

Chemie ABC voor de zee-aquariaan: de pH



Inleiding

Het houden van levende dieren uit (meestal) tropische zeeën is het primaire doel van onze hobby, de zeeaquaristiek. Hoewel dit in principe een eenvoudige doelstelling lijkt, stuit je bij de uitvoer er van al snel op allerlei vragen en soms op problemen, die technisch, fysisch, biologisch of chemisch van aard zijn. Ook gaat het in zulke gevallen vaak om een combinatie uit zulke categorieën. Voor beginnende hobbyisten wordt het meestal snel duidelijk, dat het houden van zeedieren in aquaria een slechts ogenschijnlijk eenvoudige zaak is. Op het moment, dat dieren in een aquarium dood (dreigen te) gaan omdat de aquariumomstandigheden niet in voldoende mate aansluiten bij de levensseisen van de dieren, is het overduidelijk, dat er problemen zullen moeten worden opgelost om de primaire doelstelling mogelijk te maken. In een latere fase kunnen we de primaire doelstelling misschien vervangen door een andere doelstelling, bijvoorbeeld het houden van dieren in aquaria gedurende langere tijd, óf zelfs het vermeerderen van zeedieren in aquaria. Uiteindelijk is het dan op lange termijn misschien mogelijk om minder afhankelijk te worden van het wegvangen van dieren uit de vrije natuur, hetgeen zeer wenselijk is om het voortbestaan van onze hobby te garanderen.

Welke problemen zijn het nu zoal, die bepalend zijn voor het succesvol houden van zeeaquariumdieren?

Het antwoord hierop is eenvoudig, namelijk; te veel om op te noemen! In feite zou je voor elke diersoort apart een aantal houdbaarheidseisen moeten vaststellen. Voor een groep deskundigen zou dit waarschijnlijk een groot aantal jaren werk vergen. Zelfs al zouden de deskundigen uit zo'n studiegroep het met elkaar eens worden, dan nog speelt bijvoorbeeld het probleem dat dieren van één soort zeer

individuele verschillen in gedrag kunnen vertonen ('t zijn net mensen), of eisen voor wat betreft de omgeving kunnen stellen, die bepalend zijn voor het houdbaarheidssucces. Daarnaast hebben we in een aquarium meestal te maken met veel meer dan één diersoort, waardoor allerlei houdbaarheidsproblemen sterk toenemen.

Om toch doelgericht enige uitspraken te kunnen doen omtrent het welbevinden van de dieren in ons aquarium, of meer in het algemeen over het algehele functioneren van het aquarium als mini(eco)systeem, ligt het daarom voor de hand criteria te gebruiken, van welke duidelijk aangetoond is, dat ze verband houden met het welzijn van de dieren die we in het aquarium wensen te houden. Daarnaast moeten de criteria die we gebruiken eenvoudig door iedere hobbyist kunnen worden getoetst, eventueel na enige voorbereidende studie, zoals een beginnerscursus.

De laatste tientallen jaren wordt het steeds duidelijker, dat dieren in aquaria het beter "doen" naarmate de leefomstandigheden in het aquarium steeds meer gaan lijken op de leefomstandigheden in de natuur, ter plekke van de herkomst van de betreffende dieren. Het gaat dan om factoren zoals lichtevoelheid en -soort, temperatuur, waterstromingssterkte en -ritme, naast de chemische samenstelling van het aquariumwater. Het zal duidelijk zijn dat de beoordelingscriteria die we gebruiken om vast te stellen hoe het met ons aquarium gesteld is op dergelijke factoren betrekking hebben. Een belangrijk aandachtspunt hierin wordt gevormd door de meetbare aanwezigheid en concentratie van een aantal (afval)producten uit de voedselkringloop, die we kunnen gebruiken als maat (parameter) voor de kwaliteit van het aquariumwater. Samenvattend stel ik dat een aquarium voor dieren een levensbedreigende omgeving is, waarin de dieren

uitsluitend en alleen in leven worden gehouden voor het plezier van de eigenaar. Door de levensomstandigheden voor de dieren in het aquarium niet slechts draaglijk, maar juist zo optimaal mogelijk te maken, kan het meeste plezier worden beleefd aan deze aquariumbewoners.

In het hierna volgende gedeelte zal ik iets dieper ingaan op de zuurgraad, die heel belangrijk is voor het optimaal functioneren van het aquarium.

De zuurgraad

De naam zegt het al; de zuurgraad zegt iets over de mate waarin iets zuur is. In ons geval dus over het meer of minder zuur zijn van het zee(aquarium)water. Bij het meten van de zuurgraad van zeewater wordt een bepaalde waarde verkregen. In natuurlijk zeewater ligt deze waarde grofweg tussen de 7,5 en 9, maar meestal rond de 8.

Wat zegt dat nu over de kwaliteit van het water?

Om waarde te kunnen hechten aan een bepaalde gemeten zuurgraadwaarde (een zogeheten pH-waarde) is het goed om iets dieper in te gaan op het begrip zuurgraad. De zuurgraad wordt gemeten op een pH-schaal. De maatverdeling op deze schaal loopt van -1 tot +15. Een pH-waarde van -1 tot maximaal +7 noemen we zuur. Hoe lager de waarde, hoe zuurder, dus een vloeistof met een pH-waarde van 5 is zuurder dan een vloeistof met een pH-waarde van 6,3. Het tegenovergestelde van zuur is basisch of alkalisch. Dit wordt aangegeven met pH-waardes van meer dan +7. Zuiver water met een pH-waarde van precies 7 is chemisch gezien neutraal: niet zuur en niet basisch. Belangrijk om te onthouden is dat de pH-schaal geen lineaire weergave is van de hoeveelheid zuur, maar een logaritmische!

Logaritmisch wil in dit geval zeggen, dat de vloeistof 10 keer zo zuur wordt als de pH-waarde 1 eenheid zakt: van bijvoorbeeld 7,2 naar 6,2. Als de pH-schaal lineair zou zijn, dan zou een vloeistof met een pH-waarde van 3 precies 2 keer zo zuur zijn als een vloeistof met een pH-waarde van 6.



Door het logaritmische karakter van de schaal betekent het dat de vloeistof met pH-waarde 3 in werkelijkheid 1000 keer! zo zuur is als de vloeistof met pH-waarde 6.

Als voorbeeld hiervan de pH-waardes van -1 tot +6 die horen bij verschillende concentraties zoutzuur in gedestilleerd water.

Tussen elke stap zit een concentratieverschil van 10 keer: Opvallend zijn de vloeistoffen waarvan de pH weliswaar een bepaalde onder- en bovengrens kent, maar waarbij het steeds zo is dat binnen deze grenzen sterke variaties voorkomen. Het gaat in zulke gevallen om vloeistoffen die een bepaalde omgeving vormen, het zogenaamde "milieu" of "medium", waarin levende organismen voorkomen.

Het lijkt misschien wat vreemd om bloed als omgeving te beschouwen waarin organismen voorkomen. In bloed echter komen allerlei gespecialiseerde lichaamscellen voor zoals rode en witte bloedlichaampjes, die in zekere zin te beschouwen zijn als eencellige organismen.

pH-tolerantie

Gezien de variaties die kunnen optreden in de pH-waardes van deze vloeistofmedia is het voor de hand liggend om te

Voorbeelden

<u>pH-waarde</u>	<u>concentratie zoutzuur</u> (in gram per liter)	<u>vergelijkbaar met de pH van</u>
-1 -----	365	
0-----	36,5	
1-----	3,65-----	menselijk maagsap (pH 0,5 - 1)
2-----	0,365 -----	tafelazijn (pH 1,5 - 2,5)
3-----	0,0365 -----	appelsap (pH 2,6 - 3,3)
4-----	0,00365 -----	coca-cola (pH 4 - 5)
5 -----	0,000365	
6 -----	0,0000365	
	<u>medium</u>	<u>pH-waarde</u>
	oceanwater -----	7,9 - 8,7
	kustwater-----	7,5 - 9,0
	veenwater-----	3,0 - 6,5
	slootwater-----	4,5 - 9,0
	menselijk bloed -----	7,3 - 7,7

veronderstellen, dat de organismen die ter plekke in zo'n vloeistof voorkomen, zich tot op zekere hoogte kunnen aanpassen aan pH-schommelingen tussen de genoemde onder- en bovengrens. Deze organismen hebben zogezegd een bepaalde tolerantie voor de pH-waarde. Een illustratief voorbeeld van dieren met zo'n pH-tolerantie zijn de rifbouwende steenkoralen die groeien boven op het rif in tropisch, zeer ondiep water (0 - 2 meter). Tijdens zware tropische buien in de regentijd kan de pH tijdelijk sterk beneden de 8 dalen, door de plotselinge verdunning van het zeewater.

De steenkoralen die in deze zone voorkomen, zijn er echter volledig aan aangepast om zulke pH-schommelingen te doorstaan.

Uit aquariumervaringen weten we, dat veel diersoorten een dergelijke pH-tolerantie kennen. In het optimale geval ligt de pH-waarde in een modern, doorsnee rifaquarium zo rond de 8,2 - 8,3. Toch is het heus niet zo, dat er ogenblikkelijk dieren ten gronde gaan, wanneer de pH iets stijgt of, zoals in de meeste gevallen, in de loop van de tijd zakt naar 7,9 - 8,1. Op korte termijn is het heel onduidelijk of er directe effecten zijn van een dergelijke beperkte daling. Na een langere periode, deze kan wel weken tot enige maanden duren, is het echter wel vaak zo, dat eigenaars die hun aquariumdieren nauwgezet observeren, soms menen waar te nemen dat sommige dieren het minder goed doen. Lagere dieren staan soms minder ver open na gedurende langere tijd te zijn blootgesteld aan een relatief lage pH-waarde. Hoewel het zeer speculatief is om dergelijke uitspraken te doen (het gaat immers om subjectieve beoordelingen) lijken er dus wel degelijk indirecte effecten op te treden bij beperkte pH-dalingen.

Bij een verdere pH-daling naar 7,5 - 7,6 zijn er heel duidelijke directe effecten. Vooral bloemdieren (soft-, leder- en steenkoralen, oren en anemonen) dieren lijken er van te lijden. Deze dieren blijven al snel ingetrokken staan en verkommeren binnen korte tijd. Vissen en kreeftachtigen (garnalen, heremietkrabben) lijken er minder last van te hebben (maar pas op!, dit is een zeer algemene uitspraak!).

pH-buffering

De zuurgraad in zeewater wordt gestabiliseerd (of gebufferd) door het zogenaamde carbonaat/bicarbonaat-systeem, ook bekend als de tijdelijke hardheid of het zuurbindende vermogen. Dit systeem bestaat uit een aantal chemische

evenwichtsreacties tussen de geproduceerde hoeveelheid koolstofdioxide (CO_2), waterstofcarbonaat (HCO_3^- , ook wel bicarbonaat genoemd), carbonaat (CO_3^{2-}) en water (H_2O). Dit systeem zorgt er voor, dat de pH van natuurlijk zeewater steeds ongeveer 8,1 - 8,3 is (in de gebieden die voor ons interessant zijn).

Dit systeem is uitermate belangrijk voor het handhaven van een goede pH-waarde in het aquarium. In de praktijk echter blijkt dat zich juist op dit punt vele problemen voordoen. In deze aflevering zal ik niet verder ingaan op dit systeem en de chemische formules die bij deze evenwichtsreacties horen, om de complexiteit van het verhaal zo veel mogelijk te beperken.

Oorzaken van pH-dalingen

In de zee wordt door de dierlijke organismen voedsel opgenomen, dat wordt gebruikt als energiebron voor het uitvoeren van de lichaamsfuncties. Bij de verbranding van het voedsel in het lichaam en bij de uitademing komt koolstofdioxide vrij in het zeewater. Overdag wordt de hoeveelheid vrijgekomen koolstofdioxide door de planten (algen; ook wel zeevieren genoemd) gebruikt voor de fotosynthese, het proces waarmee planten energie vastleggen in de vorm van koolhydraten. Op deze wijze, die ik hier héél erg gesimplificeerd weergeef, wordt voorkomen dat er steeds meer koolstofdioxide vrijkomt in het water als gevolg van de dierlijke verbranding. Er is dus een koolstofkringloop, die goed functioneert omdat tegenover een bepaalde hoeveelheid dieren een bepaalde hoeveelheid planten aanwezig is. Als de vrijgekomen koolstofdioxide niet steeds door de algen zou worden opgenomen, zou er een ophoping van koolstofdioxide in het water plaats vinden, waardoor op gegeven moment het zuurbindende vermogen van het carbonaat/bicarbonaat-systeem (het pH-buffersysteem) verbruikt zou worden. Een direct gevolg hiervan is een pH-daling.

In aquaria is dit over het algemeen de meest voorkomende oorzaak van een te lage pH. Uiteraard zijn er uitzonderingen, maar meestal zijn er in een aquarium veel méér dieren aanwezig per volume aquariumwater dan per volume zeewater het geval is. Daarnaast zijn er per volume aquariumwater veel minder algen of wieren aanwezig dan per volume zeewater. Al met al is er dus een overschot aan (door de dieren) uitgedemd koolstofdioxide, omdat er te weinig algen of wieren aanwezig zijn om alle koolstofdioxide te gebruiken voor de fotosynthese. Het



Bij een pH-daling naar 7,5 - 7,6 zijn er heel duidelijke directe effecten bij o.a. steenkoralen maar ook oren, anemonen, soft-, en lederkoralen lijken er van te lijden.

overschot aan koolstofdioxide in het aquariumwater heeft een pH-daling tot gevolg.



Dat er in aquaria een koolstofdioxide-overschot is, kan eenvoudig worden vastgesteld door met een goede CO2-test een meting te verrichten, óf door een monster aquariumwater sterk te beluchten en tegelijkertijd de pH te volgen in de tijd. In de meeste gevallen zal er een pH-stijging worden geconstateerd.

Een tweede reden waarom er soms een pH-daling optreedt is de toediening van te veel voer in het aquarium. Het voedsel dat in het aquarium aan de dieren wordt toegediend, bestaat voor een belangrijk deel uit eiwitten. Via ammoniak en nitriet ontstaat tijdens de afbraak door de bacteriën in het aërobie filter (waartoe ook een deel van het levend steen behoort!) nitraat als uiteindelijk

product, dat zich ophoopt in het aquariumwater. Dit nitraat is chemisch gezien de opgeloste vorm (NO_3^-) van salpeterzuur (HNO_3). Tijdens het oplossen van het gevormde salpeterzuur komen er waterstofionen (H^+) vrij, die het pH-buffersysteem aantasten.

Als de buffercapaciteit is opgebruikt, kan de zuurgraad van het water drastisch dalen.

Een derde oorzaak van pH-dalingen wordt tegenwoordig gevormd door het onoordeelkundig gebruik van een kalkreactor. Het functioneringsprincipe van een kalkreactor berust op het oplossen van kalk in een zuur milieu, waarbij opgelost calcium (Ca^{2+}) en waterstofcarbonaat (HCO_3^-) vrijkomen. Als de snelheid waarmee dit proces plaats vindt te hoog is, dan zal er te veel (HCO_3^-) vrijkomen, met als gevolg dat er in het aquarium té veel (HCO_3^-) zal zijn ten opzichte van de hoeveelheid carbonaat (CO_3^{2-}). Dit leidt tot buffering van de zuurgraad op een lagere pH-waarde dan in natuurlijk zeewater.

Ten slotte

Tot in zoverre enige (er zijn er nog meer) oorzaken van een te lage pH-waarde in het aquarium. In een volgende aflevering zal worden ingegaan op maatregelen om de zuurgraad op het juiste niveau te houden. Het meten van de pH-waarde ten slotte is goed uit te voeren met een elektronische, veelal digitaal af te lezen pH-meter, die natuurlijk vóór de meting wel goed geijkt moet zijn.

Het is voor ons doel voldoende wanneer de meetschaal op 1 decimaal af te lezen is. Het gebruik van pH-vloeistof meetsets is af te raden vanwege de onnauwkeurigheid van dergelijke tests ten opzichte van elektronische pH-meters, naast de moeite die veel gebruikers hebben met het vergelijken en beoordelen van het gekleurde watermonster ten opzichte van de kleurschaal.

