aufgabe der Calcium- und Carbonatdosierung, ist jedoch nicht, nur eine Ionendisbalance als sekundäre Folge dieser Kalkhaushalt-Stabilisierung zu verhindern, sondern weiter gedacht, diese Notwendigkeit praktisch zu nutzen, um das Meerwasser mit einer Vielzahl an Meerwasserinhaltsstoffen nachhaltig und automatisiert zu stabilisieren. Dadurch wird der Wasserwechsel zur Aufrechterhaltung der Meerwasserkomposition nicht nur überflüssig, sondern es wird ganz bewusst verhindert, dass der Wasserwechsel durch eine schlecht konzipierte Meersalzmischung zu einer ungewollten negativen Veränderung eines optimalen Beckenwassers führt. Der Wasserwechsel stellt hier also vielmehr ein Risiko als eine nützliche Routinepraxis dar. Das Meerwasser wird durch solche komplexen Methoden also in einer optimalen Ionenbalance stabilisiert und gleichzeitig können mögliche ungünstige Einflüsse von aussen minimiert werden. Sollten sich mit der Zeit z.B. über einen Verbrauch oder durch chemische Veränderungen einzelne Messwerte trotzdem verringern, können diese gezielt angeglichen werden, ohne dass dabei die Meerwasserkomposition beeinflusst wird.

Es ist an dieser Stelle aber wichtig zu betonen, dass die laborbasierte Untersuchung des Meerwassers dabei einen wichtigen Stellenwert in der Gegenkontrolle einnimmt. Dieser Bereich ist zu einer wichtigen Stütze in der Riffaquaristik geworden und löst ganz offensichtlich den Wasserwechsel in seiner praktisch stützenden Funktion zunehmend ab.

SANGOKAI Empfehlung: Liegt eine ausgeprägte Ionendisbalance in den Hauptparametern Natrium, Chlorid und Sulfat vor, die das Riffaquarium akut belastet, ist es die schnellste und wirkungsvollste Möglichkeit, mit einer hochwertigen Meersalzmischung in 3-4 aufeinanderfolgenden Wasserwechseln mit einem Wechselvolumen von 15-20% im Abstand von zwei bis drei Tagen eine grundlegende Ausbalancierung zu erreichen. Es gilt jedoch auch zu berücksichtigen, dass Riffaquarien bei auffälligen Wasserwerten, die auf eine Ionendisbalance hinweisen, gut beobachtet und korrekt eingeschätzt werden, weil nicht jede Ionendisbalance auf dem Papier gleich eine negative Schädigung im Aquarium hervorruft. Besteht keine akute Gefährdung, ist es sinnvoll, über einen Zeitraum von 10 Wochen einen wöchentlichen Wasserwechsel mit 10% Wechselvolumen durchzuführen. Dabei reversieren sich die Wasserwerte etwas langsamer und für das Ökosystem möglicherweise schonender. In beiden Fällen sollte im Anschluss an die Wasserwechselphase eine Meerwasseranalyse darüber aufklären, ob und wie sich die Wasserwerte in Richtung einer günstigen Ionenbalance verändert haben. Gleichzeitig muss immer auch eine Beratung erfolgen, die auch die Ursache für die bestehende Ionendisbalance ergründet und Lösungsmöglichkeiten erarbeitet, mit deren Hilfe ein vergleichbarer Zustand nachhaltig verhindert werden kann.

Für individuelle Defizite in nur wenigen Parametern bieten sich Einzeldosierungen besser an, v.a. weil sie schnell und effektiv wirken und zudem auch kostengünstiger sind als mehrfache Wasserwechsel. Hierbei gilt es zu beachten, dass die Salinität als Bezugspunkt für jeden Einzelmesswert zuerst korrekt eingestellt wird!

Eine geschaffene Ionenbalance sollte möglichst konstant erhalten bleiben. Eine Gefahr stellt hierbei die Kalkhaushalt-Stabilisierung mit entsprechenden Calcium- und Carbonatsalzen dar, die mitunter gravierend (d.h. bei hohem Kalkverbrauch) die Verfügbarkeit von Meerwasserinhaltsstoffen wie Kalium, Brom, Bor oder Strontium verringern können. Hier stellt nach wie vor ein Routine-Wasserwechsel von ca. 5% pro Woche oder 5% alle 14 Tage eine praktische Möglichkeit dar, einen solchen Mangel zu verhindern, oder dessen Entstehung stark zu verlangsamen. Durch die modernen analytischen Möglichkeiten ist eine gezielte Einzeldosierung von Inhaltsstoffen möglich, die schneller wirken und kostengünstiger sind als die regelmäßigen Wasserwechsel.

Kommerzielle Lösungen zur Kalkhaushalt-Stabilisierung wie das chem-balance System kompensieren die Veränderungen in der Meerwasserzusammensetzung durch die Kalkdosierung nicht nur, sondern führen dem Beckenwasser automatisiert verschiedene Elemente und Inhaltsstoffe in geeigneter Form und angepasster Menge zu, wodurch das Meerwasser ein sehr hohes Qualitätsniveau erreicht. Hier stellt der Wasserwechsel ein potentiell Risiko dar, weil dieser durch Abweichungen in der geeigneten Stoffverteilung in Meersalzmischungen die optimierte Meerwasserkomposition verschlechtern kann. Wasserwechsel sind in solchen Systemen also möglichst zu vermeiden.

Die verschiedenen, auf die Meerwasseranalytik spezialisierten Laboratorien in Deutschland bieten uns moderne und zielführende Möglichkeiten an, unser Wasser umfangreich und zuverlässig zu kontrollieren. **SANGOKAI arbeitet als beratendes Organ mit dem Fauna Marin Seawater Research Lab (SRL) zusammen und ist in der Auswertung und Beratung von Meerwasseranalysen sehr aktiv.** Korrekte und zielführende Bewertungen von Laboranalysen durch geschultes Personal ist mehr denn je wichtig, um v.a. in Problemfällen die richtigen praktischen Entscheidungen zu treffen. Diese können dann allerdings sehr schnell und effektiv wirken.

Dadurch verliert der Wasserwechsel als Routinemaßnahme in der Riffaquaristik zunehmend an Bedeutung. Das heißt jedoch nicht, dass grundsätzlich kein Wasserwechsel mehr durchgeführt werden muss oder soll. Nach wie vor müssen manche Riffaquarien in bestimmten Zonen, z.B. im Filterbecken von Mulm oder Ablagerungen befreit werden, so dass ein Wasseraustausch nach dem Absaugen notwendig wird. Auch die eingangs im Kapitel betrachteten akuten Gefährdungen durch äußere Faktoren wie z.B. Schwermetalleinwirkungen (Metallkorrosion), extreme Schadstoffanreicherungen durch unerwartete Störungen (z.B. Stromausfall), können einen Wasserwechsel oder eine Folge von mehreren Wasserwechseln wie erörtert notwendig machen. Hier gelten dann jedoch die hohen Ansprüche an eine sehr gute Meersalzmischung, die nicht auffällig in eine optimale Meerwasserzusammensetzung eingreift.

-X-

-Y-

-Z-

Zeolithfilterung

IN BEARBEITUNG