

Materialien in der Meerwasseraquaristik



AquaCare GmbH & Co. KG
Am Wiesenbusch 11 - D-45966 Gladbeck - Germany
☎ +49 - 20 43 - 37 57 58-0 • 📠 +49 - 20 43 - 37 57 58-90
www.aquacare.de • e-mail: info@aquacare.de



Korrosionsprodukte, die im Meer wegen des ungeheuren Wasservolumens verkratet werden, gefährden im Aquarium den gesamten Bestand (Fotos: D. Walber)

Warum ist Meerwasser aggressiv gegenüber Metallen?

Im Meerwasser sind eine große Anzahl von verschiedenen Salzen in zum Teil großen Mengen gelöst. Das bedeutet einerseits, dass die damit verbundene hohe elektrische Leitfähigkeit Elektrolyseprozesse fördert und andererseits wirken einige der gelösten Inhaltsstoffe direkt auf Metalle.

Elektrolyseprozesse entstehen immer, wenn eine elektrische Spannung zwischen zwei Metallen existiert, die sich in einem Elektrolyten befinden. Elektrolyte sind Stoffe, die vollständig oder teilweise in der Ionenform vorliegen, also eine elektrische Ladung aufweisen. Zum Beispiel, wenn Kochsalz (chemische Formel NaCl) in Wasser gelöst wird, entstehen einerseits Natriumionen mit positiver Ladung (Na^+) und Chloridionen mit negativer Ladung (Cl^-). Ionen, also Teilchen mit elektrischer Ladung, können sich in einem elektrischen Feld bewegen: die positiven Kationen fließen zur negativen Kathode und die negativen Anionen fließen zur positiven Anode; an der Anode findet somit eine Oxidation statt, hingegen an der Kathode eine Reduktion.

Aktiver Korrosionsschutz

Wenn eine Elektrode in einen Elektrolyten getaucht wird, passiert erst

einmal überhaupt nichts. Erst wenn eine zweite andersartige Elektrode in den Elektrolyten getaucht wird und die beiden Elektroden elektrisch miteinander verbunden sind, dann entsteht ein Galvanisches Element. Die unedlere Elektrode (z.B. Zink oder Aluminium) gibt an die edlere Elektrode (z.B. Eisen) Elektronen ab - es fließt ein Strom. Gleichzeitig werden an der Anode Zink- bzw. Aluminiumionen abgegeben. Im Schiffsbau macht man sich diesen Effekt zu Nutze und befestigt elektrisch leitend sogenannte Opferanoden aus Zink oder Aluminium an den Stahlrümpfen, um diese zu schützen. Die Opferanoden müssen von Zeit zu Zeit ersetzt werden, damit ein dauerhafter Schutz aufgebaut ist. - Das Verzinken von Stahl funktioniert nach dem gleichen Prinzip: das unedle Zink löst sich langsam auf und schützt den Stahl (Eisen); bei Schiffen wäre allerdings ein regelmäßiges Ersetzen der Zinkschicht zu aufwendig.

Auf Grund der Elektrolyse dürfen auch nicht Wasserrohre aus unterschiedlichen Materialien elektrisch leitend miteinander verbunden werden. Mit der Zeit würde sich das unedlere der beiden auflösen. Auch Rohrleitungen kann man mit Opferanoden schützen.

In Meerwasseraquarien könnte man prinzipiell Stahlteile auch durch metallische Beschichtung oder Opfer-

elektroden schützen. Da aber ständig Material von der Opferanode freigesetzt wird, würden sich schnell Metalle wie Zink oder Aluminium im Aquarium anreichern. In geringen Mengen sind diese Metalle wichtig (Spurenelemente) aber in höheren Mengen wirken sie giftig.

Eine Korrosion findet auch statt, wenn sich das gleiche Metall in leicht unterschiedlichen Elektrolyten befindet. Bei der sogenannten Spaltkorrosion befindet sich in einem Spalt eines Metallstücks ein etwas niedrigeres Redoxpotential (z.B. durch einen geringeren Sauerstoffgehalt) und somit ein etwas anderes Elektrolyt als außerhalb vom Spalt. Das hat zur Folge, dass eine geringe elektrische Spannung (Potentialdifferenz) erzeugt wird, die den Elektrolyseprozess (elektrochemische Korrosion) in Gang bringt, der das Metall zersetzt. Um Spaltkorrosion zu verhindern, müssen entweder die Spalten mit Nichtleitern verschlossen oder die Spalten müssen regelmäßig oder kontinuierlich mit dem äußeren Medium gespült werden.

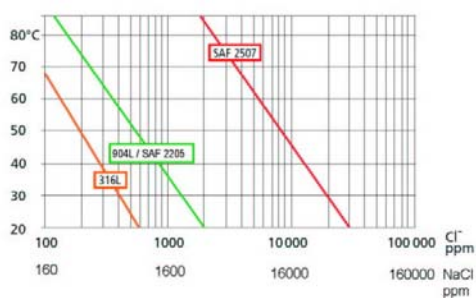
Passiver Korrosionsschutz

In hochlegierten Stählen (z.B. Chromstähle mit mehr als 12% Chrom) sorgt der Chromanteil dafür, dass die Oberfläche des Metalls mit Sauerstoffatomen besetzt wird. Diese Sauerstoffschicht wirkt als Barriere für die Elektrolyse und schützt das

Stahlteil. Diese sogenannten nicht-rostenden Stähle (einige Edelstähle sind nicht rostend, aber nicht alle) können in schwachen Elektrolyten (z.B. Regenwasser mit ein bisschen Dreck) nicht rosten und müssen nicht weiter geschützt werden. Diese Stahlsorten sind passiviert, habe also eine passivierte Oberfläche (die Oxidschicht). - Bei Aluminium wird die schützende Sauerstoffschicht durch das sogenannte Eloxieren hergestellt.

In starken Elektrolyten (z.B. Meerwasser) jedoch führen zu hohe Chlorid- und Bromidkonzentrationen zum sogenannten Lochfraß. Aus der passivierten Oberfläche, die mit Sauerstoffatomen besetzt ist, werden einige Sauerstoffatome gegen Chlorid bzw. Bromid ersetzt. Diese Stelle ist nun Angriffspunkt für fortschreitende Korrosion. Bei geringen Sauerstoffkonzentration und höheren Temperaturen ist die Gefahr des Lochfraßes größer. Ist erst einmal eine Stelle korrodiert, entstehen zwischen Lochinnenraum und Außenraum ein Spannungspotential, das die Korrosion weiter vorantreibt (Spaltkorrosion).

Die Wahrscheinlichkeit von Lochfraß ist abhängig von pH-Wert, Temperatur und Chloridkonzentration (Bromidkonzentration). In der Grafik ist für drei verschiedene Spezialstähle die obere Chloridkonzentration in Abhängigkeit von der Temperatur angegeben. Zur Orientierung: der dem Laien bekannte V4A-Edelstahl liegt in seiner Beständigkeit gegenüber Chlorid noch unterhalb der 316L-Kurve.



Chloridfestigkeit dreier Stähle in Abhängigkeit von der Temperatur (Quelle: Danfoss A/S); 35 Promill-Meerwasser hat eine Chloridkonzentration von ca. 18000 ppm Cl.

AISI 316 L = Werkstoffnummer 1.4404 = DIN: X 2 CrNiMo 17.12.2 (X 2 CrNiMo 18.14.3)

AISI 904 L = SAF 2205 = UNS S31803 = Werkstoffnummer 1.4462 = DIN:

X2CrNiMoN22.5.3 (5) = Duplexstahl
SAF 2507 = UNS S32750 = DIN 1.4410 = X2CrNiMoN25.7.4 = Duplexstahl

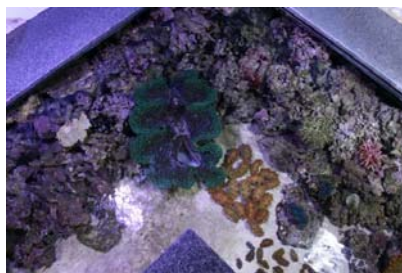
Auf Metallen aufsitzende Organismen bilden in der Schicht zwischen ihnen und der Metalloberfläche einen Elektrolyten mit einer etwas anderen Zusammensetzung. Zum Teil werden Säure abgeschieden aber zumindest ist das Redoxpotential dadurch verändert. Die unterschiedlichen Elektrolyten bilden ein Spannungspotential aus, das wiederum die Elektrolyse in Gang setzt und das Metall korrodiert.

Beschichtungen mit nicht leitenden Werkstoffen

Ein für Meerwasser effektiverer Schutz ist die Beschichtung mit elektrisch nicht leitenden Werkstoffen. Im Prinzip sind alle Kunststoff ohne Weichmacher dazu geeignet: sie sollten gut mit dem Metall verbunden und resistent gegen Ozon sein. Je nach dem wo die Werkstoffe eingesetzt werden, sollten sie durch UV-Strahlung nicht verspröden. Epoxidharze oder -farben haben sich bewährt. Soll die Oberfläche zusätzlich noch mechanisch geschützt werden, können dem Epoxidharz Glasfasern (GFK) oder Kohlefasern (CFK) beigemischt werden oder Gewebe aus diesen Materialien verwendet werden. Aber es muss beachtet werden, dass bei höheren Bromidkonzentrationen Brom durch das Epoxidharz diffundieren (GFK ist nicht gasdicht!) und ggf. das dahinter befindliche Stahlteil oxidieren kann.

Werkstoffe für Aquarium und Filterbecken

Die ersten Aquarien bestanden aus Mangel an passenden Werkstoffen aus undurchsichtigen Materialien. Man konnte die Tiere also nur von oben durch die Wasseroberfläche betrachten. Diese Aufsichtbecken waren schon bei den alten Ägyptern, Sumerern und Chinesen bekannt. Auch heute hat ein Fischteich im Außenbereich noch seinen Reiz, tropische Meerwasserteiche in unseren Breitengraden hingegen sind selten zu finden.



Ein Meerwasserteich in den Verkaufsräumen von AquaPerfekt, Bergheim: besonders schön wirken die Farben von fluoreszierenden Tieren: z.B. *Tridacna* spec.. Fotos: AquaCare.

Heute werden Aquarien hauptsächlich aus transparenten Werkstoffen gebaut. Kleinstaquarien sind zumeist aus spritzgussgefertigtem Acrylglas ("Plexiglas") oder aus mit Silikon verklebten Glasscheiben gefertigt. Mittlere Aquarien bestehen entweder aus Acrylglasscheiben, die mit dem passenden "Spezialkleber" verschweißt sind oder werden ebenfalls aus Glas mit Silikonverbindung hergestellt. Sehr große Schauaquarien werden meist aus Beton gegossen und in die ausgesparten Fenster Acrylglasscheiben mit Silikon eingeklebt. Die kleinere Variante mit Becken aus Holz, Kunststoff oder Eternit mit den passenden Ausschnitten für die Sichtscheiben werden ebenfalls gebaut. Beide Materialien - Glas und Acrylglas - haben ihre Vor- und Nachteile. Glas ist im Vergleich zum Acrylglas erheblich spröder, zerbricht also leichter. Mit der Zeit nimmt die Versprödung sogar noch zu, so dass es nach 2-3 Jahren kaum noch bearbeitet werden kann, wenn z.B. eine Bohrung nachträglich geschaffen werden soll. Ist das Aquarium starken Schwingungen ausgesetzt (z.B. Erdbebengebiete) kann Glas leicht brechen. Die Versprödung von Acrylglas ist erheblich geringer. Dafür ist Acrylglas weicher und leicht können beim Säubern der Scheibe tiefe Kratzer entstehen, die den Durchblick verschlechtern. Schwingungen werden viel besser verkraftet, so dass in Erdbebengebieten mittlere und große Aquarien fast ausschließlich aus Acrylglas gebaut werden.

Je größer das Aquarium, desto dicker müssen die Scheiben ausgelegt sein. Weil Plexiglas im Vergleich zu Floatglas einen geringeren Brechungsindex hat 1,49 zu 1,52

(<http://de.wikipedia.org/wiki/Brechzahl>, www.mbm-techglas.de/pdf/floatglas.pdf) und bei großen Aquarien die Acrylglasscheiben dünner ausgelegt werden können, sind die Verzerrungen geringer, wenn man mit einem flachen Winkel in das Aquarium hineinsieht. Auch die Transparenz von Acrylglas und Floatglas sind sehr unterschiedlich. Eine 10 mm Floatglasscheibe hat eine Lichtdurchlässigkeit von 86%. Bei noch dickeren Scheiben ist deutlich ein Grünstich zu erkennen, der die Farben der Aquarientiere negativ beeinflusst. In Süßwasseraquarien ist dieser Effekt auf Grund der grünen Pflanzen nicht so stark erkennbar, aber im Meerwasserbereich wirken die Farben der Niederen Tiere und Fische nicht mehr ideal. Eine Alternative ist Weißglas - der grüne Farbstich ist erheblich geringer und die Lichttransmission einer 10 mm starken Scheibe liegt mit 91% erheblich höher (www.mbm-techglas.de/pdf/floatglas.pdf). Jedoch Plexiglas realisiert die perfekten Farben - selbst durch mehrere Dezimeter sind mit bloßem Augen keinerlei Farbstiche zu erkennen. Wenn es um ungewöhnliche Aquarienformen geht, ist Acrylglas unschlagbar; Acrylglas kann fast beliebig gebogen und mit anderen Formen verbunden werden. Bei Glas gibt es im Normalfall gerade einmal die Möglichkeit leicht gebogene Scheiben zu verwenden. Einige wenige Spezialanbieter für Vollglasaquarien können weitere Glasformen anbieten.

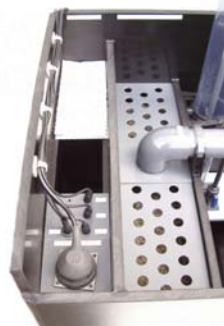
Kleine Filterbecken werden meist

aus Glas gefertigt. Diese Version ist günstig und es ist leicht zu sehen, wann abgelagerte Sedimente abgesaugt werden müssen.



Filterbecken, Nachfüll- und Mischbecken aus Glas für ein Meerwasseraquarium. Foto: AquaCare

Große Filterbecken können aus Kunststoff gebaut werden. PVC oder PE haben sich bewährt. Diese Kunststoffe sind robust und halten lange Zeit, ohne undicht zu werden. Wenn einmal ein Gegenstand in das Filterbecken fällt, sind normalerweise keine Schäden zu erwarten.



Großfilterbecken Typ Basic mit angeschlossenem Abschäumer ACF6000V. Fotos: AquaCare

Wasserleitungen

In Meerwasseraquarien wird zum Teil eine Vielfalt von Filtern eingebaut, Strömungen müssen mit Pumpen realisiert werden und Zu- und Ableitungen geschaffen. Die im Süßwasserbereich häufig eingesetzten Kunststoffschläuche sind im Meerwasserbereich nicht die beste Lösung. Sie sind meist aus Weich-PVC gefertigt, damit sie biegsam sind. Mit der Zeit lösen sich jedoch die Weichmacher (z.B. Phthalate, die im Verdacht stehen krebserregend zu sein oder Weichmacher auf Phosphatbasis) heraus, landen im Aquarienumwasser und die Schläuche werden hart und spröde. Leicht können spröde Schläuche von den Anschlüssen abspringen, wenn sie nicht extra durch Schlauchschellen gesichert wurden. Große Durchmesser sind mit Schläuchen schlecht handhabbar.

Eine dauerhaft sichere Verbindung kann mit Hart-PVC-Rohren und Fittings geschaffen werden. Rohre und Fittings werden mit PVC-Kleber verbunden (Anleitung beachten). Die Lösemittel sind nach 24 Stunden aus den Klebenähten verschwunden und nach einem Spülen mit Wasser besteht kein Risiko mehr, dass unerwünschte Chemikalien ins Wasser gelangen. Allerdings sind die Verbindungen nur mit der Säge wieder zu lösen, so dass bei der Planung Reinigungsmöglichkeiten, Erweiterungen und Abkoppelmöglichkeiten mit einbezogen werden müssen. Ein guter Aquarienbauer und Fachhändler sollte das können.



Ordentlich verlegte PVC-Rohre bieten ein Höchstmaß an Übersichtlichkeit und Sicherheit. Foto: AquaCare

Geräte, die mit nur sehr wenig Wasser versorgt werden müssen (Kalkre-

Eigenschaft	Acrylglas / Plexiglas	Floatglas (normal)	Weißglas
Transparenz / Brillanz	+	-	±
Kosten	-	+	±
Alterungsbeständigkeit / Versprödung	+		±
Verarbeitungsmöglichkeiten	+		-
Kratzbeständigkeit	- -		+
Bruchempfindlichkeit	+		-
Alterungsempfindlichkeit der Verbindungsfugen	+		-
Gewicht	+		-

Übersicht der Vor- und Nachteile von Plexiglas und Floatglas für Aquarien

aktoren, Nitratfilter, u.a.) können mit Schlauchverbindungen versorgt werden. Geeignete Materialien sind PE ("Umkehrosmoseschlauch") und Silikon. Diese Schlauchverbindungen sollte mit Schlauchschellen oder Kabelbindern gesichert werden. Alternativ können PE-Schläuche auch sehr gut mit Steckfittings verbunden werden.

Gasleitungen

Einige Geräte müssen mit Luft versorgt werden. Die in der Aquaristik weit verbreiteten Weich-PVC-Luftschläuche können dafür verwendet werden. Aber sobald dieses Material mit Wasser in Berührung kommt, können die Weichmacher ins Wasser gelangen. In diesem Fall sollte mit alternativen Materialien gearbeitet werden. Silikonschläuche haben sich dafür bewährt.

Für die CO₂-Versorgung sind druckfeste Schläuche aus PE geeignet. Soll ein flexiblerer Schlauch verwendet werden, kann dies nur in dem Teil erfolgen, in dem sich kein Druck mehr aufbauen kann, z.B. hinter einem Magnetventil oder hinter einem Regulierventil oder Absperrhahn. Jedoch vor den Ventilen kann sich ein Druck aufbauen, der am Druckminderer eingestellt werden kann: normalerweise 0,5...3 bar. Wenn dort ein weiches Material eingesetzt wird, kann der Schlauch unter ungünstigen Bedingungen platzen. Silikon sollte für CO₂-Versorgungen nicht eingesetzt werden, da es nicht gasdicht ist.

Befestigungsmaterialien im Wasser

Manchmal müssen im Meerwasser-aquarium Dinge befestigt werden. Neben unterwasseraushärtenden Sili-

konen und Zweikomponentenklebern ("Korallenkitt") bieten sich einige mechanische Verbindungen an: Kabelbinder aus PA, Kunststoffschrauben, PVC-Rohre, Kunststoffbänder.



Mit Korallenkitt können junge Korallenstöcke leicht unter Wasser befestigt werden.
Foto: AquaCare.

Allgemeine Beständigkeit von Materialien

	PS	PMMA	PC	PA	SAN	ABS	PVC-U	POM	PE	PP	PTFE	PVDF
Schwache Säuren	o	-	o	o	o	o	+	-	+	+	+	+
Starke Säuren	o	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+
Laugen	+	+	-	o	+	o	+	+	+	+	+	+
Alkohole	+	-	+	o	+	+	+	+	+	+	+	+
Benzin	-	+	o (+)	+	o (+)	+	+	+	o (+)	o	+	+
Calciumchlorid	+	+	+	-	+		o	+	+	+	+	+
Calciumhydroxid	+	+	-	+	+		+	+	+	+	+	+
Chlor flüssig	-	-	-	-	-		-	-	-	+	+	+
Essigsäure 50%	o	-	+	-	+		+	o	+	+	+	+
Ethanol 100%	-	-	+	+	o	o	+	+	+	+	+	+
Ozon	o	+	+	-	+	+	+	-	+ HDPE o LDPE	+	+	+
Salzsäure 35%	o	o	-	-	o	o	o	-	+	+	+	+
Wasserstoffperoxid	+	-	+	+	+		+	+	+	+	+	+
Meerwasser		+		+		+	+	+	+	+	+	+

alle Angabe bei Raumtemperatur; zum Teil wurden widersprüchliche Beständigkeiten gefunden / für die Richtigkeit der Angaben keine Gewähr
+ beständig, o bedingt beständig, - nicht beständig

Beständigkeit von einigen Dichtungswerkstoffen

	PTFE	Si	NB NBR	EP EPDM	EP FPM "Viton"
Schwache Säuren	+	o	+	+	+
Starke Säuren	+	-	o	+	+
Laugen	+	+	o	+	+
Alkohole	+	+			
Benzin	+	-	+	-	+
Calciumchlorid	+	o			
Calciumhydroxid	+	+	o	+	-
Chlor flüssig	+	-			
Essigsäure 50%	+	+	-	o	-
Ethanol 100%	+	+			
Ozon	+	+	o	+	+
Salzsäure 35%	+	o			
Wasserstoffperoxid	+	+			
Meerwasser	+	+	+	+	+

alle Angabe bei Raumtemperatur; zum Teil wurden widersprüchliche Beständigkeiten gefunden / für die Richtigkeit der Angaben keine Gewähr
+ beständig, o bedingt beständig, - nicht beständig