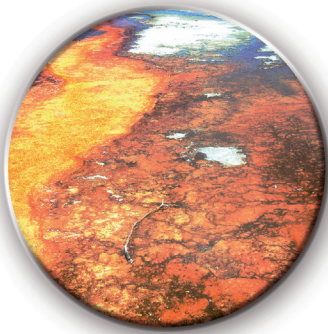




## Middeleeuwse Beestenbendes

door Klaus Alfs



### Cyanotoxine

- 3 Er bloeit wat
- 10 Who is who
- 19 Ecologie: Dümmer gaat het niet
- 25 Verwaasde vliegende honden
- 33 Golden Rice
- 40 Ziek door gezonde voeding
- 47 Impressum
- 48 De bijzondere bevinding

**2-3 / 2015**  
**21. Jaargang**

Een gedegen onbekendheid van de rekenkundige basisbewerkingen schijnt tegenwoordig een kwalificatie-eis voor een baan in de media, voor stichtingen en ngo's te zijn. Wie faalt bij de tafeltjes van tien, maar wel het vermenigvuldigen van de stemmingsmakers beheerst, heeft de competentie als voorlichter.

Vele burgers geloven praktisch ieder gegoochel met cijfers, wanneer die enkel met een verontwaardigde blik op het gezicht verspreid wordt. Zouden er niet nog een paar opmerkelijke landgenoten meer zijn, die zo af en toe eens wat narekenen, dan zouden bijvoorbeeld de volgende uitglijders in een programma-aankondiging van de NDR helemaal niet opvallen:

"Het Nedersaksische Cloppenburg is het centrum van de varkensteelt. Op iedere inwoner zijn daar 7.850 varkens, een record voor de bondsrepubliek", zo heet het daar. Een twitteraarster genaamd Schweine-Lotte daarover: "@NDR verrekent zich: 7.850 x 160.000 = 1.2 miljard varkens in CLP ?!" Wereldwijd ligt het varkensbestand overigens slechts op 800 miljoen.

160.000 is het aantal inwoners van het district Cloppenburg. In de stad zelf leven maar een kleine 33.000 in-

woners. Zou men het aantal varkens in de NDR vermenigvuldigen met de stedelingen, dan moesten zich nog altijd zo'n 260 miljoen krulstaarten ophouden in de huizen en op de straten. Het verzorgde stadje zou een gigantische beestenbende zijn.

### Een misrekening? Kom nou!

Wat er uit ziet als een komische rekenfout, past toevallig wel in het politieke beeld, dat door de hofmeesters van de Groene politiek ijverig geschilderd wordt. Begin augustus berichtte de ZDF in een "Heute"-zending, dat 90 % van het oppervlaktewater in Nedersaksen zogenaamd in slechte toestand zou zijn. "Overbemeste bodem", zo luidde de (tele)visie diagnose van de zender.

Bij het reusachtige aantal varkens in Cloppenburg ook geen wonder. "Stikstof komt in grote hoeveelheden in de rivieren. Resultaat: 90 % van alle rivieren en beken zijn overmatig belast", zo verklaarde de nieuwslezer.

Het ZDF beroept zich daarbij op het ministerie van milieu (UBA). In het originele bronartikel staat echter compleet iets anders. Niet het nitraat is het probleem, "de meest genoemde oorzaken voor het ontbreken van "goede" ecologische omstandigheden waren veran-



derde waterstructuren bijvoorbeeld door recht trekking en bebouwing (...). De “te hoge voedingsstoffenbelasting” komt op de laatste plaats. Meer dan de helft van het oppervlaktewater is ten opzichte van de oorspronkelijke situatie, “aanzienlijk veranderd” of per definitionem zelfs “kunstmatig” zoals bijvoorbeeld alle kanalen. Uiteindelijk gaat het bij het UBA niet om de waterkwaliteit – die is doorgaans “uitstekend”, maar om de “ecologische kwaliteit van het oppervlaktewater”.

### Virtueel water

*Diep in het Internet, dus in het collectieve onderbewustzijn, hebben zich andere fantasisiegetallen ingebrand, die door het WWF, de Heinrich-Böll Stichting en diverse dierenrechtenorganisaties ijverig onder het volk gebracht worden: Om een kilo rundsvlees te produceren, wordt de reusachtige hoeveelheid van 15.500 liter water “verbruikt” – volgens ngo’s net zoveel als voor een kleine auto. Hier is echter niet zijn waterverbruik in de wasstraat bedoeld, maar die voor zijn productie – die begon bij de ertswinning in de mijnen tot en met de auto kant-en-klaar is. De vergelijking heeft ook niet betrekking op één kilo auto, maar op het complete vaartuig, dat gemakkelijk een ton weegt. Ondertussen heeft deze onzin de scholen al bereikt en wordt daar ex cathedra geleerd.*

*Maar waar komen deze hilarische getallen voor het rund vandaan? Wel heen eenvoudig: Het rund moet gevoerd worden, en de herkauwer heeft een enorme trek in ruwvoer, dus gras, hooi en silage – alles bij elkaar zelfs voor hardcore-veganisten onverteerbaar. Nu rekent men uit hoeveel regenwater er nodig is om deze gewassen te laten groeien en rekent men het om naar de steak. Regenwater is zogenaamd “virtueel water”, het maakt volgens de vleesatlas van de Heinrich-Böll Stichting 93 % van het verbruik uit.*

### Komkommertijd

Zoals de landbouw statisticus Georg Keckl in de anti-vleesatlas uiteen zet, “verbruikt” Alm-koe vlees volgens deze rekenmetho-

de nog veel meer water dan de doorsnee steaks, omdat het in de Alpen vaak regent, “dus rond de 50.000 liter per kilo Alpenweide rundsvlees.” Per koe komt dat dan neer op 17.500 kubieke meter water. Deze hoeveelheid is ruim voldoende voor het inrichten van een aardig biotoopje voor een statistische kudde zeekeoien.

Met deze rekenspelletjes word de indruk gewekt, dat we met een kalfsleverworst of met een paar schoenen uit runderleer, de armen in Afrika het water ontnemen. Wat veel mensen niet meer weten: Op de Almen regent het ook wanneer we geen melkvee meer houden.

Volgens de WWF-Vleesatlas hebben komkommers beduidend minder water nodig dan rundsvlees. Ook dat is graag geloofde onzin. In tegenstelling tot rundsvlees worden groente & fruit voor driekwart uit het buitenland geïmporteerd. En ze bevatten vooral een ding: Water. Komkommers bijvoorbeeld tot wel 97 % en tomaten zo’n 94 %. Groenten moeten kunstmatig bewaterd worden, in het bijzonder in de zuidelijke aanbouwgebieden met hoge opbrengsten. Het vlees is er bij ons – wat de waterbalans betreft – tegen het nultarief. Maar de Spanjaarden boren al dieptebronnen, om voor het milieubewuste Duitsland groenten te produceren, waarvan de voeding fysiologische waarde primair in het water ligt.

### Illusion of Truth

Zo amusant dit allemaal ook klinkt, de penetrante verspreiding van steeds dezelfde onwaarheden draagt bij aan het “Illusion-of-Truth-Effect”. Het bespeurde waarheidsgehalte van een bewering is des te hoger, naarmate ze vaker gehoord word. De pointe daaraan: Zelfs wanneer de testpersoon daarover vooraf geïnformeerd word, dat het zich om een valse verklaring handelt, houdt hij deze desondanks gevoelsmatig voor waar. Naar dit principe werkt iedere propaganda op deze wereld – het maakt niet uit of die gevoerd wordt op de Deutsche Wochenschau, de Noord-Koreaanse KCTV, Greenpeace of hun spreekbuis de ZDF.

# Cyanobacteriën: Er bloeit wat voor ons

door **Udo Pollmer, Monika Niehaus en Andrea Pfuhl**

*Terwijl het publiek de angst voor “chemie” cultiveert en opgewonden reageert op antibiotica in de stal, plastic tasjes in de oceaan en genfood op kinderdagverblijven, dringen toxische natuurstoffen naar voren, die onopgemerkt het milieu en het voedsel besmetten. De consument helpt daarbij enorm met producten, die ook in het huishouden van vele milieu-verontrusten rijkelijk voorhanden zijn: cosmetica, schoonmaakmiddelen en lichaams-verzorgingsmiddelen. Met hun hulp hebben zich zogenaamde “algengiffen” tot in de groente naar voren gewerkt. De vakwereld is gealarmeerd. De samenhangen zijn “natuurlijk” complex.*

Wat heeft cosmetica met giftige algentapijten van doen? Op het eerste gezicht helemaal niets. Zeker wanneer het “zekere weten” de blik op de realiteit vertroebelt: Schuld aan de algen is nu eenmaal de met gier en kunstmest overbemeste velden, aldus de heersende opinie onder de bevolking. Die paar tonnen gier, die aan allerlei cosmetica toegevoegd worden, kunnen daarbij geen rol spelen. Deze gier moet de huid zacht maken, en om de dames bij het insmeren niet de eetlust te laten bederven, declareren de fabrikanten het liever onopvallend als urea.

Maar voordat meer bestanddelen van cosmetica als potentiële oorzaak van algenbloei ter tafel komt, word vooralsnog de officiële versie voor waar gehouden. Die is immers ook niet verkeerd, maar vaak genoeg is juist hem tegenovergestelde van toepassing – daarover later meer. Te veel voedingsstoffen, in het bijzonder nitraat en fosfaat, die met de fecaliën van mens en veestapel in het water kunnen belanden, voeren inderdaad tot eutrofiëring en daarmee tot algenbloei. Niet te vergeten de uitscheidingen van waterdieren en de zich ontbindende waterplanten –en dieren.

Generaties van aquariumbezitters kennen dit probleem uit eigen waarneming in hun ei-

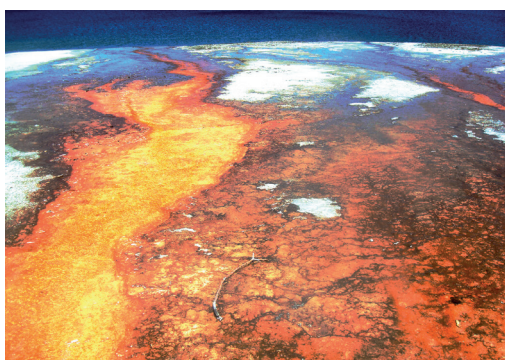
gen mini-meertjes zonder afvoerkanaal – het komt tot overdadige plantengroei inclusief algen. Wanneer het groene spul afsterft, zinken overblijfselen naar de bodem en worden door bacteriën afgebroken. Deze verbruiken daar-

bij de zuurstof en de vissen stikken. In oppervlaktewater neemt zo het zuurstofgehalte in de dieper gelegen waterlagen af. Vissen vluchten voor het zuurstofgebrek en honkvaste levende dieren zoals schelpen sterven af. En nu is het uur geslagen van de aangepaste blauwalgen. Ze zijn in staat om de beruchte, vaak giftige algentapijten te vormen.

Hier zijn echter de benamingen “blauwalgen” en “algenbloei” verwarrend eerstens zijn deze water vergiftigers meestal groen en ten tweede handelt het niet om algen, maar om cyano bacteriën. Ze werden door de wetenschappers nog tot in de 1970-er jaren abusievelijk blauwalgen genoemd,<sup>166,103</sup> en deze naam zal ze nog lang houden, want kleine, groenige of slijmerige waterplanten noemt de volksmond nu eenmaal algen.

## Glasheldere gifbouillon

Giftige „blauwalgbloei“ is ook uit meren bekend die eutrofiëren. En juist om dat te verhinderen, werden zo’n 50 jaar geleden



**Wat er uitziet als een satellietbeeld**  
zijn bloeiende cyanobacteriën, die zich goed voelen in het hete water van het biscuit bassin van het Yellowstone Nationalpark



„Algenbloei“

*Hier heeft geen verffabriek een verkeerde charge in het water geloost. Deze cyanobacterien in een baggermeer werden door de wind in een hoek bijeengedreven.*

ringkanalen aangelegd. Sindsdien is het gehalte aan voedingsstoffen en voedingszouten door moderne zuiveringstechniek drastisch afgenomen. Daarbij belandde het gezuiverde water niet meer terug in de meren, maar stroomde in hun afvoersloten.<sup>100</sup> In zoverre zou de situatie rust gebracht moeten hebben. Echter tegen de theorie in komt het ook in zuivere rivieren en meren steeds vaker tot vissterfte – niet zelden door een massale vermeerdering van cyanobacteriën. Zelfs in de extreem voedingsstoffenarme, kraakheldere gletsjermereen, bestaat er giftige cyanobacteriënbloei.<sup>121</sup> In deze gevallen is een tekort aan nitraat of fosfaat verantwoordelijk voor de gif productie en daarmee voor de vissterfte (zie blz. 19: “Dümmer gaat het niet”).

### Schuimgeboren

Cyanobacteriën voelen zich in tropische, voedingsstoffenrijk water net zo thuis als in het poolgebied. Maar ook een tot dusverre volledig over het hoofd geziene factor zou wel eens aan hun opmars ten gronde kunnen liggen: Onze reinheidsobsessie. Preciezer gezegd desinfectiemiddelen, zeg maar antibiotische werkstoffen, die natuurlijk niet als antibiotica aangeduid worden, ook al omdat met de kritische klantenkring niet onnodig verontrusten wil. Zorgen bereiden vooral de beide antiseptica triclosan en triclocarban. Al decennialang worden deze toegevoegd aan zeep en douchelotion, tandpasta, deos en huid crèmes, poets-, was- en spoelmiddelen tot wel een half procent. Daarnaast beschermen ze keukenapparatuur, turnschoenen, zakdoeken, tapijten, verpakkingen voor levensmiddelen alsook fopspenen tegen kiemen.<sup>76,38</sup> Door hun globale inzet en hun persistentie zijn ze ook in de mens aantoonbaar.<sup>137,187,6</sup> Het gehalte in moedermelk en in het meconium (de eerste ontlasting van een pasgeborene), liggen rond

de een à twee-tiende procent hoger dan in de beruchte bisphenol A. In muizen bioaccumuleert de stof tot rond het 8.400voudige.<sup>45</sup> In Spanje werd methyltriclosan al in het drinkwater aangetroffen.<sup>45</sup>

In oppervlaktewater tellen deze bactericide naast zoetstoffen, medicamenten en parfumerie-chemicaliën tot de belangrijkste alomtegenwoordige civilisatiekenmerken.<sup>18,83,171,145</sup> Ondertussen werd op grond van vergelijkenderwijs hoge gehalten aangeraden, deze beide bactericiden als marker voor gemeentelijke afwatering te gebruiken, om de tot nu toe gebruikelijke coffeïne-analyses te vervangen.<sup>182</sup>

In vissen uit Duitse rivieren lagen de gehalten triclosan en het afbraakproduct van zijn stofwisseling, methyltriclosan, in het ppb-bereik en daarmee eveneens een factor 1000 hoger. In de vissen werd tot zo'n 1ppm in het vetaandeel aangetoond.<sup>143</sup> Maar ook het gehalte aan de uitgangssubstantie triclosan zijn niet te onderschatten. Nederlandse brasem bevatte tot zo'n 80 milligram per kilo.<sup>44</sup>

### Resistenten uit de douche

Als nieuwe leefruimte hebben de cyanobacteriën ondertussen ook de zuiveringsinstallaties ontdekt,<sup>169,130</sup> waar de antibiotische werkstoffen de vorming van resistente kiemen stimuleren. En deze vinden in de biologische afbraak fase natuurlijk een groot verspreidingsgebied.<sup>45,53</sup>

Ecologisch explosiever dan de kweek van resistenten is de algicide werking van beide stoffen, wanneer ze via het ontvangende water in het oppervlaktewater belanden. Triclosan is een sterk algen gif, triclocarban is ietsjes zwakker, maar nog altijd veruit werkzaam dan de gewone antibiotica.<sup>124,76,179</sup> Ze doden de meeste onschuldige groenalgen en verschaffen de cyanobacteriën zodoende een concurrentievoordeel.<sup>101,63,128,32</sup> Daarbij mag niet vergeten worden, dat de werking door meerdere bactericide substanties zoals antibiotica, die zich gewoonlijk in het afvoerwater bevinden, nog versterkt wordt.<sup>179</sup>

Al de geringste concentratie van 15 nanogram triclosan per liter zoet water zou verschuivingen in de samenstelling van algensoorten veroorzaakt hebben.<sup>176</sup> (Ter herinnering: Een nanogram is een miljoenste van een milligram) Daarmee is de effect drempel in veel wateren niet alleen bereikt, maar wordt gedeeltelijk ook overschreden.<sup>135,186,45,102</sup>

Naar opgave van de Amerikaanse Milieuautoriteit EPA is triclosan hoog toxisch voor in het water levende organismen.<sup>92</sup>

## Porierendiep zuiver: Triclosan & Triclocarban

De breedbandbactericide en fungicide triclosan en het chemisch nauw verwante triclocarban worden sinds 1957 resp. 1964 als desinfectiemiddel in de klinische wereld ingezet – als alternatief voor het hexachlorofoen, waarmee de chirurgen toen hun handen schrobben.<sup>76</sup> Hexachlorofoen is een bio-accumulerende chloorkoolwaterstof met aanzienlijke toxiciteit voor mens en milieu.

Triclosan en triclocarban zijn eveneens chloororganische verbindingen, echter triclosan is met een LD50 van 4,4 gram per kilo bij de rat, vergeleken met hexachlorofoen met 60 milligram/kilo, bijna twee-tiende keer minder schadelijk<sup>142</sup> – en bovendien ook nog werkzamer. Bij het triclocarban word de laagste dodelijke dosis voor de mens met 0,5 tot 5 gram/kg aangegeven.<sup>70</sup>

Het duurde niet lang, voordat de nieuwe, minder toxische antiseptica ook voor consumentenproducten alledaags werden. Vooral in het hygiënebewuste Amerika staan tegenwoordig op ieder vrij plekje op scholen, kantoren en bedrijven, flessen voor hand-desinfectie klaar voor gebruik – met triclosan of triclocarban.<sup>145,92</sup>

Triclosan staat volgens de EU-gevaarlijke stoffenbepaling te boek als “irriterend” en “gevaarlijk voor het milieu”, in Duitsland raadde het Bondsinstituut voor risicobepaling in 2006 het huishoudelijk reinigen met triclosan af.<sup>27</sup> Ondertussen zien enkele fabrikanten daar vrijwillig vanaf – echter onduidelijk is het welke vervangende stoffen daarvoor in de plaats kwamen..



Soms volstaat ook water alleen Roodgezichts-makaken, ook wel sneeuwwapen genoemd, genieten hun Tête-à-Tête in een hete bron in Yudanaka (Noordjapan), zonder shampoo.

### Rin in die Kartoffeln

Daar de beide toxinen door de zuiveringsinstallaties maar gedeeltelijk afgebroken worden en zich binden aan slijkdeeltjes, belanden ze in de wateren. Door zuiveringsslijk of door besproeiing belanden ze weer op de akkers en worden door gewassen opgenomen – in het geval van wortels vijfvoudig geconcentreerd. Onaangenaam is het, dat het in de planten tot vorming van gebonden residuen komt, die zich gewoonlijk aan de analytische onderzoeken onttrekken.<sup>107,53</sup>

In het milieu word triclosan snel in het eveneens in vet oplosbare methyltriclosan omgezet; dit is echter stabiel en accumuleert sterker dan de uitgangsstof. Onder invloed van zonlicht bouwt het gepolychloreerd dibenzodioxine en dibenzofuranen. Laatstgenoemden hebben Japanse

wetenschappers al zo'n 30 jaar geleden in een triclosan houdende sok aangetoond.<sup>90</sup> Japan verbood daarop het gebruik van triclosan in textiel.<sup>123</sup> Verdere afbraakproducten zijn chloorfenol en chloroform.<sup>45,137</sup> Triclocarban bevat vanuit de productie een dubieuze verontreiniging genaamd 3 'chloor-trichlorcarban. Ook deze besmetting is regelmatig in menselijke urine aangetoond.<sup>137</sup>

Beide desinfectiemiddelen worden door de huid opgenomen.<sup>137</sup> In het geval van triclocarban werd de opname via de huid echter vanwege falende testen ten Huize van Unilever lange tijd bestreden.<sup>84,152</sup> Intussen geldt de opname via de huid – vooral door douche-lotion en cosmetica – als typische besmettingswijze voor mensen.<sup>145</sup>

### Darmreiniger

Triclosan stoort de zenuwimpuls in de spieren. Daar ook de hartspier getroffen wordt, wordt ook de pomp prestatie van het hart getroffen.<sup>35</sup> In vaginale sprays bevordert het schimmelinfecties, bovendien werden bij de gebruiksters leverschades waargenomen.<sup>142</sup> Bij dierproeven triclosan aan tot levertumoren.<sup>183</sup> Triclosan vormt in het lichaam epoxide, dat eveneens

als kankerverwekkend geldt.<sup>146</sup>

Nadat een wasserij triclocarban houdend loog gebruikt had, werden 18 zuigelingen ziek aan een levensgevaarlijke blauwzucht (met haemoglobinaemie) en hemolytisch anaemia. Ook volwassenen ontwikkelden dezelfde symptomen, toen hun een triclocarban houdend klysma gegeven werd – vermoedelijk als “darmreiniging”.<sup>142</sup>

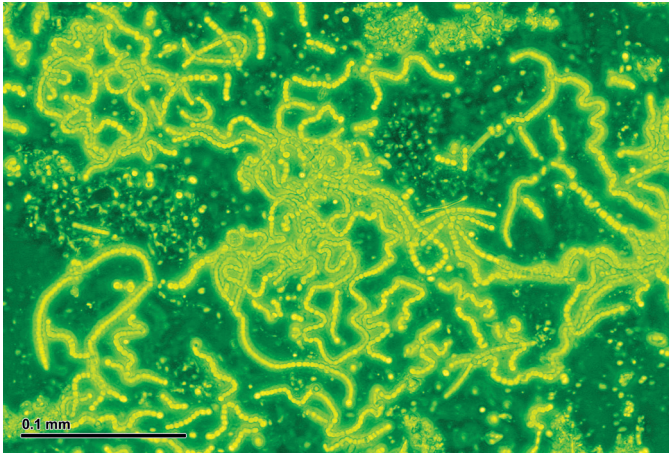
### Goed ingezeept

Daarbij vermindert het regelmatige gebruik van desinfectiemiddelen in het huishouden het aantal infecties niet eens. Als grond daarvoor gelden de korte inwerkingsduur bij het handenwassen en de relatief geringe concentraties in huishoudzeep.<sup>38</sup> Bijzonder vervelend: De lage toevoegingen (meestal 0,3 %) bevordert hierdoor het ontstaan van resistenten.<sup>38,92</sup> Hygiëne-specialisten adviseren daarom eenvoudige huis-, tuin- en keukenzeep te gebruiken.<sup>1</sup>

Antibiotica en desinfectiemiddelen zijn geen zinvolle bestanddelen van cosmetica en lichaamsverzorgingsproducten. In chirurgische zeep vervullen ze echter een belangrijke en helder omschreven hygiënische opgave.

## 6 Cyanotoxine

Daar zich beide bactericide in de sedimenten afzetten, waar ze tot het duizendvoudige vermenigvuldigen, veranderen ze ook daar de samenstelling van het benthische bodemleven ten gunste van de "blauwalgen", terwijl de echte algen opnieuw afsterven.<sup>128,44</sup>



*Cyanobacterien onder de microscoop met groenfilter, 600-maal vergroot*

### Kakkerlakken van de oceaan

Overall waar mensen leven, verontreinigen ze het water met lichaamsverzorgings-chemie. Dit bevordert kennelijk wereldwijd de uitbreiding van cyanobacteriën, die op hun beurt hun toxinen in het water afgeven. Bij de tegenwoordig gebruikelijke waterbehandeling worden de toxinen niet verwijderd. Bijzonder verontrustend is dit in die landen, waar veel drinkwater uit oppervlaktewater gehaald wordt. Daartoe horen niet enkel ontwikkelingslanden zoals India, maar ook Amerika en Canada.

Zolang men "de bloei" ziet, zal niemand daarin baden en al helemaal niet daaruit drinken. Maar in het leidingwater zijn de toxinen niet langer met het blote oog waar te nemen. Niemand weet precies, in welk water, welke toxinen, welke cyanobacteriën, voorkomen, want de analyse is veeleisend, wanneer ze überhaupt voorhanden is. Eveneens ligt het in het donker, welke uitwerkingen een regelmatige inname van kleine hoeveelheden op de mensen heeft.

Het is nu helder: De uitbreiding van het aantal cyanobacteriën in zoet-water-ecosystemen kan tot een gevaar voor de menselijke en dierlijke gezondheid uitgroeien. Zo werden cyanobacteriën al de "kakkerlakken van de aquatische wereld" genoemd. Daar deze organismen aan de basis van de voedselpiramide staan, kan het leiden tot een opeenhoping in het weefsel van mosselen, kreeftjes en visen.<sup>108,53</sup>

Vergiften kan men zich dan ook zonder mosselmaaltijd: In 2001 werden 121 medewerkers van een Zweedse suikerraffinaderij ziek en voor een deel ook zeer zwaar, nadat abusievelijk onbehandeld, met de cyanobacterie *Planktothrix agardhii* besmet rivierwater in het leidingsysteem beland was. De slachtoffers klaagden over diarree, hoofdpijn, overgeven, koorts en spier- en buikpijn. Interessanter wijze werden alle theedrinkers ziek, maar geen enkele koffiedrinker. De microcystine waren door het kokende water niet vernietigd, maar het koffiepoeder en de filter hielden het gif klaarblijkelijk voor het grootste deel tegen.<sup>4</sup>

### Water als levergif

Ondanks de explosie aan cyanotoxinen zijn er tot op heden nauwelijks overeenkomstige degelijke onderzoeken naar de belasting van de wateren en naar parameters voor de gezondheid van de bevolking. Ondertussen is er in ieder geval een prospectieve veldstudie uit Canada voorhanden. Daar werd de gezondheidstoestand van aanwonenden rondom drie meren vastgesteld, waarbij in twee van deze meren cyanobacteriën voorkomen. Een van de belaste meren beschikt over een waterzuivering installatie, die de bevolking van drinkwater voorziet.

De aanwonenden van de drie meren werd verzocht een dagboek bij te houden over de voor microcystine kenmerkende gezondheidsproblemen alsook hun consumptie van drinkwater en het baden in "hun" meer. De belasting correleerde met spierpijnen, maag-darm klachten, huidproblemen en oorpijn. Geen enkele studiedeelnemer maakte echter gebruik van geneeskundige hulp. Daar de residuen van microcystine duidelijk beneden de WHO-grenswaardes van 20 µg/l lagen, gaan de auteurs ervan uit, dat er zich nog andere algentoxinen in het water bevonden hebben.<sup>104</sup>

Een kleine maar belangrijke risicogroep zijn dialysepatiënten, want de dialysevloeistof wordt uit drinkwater vervaardigd en direct intraveneus toegediend.<sup>78</sup> Daarbij komt nog dat de nierfunctie van de patiënten beperkt is. Hier volstaan veel kleinere hoeveelheden voor een vergiftiging vergeleken met een orale opname. Een dergelijk voorval vond plaats in 1996 in Caruaru (Brazilië); van de 131 patiënten van een dialysecentrum stierven er 76, nadat het waterwerk per tankauto water uit een met cylindrospermopsin besmet reservoir geleverd had.<sup>8</sup> In 2001 leden 44 patiënten in Amerika na een bloedzuivering, lijden aan soms zeer zware leverschade door microcystine.<sup>78</sup>

Drinkwater wordt in Duitsland voor 70 procent uit grond- en bronwater gewonnen, 17 procent is oorspronkelijk oppervlaktewater, dat echter door een bodempassage of oeverfiltratie een kwaliteit bereikt dat gelijk is aan grondwater. 12 procent stamt uit stuwmeren en waterkeringen, en 1 procent komt rechtstreeks uit rivieren.<sup>164</sup>

Grondwater en bronwater is als leefruimte voor cyanobacteriën ongeschikt; snel stromende rivieren worden door hun meestal gemeden, maar in stilstaande wateren zoals het Bodemmeer of de waterkering Bautzen kan het tot giftige algenbloei komen. In oppervlaktewater duurt het zo'n vier weken, tot de toxinen weer afgebroken zijn. In Duitsland dreigt het gevaar van cyanose eerder in zwemwater of in vijvers, die voor beregning van groentevelden benut worden.<sup>34</sup>

In landen zoals India of China, die een groot deel van het drinkwater uit oppervlaktewater winnen, is dat probleem dienovereenkomstig groter. Bij de waterbehandeling worden de giften tot dusverre niet verwijderd, in tegendeel, het komt tot een explosie van cyanobacteriën, zodat hun toxinen pas goed vrijkomen.<sup>80</sup> Technisch is het doorgaans mogelijk, diverse cyanotoxinen gericht met actieve kool, omgekeerde osmose of hoge dosissen ozon, te verwijderen, maar helaas ontbreken daarvoor studies onder levenschte omstandigheden.<sup>79,61,114,185</sup>

In 2007 leidde een bijzonder sterke bloei van cyanobacteriën ertoe, dat miljoenen chinezen meer dan een week lang verstoken waren van hun normale drinkwatervoor-



**Drinkwaterzuiveringsbedrijf Sipplinger Berg, Bodensee**

Aan het meer word jaarlijks rond de 180 miljoen kubieke meter water door 17 installaties ontnomen en na zuivering door microzeven, zandfilters en ozon als geneeskrachtig bronwater geleverd..

ziening.<sup>34</sup> Het Taihu-meer ten noorden van Shanghai is als derde grootste meer van China een belangrijk reservoir voor drinkwater. Gelijktijdig dient het voor de kweek van vis, beregning van velden en industrieel gebruik. Daarnaast wordt het door de bevolking graag gebruikt als recreatie mogelijkheid. Het reusachtige meer heeft echter maar een diepte van gemiddeld twee meter.<sup>34</sup>

In plaats van de afwateringsleiding te controleren, probeerden de autoriteiten, de bacteriematten eenvoudigweg af te tappen. In de zomer van 2008 werden dagelijks (!) meer dan 1000 ton uit het meer gezogen en direct op het akkerland en in het bos als "meststof" opgebracht of in kunstmatige, naar het grondwater toe open afzetbekken verzameld, waar ze door een aardfiltersysteem gifvrij gemaakt moesten worden. Dit "laten staan" is echter riskant, want in periodes van stagnatie zetten cyanobacteriën in nog heviger mate stofwisselingsproducten vrij.<sup>79</sup> Het uittredende giftige water werd met pompen ter beregning van velden gebruikt en het gefilterde "zuivere" water werd aansluitend daarop weer terug in het meer geleid.<sup>34</sup>



**Taihu meer met giftige „Algenbloei“**

Het 2.200 km<sup>2</sup> grote meer ligt in de delta van de Jangtsekiang en verzorgt miljoenen mensen met (besmet) drinkwater.

De gewassen waren eveneens "not amused" over de giftige douche met 5 µg microcystine per liter – het kwam tot oogstuitvallen en de geogste aubergines, pompoenen, zoete aardappelen en sojabonen werden als niet meer "veilig voor menselijke consumptie" gekwalificeerd.<sup>34</sup> Wat met deze groenten gebeurde, daarover zwijgen de auteurs in alle talen; vermoedelijk belandden ze toch nog in de wok.

*Botulinus toxine: bacteriële voedselvergiftiging, vroeger gevreesd als „worst-gif“.*

*Tetanus toxine: tetanus, vernietigt spier-controlerende zenuwen. Dood door verstikking.*

*Cobra gif: mengsel van giftige proteïnen. Neurotoxine doodt door ademhalingsverlamming.*

*Microcystine LR en saxitoxine zijn cyanotoxinen.*

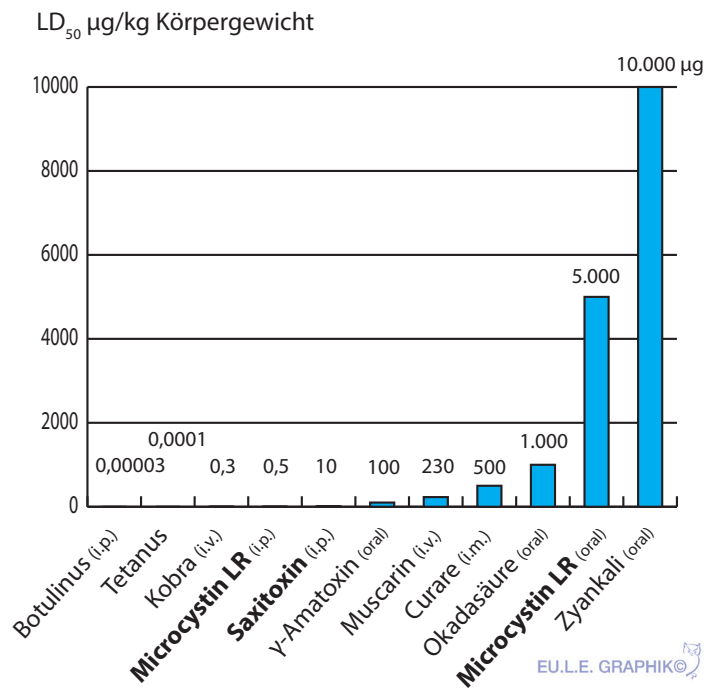
*Amanitinen: toxinen van knolblad-schimmels. De giftige proteïnen veroorzaken leverfalen.*

*Okadazuur: geproduceerd door dinophyceae en geaccumuleerd door schelpachtigen. Giftig voor de lever, carcinogeen.*

*Curare: alkaloïdenmengsel, Zuid-Amerikaans pijlgif, veroorzaakt gewoonlijk de dood door ademhalingsverlamming.*

*Muscarine: paddenstoelengif (trechterzwammen, vliegenschwammen en crackpaddenstoelen), dood door ademhalingsverlamming en instorting van de bloedsomloop.*

**Afb. 1: Toxinen in vergelijking**



De gevolgen van een chronische belasting zijn uit China bekend. Daar voerde de consumptie van water, dat met cyanobacteriën geïnfecteerd is, tot een accumulatie van primaire leverkanker, <sup>163,183</sup> een bevinding, die ondertussen ook Servische epidemiologen bevestigden. <sup>159</sup>

## Gezwoeren badkameraden

Vanzelfsprekend gaat het grootste gevaar van besmet drinkwater uit. Echter het water is er ook om te wassen en voor de recreatie. Komen zwemmers, oftewel in de zee of in zwemwater, in contact met cyanotoxinen, dan kan dit tot een scala aan symptomen voeren, zoals huiduitslag, astma, longontsteking, braken en andere maag- darm stoornissen, hooikoorts, bindweefselontsteking, allergische reacties en zware hoofd- en spierpijnen, duizeligheid en blaasjesvorming in de mond. <sup>52</sup> In tropisch water lijden veel watersportliefhebbers aan het “seaweed”-dermatitis, dat door de huid trekkende stoffen van *Lyngbya majuscula* veroorzaakt wordt.

Maar zover hoeft je eigenlijk niet te gaan. In de Nederlandse provincie Noord-Brabant werden de gemeentelijke vijvers en waterbassins, waaronder vermoedelijk ook natuurlijke bronnen, onderzocht. Het cyanotoxine gehalte in het water bereikte een hoogte van 77 µg per liter, in de algenzomen een aan-

zienlijke 64.000 µg per liter. <sup>172</sup> Wie het poelbadje en watersport mijdt, is nog altijd niet voor cyanotoxinen gevrijwaard: In de badkamer worden ze bij het douchen met het sproeiwater ingeademd. <sup>52</sup>

Wat voor risico's deze manieren van belasting voor de mensen inhouden, is tot nu toe niet onderzocht, maar wel voor zijn beste kameraad: Honden drinken uit besmette plaszen, ze zwemmen in geïnfecteerd water (wat kinderen ook vaker doen dan volwassenen) en likken het giftige soep later uit het vel. <sup>9</sup> Ook dierentuinen hebben zo hun problemen met cyanobloei in de watergreppels; de aanvankelijk onverklaarbare dood van dieren als de zoetwaterschildpadden kon uiteindelijk op microcystine terug gevoerd worden. <sup>50</sup>

En wanneer het weer eens droog is, en cyanobacteriën, die op de rotsen of monumenten groeien, indrogen, dan worden de gifstoffen ook nog als stof door de wind verwaaid. <sup>115</sup> Dat is gevaarlijk, want muizen reageren op cyanotoxinen die door de neus gehaleerd werden, beduidend gevoeliger dan wanneer dezelfde dosis oraal werd ingenomen. Wellicht worden deze gifstoffen, net als bacteriën, mycotoxine of metaalstof, via het reukorgaan, de bulbos olfactorius direct naar de hersenen getransporteerd. <sup>181,192,198</sup>



## Toxicologie: Glazen bol-expertise

Om een idee te krijgen over de giftigheid van verscheidene cyanotoxine, worden twee ervan in afb. 1 vergeleken met wat bekendere gifstoffen. Hoe moeilijk zulke vergelijkingen zijn, laten de eerste drie posten zien: Het botulinus- en tetanusgif en het gif van de cobra, zijn al in zulke geringe hoeveelheden dodelijk, dat ze zich nauwelijks nog op een zinvolle wijze in een grafiek uit te beelden zijn.

Daarbij komt, dat de als LD50 aangegeven waarde alles behalve “vaststaand” zijn. Helemaal naargelang de gebruikte soort kunnen ze tamelijk ernstig verschillen, zoals het voorbeeld microcystine LR laat zien. De mens zal “algengif” hoofdzakelijk inslikken – hetzij bij het baden of drinken-, daarom is de orale toxiciteit voor hem het belangrijkste.

Bij knaagdieren in het laboratorium word de giftigheid echter vaak door injecteren in de buikruimte (Intra peri-tonaal: i.p.) teweeggebracht, terwijl deze opnamewijze bij mensen in de praktijk nauwelijks een rol speelt – behalve bij dialysepatiënten. Dat is de reden waarom de toxiciteit van microcystine in afbeelding 1 (i.p.) en 2 (oraal) totaal verschillend uitvalt.

Datzelfde geldt voor de okadazuren. Dat is eveneens een “algen gif” – evenwel van dinophyceen. Deze dienen de schelpen als voeding, die vervolgens de gifstoffen opslaan. Komen de zeevruchten dan op tafel, dan kunnen ze bij mensen echte vergiftigingen veroorzaken. Deze gaat bovendien over op de placenta.

Maar niet alleen de route van de toediening is beslissend over de toxiciteit (oraal 1000 µg/kg, i.p. 200 µg/kg, muis).<sup>23</sup> Ook de samenstelling van de voeding speelt een rol – zo daalt de toxiciteit vaak met een betere eiwitverzorging.<sup>205</sup>

Daarenboven zijn er grote verschillen bij de gevoeligheid van de individuele specie. Vaak zijn de resultaten zelf binnen een soort van laboratorium tot laboratorium tamelijk uiteenlopend. De chronische toxiciteit ligt nagenoeg compleet in het donker gehuld. De giftigheid voor mensen word dan uit miezere laboratorium knaagdieren afgeleid.

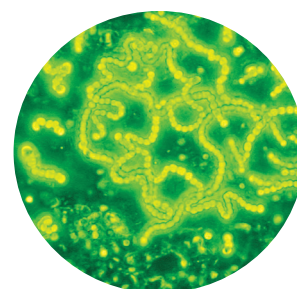
Laboratorium is niet hetzelfde als de realiteit: Bij het botulismetoxine bestaan er 7 verschillende typen, die met hoofdletters A t/m G aangeduid worden, waarbij er bij C twee versies zijn. De orale toxiciteit is in het laboratorium beduidend geringer als in de intraperitoneale – echter alleen, wanneer men alleen het pure gif onderzoekt. Want in de bedorven levensmiddelen zijn nog “progenitortoxinen” voorhanden, die de orale giftigheid ernstig verhogen – tezamen met allerlei niet bekende substanties, die in het lichaam de ontgiften dwarsbomen.<sup>195,196</sup>

Afb. 2 geeft nog een detail bloot, dat bij het vergelijken van de toxiciteit in acht genomen moet worden: microcystine is weliswaar “on-schuldiger” dan het gif van de knolammoniet, maar voor een dodelijke vergiftiging is een-vijfde aan cyanobacteriën voldoende. De hoogst gemeten concentratie in badwater was 25 mg per liter. Twee liter water zullen dus een 10-jarig kind doden. Bij overgevoeligheid is daarvoor 200 ml al voldoende, dus een klein glaasje vol.

Daar de algen zelf 10-maal zoveel gif als het water bevatten, is bij een water/algen mix voor een baby al 100 ml, bij overgevoeligheid een eetlepel.<sup>46</sup> Voor chronische vergiftigingen met cyanotoxinen – en dat is het belangrijkste verschil met knolammonieten, die niet gewoon zoals water regelmatig geconsumeerd worden – volstaat een duizendste van de genoemde dosis.



**Afb. 2: Knol-amaniet vs. Cyanobacterien<sup>46</sup>**  
acute orale toxiciteit



Groene knol-amaniet ( <i>Amanita phalloides</i> )	Cyanobacterien ( <i>Microcystis aeruginosa</i> )
100 µg Amatoxin/kg lichaamsgewicht dood de helft van de proefdieren (LD <sub>50</sub> )	5000 µg Microcystin LR/kg lichaamsgewicht dood de helft van het aantal proefdieren (LD <sub>50</sub> )
De acute dodelijke dosis voor een kind van 10 kg bedraagt 1000 µg	De acute dodelijke dosis voor een kind van 10 kg bedraagt (omgerekend) 50.000 µg
1000 µg komt overeen met 250 bis 500 g paddenstoel	50.000 µg komt overeen met 50 g Cyanobacterien

## Het Who is Who van de Cyanotoxinen

*Het pallet van de cyanobacteriën is indrukwekkend. Zo zijn er cyclische peptiden zoals het microtoxine, alkaloïde zoals de sax toxinen of organofosfaten zoals anatoxine A (s). De gif productie is afhankelijk van de respectievelijke bacteriestam.<sup>100</sup> De gif-genen worden wel via plasmide overgedragen.<sup>21,36</sup> Dat verklaard ook tegenstrijdige berichten over de giftigheid van cyanobacteriebloei. Tot dusverre zijn ongeveer 200 toxinen bekend, maar slechts een klein deel daarvan is überhaupt onderzocht. Vaak ontbreken opgaven m.b.t. orale, en bijna altijd voor chronische toxiciteit. In het milieu bezwijken cyanotoxinen aan veelvuldige conversies, hetgeen de vorming van onbekende metabolieten voert. Van een deel der cyanotoxinen is nog niet eens de structuur bekend.<sup>15,22,147,188</sup> Voorzover residuen in levensmiddelen al gemeten werden, ontbreekt tot dusverre het percentage ongebonden, maar bio-beschikbare toxinen.<sup>191</sup>*

- **Microcystinen** worden door talrijke microcystis-soorten gevormd. Tot nu toe werden ruim 90 vertegenwoordigers geïsoleerd,<sup>188</sup> die met hoofdlettercombinaties zoals LR, YA en RR aangeduid worden. Microcystinen zijn voorlopig de maat der dingen inzake toxiciteit: De Wereldgezondheidsorganisatie WHO heeft een uitgangswaarde van 1 µg/l voor een structuurvariant, microcystine-LR, vastgelegd, die ook voor de TDI (toegestane dagelijkse inname) geldt.<sup>48,158</sup> Deze uitgangswaarde wordt vaak ook als richtwaarde voor andere structuurvarianten of voor het totaal aan microcystine die een proef heeft voortgebracht.

Vergiftigingen door microcystis aeruginosa werden bij mens en dier in nagenoeg alle delen van de wereld waargenomen. Runderen, die bij hitte uit een stilstaande poel water dronken, stierven. Steeds opnieuw sterven zeeotters na het eten van microcystine-houdende mosselen.<sup>111</sup> Bij mensen komt het na contact met toxische waterbloei tot allergieën en maag-darmklachten.

Doelorgaan van microcystine is de lever, ze accumuleren en laten het weefsel ineenschrompelen. Wanneer daarbij bloed in het leverweefsel overgaat, komt het tot inwendige verbloedingen ("toxische hepatitis").<sup>206</sup> Daarnaast stimuleren ze de groei van tumoren.<sup>161</sup>

Al bij een regelmatige toevoer van 5 µg/kg via het drinkwater vertoonden ratten leverstoornissen en gelijktijdig werden ontstekingen in de hersenen (hippocampus) waargenomen.<sup>105</sup> Bovendien is het onduidelijk, welke effecten natuurlijke afbraakproducten van microcystine ge-

ven. Daar microben, maar ook uv-straling, de moedersubstanties in een overvloed aan stoffen ontleden en omzetten, is een toxicologische kwalificatie moeilijk.<sup>147</sup>

Curieuzerwijze beschermen vele azo-kleurstoffen, zoals trypaanrood, tegen leverschade. Ze blokkeren de opname van microcystine door de hepatocyten.<sup>144</sup> Trypaanrood werd ruim 100 jaar geleden als antiparasitica tegen de verwekkers van de slaapziekte (Trypanosoma brucei) ontwikkeld

- **Nodularine** (waarvan er tot nu toe 10 verschillende bekend zijn) worden door de draadbacterie Nodularia spumigena geproduceerd, die in zoet- en brak water leeft. Het was de eerste cyanobacterie, waarvan de giftige werking bekend werd: In 1878 beschreef George Francis, hoe wilde dieren snel aan hun einde kwamen,<sup>62</sup> nadat ze uit de Australische Murray rivier gedronken hadden, waarop een 5 tot 15 cm dikke groene "olieverf" laag dreef. Ondertussen neemt zulke algenbloei wereldwijd alleen maar toe.<sup>5,131</sup>

Nodularin is net als het verwante microcystine een sterk gif voor de lever. Berichten over het verlies aan dieren (schapen, runderen, varkens en paarden) komen vooral uit Australië en Nieuw-Zeeland. De dieren ontwikkelen pneumoniae en levernecrose en sterven aan ademnood en krampen. In Scandinavië overleden honden, die gezwommen hadden in met N. spumigena besmette meren, in Duitsland werden 400 broedende eenden het haasje.<sup>161</sup> Nodularin hoopte zich ook opeen in mosselen en platvis.<sup>190</sup>

- **Cylindrospermopsin** wordt door de tropische zoetwater-Cyanobakterium *Cylind-*



# Overzicht van de populairste cyanotoxinen 23,161,164,151,155,193,194,199

Substantie	Doelorgaan Activiteit	Acute Toxiciteit	Stofklasse	Producent
Microcystine	Lever Tumorpromoter	Microcystin LR, LA: LD <sub>50</sub> 0,50-0,90 µg/kg, i.p. (Muis, Ratten) Microcystin RR: LD <sub>50</sub> 200-1000 µg/kg i.p. (Muis, Ratten)	monocyklische Hepta-Peptide	Microcystis aeruginosa Microcystis viridis Anabaena ssp. Oscillatoria ssp. Nostoc ssp.
Nodularine	Lever cancerogen	LD <sub>50</sub> 50-70 µg/kg i.p. (Maus)	monocyklische Penta-Peptide	Nodularia ssp.
Cylindrospermopsine	Lever genotoxisch, cytotoxisch	LD <sub>50</sub> 4,4-6,9 mg/kg p.o. (Muis) LD <sub>50</sub> 0,2 mg/kg i.p. über 6 Tage (Muis) LD <sub>50</sub> 2,1 mg/kg i.p. 24 h (Muis)	Alkaloid (polycyklisches Uracilderivaat)	Cylindrospermopsis raciborskii Anabaena bergii, A. circinalis Aphanizomenon issa- tschenkoi, A. ovalisporum Microcystis ssp. Raphidiopsis curvata Umezakia natans
Anatoxine A	Zenuwstelsel depolariseert neuromusculaire blokkers	LD <sub>50</sub> 0,20-0,25 mg/kg i.p. (Muis)	Pseudo-Alkaloïde	Anabaena flos-aquae Aphanizomenon sp.
Anatoxin A(s)	Nervensysteem remt AChE	LD <sub>50</sub> 20 µg/kg i.p. (Muis)	Organofosfaat	Anabaena flos-aquae
Saxitoxine	Lever Zenuwstelsel blokkeert Na+- kanalen grijpt in de Proteïnesynthese in	LD <sub>50</sub> 3,4 µg/kg i.v. (Muis) LD <sub>50</sub> 300 µg/kg p.o. (Muis) LD <sub>50</sub> 200 µg/kg p.o. (Hond) ab 1 mg letal (Mens)	Alkaloïde	Aphanizomenon flos-aquae Microcystis aeruginosa Anabaena lemmermannii Lyngbya wollei Cylindrospermopsis raci- borskii
BMAA	Zenuwstelsel neurodegeneratief	LD <sub>50</sub> 3 mg/kg i.p. (Maui)	nichtproteïnogene Aminozuren	diverse Cyanobacterien Endosymbionten in Schwimm- farren und im Mammutblatt Palmfarne (Cycadaceae) Kieselalgen (Diatomeen)
DABA	Zenuwstelsel neurodegeneratief	niet onderzocht	nichtproteïnogene Aminozuren	Microcystis ssp. Lathyrus latifolius
Lyngbyatoxin A	Huid „Swimmers itch“	LD <sub>50</sub> 250 µg/kg i.p. (Muis)	Indolactam- Alkaloïde	Lyngbya majuscula Moorea producens
Aplysiatoxine	Huid ontgerend- zundungsfördernd	LD <sub>50</sub> 110 µg/kg i.p. (Muis)	Makrolide	Lyngbya gracilis Lyngbya majuscula
Vitamine A-zuren	Zenuwen embryotoxisch, teratogeen	LD <sub>50</sub> 1.100 mg/kg p.o. LD <sub>50</sub> 31 mg/kg i.p. (Muis)	Terpenoïde	Microcystis ssp. Aphanizomenon ssp
Endotoxinen	Spijverterings stelsel, prikkelend	niet onderzocht	Lipopolysaccha- ride	alle Cyanobacterien alsook alle anderen Gramnegativen

## Om van te kotsen: AFA-“Algen“

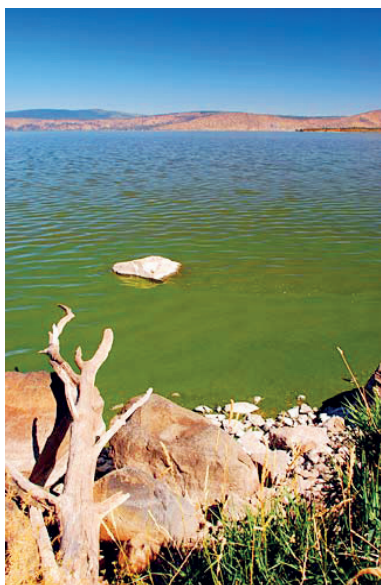
Een onnodig risico zijn voedingssupplementen zoals spirulina (uit alkalische meren - cyanobacteriën houden nu eenmaal van extreme standplaatsen!) of AFA-algen (AFA = Aphanizomenon Flos-Aqua), die uit “blauwalgen” vervaardigd worden. Deze pillen, capsules en poedertjes zijn vrij te koop in de handel, gelden als “natuurlijk” en worden gedeeltelijk in hoge doseringen en over een langere periode geslikt.<sup>47,52</sup>

Ze zouden het lichaam moeten ontgiften (!) en het gewicht verminderen, hetgeen bij maag-darm infecties – in besmet spirulina en AFA-preparaten werden cyanotoxinen aangetoond – niet eens onwaar is.<sup>47,68,57</sup> Treden symptomen op zoals misselijkheid, braken en diarree, dan word het preparaat niet gewoonweg in de bio ton geworpen, maar door de gebruikers gewoonlijk als teken van een “ontgiftiging” van het lichaam aangezien.<sup>52</sup>

Enkele producten worden speciaal voor kinderen aanbevolen, bijvoorbeeld als alternatief voor ritalin bij ADHS. Daar de voorlopige grenswaarde voor volwassenen berekend is nemen kinderen (10-20 kg lichaamsgewicht) onder omstandigheden het drie- tot zesvoudige op – voor een kind, dat door zijn farmakritische ouders met de beste bedoelingen op deze “gezonde” alternatieven getraakteerd word, doorgaans een risico – zonder enig nut.<sup>47,52</sup>

### Zeemonster

Een analyse van 16 AFA-preparaten op de Universiteit van Konstanz wees uit, dat 10 supplementen de grenswaarde van 1 microgram microcystine per gram overschreden. De ruwe grondstof word dagelijks met tonnen tegelijk uit het Klamath-meer gevist. In dit



Het boven-Klamath-meer in Oregon(USA), September 2009

stuwmeer worden ook spirulina-algen in grote waterwerken gekweekt. Winkelwaar bevatte weliswaar geen microcystine, maar daarvoor in de plaats het zenuwgif anatoxine A.<sup>46</sup>

Daarbij zouden de fabrikanten van dergelijke voedingssupplementen al lang gewaarschuwd moeten zijn: Bij het alkalische meer Bogoria in Kenia kwam het in de 1990-er

jaren tot een aanhoudend flamingo-sterven. Ornithologen stonden eerst voor een raadsel, verdacht werden zoals gewoonlijk pesticiden en zware metalen. Echter bij de analyses van de “blauwalgen matten” vonden ze al snel cyanotoxinen, waaronder microcystine-LR, -RR, -LF en -YR – en nog daarbij in aanzienlijke concentraties tussen 221 en 845 µg/g drooggewicht (berekend als microcystine LR) maar ook tot 18 µg/g drooggewicht van het zenuwgif anatoxine A.<sup>96</sup>

De toxische cyanobacteriën zijn vooral in de buurt van de oever present. Daar bevinden zich namelijk hydrothermale bronnen, waarvan het water iets minder alkalisch is als dat van het alkalische meer (ph 10!). Dat weten niet alleen de vogels, maar ook de ongewenste cyanos op hun waarde te schatten. Daar drinken de flamingo's bij voorkeur en nemen daardoor ook giftige bacteriën op. Daar deze matten bijzonder opvallend zijn, hoeft het niet te verbazen, wanneer onnadenkende “algen-dealers” de bacteriën eenvoudigweg vanaf de oever afscheppen, in plaats van midden op het meer in het troebele water te gaan vissen.



De onschadelijke cyanobacterie arthrospira fusiformis voedt in de meren zonder waterafvoer van het Oost-Afrikaanse Rift Systeem, duizenden dwergflamingo's. Ondertussen word het flamingo-voer onder de naam “spirulina” als “voedingssupplement” geconsumeerd.<sup>96</sup>

### «Zuiver plantaardig zonnevitamine»

Nog een geliefde grondstof voor voedingssupplementen zijn korstmossen – dus schimmels die met groenalgen ofwel cyanos in symbiose leven. Speciaal in veganistische apotheken dienen ze voor de winning van vitamine D3. Daarvoor worden allerlei soorten korstmossen verzameld en dan geëxtraheerd.

Intussen is gebleken, dat de cyanobacteriën ook binnen korstmossen een heel scala microcystinen bijsturen, waaronder nodularin in uiterst hoge concentraties (tot wel 60 µg/g thallusweefsel).<sup>89</sup> De lever zal zich zeker verheugen over zulke extra kost!

*rospersmopsis raciborskii* gevormd. Ondertussen is de tropische bacterie ook in de gematigde zones van Europa aangekomen. Mittlerweile ist das Tropen-Bakterium auch in den gemäßigten Zonen Europas angekommen.<sup>157</sup> Omdat het taaie resistente sporen vormt, wordt het via de wind, water en mens verspreid.

Deze soort werd pas in 1979 na de uitbraak van mysterieuze lever-darm-ontstekingen in Palm Island (Australië) geïdentificeerd. De oorzaak bleek besmet drinkwater. Bijna 10 jaar later werd hetzelfde gif in het Mikata-meer (Japan) ontdekt. Veroorzaker was dit keer het cyanobacterie Umezakia natans. In 1997 volgde een meer in Israël, en nu was aphanizomenon ovalisporum de producent.<sup>23,93</sup>

Cylindrospermopsin is in de natuur tamelijk stabiel. Het hoopt zich op in waterbewoners, bijvoorbeeld in kroos (lemna punctata), mosselen (anodonta cygnea), krabben (cherax ssp.) en zelfs in enkele eetbare vissoorten zoals zoetwater meerval (tandanus tandanus)<sup>93</sup>.

Bij het onderzoeken van 127 Brandenburgse meren werd in de helft ervan cylindrospermopsin aangetoond. Daar steeds opnieuw hoge concentraties aangetroffen worden, adviseren deskundigen, bij het zwemmen in belaste wateren er nauwkeurig op te letten, geen water in te slikken of schuim – b.v., bij de waterskisport – in te ademen. Hoe de recreërende dit gevaar met zekerheid kan vaststellen, voorzover er geen verdachte algentapijten zichtbaar zijn, kan ook de vakwereld niet zeggen. Per slot van rekening kan dit gif nog wekenlang nadat de producenten verdwenen zijn, in het water aanwezig zijn.<sup>188</sup>

Voor drinkwater (uit waterkeringen en meren) heeft het bureau voor milieuzaken (UBA) een grenswaarde van 1 µg/l voorgesteld. In waterwerken kan het toxine door actieve kool verwijderd en door ozonisering volledig afgebroken worden. Data voor de belasting van het ruwe –en bewerkte drinkwater ontbreken echter tot dusverre.

- **Anatoxin A**, ook wel VFDF, Very Fast Death Factor - de "heel snelle dood" – genoemd, word door de wereldwijd in zoet- en brak water voorkomende soort anabaena flos-aqua geproduceerd, die ook voor de winning van "spirulina"-pillen gebruikt worden. (zie blz.12) Het cyanobacterium komt ook in onze binnenwateren en de Oostzee voor. Acute vergiftigingssymptomen zijn krampen zoals bij een tetanusvergiftiging, de dood treed in door ademverlamming. Vergiftigingen



„Microbe van het jaar 2014“

*Dit is geen nalatenschap van een tempelbewoner, maar cyanobacterium nostoc commune. In gedroogde toestand zijn de koloniën flinterdun; door water zwellen ze tot een gelatineachtige massa op. Vele nostoc soorten leven in symbiose met planten of schimmels.*

door anabaena worden vooral bij dieren waargenomen, die besmet water dronken.<sup>161</sup>

- **Anatoxine A (s)** is 10-maal giftiger als anatoxine A, met dezelfde symptomen. Blijkbaar remt het net als de verwante, als insecticide gebruikte organische fosforzuurester (E 605), onomkeerbaar de acetylcholinesterase en brengt daarmee de neurale signaaloverdracht tot stilstand (ademverlamming). Voor de vergiftiging van dieren is meestal het anatoxine A (s) de hoofdverantwoordelijke. In 1985 stierven 9 honden, nadat ze uit een meer gedronken hadden, waar in de regel anabaena flos-aqua gedijde.<sup>161,155</sup>

- **Saxitoxine** is de gevaarlijkste specialiteit van Aphanizomenon flos-aquae, die ook als "AFA-algen" bekend staan. Deze cyanobacteriën leven zowel in onze binnenwateren als ook in het brakke water van de Oostzee. Ondertussen werd het gif ook in Tjechische wateren geïdentificeerd.<sup>85</sup>

Bekend geworden zijn saxitoxinen – waarvan er minstens 21 verschillende zijn – vooral door mosselvergiftigingen. Vaak zijn daaraan niet de cyanos schuldig, daar het zenuwgif ook door dinofyceen zoals gymnodinium catenatum gevormd word. (zie blz. 14). Veel zeeslakken, krabben en schelpen filteren de eencelligen als voedsel uit het water, en daarbij hopen de giften zich opeen. Deze dienen op hun beurt weer watervogels, vissen (karpers) inktvissen, zeesterren maar ook zoogdieren (b.v. zeeotters) tot voedsel.

In makrelen traden zulke hoge saxitoxine-concentraties op, dat men pas na het sterven van walvissen op de giftigheid van de vis-

## Red Tide

Niet alleen cyanos kunnen giftige “algenbloei” veroorzaken – dat kunnen dinofyceen ook. Ze produceren naast de kiezelalgen de meeste biomassa in zoute en zoete wateren.<sup>166</sup> Biologen zijn het overigens allerminst eens of het zich bij deze roofachtige of parasitische, deels fotosynthetische of in koralen endo-symbiotisch levende plankton wezens, handelt om dieren, dus dinoflagellaten, of om algen, zogenaamde dinofyceeën.<sup>103</sup> Zowel de zoologen als ook de botanici zouden deze fascinerende, meestal eencellige organismen, graag voor zichzelf houden, vandaar de twee verschillende benamingen. Schaart men zich aan de zijde van de botanici, dan zou het begrip algenbloei in ieder geval correct kunnen zijn.



Veruit de meeste dinofyceen leven in zee, en dan vooral in de warmere gebieden. Met enige regelmaat vormen zich de roemruchte ‘red tide’, die b.v. in de Golf van Mexico steeds opnieuw tot massale vissterfte voeren. Veroorzakers zijn myriaden, rood tot bruin gekleurde dinos zoals karenia breve. Ze produceren hoog-werkzame, complex gebouwde zenuwgiffen zoals brevetoxine, saxitoxine en okadazuren.

Ook het wereldwijd verbreide zeevonk (noctiluca scintillans) kan ‘red tide’ veroorzaken (zie afbeelding). Deze dinofyct produceert geen complexe “algengiffen”, maar scheidt rijkelijk ammonium-ionen uit, die zich in het hoofdzakelijk zwak alkalische zeewater in no-time tot voor vissen giftige ammoniak transformeren. Bij het massale optreden van noctiluca komt het daarom hier en daar tot vissterfte. Volgens de jongste lezing zouden de scheppers van de mystieke zeevonken eigenlijk “gier-beestjes” moeten heten.

Al in Bijbelse tijden was ‘red tide’ een plaag: “...daar was al het water van de Nijl in bloed veranderd. En de vissen in de Nijl stierven, en de Nijl was stinkend, zodat de Egyptenaren het Nijlwater niet konden drinken; want hetzelfde was tot bloed geworden in heel

Egypte.” Giftige dino-bloei in de Golf van Mexico (waarvoor milieubeschermers aldoor de varkensgier van Texaanse varkensboeren verantwoordelijk maken) werden al in 1542 door de Spaanse ontdekker Cabeza da Vaca gedocumenteerd.<sup>30</sup> Als oorzaak van massale vissterfte, zeevogels en zeezoogdieren werden ze voor het eerst pas in 1844genoemd.<sup>167</sup>

## Ciguatera

De meest voorkomende visvergiftiging in de tropen is de zgn. ciguatera. Ze wordt nog door ‘red tide’, nog door mosselen, maar van zeevis- of slakken teweeggebracht. De vergiftiging kondigt zich aan door diarree en overgeven, en al spoedig treden symptomen op als een doof gevoel in armen en benen, zichtstoornissen en hallucinaties. Vaak volgen bloed circulatie problemen.

Hoezeer de symptomen ook variëren, een kenmerk is voor ciguatera karakteristiek: een pijnlijke koudegevoeligheid resp. de waarneming van koud als zijnde warm en omgekeerd.<sup>155</sup> De genezing kan jaren duren en vereist een volledig afzien op de consumptie van tropische rif-vis. Het aantal gevallen van vergiftigingen wordt jaarlijks op zo’n 50.000 geschat, met een stijgende tendens. De mortaliteit ligt bij 1 tot 5 promille.<sup>112,64,33</sup>

Oorzaak van deze vergiftiging zijn zogenaamde ciguatoxine, die een dino genaamd gambier-discus toxicus synthetiseert. De eencellige leeft samen met algen en bacteriën op koraalafzettingen, die door zeeslakken zoals citta-rium pica (zie afbeelding) afgegraasd worden. De slakken



worden in de Caraïben cigua genoemd en zijn daar een geliefd voedingsmiddel. Van hen is de naam ciguatera afgeleid. Korallen inclusief hun toxische dino-kroost worden echter door diverse vissoorten zoals doktersvissen gegeten, die het ciguatoxine onbeschadigd in het lichaam opslaan. Worden ze door barracuda’s buit gemaakt, dan stapelt het gif zich eveneens op. Ook andere, voor de mens smakelijke roofvissen zoals tandbaarzen, makrelen en snapper kunnen rijkelijk ciguatoxinen opnemen.<sup>112</sup> Door de wereldwijde handel in vis kwam het ook in ons land al tot vergiftigingen.<sup>28</sup> Gevaarlijk zijn vooral bezoekers van specialiteiten-restaurants – en natuurlijk Zuidzee-vakantiegeeners. Het gif is bestand tegen hitte.

Intussen heeft de gif producent gambier-discus ook in de oostelijke Middellandse-Zee een thuis plaats gevonden.<sup>139,31</sup> Of zijn giften zich daar in de voedselketen op gaan stapelen moeten we maar afwachten.

sen opmerkelijk werd.<sup>161</sup> Welke gevolgen kunnen deze gifstoffen wel voor de gezondheid van andere zeebewoners hebben? Biologen vrezen, dat nog meer zeezoogdieren zoals de Atlantische noordkapers (*Eubalania glacialis*), die zich voeden met saxitoxine houdende roeipootkreeftjes, door de enorme gifopeenhoping, in hun groei en voortplantings succes nadelig beïnvloed zullen worden.<sup>174</sup>

Het aantal vergiftigingen door de consumptie van bedorven mosselen – saxitoxine is hittebestendig – word op 1600 gevallen per jaar geschat.<sup>58</sup> Dit fenomeen, zo exotisch als het klinkt, beperkt zich niet tot warmere breedtegraden, maar ook mosselen langs de Noordzeekust of de Westkust van Canada worden erdoor getroffen.<sup>161</sup>

Deze „paralytic shell-fish poisoning”, afgekort PSP begint binnen een uur met jeuk en een doof gevoel in de vingertoppen, tenen en in het mondbereik en voert via gevoelloosheid in de armen, benen en in de hals tot duizeligheid en coördinatiestoornissen uiteindelijk tot de dodelijk ademverlamming.<sup>112</sup> In zijn werking lijkt het op het gif van de kogelvis tetradotoxine. 1 mg kan voor de mens al dodelijk zijn.<sup>23</sup> Op grond van zijn hoge neurotoxiciteit werd saxitoxine al op zijn eigenschappen als chemisch wapen onderzocht.<sup>48</sup>

“Paralytic shellfish poisoning” is eigenlijk een generieke term, de vergiftiging kan naast saxitoxine ook door andere zenuwgifstoffen veroorzaakt worden, in het bijzonder door eveneens door dinofycee gevormde brevetoxine.

- **Lyngbyatoxine A** is een pacifistische specialiteit. De stamvader lyngbya majuscula is in het oppervlaktewater van Japan en Hawaii inheems. Tezamen met de aplysiatoxinen veroorzaakt het de zogenaamde “zwemmers-jeuk”. Daar de “algentapijten” op het wateroppervlak door wind en golven uiteen gebroken worden, komen er steeds weer bacteriedraden in de badkleding en daarmee in eng contact met de huid: Na een paar minuten begint de huid te branden, te jeuken en wordt rood; vervolgens vormen zich blaasjes en de huid laat los.<sup>23</sup>

Bij mensen worden bij een vergiftiging – het maakt niet uit via de huid bij het baden of na consumptie – ook astma, longontstekingen, braken, maag- darmklachten, hooikoorts, bindweefselontstekingen, oor- en oogirritaties alsook zware hoofd- en spierpijnen, duizeligheid en blaasjesvorming in de mond waargenomen.<sup>52,172</sup> De dood treed in door coma en het falen van meerdere organen. Lyngbiatoxine geldt al in het nanobereik als tumoren bevorderend. Verschillende malen kwam

het tot sterfgevallen. Oorzaak was telkens de consumptie van soep-schildpadden (*Chelonia mydas*), die cyanos eten maar ook macroalgen, waarin cyanobacteriën zitten.<sup>67,180</sup> Het gif schijnt echter op den duur de schildpadden zelf ook niet goed te bekomen: Velen van hen sterven aan een speciale tumor van de huid, die – tezamen met virussen – op dit toxine teruggevoerd word.<sup>7</sup>

Verbazingwekkend is het, dat zich soortgelijke verbindingen ook in streptomyceten voorkomen, een totaal andere bacteriegroep. Vele streptomyceten maken zich nuttig als leveranciers van antibiotica zoals tetracycline en natamycine (een toegelaten conserveermiddel). Kennelijk heeft een plasmide uitruil, dus een horizontale gentransfer, ervoor gezorgd, dat zo'n verschillende organismen als cyanobacteriën en streptomyceten op elkaar lijkende stoffen kunnen synthetiseren. De ene vergiftigt oppervlaktewater, de andere genezen infecties of verhogen de houdbaarheid van kaas en worst.

- Vele **Aplysiatoxinen** bevorderen, in ieder geval in vitro kanker. Bij huidcontact veroorzaken aplysiatoxinen het Seaweed-dermatitis (“zwemmers jeuk”). De broomhoudende verbindingen worden door cyanobacteriën zoals *Lyngbya oscillatoria* en *Schizothrix* geproduceerd en hopen zich opeen in zee levende naaktslakken (*Aplysiidae*).

Delicatessen zoals de tropische langstaartzeehaas (*Stylocheilos longicauda*) en de in de Indische oceaan levende zeehaas *Dolabella auricularia* roepen bij onjuiste consumptie naast maag- en darmklachten vooral neurologische symptomen op, die kenmerkend voor een broomvergiftiging zijn.<sup>112</sup> De beide slakken voeden zich het liefst met lyngbya. Door de

*Voortzetting op pag. 23*



#### **De allerlekkerste massadierhouding**

*Oesterkwekerij aan de frans-atlantische kust - die dieren moeten hun voer nog zelf vangen. Daardoor kunnen ze natuurlijk ook wel eens gif opscheppen.*

**Moeilijk klein te krijgen**

De meeste badgasten hebben al eens “algenbloei” beleefd. Die hebben hen het bad plezier grondig bedorven: Oftewel kleurt het water gifgroen tot blauwgroen en verspreidt een “chemische” stank, oftewel hun vergaat de lust om erin te springen door de wattenachtige matten en groenig schuim aan het wateroppervlak.

Ook al wordt op de waarschuwborden en in de media voor “algenbloei” of “blauwalgen” gewaarschuwd, deze fenomenen worden niet door algen veroorzaakt. “Blauwalgen” zijn n.l. bonte of blauwgroen gekleurde bacteriën, (cyanobacteria grieks: kyanos = blauw), zoals biologen pas in de 1970-er jaren nauwkeurig vastgesteld hebben. Velen zijn al met het blote oog waarneembaar, terwijl de pico-cyanobacteriën – zoals het voor bacteriën hoort – microscopisch klein zijn. Ettelijke soorten vormen ook aansluitingen met meerdere cellen.

In tegenstelling tot algen hebben zij geen echte celkern, en in tegenstelling tot andere bacteriën kunnen zij aërobe fotosynthese bedrijven: cyanobacteriën bevatten groen chlorofyl en verder bruine, blauwe en rode kleurstoffen, de phycobiline, die ze net als echte algen en zeewier tot fotosynthese in staat stellen. Tot zover over de kleur “blauw” en de “algen” van de “blauwalgen”.<sup>166</sup>

Cyanobacteriën bevolken al sinds 3,5 miljard jaren de aarde en behoren daarmee tot de oudste levende

**Ostsee, zomer 2001**

Het satellietenbeeld toont de wolken planktonbloei, zoals deze in de zomer kenmerkend zijn. Met de nitraat of fosfaat uit de Duitse landbouw of onze vaatwastabletten heeft het – tegen de voorstelling van het ministerie van Milieu<sup>165</sup> – weinig van doen. De Duitse bijdrage ligt bij om en nabij de twee procent.<sup>149</sup> De voedingszouten worden vooral uit Oosteuropa en Rusland binnen geloodst, omdat daar zuiveringsinstallaties ontbreken..

wezens überhaupt. In de loop van hun lange evolutie is het cyanobacteriën gelukt, zich aan praktisch alle aardse levensgebieden aan te passen. Daarom kunnen zij naast comfortabele woonoorden zoals de zoute-, brakke- en zeewater of het vochtige aardrijk ook omgaan met hoogst extreme levensomstandigheden: Men vindt hen zowel in arctische en antarctische zeeën, in hete bronnen zoals in verzilt of eutrofiërende wateren, waarbij ze zelfs nog regelrecht “opbloeien”. En als nieuwe leefruimte hebben ze intussen ook de waterzuiveringsinstallaties ontdekt ...<sup>169,130</sup>

**Gelukkig zonder concurrenten**

Ongunstige leefomstandigheden overleven ze net als alle bacteriën als “sporen”, akineten genaamd. Deze overbruggings-cellen hebben dikke, taaie celwanden en zijn met volgeladen met opslagstoffen, fotosynthetische pigmenten en polyfosfaten; ze gaan kiemen zodra de omstandigheden weer gunstig zijn. Deze akineten ontstaan echter niet door seksuele vermeerdering, want seks is bij cyanobacteriën onbekend. Hun erfgoed vermengen zij doordat ze zelf het heft in eigen had nemen: door recombinatie, transformatie en vervoegingen.<sup>166</sup>

Vele soorten zoals *Anabaena ssp.* en *Nodularia ssp.* verschaffen zich tegenover andere medebewoners nog op een andere manier voordelen: door heterocysten. Deze cellen fixeren stikstof uit de lucht, zodat ze een stikstoftekort op een elegante manier kunnen omzeilen, terwijl hun algenconcurrenten het nakijken hebben. *Nodularia* bouwen regelmatig gigantische “algen”bloei in de Oostzee.

Wegens hun vermogen om stikstof te kunnen fixeren, zijn cyanobacteriën ook geliefde symbiose-partners van schimmels, waarmee ze namelijk de hermafroditische “korstmossen” vormen.<sup>113</sup> De schimmels verzorgen de bacteriën als tegenprestatie met organische voedingsstoffen en bieden hen een tegen uitdroging beschermende woning. Door deze samenwerking kunnen korstmossen ook extreem schaarse standplaatsen koloniseren, die voor andere levende wezens dodelijk zijn. En daar vele cyanobacteriën werkzame gifstoffen produceren, mag de schimmel ook hiervan profiteren.

Niet alleen korstmossen, maar ook mos en varens weten hun stikstofleveranciers zo te waarderen, dat ze hen speciale woningen aanbieden. Daartoe behoort de tropische kleine kroosvaren (*Azolla caroliniana*), die zich met cyanobacteriën van het geslacht *Anabaena* ingelaten heeft, die in speciale bladholtes



# bont bacterievolkje

door Andrea Pfuhl

van de varens leven. Tot dusverre is onder de hogere plantensoorten slechts een geslacht bekend, die cyanobacteriën als symbiose-partner heeft, daarom is ze des te indrukwekkender: Het is gunnera, het mammoetblad.<sup>65</sup>

## Het allerfijnste slijm

Cyanos gedijen net zo goed in het extreem alkalische Natron-meer van Oost Afrika (ph tot 11!)<sup>14</sup> als in de zogenaamde biologische korsten (*Microcoleus vaginatus*; *Nostoc*, *Scytonema*), die zich aan het oppervlakte van halfwoestijnen vormen.<sup>13</sup> Ze kunnen zelfs in het binnenste van zandsteen, op steeds opnieuw droogvallende kalkstenen of huisgevels gedijen.<sup>69</sup> Daarvandaan zijn de cellen of celverbanden bovendien vaak door slijmlagen omgeven, die ze voor uitdroging, maar ook tegen vraatvijanden beschermen. Watervlooien c.s. mogen de kleverige cyanos namelijk helemaal niet.<sup>100</sup>

Geen wonder dus, dat deze bacteriën bij bepaalde veranderingen van de waterkwaliteit hun superioriteit laten zien en zich ten koste van de mimosa-algen massaal kunnen vermeerderen. Bovendien bindt de laag voedingszouten. Vooral ijzer is in de natuur vaak slechts in geringe hoeveelheden voorhanden, zodat de cyanobacteriën deze groeifactor in de slijmlaag selectief verrijken en daarmee aan de planten onttrekken.

De slijmomhulsels bieden de cyanos zelfs dan nog bescherming, wanneer ze in de maag van een waterflo belanden. Ze zijn zelfs in staat om daar nog voedingszouten te binden en leven vrolijk verder, wanneer ze het spijsverteringsstelsel verlaten hebben.<sup>100</sup>

In de slijmgelei leven overigens ook talloze andere



### „Vijverpruimen“

Ook water- of zeepruimen genoemd, zijn kogelvormige koloniën van geleachtige zoetwater cyanobacteriën (*Nostoc pruniforme*). Ze lijken qua uiterlijk en consistentie op tafeldruiven of kleine pruimen. Zulke geleachtige kogels in wateren kunnen echter ook terug te voeren zijn op heel andere organismen zoals b.v. wimperdiertjes.



**Mammoetblad & Cyanobacteriën** – een beproefde partnerschap voor het leven. Vanwege zij gelijkenis wordt het ook reuzenrabarber genoemd. In Chili worden de stelen geschild en als rabarber gegeten.

bacteriën; microcystis-koloniën werden bijvoorbeeld al als hot-spots voor bacteriële bio activiteit gekarakteriseerd.<sup>132,26</sup> Deze bacteriën nemen de door cyanos uitgescheiden voedingsstoffen op (koolstof, stikstof, fosfor en ijzer) en geven daarvoor in de plaats kooldioxide af, wat de cyanos tot zich nemen..

## Lichtschuw volk

Een verslechtering van de lichtverhoudingen maakt de vindingrijke cyanobacteriën echter niets uit. Ze kunnen ook dan nog groeien, wanneer andere waterplanten en algen allang door lichtgebrek heen gegaan zijn. Hebben de in het water zwevende, dus planktisch levende cyanobacteriën zich eenmaal massaal vermeerderd, dan neemt de lichtintensiteit in de wateren af – zeker niet tot genoeg van andere waterplanten en algen.<sup>66</sup>

De grond voor de goede lichtuitbuiting zijn hun blauwe en rode pigmenten, de phycobiline. Daarmee zijn ze in staat ook nog spectraal bereiken af te dekken, indien hun groen chlorofyl en dat van de planten het niet absorbeert.<sup>166</sup> Cyanobacteriën kunnen op deze wijze lichtarme biotopen zoals diepe lagen in zee succesvol koloniseren. Bovendien kunnen ze CO<sub>2</sub>, dat ze voor de vervaardiging van levensbelangrijke suikerverbindingen nodig hebben, beduidend effectiever opnemen dan planten.<sup>49</sup> De cyanobacteriën zijn dus in ieder opzicht in het voordeel.

Niet in de laatste plaats kunnen cyanobacteriën ook werkende uv-filters produceren.<sup>55</sup> Bijzonder belangrijk is de uv-bescherming natuurlijk voor op het land levende cyanobacteriën en voor soorten, die op intensief door uv-licht bestraalde rotswanden in het

hooggebergte leven. Dat stelt hen in staat zogenaamde inktstrepen te vormen.<sup>69</sup>

### Hersenloos maar ze kunnen leren

Wanneer komt het tot “algenbloei”? Bepalend is kenmerkend het fosfaatgehalte in de wateren. Het levensbelangrijke fosfor is een schaars goedje in de natuur. In natuurlijke binnenwateren ligt het gehalte vaak onder de aantoonbare grens.<sup>100</sup> De cyanos kunnen zich nu bijzonder goed aan de wisselende voedingsstoffen aanbod aanpassen. In vette jaren nemen ze zoveel mogelijk fosfaat op en slaan dat op in hun cellen als osmotisch niet werkend polyfosfaat, in het andere geval zouden ze door de instroom van water spoedig knappen.

Interessanter wijze kunnen de cyanobacteriën zich heel goed het voedingsstoffen-fluctuaties patroon van hun thuis-water “herinneren”. Deze cellulaire geheugen vind zijn oorsprong in het fosfaat-transportmechanisme. Wanneer de milieu omstandigheden en daarmee het fosfaataanbod verandert, doorloopt de cel een aanpassingstraject, dat van de eigenschappen van voorafgaande toestanden afhangt. Cyanobacteriën kunnen dus informatie door pure stofwisselingsactiviteiten opslaan, niet slecht voor organismen zonder brein.<sup>136</sup>

### Ballonvaarder in het Onderwaterrijk

Maar niet alleen het fosfaatgehalte bepaald over het optreden van “algenbloei” – het hangt ook letterlijk van het weer af. Daar de talrijke cyanobacterie-soorten in heel verschillende watertypes voorkomen, wordt dit als voorbeeld aan de hand van ‘planktothrix rubescens’, een planktisch in het Zwitserse Hallwiler-meer levende cyano, verklaart. Planktothrix beschikt over een gasvesikel, ‘een zwemblaas’, waarmee het door het meer drijft en naar believen, zeg lichtomstandigheden, omhoog kan komen of onder kan gaan. Door deze verticale migratie stelt de bacterie veilig om altijd onder optimale omstandigheden te leven in het meer. Is het de bacterie te licht, dan ontvluchten ze het licht en laten zich zinken; is het te donker, dan stijgen ze op.

In maart 2007 kwam het tot een uitbundige bloei in de oeverzone. Opdat de cellen zich aan het wateroppervlak kunnen verzamelen, dienen ze in een zweeftoestand zijn en de zee relatief stil deinen. Wanneer de bacteriën het weer bevalt, blijven ze tamelijk stabiel in een waterlaag hangen.

Echter cyanobacteriën zijn geen snoeken, in hun passieve beweging zijn ze van waterstromingen en windomstandigheden afhankelijk. Wordt het water dus bij windig weer sterk door elkaar gehutst, en tred dan een windstilte c.q. rustig weer op, dan verzamelen de ‘backies’ zich weer aan de oppervlakte en worden langzaam naar de oever gedreven. Dat vinden niet alleen de badgasten onaangenaam, het betekent ook het einde voor

de cyanos. Aan de oever worden ze met alle geweld door de uv-straling getroffen en zitten ook anders op het droge – geen prettige situatie voor plankton; Het sterft af, stinkt en bij het ontbinden laten de cellen ook nog eens hun giftige vracht los.<sup>173</sup>

Het blijft echter de vraag, waartoe in water levende cyanobacteriën giften produceren. Hun synthese is tenslotte moeizaam, dus het moet voor de bacteriën ergens nuttig zijn. Zoals planten met hun gifstoffen vooral concurrenten verdrijven, zo gaan cyanos daarmee “plaagdieren” te lijf. Daar zulke stoffen in het water echter snel afgevoerd worden,<sup>100</sup> is een voortdurende productie noodzakelijk.

De toxine van cyanobacteriën zijn gericht tegen virale ziekteverwekkers zoals bacteriofagen, tegen microbiële vijanden zoals schimmels en vretende raderdierjes. Natuurlijk dienen ze ook watervlooien (daphnia, cyclops etc.) de eetlust bederven.<sup>99,100,20,106,141</sup> Vreemd genoeg vallen deze toxinen ook de gezondheid van mens en dier aan, die helemaal niet tot het publiek behoren.<sup>72,138,158,37,22</sup>

### Niet alleen voor leeglopers

Overigens maken cyanobacteriën zich al lang wormsteking: Paleontologen vermoeden zelfs, dat in de groeve van Messel, de bekende fossielen vindplaats bij Darmstadt, de krokodillen van de oertijd het slachtoffer werden van een cyanobacterie-vergiftiging.<sup>95</sup> Tot dusverre schoof men dat in de schoenen van een vulkaanuitbarsting. Wat cyanobacteriën dan ook kunnen aanrichten, ze zijn altijd goed voor verrassingen. In ieder geval vergiste de beroemde botanicus Matthias Jacob Schleiden (1804-1881) zich, die het “blauwalgen”-onderzoek nog als een curiosum voor “geleerd doende leeglopers” beschouwde.<sup>14</sup>



### „Inktstrepen“ aan de noordflank van de Alpentop

Calothrix, Scytonema, Nostoc vormen effectieve uv-filter-substanties zoals het geelgroen gekleurde scytonemine. Het wordt in hoge concentraties in het omhulsel van de cyanobacteriën opgeslagen en verleend hen in combinatie met de pigmenten voor de fotosynthese hun donkere, soms zelfs zwarte kleur.

# Dümmer gaat het nimmer

door Andrea Pfuhl

**HET NEDERSAKSISCHE DÜMMER-MEER IS EEN MOOI VOORBEELD, HOE ECOLOGIE DAADWERKELIJK FUNCTIONEERT. POPULISTISCHE MILIEUPOLITIEK FUNCTIONEERT HET BESTE MET SIMPELE BESCHULDIGINGEN, VOORAL WANNEER HET DE LANDBOUW RAAKT. COMPLEXE ECOSYSTEMEN ZIJN VEEL MINDER GESCHIKT ALS VERKIEZINGSTHEMA'S. IN HET GEVAL VAN HET NEDERSAKSISCHE DÜMMER-MEER WERD MET HET "GIER-MEER EEN POPPENTHEATER VAN JEWELSTE IN SCENE GEZET.<sup>91</sup>**

De Dümmer geldt als „Gier-meer“ par excellence. Stinken de cyanobacterie-tapijten en grote vissterfte hebben het herhaaldelijk in de media gebracht. Schuld aan de overbemesting van de Dümmer zouden de gierige vee-baronnen en de onredelijke boeren zijn, die gier uit de intensieve veehouderij en mest uit de zak, schaamteloos op de akkers kiepen. Van daaruit zouden dan nitraten en fosfaten naar het geliefde zwem-meer wegsijpelen, dat ook nog eens in een ecologisch waardevol moeraslandschap gelegen is.

Milieubeschermers maken vooral het fosfaat uit de gier voor de cyanobacteriebloei in de Dümmer verantwoordelijk. Deze beschuldigingen berusten op doelbewuste valse informatie. Laten we dus maar eens de feiten nalopen:

Het op een na grootste meer van Nedersaksen is sinds de laatste ijstijd steeds verder ingekrompen. Het word omgeven door groeiende moerassen, en die hebben het vroeger 150 km<sup>2</sup> grote meer ondertussen tot een oppervlakte van 12 km<sup>2</sup> teruggedrongen. Meren die in land veranderen zijn in het algemeen voedingsstoffenrijker, daar het rottende plantenmateriaal een aanzienlijke bijdrage aan fosfaten en nitraten levert. Natuurlijk worden zulke meren daarbij ook steeds vlakker, wat betekent, dat ze in de zomer erg warm kunnen worden. Hoe hoger de temperatuur, des te minder zuurstof kan er in het water opgelost worden, zodat vissen al moeilijk klein te krijgen moeten zijn, om dit aan te kunnen. Daarom worden zulke wateren hoofdzakelijk door zeelten, paling en witvis bevolkt, soorten die met een zuurstofgebrek redelijk goed uit de weg kunnen.<sup>119</sup>

Na de Tweede Wereldoorlog werd met het stijgen der welvaart van de bevolking, via de rivier de Hunte, in toenemende mate fosfaat en nitraat in de Dümmer geloedst. De reden: Men had steeds meer huizen op de centrale afwateringssysteem aangesloten. Die bewerkten echter alleen met een mechanische zuivering, waardoor niet alleen de voedingsstof houdende toiletspoelingen, maar ook de fosfaten van de wasmiddelen in het water terecht kwamen. De aangespoelde voedingsstoffen bleven gedeeltelijk in het slik van het meer achter en bemesten nu

myriaden van groen- en kiezelalgen. Dit fytoplankton vertroebelde het water, terwijl de waterplanten te weinig licht kregen en afstierven. In de 1970-er jaren was het een normaal verschijnsel, dat tapijten bestaande uit algen en slijk de stranden besmeurden.

Daartegen wilde men aan het begin van de 1980-er jaren iets ondernemen: De zuiveringsinstallaties werden verbeterd, de wasmiddelen fosfaatvrij en het water van de Hunte zuiverder. Het Dümmer-meer word echter ook door de relatief fosfaatrijke Born-beek van water voorzien. Hij ontwatert de omliggende fosfaatrijke moerassen, en die daarnaast agrarisch benut worden. Daarom moest hij om het meer heen geleid worden, want in de zomer is hij verantwoordelijk voor 40 procent van de toevloed van het meer.

## Het moor heeft zijn plicht gedaan

Toen kwamen vogelbeschermers op het idee, de moerasgebieden rondom de Dümmer aan te kopen, om die in vogelbeschermingsgebieden te veranderen. In de 1950-er jaren werd de Dümmer ingedijkt, omdat het steeds weer terugkerende hoogwater de hele omgeving onder water zette. Zo kon het meer ontwatert worden en in zijn onmiddellijke omgeving werd landbouw mogelijk, een verklaard Staatsdoel van de 50er en 60er jaren, dat de eigenproductie van voedingsmiddelen forceerde. Deze cultivering wilden de vogelbeschermers nu weer terugdraaien. Daarbij vergaten ze echter, dat voormalige moerasweiden nooit meer tot natuurgetrouwe moerassen worden, maar zich via rietvlaktes tot broekbossen transformeren, leefruimtes die dom genoeg tamelijk arm aan vogelsoorten zijn.

Maar goed, om de vlaktes te verkrijgen, was propaganda nodig. De experts wezen het fosfaat uit de veehouderij aan als hoofdschuldige. De Dümmer grenst immers aan het district Vechta, een centrum van de veeteelt. Met deze bewering probeerde men de landbouwers moreel onder druk te zetten, hun veehouderij op te geven, om die vlaktes te bemachtigen. Maar het fosfaat (en ook nitraat) kwam uit een heel andere bron: De zogenaamde ontgassing in ontwaterde moerassen laat reusachtige hoeveelheden voedingsstoffen vrijkomen. Deze moerassoep kleurde de Born-beek donkerbruin, met gier had de hele kwestie niets van doen.

In 2009 was de omleiding van de Bornbeek klaar. Milieubeschermers glunderden, want nu belandde daadwerkelijk minder fosfaat in het meer. Daarbij hadden ze over het hoofd gezien, dat de beek niet langer het fosfaatrijke slik, uit de tijden van het Wirtschaftswunder, dat op de bodem van de Dümmer lag, kon wegspoelen. Het slik

voerde tot weelderige blauwalgengroei. Dat lag echter niet aan het fosfaat uit de Born-beek, het ging zo:

*Fosfaten zijn principieel tamelijk vast aan bodembestanddelen gebonden, daarom vormen ze in de bodem van het meer een depot. De waterplanten, de algen en de bacteriën (en natuurlijk ook de wortelen van de planten aan land) kunnen het voor hen levensbelangrijke fosfaat alleen dan gebruiken, wanneer het in water opgelost ter beschikking staat. Daar zich voortdurend een zekere hoeveelheid losmaakt uit de bodem, is er altijd voor voldoende aanvoer gezorgd. Kritische hoeveelheden fosfaat kunnen echter uit het slik losgemaakt worden, wanneer in hete zomers het zuurstofgehalte van het water sterk afneemt, vooral op de bodem. Dat is een puur natuurkundig-chemisch effect, want hoe lager het zuurstofgehalte des te meer fosfaat lost er op in het water.<sup>100</sup>*

Voor de omleiding van de Bornbeek werd het tamelijk fosfaatrijke water van de Dümmer door het instromende beekwater verdund en verder verspreid, want zijn fosfaat concentratie lag lager als die van de Dümmer. Ook daardoor was de fosfaatbelasting tot aan de Born-omleiding in 2009 steeds minder geworden, waarbij het leeuwendeel echter toekwam aan de slik afzuiging, die sinds 1974 bedreven werd. In 2011 bevatte het slik 75 % minder fosfaat en 50 % nitraat



**Algenbloei in de Dümmer (Niedersachsen)**

*Te veel of te weinig nitraat?*

dan in 1982,150 het was daarmee eerder armer aan deze voedingszouten dan vergelijkbare andere, naar men meent gezondere meren.

Desondanks kwam het in de jaren 2010 tot 2012 in de Dümmer tot weelderige cyanobacteriënbloei met vissterfte – waarvoor de publieke opinie de veronderstelde fosfaat-inbreng vanuit de landbouw aan

de schandpaal genageld werd. Maar ook aan land is het fosfaat tamelijk vast aan bodembestanddelen gebonden. Er zouden dus onvoorstelbare hoeveelheden akkergrond of weiland in het meer gespoeld moeten zijn geweest om de fosfaatwaarden noemenswaardig te verhogen. En van een directe gierstort in de Dümmer kon al helemaal geen sprake zijn. (Wanneer de fosfaatwaarde zich überhaupt een beetje verhoogd zou hebben, dan vanwege de omleiding van de Born-beek).

De Born-beek omleiding bracht echter nog een andere verandering teweeg: Met de beek was ooit ook nitraat in het meer beland. Geringe nitraatgehalten zullen de meeste cyanobacteriën worst zijn, ze kunnen het levensbelangrijke element in geval van nood ook uit de lucht betrekken, waar het in oneindige hoeveelheden ter beschikking staat. "Blauwalgenbloei" kan men door stikstofverlaging dus niet krijgen. Algen en waterplanten sterven daarentegen af bij een nitraattekort en geven geen zuurstof meer af, in plaats daarvan word het opgebruikt, nadat de stervende plantenmassa naar de bodem gezonken zijn en door bacteriën ontbonden worden.

#### **Kunstmatige beademing met nitraat**

Hebben de cyanobacteriën zich massaal vermeerderd, dan sterven ze ook weer massaal af, wanneer de voedingsstoffen verbruikt zijn of de door hen veroorzaakte watervertroebeling tot een lichttekort voert. Zo maken de cycli van de cyanos zichzelf het leven zuur. Wanneer de zeer vlakke Dümmer zich in de zomer dan zeer sterk verhit, dan gaat zijn zuurstofgehalte drastisch omlaag, waterdieren stikken en de biologische zuurstofafname schrijdt voort, totdat het meer in het ergste geval volledig zuurstofloos geworden is.

Gelukkig kunnen de gevolgen van dit scenario gemilderd worden. Bepaalde bacteriën in het water zijn voor het "ademen", dus voor de energiewinning, niet op de in het water opgeloste zuurstof aangewezen. In plaats daarvan gebruiken zij zuurstofatomen, die in het nitraat (NO<sub>3</sub>) opgeslagen zitten. De in het nitraat zittende stikstofatomen zetten ze om tot moleculaire stikstof (N<sub>2</sub>), die dan in de atmosfeer ontsnapt. Denitrificatie is de vakterm voor deze bacteriële kunstgreep, waarop ook de waterwerken in hun waterzuivering berust.

Dankzij de nitraat-energie kunnen deze bacteriën nu minder geliefd organische ontbindingsproducten benutten, zoals ze o.a. bij het uiteenvallen van waterplanten, vissen of cyanobacteriematten ontstaan. Ook de stinkende zwavelwaterstof word afgebroken. Daar de Dümmer door de saneringsinspanningen echter steeds nitraatarmer geworden was, werd op het hoogtepunt van de blauwalgenbloei 2012 een behoorlijke hoeveel-

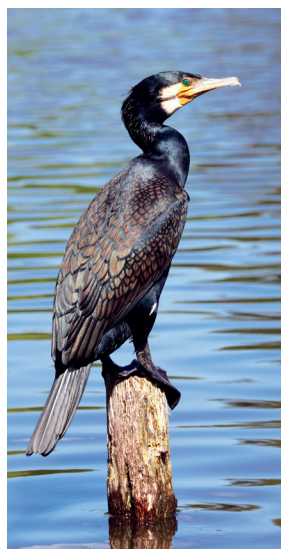
heid nitraat in de vorm van kalksalpeter in het water gekiept. Prompt verdween ook de stank. Omwonenden en badgasten waren blij. Wanneer ze hadden kunnen vermoeden hoe het vergiftigde meer „behandeld“ werd, dan zouden ze van hun geloof af gevallen zijn.

### „Ecologische balans“ heet verandering

Bekijken we de giftige algenbloei nu eens uit het perspectief van de vissen in de Dümmer. De samenstelling van soorten heeft zich in de loop van decennia door menselijk toedoen duidelijk veranderd: Natuurlijk werd er in de Dümmer altijd al gevestigd. Het lekkerste zijn de roofvissen, dus snoek, snoekbaars en baars. Die kwamen op tafel, terwijl de bijvangst, dus de graatrijke witvis weer terug geworpen werd in het meer. De witvissen konden zich nu prachtig vermeerderen, daar hun vraatvijanden steeds verder in getal achteruit gingen. Maar witvissen voeden zich met watervlooien, die zij nu op hun beurt bijna uitroeiden.

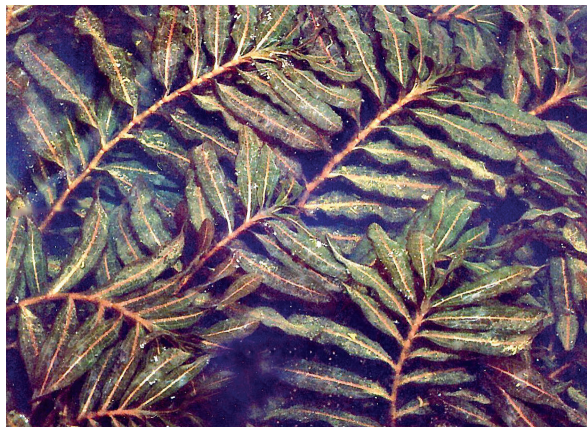
Nu sloeg het uur van de groen- en kiezelalgen, die voorheen gewoon door de watervlooien ijverig werden verzvolgen. Ze bloeiden op – en deze algenbloei kleurde het water groen, steeds minder licht drong nog door, wat de waterplanten zoals fonteinkruid, dus de zuurstofleveranciers van het meer, überhaupt niet behaagde. Ze stierven af en verdwenen al in de 1960-er jaren uit het meer.

Toen keerde de kormoraan terug, want de „visserij-plaag“ mocht in het nieuwe natuurbeschermingsgebied van de Dümmer niet meer geschoten worden en vermeerderde zich explosief. Ondertussen was het fosfaat- en nitraatgehalte van het water zodanig gedaald, dat ook de groene- en kiezelalgen niet meer zo weelderig groeiden. Omdat er geen waterplanten meet warren, waarin de vis dekking kon vinden, konden de kormoranen de gemakkelijke prooi massaal uit het steeds helderder wordende meer halen. Net zo lang, tot ook de oorspronkelijke waterplanten, zoals b.v. het fonteinkruid, in het heldere licht doorlatende water weer prachtig gedijden.



Maar ook het onderwater-oerwoud paste vele Dümmeroeristen niet. Vooral het fonteinkruid (*potamogeton* ssp.) ergerde de zeilers, omdat de weelderige plantmassa al de aanleg van steigers verhinderde. In 2014

werden ze gedeeltelijk afgemaaid en naar biogasinstallaties afgevoerd. Steeds opnieuw verhinderde het onderwateroerwoud, dat cyanobacteriën naar de oevers gedreven werden.



### Biologisch wertvolle Wasserpflanzen ...

... wie das Krause Laichkraut (*Potamogeton crispus*) erregen den Zorn der Badegäste und Segler. Den Fischen dient es dagegen als Deckung, seine Sauerstoffproduktion kommt allen zugute.

Daar deze onderwaterdichtheid de witvissen opnieuw voldoende bescherming boden, vermeerderden zij zich en hielden de watervlooien relatief kort. Zo konden de groene- en kiezelalgen zich opnieuw krachtig vermeerderen. Deze algen op hun beurt vertroebelden het water in de zomer zo erg, dat de meeste cyanobacteriesoorten destijds klaarblijkelijk te weinig licht om te gedijen overbleef. Daar echter de Dümmer een natuurlijk water is, dat voortdurend aan onvoorspelbare veranderingen in de biologische kringloop onderhevig is, dient men daar ook in de toekomst met „blauwalgen-bloei“ rekenen.

### Samenvatting

Tot verdriet van veel milieuexperts is een fosfaat-„overbemesting“ door agrarische veehouderij en wasmiddelen niet de sleutel voor de cyanobacteriebloei. Veel belangrijker is de verhouding tussen nitraat en fosfaat, aldus het resume van het Instituut voor Binnenvisserij in Potsdam: „als oorzaak voor de betreunde massaontwikkeling van blauwalgen [*Cyanoobacteriën*, opm.v.d. red] (...) (komt) de relatieve stikstofarmoede bij gelijktijdige oververzorging met fosfor waarschijnlijk de beslissende betekenis toe-“<sup>24</sup> Verantwoordelijk voor de problemen met de cyanobacteriën zijn dus de milieubeschermers, die geprobeerd hebben de landbouwers met het voorwendsel, dat deze het meer met nitraat houdende gier zouden overbemesten, te ontegenen.

## Een zuiver bedrog

In tegenstelling tot de eerder rijk aan voedingsstoffen vlakke meren van de laaglanden, waartoe ook de Dümmer gerekend wordt, is het Bodenmeer van de Alpenrandgebieden van origine arm aan voedingsstoffen. In zulke zeer diepe, koude en daarom ook op de bodem zuurstofrijke meren (koud water is zuurstofrijker, omdat daarin meer daarvan oplost dan in warmer water) zijn de vangstopbrengsten weliswaar gering, maar daarvoor in de plaats staan hen smakelijke edelvissen zoals de beroemde Bodenmeerhouting (*coregonus wartmanni*) en meerforel, te wachten. Al deze vissoorten hebben een hoge zuurstofbehoefte<sup>119</sup> en komen daarom niet in vlakke, warme "poelen" zoals de Dümmer voor.

Tussen de wereldoorlogen werd de voedingsstoffenarme beklagd door de vissers, die een bemesting eisten. Na de Tweede Wereldoorlog werd echter andere exploitatie belangrijker, zoals de drinkwaterwinning en het toerisme.<sup>100</sup> Tegenwoordig klagen de Bodenmeer vissers over aldoor teruglopende vangsten en beroepen zich erop dat hun vaders zich al met de vis gevoed hebben. Maar hoe zag dat er in werkelijkheid uit?

### Ook toeristen mesten

Ooit was het vissen een hard vak – men voer met roeiboten uit en hief de netten met de hand in de boot. Pas door de inzet van motorboten en lieren werd de visserij iets eenvoudiger, maar nog bij lange na geen snoepbaantje, want de bestanden wisselden van jaar tot jaar extreem sterk.<sup>2</sup> Toen al probeerde men het bestand houtingen door broedbedrijven te verbeteren, die door de vissers met bevrucht forelkuik verzorgd werden. De broedvoorzieningen waren vaak niet meer dan tonnen, die in het washok opgesteld waren gesteld. Overeenkomstig gering was het resultaat, daar de houting koud water met veel zuurstof nodig heeft.<sup>71</sup>

In de jaren van het "Wirtschaftswunder" kwamen er steeds meer toeristen, die per se Bodenmeerhouting wilden eten. Zodoende werden verdere, nu met wetenschappelijke methoden werkende broedinstallaties ingericht, die voor voortdurende aanwas van visbroed zorgden. Die gedijde prachtig, want het meer was intussen door de toestroom ongezuiverd afvalwater als gevolg van de toenemende urbanisatie en het toeristische groen van plankton. In de 50-er jaren ving de vissers vetgemeste forellen, die ogenschijnlijk "uitge-

groeid" maar nog lang niet geslachtsrijp waren voor het meer.<sup>2</sup> Deze vissen ontbraken dan als ouders voor de volgende generatie, en zonder kunstmatig uitgezet visbroed zou de populatie al snel ingekrompen zijn.

### Canadian Club i.p.v. baarzen van de onderzee

Tegenwoordig zijn de grote visvangsten uit de tijd van de zuiveringsinstallatiebouw in de 1970-er jaren geschiedenis, daar de uitgezette visbroed verhongert of hongerige rovers voedt. De huidige generatie vissers begrijpt de wereld niet meer, daar hun vaders toch nog enorme hoeveelheden vis aan land gebracht hadden. Ze eisen – net als hun collega's op andere Alpenmeren met omleidingskanalen – een bemesting op maat, om de algengroei te stimuleren, zodat ze hun beroep verder uit kunnen oefenen.<sup>17,91</sup>

Het door natuurbeschermers verlangde doel naar een "natuurlijke oer-situatie" is met het oog op de mensenmassa, die rondom het meer leven en recreëren, een wereldvreemd idee. Tegelijk is de vraag gewettigd, of het zinvol is, een groot water uit de productie te nemen,

wanneer er afgezien wordt van een fosfaat bemesting. Ook de weidevelden rondom het meer worden niet zelden aan zichzelf overgelaten, zodat ze verwilderen.

Alle vis, die niet meer ter plekke kan opgroeien, moet elders gekweekt en vandaaruit geïmporteerd worden. Ondertussen worden de "Bodenmeerhoutingen" uit Canadese en Finse aquaculturen ingevlogen – de declaratie: "van het Bodenmeer", omdat de importeur daar zijn standplaats heeft.

Met opleggers laten handelaren bovendien baars (*perca fluviatilis*) uit de Baltische landen aanvoeren, die dan als "echte Bodenmeer-baars de menukaarten sieren."<sup>75</sup>

Bij het Bodenmeer heeft zuiver drinkwater altijd voorrang, nog altijd is hij een drinkwaterreservoir voor miljoenen mensen. Dit is echter geen reden daarom de visserij te wurgen. Immers ook bij de huidige zeer lage fosfaatwaardes in het Bodenmeer gedijen cyanobacteriën prachtig, zoals jongstleden in 2014 bij Langenargen.<sup>91</sup>

Waarom ook niet? Zelfs in extreem voedingsstoffenarme, kristalheldere gletsjermereen komt het af en toe tot massale vermeerdering – en ten gevolge daarvan ook tot vergiftigingen, wanneer b.v. koeien uit zulke meren dronken.<sup>121</sup>



Forellen in het Bodenmeer- een zeldzaam beeld.

In het Bodenmeer word nauwelijks nog forel gevangen. Om het meer te beschermen, komt de Bodenmeerhouting tegenwoordig vers uit Canada.

## Voortzetting van pagina 15

giffen beschermen ze zich tegen vraatvijanden.<sup>42</sup> De eilandbewoners bijten de kop van de naaktslakken af, en verorberen deze, halen vervolgens de giftige ingewanden uit de lichamen, en eten deze dan ook op.<sup>202</sup>

- **Vitamine A-zuren:** Bij de grote cyanobloei in het Chinese Taihu-meer stieten analytici op aanzienlijke gehalten aan vitamine-A-zuren (retinolzuren). Retinolzuur is de werkzaamste vorm aan vitamine-A. 39 verschillende cyanobacteriesoorten vormen deze vitamine-A verbindingen.<sup>117</sup> Vitamine-A-zuren beïnvloeden de groei en cel-differentiatie, mechanismen, die bij de embryogenese en het ontstaan van tumoren een belangrijke rol spelen. Retinoïde worden als geneesmiddelen ingezet maar werken bij orale toediening sterk teratogeen.<sup>142</sup>

Deze verbindingen staan al langer onder verdenking aan wat "globale amfibiesterven" is gaan heten - naast chytridiomycose- deelachtig te zijn. Per slot van rekening zijn al kleine hoeveelheden toxisch voor waterorganismen, de amfibieën vertoonden bovendien de voor vitamine-A kenmerkende misvormingen.

Tot dusverre meende men, dat het gehalte aan retinoïden in wateren primair op menselijk rioolwater en gier terug te voeren zou zijn, daar mensen en vee graag en rijkelijk vitaminepreparaten zouden consumeren.<sup>19</sup> Daar niemand de cyanos in het vizier had, werden vitamine-A-residuen als bewijs voor een belasting met fecaliën geïnterpreteerd. Grijzend opperen milieuexperts, dat de antropogene milieuverontreiniging al onberoerd veronderstelde landschappen bereikt heeft, en daar de globale amfibiesterven door hun achtergelaten boodschappen teweeg gebracht hebben.

- **Endotoxinen** zijn een bestanddeel van de celwand van alle gramnegatieve bacteriën, waartoe ook de cyanobacteriën behoren. Voor bacteriële endotoxine (lipopolysaccharide) geldt in het algemeen: Belanden ze, zelfs in kleine hoeveelheden van 1 tot 2 nanogram per kilo in de bloedbaan, b.v. als verontreiniging in de dialysevloeistof. Dan voeren ze tot koorts, bibberen, duizeligheid, braken en bloedstollingsstoornissen, shocktoestanden en soms zelfs tot de dood.

Met de voeding opgenomen endotoxinen veroorzaken normalerwijze ook in hoge doseringen geen vergiftigingen. Over de endotoxine van de cyanobacteriën weet men tot nu toe maar heel weinig.<sup>156</sup>

- **BMAA** ( $\beta$ -N-Methylamino-L-Alanin) is de meest van kleur wisselende cyanotoxine. Dit



### Japanse Sagopalmvaren

*De geliefde sierplant cycas revoluta bevat in alle delen sterke zenuwgiffen. Desondanks word ze naast de echte sagopalm (metroxylon) eveneens voor de vervaardiging van sago benut, wat echter een zorgvuldige ontgiftiging door roosteren en lopen noodzakelijk maakt. De bladeren worden als meststof of als grafdecoratie benut.*

niet-proteïnogene aminozuur word ervan verdacht, oorzaak van hersenbeschadigingen zoals amyotrofe-lateraal-sclerose (ALS). Alzheimer en andere dementieziektes te zijn.<sup>122</sup> BMAA word niet alleen door enkele cyanobacteriën, maar ook door kiezelalgen (diatomeae) en de oorspronkelijke palmvaren (cycadaceae) geproduceerd.<sup>148,170</sup>

De acute orale toxiciteit is voor een cyanotoxine verbazingwekkend laag, in ieder geval bij knaagdieren: Zo overleefden muizen een 30-daagse voering met 28 mg/kg lichaamsgewicht probleemloos. Bij langstaartmaken voerde pas een onrealistische dosis van 96 mg/kg BMAA gedurende 13 weken tot ernstige neurologische storingen.<sup>122</sup> Het is echter nauwelijks mogelijk, dergelijke hoeveelheden opeens met besmet voedsel op te nemen. Daarvoor is de chronische toxiciteit door regelmatig kleine hoeveelheden toe te voeren, des te explosiever.

Zijn werkingswijze stelt men zich op de volgende wijze voor: BMAA overwint de hersenbloedbarrière en accumuleert in het zenuwweefsel, waar het na tientallen jaren de motoneuronen aanvalt, die onze spierbewegingen controleren. In de huid of in de darm, waar zich de cellen vaak delen, wordt het toxine daarentegen bij iedere deling verdund. Daar hersencellen zich amper delen en regenereren, komt het tot een bioaccumulatie.<sup>129</sup>

Daarbij wordt dit aminozuur zowel in vrije vorm opgeslagen alsmede direct in het eiwit ingebouwd – dan presenteert het zich in gebonden vorm. De schade in de hersenen is onomkeerbaar.<sup>201</sup>

Als vrij aminozuur bindt BMAA zich aan glutamaat receptoren (glutamaat is de belangrijkste op de zenuwen werkende neurotransmitter in het brein) en bewerkt een voortdurende opwinding. Dat kan de zenuwcellen beschadigen en af laten sterven.<sup>82</sup> Maar gevaarlijker zouden wel eens de in eiwit gebonden BMAA kunnen zijn, die het ontstaan van plaques, die voor ziektes als alzheimer en parkinson zo kenmerkend zijn, zouden kunnen verklaren: BMAA wordt op de plaats van het aminozuur serin in het eiwit ingebouwd, zodat dit zich niet meer goed vouwen kan. Het klontert en de cel sterft af.<sup>54,82</sup>

## Rise and fall van BMAA

BMAA werd pas in 1967 ontdekt, echter niet in cyanobacteriën, maar in palmvarens van het geslacht cycas.<sup>170</sup> Vruchten en stuifmeel van deze planten worden op het eiland Guam als voedsel benut en werden daar lang als mogelijke oorzaak van een zware neurologische aandoening genaamd ALS-PDC bediscussieerd (zie blz. 25)

Verheven tot cyanotoxine werd BMAA pas in 200: De werkgroep rond de etno-botanicus Paul Alan Cox opperde, dat BMAA niet door de planten zelf, maar door hun endosymbionten geproduceerd wordt, namelijk cyanobacteriën van het geslacht nostoc.<sup>39</sup> Dat veroorzaakte een stortvloed aan publicaties. Voor een deel omdat deze theorie, dat een natuurlijk toxine uit de voeding voor het ontstaan van neurodegeneratieve aandoeningen verantwoordelijk zou kunnen zijn, de wetenschappers inspireerde en voor het andere, omdat men vreesde dat van de alomtegenwoordige cyanobacteriën een aanzienlijk gevaar uit zou kunnen gaan. Tussentijds maakten Cox en andere werkgroepen dan ook bekend, dat nagenoeg alle geteste cyanos BMAA zouden vormen.<sup>40</sup>

Echter deze bevindingen werden spoedig door analisten van naam betwijfeld, want de analyse van BMAA komt moeilijk tot stand we-

gens het bestaan van een chemische dubbelgangers genaamd DABA (2,4-Di-amino-buttersäure).<sup>97,98,154</sup> Tot op heden is het omstredden, welke cyanobacteriesoorten daadwerkelijk BMAA produceren,<sup>10,43,60</sup> ook al omdat er nog een derde “dubbelganger” bestaat, namelijk BAMA.<sup>197</sup>

Ettelijke BMAA-onderzoekers moesten zich zelfs de beschuldiging van onzorgvuldig handelen, zo niet zelfs bedrog, laten welgevalen, omdat ze hun resultaten bedrieglijk gedocumenteerd en geen geldig verklaarde analysemethoden ingezet hadden.<sup>60</sup> Intussen weet men, dat cycas-palmen ook zonder vreemde hulp BMAA vormen.<sup>97,109</sup>

## Tweelingbroer DABA

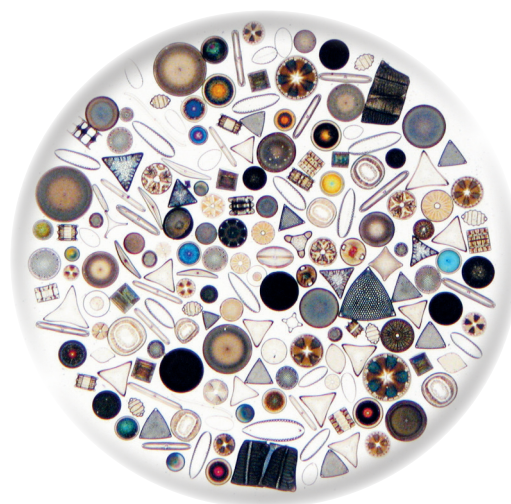
Zou het zich bij de potentiële BMAA in de cyanobacteriën om DABA handelen, is dat nog geen reden om het sein veilig te ge-

ven, want ook DABA is een zenuwgif. Intussen werd de analysetechniek verbeterd en nu is gebleken, dat vele cyanos, waaronder microcystis, niet BMAA, maar DABA produceren.<sup>59</sup> Zeker is, dat in Amerika zowel BMAA als ook DABA voorkomt in waterreservoirs die met cyanobacteriën zijn verontreinigd.<sup>3</sup>

DABA, per maagsonde toegediend, leidde bij ratten eerst tot een verzwakking van de achterbenen, dan tot trillende spie-

ren en eindigt uiteindelijk met de dood.<sup>140</sup> Daar de stof giftig voor de lever is, vermoeden men als oorzaak de neurologische verschijnselen van een verhoogd ammoniakniveau in de hersenen en spieren.<sup>127</sup>

Misschien zouden onderzoekers hun blik meer moeten richten op de wereldwijd in zoet- en zoutwater voorkomende kiezelalgen en dinophyceen, want ook die produceren BMAA.<sup>86</sup> Diatomeeën en dinophyceen vormen als “bos en weide plankton” van de zeeën de basis van de voedselketen. Ze stellen ongeveer de helft van de totale algen-biomassa van de oceanen voor en dientengevolge stapelen hun toxinen zich in zee levende dieren op.



### Kieselalgen

*Ettelijke soorten van de zeer fraaie Diatomee kunnen het BMAA en DABA produceren.*



## Vanuit de kookpot in de hersenpan: gegrilde vliegende hond

Op het Micronesische eiland Guam leden talrijke oorspronkelijke bewoners van het Chamorro-volk aan een neurologische aandoening, die tot verlamming, trillende spieren en dementie voerde – en dat met een frequentie, die een factor 50 tot 100 hoger lag dan de frequentie voor amyotrofe laterale sclerose, een zeer lijkende chronische en dodelijke ziekte. De ziekte van de Chamorro kreeg de naam amyotrofe laterale sclerose-parkinson/dementie-complex (ALS-PDC), door henzelf lytico-bo dig genaamd.<sup>82</sup>

In 1967 viel de op Guam werkende antropologe Marjorie Whiting de verbluffende gelijkenis op tussen de symptomen van lathyrismus en ALS-PDC. Lathyrismus wordt door de niet-proteïnogene aminozuren van diverse peulvruchten, en met name de lathyrus sativus, veroorzaakt, die als goedkope eiwitbron vooral in tijden van nood gegeten werd. Bij de analyse van palmvaren-zaden (cycaden), die door de Chamorro als voedsel en als medicijn gebruikt worden, vond Whiting prompt BMAA.<sup>82</sup> BMAA overleeft zelfs meerdere uren verhitting<sup>74</sup>, voor een acute vergiftiging is het gehalte in palmvaren-meel echter niet voldoende. Kennelijk bleef de chronische toxiciteit hierdoor voor de Chamorro verborgen.



**Vliegende honden**

belanden regelmatig in de kookpot - wanneer ze even geen vruchten eten, nectar snoepen of in de bomen afhangen.

### Indicatieprocessen

De zaden werden echter ook door vliegende honden gegeten, die op hun beurt in de kookpotten van de Chamorro belanden. Volgens de etno-botanicus Paul Alan Cox bevatte de huid van deze vliegende honden (pteropus mariannus) aanzienlijk hogere BMAA-concentraties dan de vlezige mantel van de cycadeezaden.<sup>40</sup> Daaruit ontstond een chronische BMAA-belasting van de Chamorro. Cox en de neuroloog Oliver Sacks vermoeden dat zich in het hersenweefsel BMAA opeenstapelt, wat na een vertragingstijd tot neurale GAU – in dit geval tot ALS-PDC voert.<sup>41</sup>

In een blinde studie vond het team in alle hersenen van Chamorros, die aan ALS-PDC overleden waren, hoge BMAA-concentraties, echter niet in de hersenen van de controlegroep. Deze resultaten zijn niettemin omstreeden. Andere werkgroepen konden geen BMAA in de hersenen van gestorven PDC-patiënten aantonen.<sup>152,43</sup>

### Maar vaker wat nieuws

Tot nu toe bestaat er nog geen bewijs voor, dat BMAA bij

chronische toevoer daadwerkelijk degeneratieve schade aan de zenuwcellen veroorzaakt.<sup>29</sup> Per slot van rekening zijn op Guam nog meer algengiffen onderweg: Het geliefde genot van de roodalgien polycavernoside tsudai had verrassend heftige vergiftigingen veroorzaakt, meerdere personen stierven aan spierkrampen. Verantwoordelijk daarvoor waren polycavernoside. Tot dan toe had die ondanks regelmatige consumptie geen incidenten veroorzaakt.<sup>23</sup>

Ondertussen komen er ook steeds meer aanwijzingen voor een samenhang tussen BMAA of DABA en neurodegeneratieve aandoeningen, op welke manier dan ook.<sup>162</sup> Zo werden er ook verhoogde BMAA-waardes gevonden in de hersenen van twee Canadese patiënten.<sup>120</sup>

Natuurlijk dient de vraag zich aan, hoe Canadezen, die vrijwel zeker nooit platbrood uit palmvaren-meel met gegrilde vliegende hond geconsumeerd hadden, aan hun BMAA gekomen waren. Wellicht namen ze de stof op via hun drinkwater, mosselen -of visgerechten. In het geval van een ALS patiënte uit Florida ligt de oorzaak dichtbij: In zijn favoriete eten, zee kreeft, zijn rijkelijk BMAA als ook DABA aanwezig.<sup>189</sup>

### Slechte mossel, boze haai

De toxine hypothese werd ondersteund door ervaringen uit Frankrijk: BMAA en

andere algengiffen kunnen zich in mosselen, kreeft en slakken opeenhopen.<sup>15,51</sup> In de Zuid-Franse kustprovincie Herault ontdekte men een opeenstapeling van ALS-gevallen: De Thau lagune is de belangrijkste plaats van de mosselproductie en de mosselconsumptie. In de weekdieren vond men hoge concentraties BMAA: In slechte mosselen tot wel 6 mg/kg, in oesters tot wel 1,6 mg/kg.<sup>110</sup> Veruit overtroffen werden ze door de voedings-supplementen uit haaienvinnen met wel 265 mg/kg.<sup>117</sup>

En er zijn nog meer indicaties: Nadat de Chamorro door de bezetting in de Tweede Wereldoorlog aan schietwapens kwamen, groeide de buit aan vliegende honden enorm.<sup>117</sup> In 2001 was hun bestand tot op 400 exemplaren neergeschoten c.q. door de binnen gesleepte bruine-nachtboomslang (Boiga irregularis) gereduceerd.<sup>88</sup> In 2015 telde men op Guam nog 40 dieren.<sup>25</sup> Sindsdien zijn de gevallen van ALS-PDC eveneens sterk afgenomen.<sup>117</sup>



#### Aquakulturen in de Middellandse zee

In mosselen uit de Amvrakikos-golf overschreden de microcystin-residuen de WHO-grenswaarde. De Golf in de Ionische zee is een centrum van aquacultuur.<sup>204</sup>

Dat diatomeeën, die zich met een filigrein skelet uit kiezelzuren beschermen, giften synthetiseren, wist men al langer, want enkele soorten uit het geslacht pseudonitzschia produceren de giftige domoïnezuren.<sup>44</sup> Nemen mosselen deze diatomeeën als voedsel tot zich, dan slaan ze het gif op. De consumptie daarvan voert overigens tot een zware vergiftiging; de “amnesic shellfish poisoning”.<sup>161</sup> „amnesic shellfish poisoning“.<sup>161</sup>

Zweedse onderzoekers kwamen nog meer giftige kiezelalg op het spoor, toen ze zich verbaasden, dat de amyotrofe lateraalsclerose juist in Zweden vaker voorkwam dan elders. Daarom trokken ze het BMAA-spoor na en testten het plankton van de Westkust. Daar bevonden zich BMAA-producenten – hoofdzakelijk diatomeeën.<sup>87</sup>

Bij het onderzoek op marktwaren bereikten Zweedse mytilidae-mosselen topwaarden van 900 µg/kg, gevolgd door 660 µg/kg



#### Platte bonen

De laatste vergiftigings episode in Europa vond in 1943 plaats in Spanje. Vandaag nog worden op het Iberisch schiereiland gerechten uit deze gedroogde bonen bereid. Gewoonlijk vernietigt roosteren of koken het meeste gif. Desondanks komt het steeds weer tot incidenten.

in Franse oesters en 460 µg/kg in Zweedse garnalen. Vis scoorde gelukkig slechts lage gehalten, in haring en schol uit de Oostzee<sup>20</sup> µg/kg. In trekzalm uit Zweedse aquaculturen 10 µg/kg en in kabeljauw, baars en kreeft lagen de waarden onder de aantoonbare grens.<sup>87</sup> Tot nu toe ontbreken grenswaarden voor BMAA, maar de bevindingen maken duidelijk, dat het beter is om van een al te rijkelijke mosselconsumptie af te zien.

## Het Lathyrisme

Even belangrijk zouden de onderzoeken op peulvruchten zijn, die zoals bekend een overvloed aan giftige, niet-proteïenogene aminozuren produceren. Dergelijke afweerstoffen behoren tot hun basistruktuur ter bescherming tegen vraatvijanden.<sup>12,133</sup> Daarbij leven planten met knolbacteriën, de rhizobiën, in symbiose. Althans bij een oude cultuurplant, de rode klaver (*Trifolium alexandrinum*), bevonden zich in de wortelknolletjes naast de rhizobiën ook cyanobacteriën (nostoc)<sup>16</sup> Tot dusverre is echter niet bekend, of deze nostoc daadwerkelijk giftige aminozuren aan de klaver leveren.

De voedzame Indiase erwten (*Lathyrus sativus*) worden vooral in India, Ethiopië en China bij misoogsten gegeten, want grote droogte doet deze groente niets. Helaas roepen ze door hun gehalten aan giftige aminozuren zoals DABA een neurologische aandoening, het lathyrismus op: De slachtoffers lijden aan spierzwaktes, verlammingen en geheugenverlies. Bevat het menu voldoende dierlijk eiwit, dan zijn de Indiase erwten ongiftig.<sup>200</sup>

DABA bevindt zich volgens oudere onderzoeken ook in linzen, erwten, tuinbonen en kekererwten, waarbij de gehalten enorm uiteen liepen.<sup>11,168</sup> Tot de verdachten behoren natuurlijk ook de sojabonen – per slot van rekening nemen met de consumptie van tofu hersenschade en dementie toe.<sup>175,81,178</sup> Dit effect is maar gedeeltelijk op de fyto-oestrogenen terug te voeren. Een inspectie van alle peulvruchten met moderne analysemethoden is dus dringend geboden.

DABA is overigens een bouwsteen van diverse poly-peptide-antibiotica zoals polymyxine B of colistine. Het is daarom geen wonder, dat deze antibiotica bij gevoelige patiënten neurotoxische bijwerkingen zoals verlammingen ontwikkelen.<sup>155</sup>

## De zenuwen bewaren!

Misschien is de veroorzaker van neurodegeneratieve ziektes zoals Parkinson of ALS echter niet alleen BMAA, maar ook zijn chemische dubbelganger DABA. Het is aan-

nemelijk, dat DABA door analysefouten als BMAA ondergebracht werd. Daarmee waren de BMAA-analyses weliswaar incorrect, maar het risico voor de mensen blijft exact hetzelfde zoals door Cox en Sachs beschreven.

ALS is derhalve dus helemaal geen erfelijke ziekte, maar zeer waarschijnlijk een vergiftiging – door besmet drinkwater, door mosselen, vis, linzen of medicamenten. Geldt dat misschien ook voor verwante ziektebeelden zoals Parkinson of Alzheimer? Dat zou dan een revolutie in de wetenschap teweegbrengen.

Naar de mening van de neuroloog Walter Bradley zijn slechts 5 tot 10 procent van ALS, Alzheimer en Parkinson door erfelijke factoren bepaald: “Veel honderden miljoenen dollars zijn er op de zoektocht naar genen met een predispositie uitgegeven, maar ... men zou zich veel sterker op toxinen uit het milieu concentreren”, zo meende hij onlangs.<sup>82</sup> Niet alleen het zenuwpakket van de mensen wordt door Cyanotoxinen & Co aangegrepen, het kan zelfs insecten treffen, wanneer ze pollen of nectar van planten verzamelen, die toxische aminozuren produceren.<sup>203</sup> Zo hoopt BMAA zich op in het zenuwstelsel van bijen, beschadigt hun reukzinnigheid en kan zelfs bijensterfte veroorzaken.<sup>126</sup>

## Voorzichtig in het groene bereik

De uitbreiding van het aantal cyanobacteriën in zoetwater-ecosystemen ontwikkelt zich tot een bedreiging zowel voor de drinkwaterversorgung als ook voor de aquaculturen. Daar komt het al tot verliezen bij vis en garnalen.<sup>23</sup> Daarnaast loopt ook pluimvee zoals ganzen en eenden gevaar.

Daar groenteculturen ook vanuit stilstaande wateren beregend worden, kunnen talrijke vegetabilien cyanotoxinen via de bladeren of wortels opnemen en opslaan,<sup>134,56,73</sup> zoals b.v. graansoorten als rijst, maïs of tarwe, of groenten zoals broccoli, kool en tomaten.<sup>77,94,37</sup>

Onder de granen geldt vooral rijst als zorgkind: In de natte rijstvelden gedijen algenvarens van het geslacht azolla, die met cyanos in trouwe gemeenschap samen leven.<sup>113</sup> Na het verrotten van de varens belanden hun gifstoffen in het water. Tot dusverre liggen de gevolgen voor de gezondheid van rijsteters nog in nevelen gehuld.

Onder de groenten staat de geliefde kropsla in de schandpaal, omdat hij op grond van zijn groot bladoppervlak aanzienlijke hoeveelheden microcystinen uit het beregeningswater opnemen kan; in Groot-Brittannië moesten daarom al kroppen sla van de markt gehaald worden.<sup>116</sup>



### Salatplantage

*De bedrijfsmatige groenteteelt verlangt vaak een intensieve beregening. Het water wordt niet zelden uit vijvers en poelen betrokken. Gewoonlijk laten cyanobacteriën de boeren koud, zolang ze de pompen niet verstoppen. Een dure analyse naar cyanotoxine is vanzelfsprekend uitgesloten.*

Tot dusverre werden cyanotoxinen telkens dan waargenomen, wanneer het tot acute vergiftigingen kwam of zelfs doden te betreuren waren – meestal na het eten van mosselen. Over de gevolgen van regelmatig toegevoerde kleine hoeveelheden heeft zich tot nu toe nauwelijks iemand druk gemaakt. Daar de toxinen bovendien via veel wegen in het eten belanden, zijn ze in de meeste gevallen aan de aandacht ontsnapt. Het is echter een kwestie van tijd, tot ze als oorzaak van neurologische aandoeningen in het vizier van de onderzoekers belanden.

Misschien heeft gewoonweg het ijverige slikken van gezondheidspillen gemaakt uit algen of haaievinnen uit angst voor milieugiften ook iets goeds: Zouden de cyanotoxinen daadwerkelijk de sleutel voor aandoeningen van het centrale zenuwstelsel blijken te zijn, dan zullen ze het snelst zichtbaar worden bij deze vrijwillige “proefkonijnen”.



### Paella

*Beter gezegd een “Paella de tiristas” – met alles wat cyanotoxine bij zou kunnen sturen: Rijst, zeevruchten en groente. Heel anders dan het Valenciaans origineel: Dat bevat weliswaar rijst en bonen, maar in de regel geen zeevruchten, maar onverdachte kip of konijn. ¡Buen provecho!*

1. Aiello et al: Consumer antibacterial soaps: effective or just risky? *Clinical Infectious Diseases* 2007; 45: 137-147
2. Aktions-Bündnis der Verbände der Bodensee-Berufsfischer: Geschichte der Bodenseefischerei. [www.rettet-den-bodensee.net/geschichte.html](http://www.rettet-den-bodensee.net/geschichte.html)
3. Al-Sammak MA et al: Co-occurrence of the cyanotoxins BMAA, DABA and anatoxin-a in Nebraska reservoirs, fish and aquatic plants. *Toxins* 2014; 6: 488-508
4. Annadotter H et al: An extensive outbreak of gastroenteritis associated with the toxic cyanobacterium *Planktothrix agardhii* (Oscillatoriales, Cyanophyceae) in Scania, South Sweden. In: Chorus I (Hrsg.) *Cyanotoxins, Occurrence, Causes, Consequences*. Berlin, Springer 2001: 200-208
5. Araújo R et al: Neurotoxic cyanobacterial toxins. *Toxicon* 2010; 56: 813-828
6. Arbuckle TE et al: Maternal and infant exposure to environmental phenols as measured in multiple biological matrices. *Science of the Total Environment* 2015; 508: 575-584
7. Arthur K et al: The exposure of green turtles (*Chelonia mydas*) to tumor promoting compounds produced by the cyanobacterium *Lynghya majuscula* and their potential role in the aetiology of fibropapillomatosis. *Harmful Algae* 2008; 7: 114-125
8. Azevedo S et al: Human intoxication by microcystins during renal dialysis treatment in Caruaru - Brazil. *Toxicology* 2002; 181/182: 441-446
9. Backer LC et al: Canine cyanotoxin poisonings in the United States (1920s-2012): review of suspected and confirmed cases from three data sources. *Toxins* 2013; 5: 1597-1628
10. Beckmann Sundh U et al (Eds): Analysis, occurrence, and toxicity of  $\beta$ -methylaminoalanine (BMAA). Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2007
11. Bell EA:  $\alpha, \gamma$ -diaminobutyric acid in seeds of twelve species of *Lathyrus* and identification of a new natural amino acid, L-homoarginine, in seeds of other species toxic to man and domestic animals. *Nature* 1962; 193: 1078-1079
12. Bell EA: Nonprotein amino acids of plants: significance in medicine, nutrition, and agriculture. *Journal of Agricultural & Food Chemistry* 2003; 51: 2854-2865
13. Belnap J: The potential roles of biological soil crusts in dryland hydrologic cycles. *Hydrological Processes* 2006; 20: 3159-3178
14. Benedix EH et al: *Urania Pflanzenreich. Viren, Bakterien, Algen, Pilze*. Urania Verlag, Berlin 2000
15. Berry J: Cyanobacterial toxins in food webs: implications for human and environmental health. In: Rodríguez-Morales AJ (Ed): *Current Topics in Public Health*, INTECH 2013: 531-589
16. Bhaskaran S, Venkataraman GS: Occurrence of a blue-green alga in the nodules of *Trifolium alexandrinum*. *Nature* 1958; 181: 277-278
17. Bischof K: Zu wenig Phosphor zerstört die Berufsfischerei. *Schweizer Berufsfischer* 2012; H.1: 46-47
18. Blair BD et al: Pharmaceuticals and personal care products found in the Great Lakes above concentrations of environmental concern. *Chemosphere* 2013; 93: 2116-2123
19. Blaustein AR, Johnson PTJ: Froschsterben: Verstümmelt durch Gülle. *Spektrum der Wissenschaft* 2003 (H.4): 58-62
20. Blom JF, Jüttner F: High crustacean toxicity of microcystin congeners does not correlate with high protein phosphatase inhibitory activity. *Toxicon* 2005; 46: 465-470
21. Bolch CJS et al: Plasmid content and distribution in the toxic cyanobacterial genus *Microcystis* Kützinger ex Lemmermann (Cyanobacteria: Chroococcales). *Phycologia* 1997; 36: 6-11
22. Boopathi T, Ki S-J: Impact of environmental factors on the regulation of cyanotoxin production. *Toxins* 2014; 6: 1951-1978
23. Botana LM (Ed): *Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology, Physiology, and Detection*. CRC, Boca Raton 2014
24. Brämick U et al: Studie über die Möglichkeit fischerlicher Maßnahmen zur Unterstützung der Sanierung des Dümmersee. Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam, 2012
25. Brooke A: Fanihi: Mariana Fruit Bat. *Guampedia* 2015 <http://www.guampedia.com/fanihi-mariana-fruit-bat/>
26. Brunberg AK: Contribution of bacteria in the mucilage of *Microcystis* spp. (Cyanobacteria) to benthic and pelagic bacterial production in a hypereutrophic lake. *FEMS Microbiology Ecology* 1999; 29: 13-22
27. Bundesinstitut für Risikobewertung: Triclosan nur im ärztlichen Bereich anwenden, um Resistenzbildungen vorzubeugen. Stellungnahme Nr. 030/2006 des BfR vom 8. Mai 2006
28. Bundesinstitut für Risikobewertung: Was sind Ciguatera-Vergiftungen (Ciguatera)? Merkblatt, Berlin ohne Jahr
29. Burton A: A long shot? Could neurodegenerative disease be caused by a cyanobacterial toxin? *Lancet Neurology* 2013; 12: 1043-1044
30. Cabeza de Vaca, AN: *La Relación (1542)*. Dunsworth MA, Fernández JB (Übers). Arte Público Press, Houston, Texas 1993
31. Caillaud A et al: Update on methodologies available for ciguatera toxin determination: perspectives to confront the onset of ciguatera fish poisoning in Europe. *Marine Drugs* 2010; 8: 1838-1907
32. Chalew TEA, Halden RU: Environmental exposure of aquatic and terrestrial biota to triclosan and triclorcarban. *Journal of the American Water Resources Association* 2009; 45: 4-13
33. Chan TYK: Ciguatera fish poisoning in East Asia and Southeast Asia. *Marine Drugs* 2015; 13: 3466-3478
34. Chen W et al: Soil-based treatments of mechanically collected cyanobacterial blooms from Lake Taihu: efficiencies and potential risks. *Environmental Science & Technology* 2012; 46: 13370-13376
35. Cherednichenko G et al: Triclosan impairs excitation-contraction coupling and Ca<sup>2+</sup> dynamics in striated muscle. *PNAS* 2012; 109: 14158-14163
36. Christiansen G et al: Nontoxic strains of cyanobacteria are the result of major gene deletion events induced by a transposable element. *Molecular Biology and Evolution* 2008; 25: 1695-1704
37. Corbel S et al: Cyanobacterial toxins: Modes of actions, fate in aquatic and soil ecosystems, phytotoxicity and bioaccumulation in agricultural crops. *Chemosphere* 2014; 96: 1-15
38. Coulborn RM et al: Pharmaceutical and personal care products in the environment and potential risks of emerging antibiotic resistance. In: Halden R: *Contaminants of Emerging Concern in the Environment: Ecological and Human Health Considerations*. ACS Symposium Series, Washington 2010: 367-382

39. Cox PA et al: Biomagnification of cyanobacterial neurotoxins and neurodegenerative disease among the Chamorro people of Guam. *PNAS* 2003; 100: 13380-13383
40. Cox PA et al: Diverse taxa of cyanobacteria produce  $\beta$ -N-methylamino-alanine, a neurotoxic amino acid. *PNAS* 2005; 102: 5074-5078
41. Cox PA, Sacks OW: Cycad neurotoxins, consumption of flying foxes, and ALS-PDC disease in Guam. *Neurology* 2002; 58: 956-959
42. Cruz-Rivera E, Paul VJ: Coral reef benthic cyanobacteria as food and refuge: diversity, chemistry and complex interactions. *Proceedings 9th International Coral Reef Symposium, Bali* 2002; 1: 515-520
43. Delzor A et al: Searching for a link between the L-BMAA neurotoxin and amyotrophic lateral sclerosis: a study protocol of the French BMAALS programme. *BMJ Open* 2014; 4: e005528
44. Dhar BC et al: Molecular detection of a potentially toxic diatom species. *International Journal of Environmental Research & Public Health* 2015; 12: 4921-4941
45. Dhillon GS et al: Triclosan: current status, occurrence, environmental risks and bioaccumulation potential. *International Journal of Environmental Research & Public Health* 2015; 12: 5657-5684
46. Dietrich D, Höger S: Cyanobakterielle Toxine und der Mensch, Hintergründe und Gefahren. *Österreichische Lebensmittelchemiker-Tage, Bregenz* 11. 5. 2004
47. Dietrich D, Höger S: Guidance values for microcystins in water and cyanobacterial supplement products (blue-green algal supplements): a reasonable or misguided approach? *Toxicology and Applied Pharmacology* 2005; 203: 273-289
48. Dixit A et al: Military potential of biological neurotoxins. *Toxin Reviews* 2005; 24: 175-207
49. Dokulil MT, Teubner K: Cyanobacterial dominance in lakes. *Hydrobiologia* 2000; 438: 1-12
50. Doster E et al: Recognition of an important water quality issue at zoos: prevalence and potential threat of toxic cyanobacteria. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 2014; 45: 165-168
51. Downing S et al: The fate of the cyanobacterial toxin  $\beta$ -N-methylamino-L-alanine in freshwater mussels. *Ecotoxicology & Environmental Safety* 2014; 101: 51-58
52. Drobac D et al: Human exposure to cyanotoxins and their effects on health. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju* 2013; 64: 305-316
53. Drury B et al: Triclosan exposure increases triclosan resistance and influences taxonomic composition of benthic bacterial communities. *Environmental Science & Technology* 2013; 47: 8923-8930
54. Dunlop RA et al: The non-protein amino acid BMAA is misincorporated into human proteins in place of L-serine causing protein misfolding and aggregation. *PLOS One* 2013; 8: e75376.
55. Ehling-Schulz M, Scherer S: UV protection in cyanobacteria. *European Journal of Phycology* 1999; 34: 329-338
56. El Khalloufi: Phytotoxic effects of a natural bloom extract containing microcystins on *Lycopersicon esculentum*. *Ecotoxicology & Environmental Safety* 2012; 79: 199-205
57. Engeli B: Annex zur SKLM-Stellungnahme „Microcystine in Algenprodukten zur Nahrungsergänzung“ vom 28. September 2005. Bundesamt für Gesundheit, Sektion Ernährungs- und Toxikologische Risiken, Zürich ohne Jahr
58. Faber S: Saxitoxin and the induction of paralytic shellfish poisoning. *Journal of Young Investigators* 2012; 23: 1-6
59. Fan H et al: Effects of growth conditions on the production of neurotoxin 2,4-diaminobutyric acid (DAB) in *Microcystis aeruginosa* and its universal presence in diverse cyanobacteria isolated from freshwater in China. *Environmental Science and Pollution Research* 2015; 22: 5943-5951
60. Faassen EJ: Presence of the neurotoxin BMAA in aquatic ecosystem: what do we really know? *Toxins* 2014; 6: 1109-1138
61. Fotiou T et al: Photocatalytic degradation of cylindrospermopsin under UV-A, solar and visible light using TiO<sub>2</sub>. Mineralization and intermediate products. *Chemosphere* 2015; 119 Suppl: 89-S94
62. Francis G: Poisonous australian lake. *Nature* 1878; 18: 11-12
63. Franz S et al: What contributes to the sensivity of microalgae to triclosan? *Aquatic Toxicology* 2008; 90: 102-108
64. Friedman MA et al: Ciguatera fish poisoning: treatment, prevention and management. *Marine Drugs* 2008; 6: 456-479
65. Frohne D, Pfänder H-J: *Giftpflanzen. Ein Handbuch für Apotheker, Ärzte, Toxikologen und Biologen.* WVG, Stuttgart 2004
66. Ganf GG, Oliver RL: Vertical separation of light and available nutrients as a factor using replacement of green algae by blue green algae in the plankton of a stratified lake. *Journal of Ecology* 1982; 70: 829-844
67. Gatti C et al: Severe seafood poisoning in French Polynesia: a retrospective analysis of 129 medical files. *Toxicon* 2008; 51: 746-753
68. Gilroy DJ et al: Assessing potential health risks from microcystin toxins in blue-green algae dietary supplements. *Environmental Health Perspectives* 2000; 108: 435-439
69. Golubić S: *Algenvegetation der Felsen. Die Binnengewässer, v 23. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart* 1967
70. Gosselin RE et al: *Clinical Toxicology of Commercial Products.* Williams & Wilkins, Baltimore 1976
71. Grim J: Zur Geschichte der „künstlichen Erbrütung“ von Blaualgen. *Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung. Stettner, Lindau* 1983; 101: 131-148
72. Grützmacher G et al: Cyanobakterientoxine bei der Uferfiltration: Unter welchen Umständen ist ihre Elimination sicher? *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz* 2007; 50: 345-353
73. Gutiérrez-Praena D et al: Exposure of *Lycopersicon esculentum* to microcystin-LR: effects in the leaf proteome and toxin translocation from water to leaves and fruits. *Toxins* 2014; 6: 1837-1854
74. Gutierrez-Praena D et al: Presence and bioaccumulation of microcystins and cylindrospermopsin in food and the effectiveness of some cooking techniques at decreasing their concentrations: a review. *Food & Chemical Toxicology* 2013; 53: 139-152
75. Haas S: Land in Sicht für Bodenseefischer. *Südkurier* 11. 8. 2015
76. Halden RU: On the need and speed of regulating triclosan and triclocarban in the United States. *Environmental Science & Technology* 2014; 48: 3603-3611
77. Hereman TC et al: Bioaccumulation of microcystins in lettuce. *Journal of Physiology* 2012; 48: 1535-1537
78. Hilborn ED et al: Sublethal microcystin exposure and

- biochemical outcomes among hemodialysis patients. *PLoS One* 2013; 8: e69518
79. Ho L et al: Fate of cyanobacteria and their metabolites during water treatment sludge management processes. *Science of the Total Environment* 2012; 424: 232-238
  80. Hoeger SJ: Problems During Drinking Water Treatment of Cyano-bacterial Loaded Surface Waters: Consequences for Human Health. Dissertation, Universität Konstanz 2003
  81. Hogervorst E et al: High tofu intake is associated with worse memory in elderly Indonesian men and women. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders* 2008; 26: 50-57
  82. Holtcamp W: The emerging science of BMAA: Do cyanobacteria contribute to neurodegenerative disease? *Environmental Health Perspectives* 2012; 120: A111-A116
  83. Hoque ME et al: Removal of selected pharmaceuticals, personal care products and artificial sweetener in an aerated sewage lagoon. *Science of the Total Environment* 2014; 487: 801-812
  84. Howes D, Black JG: Percutaneous absorption of triclocarban in rat and man. *Toxicology* 1976; 6: 67-76
  85. Jančula D et al: Survey of cyanobacterial toxins in Czech water reservoirs-the first observation of neurotoxic saxitoxins. *Environmental Science & Pollution Research International* 2014; 21: 8006-8015
  86. Jiang L et al: Diatoms: A novel source for the neurotoxin BMAA in aquatic environments. *PLoS One* 2014; 9: e84578
  87. Jiang L et al: Quantification of neurotoxin BMAA ( $\beta$ -methylamino-L-alanine) in seafood from Swedish markets. *Scientific Reports* 2014; 4: 6931
  88. Johnson NC, Wiles GJ: Population size and natural history of Mariana fruit bats (Chiroptera: Pteropodidae) on Sarigan, Mariana Islands. *Pacific Science* 2004; 58: 585-596
  89. Kaasalainen U et al: Cyanobacteria produce a high variety of hepatotoxic peptides in lichen symbiosis. *PNAS* 2012; 109: 5886-5891
  90. Kanetoshi A et al: Formation of polychlorinated dibenzo-p-dioxin from 2,4,4'-trichloro-2'-hydroxydiphenyl ether (irgasan® DP300) and its chlorinated derivatives by exposure to sunlight. *Journal of Chromatography* 1988; 454: 145-155
  91. Keckl G: Verwirrspiel Dämmersanierung. 31.10.2014 <http://www.keckl.de/texte/D%C3%BCmmer%20Sanierung%20Verwirrspiel.pdf>
  92. Kemsley J: Triclosan under the microscope. *CE&N* 2010; 92 Nr. 25: 10-13
  93. Kinnear S: *Cylindrospermopsis*: a decade of progress on bioaccumulation research. *Marine Drugs* 2010; 8: 542-564
  94. Kittler K et al: Nachweis der Resorption des Cyanotoxins *Cylindrospermopsis* durch Brassica-Arten. *Lebensmittelchemie* 2013; 67: 116-117
  95. Koenigswald W von et al: Cyanobacteria and seasonal death: A new taphonomic model for the Eocene Messel lake. *Paläontologische Zeitschrift* 2004; 78: 417-424
  96. Krienitz et al: Contribution of hot spring cyanobacteria to the mysterious deaths of lesser flamingos at Lake Bogoria, Kenya. *FEMS Microbiology Ecology* 2003; 43: 141-148
  97. Krüger T et al: LC-MS/MS determination of the isomeric neurotoxins BMAA ( $\beta$ -N-methylamino-L-alanine) and DAB (2,4-diaminobutyric acid) in cyanobacteria and seeds of *Cycas revoluta* and *Lathyrus latifolius*. *Toxicon* 2010; 55: 547-557
  98. Krüger T et al: The origin of  $\beta$ -methylaminoalanine (BMAA): Cycads and / or cyanobacteria? *Journal of Endocytobiosis and Cell Research* 2012: 29-36
  99. Kurmeyer R, Jüttner: Strategies for the co-existence of zooplankton with the toxic cyanobacterium *Planktothrix rubescens* in Lake Zürich. *Journal of Plankton Research* 1999; 21: 659-683
  100. Lampert W, Sommer U: *Limnökologie*. Thieme, Stuttgart 1999
  101. Lawrence JR et al: Comparative microscale analysis of the effects of triclosan and triclocarban on the structure and function of river biofilm communities. *Science of the Total Environment* 2009; 407: 3307-3316
  102. Lawrence JR et al: Resilience and recovery: the effect of triclosan exposure timing during development, on the structure and function of river biofilm communities. *Aquatic Toxicology* 2015; 161: 253-266
  103. Lecointre G, Le Guyader H: *Biosystematik*. Springer, Berlin 2001
  104. Lévesque B et al: Prospective study of acute health effects in relation to exposure to cyanobacteria. *Science of the Total Environment* 2014; 466-467: 397-403
  105. Li X-B et al: Alterations in neurobehaviors and inflammation in hippocampus of rats induced by oral administration of microcystin-LR. *Environmental Science & Pollution Research* 2014; 21: 12419-12425
  106. Lürling M et al: Effects of the cyanobacterial neurotoxin  $\beta$ -N-methylamino-L-alanine (BMAA) on the survival, mobility and reproduction of *Daphnia magna*. *Journal of Plankton Research* 2011; 33: 333-342
  107. Macherius A et al: Metabolization of the bacteriostatic agent triclosan in edible plants and its consequences for plant uptake assessment. *Environmental Science & Technology* 2012; 46: 10797-10804
  108. Manganello M et al: Emerging health issues of cyanobacterial blooms. *Annali dell'Istituto Superiore Sanità* 2012; 48: 415-428
  109. Marler TE et al: *Cycas micronesica* (Cycadales) plants devoid of endophytic cyanobacteria increase  $\beta$ -methylamino-L-alanine. *Toxicon* 2010; 56: 563-568
  110. Masseret M et al: Dietary BMAA exposure in an amyotrophic lateral sclerosis cluster from southern France. *PLoS One* 2013; 8: e83406
  111. Miller M et al: Evidence for a novel harmful algal bloom: cyanotoxin (microcystin) transfer from land to sea otters. *PLoS One* 2010; 5: e12576
  112. Mebs D: *Gifftiere*. WVG, Stuttgart 2000
  113. Meeks JC, Elhai J: Regulation of cellular differentiation in filamentous cyanobacteria in free-living and plant-associated symbiotic growth states. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 2002; 66: 94-121
  114. Merel S et al: State of knowledge and concerns on cyanobacterial blooms and cyanotoxins. *Environment International* 2013; 59: 303-327
  115. Metcalf JS et al: Cyanotoxins in desert environments may present a risk to human health. *Science of the Total Environment* 2012; 421-422: 118-123
  116. Metcalf JS, Codd GA: *A Review of Current Knowledge: Cyanobacterial Toxins (Cyanotoxins) in Water*. Foundation for Water Research, Marlow 2014
  117. Mondo K et al: Environmental neurotoxins  $\beta$ -N-methylamino-L-alanine (BMAA) and mercury in shark cartilage dietary supplements. *Food & Chemical Toxicology* 2014; 70: 26-32
  118. Monson et al: Conservation implications of Cha-

- morro consumption of flying foxes as a possible cause of amyotrophic lateral sclerosis-parkinsonism dementia complex in Guam. *Conservation Biology* 2003; 17: 678-686
119. Müller H: *Fische Europas*. dtv, München 1983
120. Murch SJ et al: Occurrence of  $\beta$ -methylamino-L-alanine (BMAA) in ALS/PDC patients from Guam. *Acta Neurologica Scandinavica* 2004; 110: 267-269
121. Naegeli H, Kupper J: Vergiftungen durch toxische Cyanobakterien. In: Aschenbach J et al: *Proceedings 4. Leipziger Tierärztekongress*. Leipzig 2008: 167-169
122. National Toxicology Program: *Chemical Information Review Document for L- $\beta$ -Methylaminoalanine* [CAS No. 15920-93-1]. Research Triangle Park, NC, 2008
123. Neubauer U: T-Shirts mit Nebenwirkungen. *NZZ* 24.8.2005
124. Neumegen RA et al: Toxicities of triclosan, phenol and copper sulfate in activated sludge. *Environmental Toxicology* 2005; 20: 160-164
125. NLWKN: *Dümmer. Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer, Teil B Stillgewässer Anhang II – Seeberichte. Wasserrahmenrichtlinie Band 3. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Hannover o.J.*
126. Okle O et al: The cyanobacterial neurotoxin beta-N-methylamino-L-alanine (BMAA) induces neuronal and behavioral changes in honeybees. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2013; 270: 9-15
127. O'Neal RM et al: The 'neurotoxicity' of L-2,4-diaminobutyric acid. *Biochemical Journal* 1968; 196: 699-706
128. Orvos DR et al: Aquatic toxicity of triclosan. *Environmental Toxicology & Chemistry* 2002; 21: 1338-1349
129. Pablo J et al: Cyanobacterial neurotoxin BMAA in ALS and Alzheimer's disease. *Acta Neurologica Scandinavica* 2009; 120: 216-225
130. Paerl HW, Otten TG: Harmful cyanobacterial blooms: causes, consequences, and controls. *Microbial Ecology* 2013, 65: 995-1010
131. Paerl HW, Otten TG: Blooms bite the hand that feeds them. *Science* 2013; 342: 433-434
132. Paerl HW: Microscale physiological and ecological studies of aquatic cyanobacteria: macroscale implications. *Microscopy Research and Technique* 1996; 33: 47-72
133. Peña-Chocarro L, Zapata Peña L: History and traditional cultivation of *Lathyrus sativus* L. and *Lathyrus cicera* L. in the Iberian peninsula. *Vegetation History and Archaeobotany* 1999; 8: 49-52
134. Peuthert A et al: Uptake of microcystins-LR and -LF (cyanobacterial toxins) in seedlings of several important agricultural plant species and the correlation with cellular damage (lipid peroxidation). *Environmental Toxicology* 2007; 22: 436-442
135. Pintado-Herrera MG et al: Determining the distribution of triclosan and methyl triclosan in estuarine settings. *Chemosphere* 2014; 95: 478-485
136. Plaetzer K et al: The microbial experience of environmental phosphate fluctuations. An essay on the possibility of putting intentions into cell biochemistry. *Journal of Theoretical Biology* 2005; 235: 540-554
137. Pycke BF et al: Human fetal exposure to triclosan and triclocarban in an urban population from Brooklyn, New York. *Environmental Science & Technology* 2014; 48: 8831-8838
138. Qiu T et al: The profound effects of microcystin on cardiac antioxidant enzymes, mitochondrial function and cardiac toxicity in rat. *Toxicology* 2009; 257: 86-94
139. Raikhlin-Eisenkraft B et al: Ciguatera-like poisoning in the Mediterranean. *Veterinary & Human Toxicology* 1988; 30: 582-583
140. Ressler C et al: Isolation and identification of neuroactive factor from *Lathyrus latifolius*. *Science* 1961; 134: 188
141. Rohrlack T et al: Role of microcystins in poisoning and food ingestion inhibition of *Daphnia galeata* by the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Applied and Environmental Microbiology* 1999; 65: 737-739
142. Rossoff IS: *Encyclopedia of Clinical Toxicology*. Parthenon, London 2001
143. Rüdell H et al: Retrospective study of triclosan and methyl-triclosan residues in fish and suspended particulate matter: results from the German environmental specimen bank. *Chemosphere* 2013; 91: 1517-1524
144. Runnegar M et al: Microcystin uptake and inhibition of protein phosphatases: effects of chemoprotectants and self-inhibition in relation to known hepatic transporters. *Toxicology & Applied Pharmacology* 1995; 134: 264-272
145. Schebb NH et al: Investigation of human exposure to triclocarban after showering and preliminary evaluation of its biological effects. *Environmental Science & Technology* 2011; 45: 3109-3115
146. Schebb NH et al: Oxidative metabolism of the antibacterial triclocarban by CYP1A1 and CAP1B1 leads to reactive metabolites. *Lebensmittelchemie* 2013; 67: 115-116
147. Schmidt JR et al: The fate of microcystins in the environment and challenges for monitoring. *Toxins* 2014; 6: 3354-3387
148. Schneider D et al: Cycads: their evolution, toxins, herbivores and insect pollinators. *Naturwissenschaften* 2002; 89: 281-294
149. Schumacher T: *Deutschlands Anteil an der Eutrophierung der Ostsee*. Universität Kiel, Oktober 2009
150. Schuster HH: *Zur limnologischen Situation des Dümmer. Aktuelle Untersuchungsergebnisse des Seemonitorings 2012*. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Sulingen
151. Seawright AA et al: The oral toxicity for mice of the tropical cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska). *Environmental Toxicology* 1999; 14: 135-142
152. Shah V et al: *Topical Drug Bioavailability, Bioequivalence, and Penetration*. Springer 2015
153. Snyder LR et al: Development and application of a comprehensive two-dimensional gas chromatography with time-of-flight mass spectrometry method for the analysis of L- $\beta$ -methylamino-alanine in human tissue. *Journal of Chromatography A* 2010; 1217: 4639-4647
154. Snyder LR, Marler TE: Rethinking cycad metabolite research. *Communicative & Integrative Biology* 2011; 4: 86-88
155. Spencer PS, Schaumburg HH: *Experimental and Clinical Neurotoxicology*. Oxford University Press, New York 2000
156. Stewart I et al: Cyanobacterial lipopolysaccharides and human health. *Environmental Health* 2006; 5: e7
157. Stüken A et al: Distribution of three alien cyanobacterial species (Nostocales) in northeast Germany: *Cylindrospermopsis raciborskii*, *Anabaena bergii* and *Aphanizomenon aphanizomenoides*. *Phycologia* 2006; 45: 696-703
158. Svirčev Z et al: Molecular aspects of microcystin-induced hepatotoxicity and hepatocarcinogenesis. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*: 2010; 28: 39-59

159. Svirčev Z et al: Freshwater cyanobacterial blooms and primary liver cancer epidemiological studies in Serbia. *Journal of Environmental Science & Health, Part C* 2009; 27: 36–55
160. Sytnikov DM et al: Physiological reaction of legume plants to inoculation with algal-rhizobial associations. *Acta Agronomica Hungarica* 2009; 57: 239-244
161. Teuscher E, Lindequist U: *Biogene Gifte*. Gustav Fischer, Stuttgart 1994
162. Torbick N et al: Mapping amyotrophic lateral sclerosis lake risk factors across northern New England. *International Journal of Health Geographics* 2014; 13: e1
163. Ueno Y et al: Detection of microcystins, a blue-green algal hepatotoxin, in drinking water sampled in Haimen and Fusui, endemic areas of primary liver cancer in China, by highly sensitive immunoassay. *Carcinogenesis* 1996; 17: 1317–1321
164. Umweltbundesamt: *Cyanocenter Entscheidungssystem: Hintergrundinformation Cyanotoxine*. Berlin 2015
165. Umweltbundesamt: *Meeresschutz darf etwas kosten. Umweltbundesamt: Bürger wollen für saubere Ostsee mehr zahlen*. Dessau-Roßlau, Pressemitteilung 2.7.2012
166. van den Hoek C: *Algen*. Thieme, Stuttgart 1993
167. van Deventer M et al: *Karenia brevis* red tides and brevetoxin-contaminated fish: a high risk factor for Florida's scavenging shorebirds? *Botanica Marina* 2011; 55: 31-37
168. van Etten CH, Miller RW: The neuroactive factor alpha-gamma diaminobutyric acid in angiospermous seeds. *Economic Botany* 1963; 17: 107-109
169. Vasconcelos V.M, Pereira M: Cyanobacteria diversity and toxicity in a wastewater treatment plant (Portugal). *Water Research* 2001; 35: 1354–1357
170. Vega A, Bell EA:  $\alpha$ -amino- $\beta$ -methyl aminopropionic acid, a new amino acid from seeds of *Cycas circinalis*. *Phytochemistry* 1967; 6: 759-762
171. von der Ohe CP et al: Triclosan - the forgotten priority substance? *Environmental Science & Pollution Research* 2012; 19: 585-591
172. Waajen GW et al: *Eutrophic urban ponds suffer from cyanobacterial blooms: Dutch examples*. *Environmental Science & Pollution Research International* 2014; 21: 9983-9994
173. Walsby AE et al: *The Burgundy-blood phenomenon: a model of buoyancy change explains autumnal waterblooms by *Planktothrix rubescens* in Lake Zürich*. *New Phytologist* 2005; 169: 109-122
174. Walsh PJ et al: *Oceans and Human Health: Risks and Remedies from the Sea*. Academic Press, Burlington 2008
175. White LR et al: Brain aging and midlife tofu consumption. *Journal of the American College of Nutrition* 2000; 19: 242-255
176. Wilson BA et al: Effects of three pharmaceutical and personal care products on natural freshwater algal assemblages. *Environmental Science & Technology* 2003; 37: 1713–1719
177. Wu X et al: Cyanobacteria blooms produce teratogenic retinoic acids. *PNAS* 2012; 109: 9477-9482
178. Xu X et al: Tofu intake is associated with poor cognitive performance among community-dwelling elderly in China. *Journal of Alzheimer's Disease* 2015; 43: 669-675
179. Yang LH et al: Growth-inhibiting effects of 12 antibacterial Agents and their mixtures on the freshwater microalga *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 2008; 27: 1201-1208
180. Yasumoto T: Fish poisoning due to toxins of microalgal origins in the Pacific. *Toxicol* 1998; 36: 1515-1518
181. Wood SA, Dietrich DR: Quantitative assessment of aerosolized cyanobacterial toxins at two New Zealand lakes. *Journal of Environmental Monitoring* 2011; 13: 1617-1624
182. Young TA et al: Ab initio and in situ comparison of caffeine, triclosan, and triclocarban as indicators of sewage-derived microbes in surface waters. *Environmental Science & Technology* 2008; 42: 3335-3340
183. Yu S et al: The relationship between cyanotoxin (microcystin, MC) in pond-ditch water and primary liver cancer in China. *Zhonghua Zhong Liu Za Zhi* 2001; 23: 96-99
184. Yueh M-F et al: The commonly used antimicrobial additive triclosan is a liver tumor promoter. *PNAS* 2014; 111: 17200-17205
185. Zamyadi A et al: Fate of toxic cyanobacterial genera from natural bloom events during ozonation. *Water Research* 2015; 73: 204-215
186. Zhang H et al: Multi-residue analysis of legacy POPs and emerging organic contaminants in Singapore's coastal waters using gas chromatography–triple quadrupole tandem mass spectrometry. *Science of the Total Environment* 2015; 523: 219-239
187. Zhang P et al: Determination of triclosan and triclocarban in human breast milk by solid-phase extraction and ultra performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Wei Sheng Yan Jiu* 2015; 44: 294-298
188. Anon: *Empfehlung zum Schutz von Badenden vor Cyanobakterien-Toxinen*. *Bundesgesundheitsblatt* 2015; 58: 908-920
189. Banack SA et al: Detection of cyanobacterial neurotoxin  $\beta$ -N-methylamino-L-alanine within shellfish in the diet of an ALS patient in Florida. *Toxicol* 2014; 90: 167-173
190. Barda I et al: Bioaccumulation of hepatotoxins - a considerable risk in the Latvian environment. *Environmental Pollution* 2015; 196: 313-320
191. Cadel-Six S et al: Detection of free and covalently bound microcystins in different tissues (liver, intestines, gills, and muscles) of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by liquid chromatography–tandem mass spectrometry: method characterization. *Environmental Pollution* 2014; 185: 333-339
192. Dando SJ et al: Pathogens penetrating the central nervous system: infection pathways and the cellular and molecular mechanisms of invasion. *Clinical Microbiology Reviews* 2014; 27: 691-726
193. Forth W et al: *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. Elsevier, München 2013
194. Funari E, Testai E: Human health risk assessment related to cyanotoxin exposure. *Critical Reviews in Toxicology* 2008; 38: 97-125
195. Gill DM: Bacterial toxins: a table of lethal amounts. *Microbiological Reviews* 1982; 46: 86-94
196. Gu S, Jin R: Assembly and function of the botulinum neurotoxin progenitor complex. *Current Topics in Microbiology & Immunology* 2013; 364: 21-44
197. Jiang L et al: Selective LC-MS/MS method for the identification of BMAA from its isomers in biological samples. *Analytical & Bioanalytical Chemistry* 2012; 403: 1719-1730
198. Larsson T, Tjälve H: Intranasal instillation of aflatoxin B<sub>1</sub> in rats: Bioactivation in the nasal mucosa and neuronal transport to the olfactory bulb. *Toxicological Sciences* 2000; 55: 383-391

**Fortsetzung Literatur S.39**



# „Golden Rice“

## Zegen, Propaganda of Naiviteit?

door Sandro Christensen en Udo Pollmer

*De discussie over de Golden Rice vindt maar geen einde. Door Ingo Potrykus en Peter Beyer door gen-techniek ontwikkelt, hoopt men met deze planten eindelijk armoedeziektes, en speciaal de blindheid onder kinderen in ontwikkelingslanden, te kunnen bestrijden. Wat de voorstanders als humanitair project beschouwen, houden Greenpeace & Co voor een bedreiging die alleen uit kan lopen in een catastrofe. Hoe nuttig is de Gouden Rijst nu werkelijk?*

„Om vermijdbare risico's te mijden“, zo spotte de statisticus Walter Krämer, „gaan mensen grote risico's aan“. Als voorbeeld noemt hij de „grote paniek om pesticide in babygroente“, beter gezegd in babyvoeding in glas van de firma Schlecker: „De moeders rennen naar de markt, en maken hun groente zelf, niet wetend, dat in Duitse marktgroenten een 200 maal hogere concentratie schadelijke stoffen aanwezig mag zijn en ook zit, dan in het ergste, verontreinigde Schlecker groente gevonden is.“<sup>22</sup> Natuurlijk is ook het „risico“ door marktgroente niet van belang, het is alleen puur reken technisch groter. Het voorval is weliswaar al een paar jaar geleden, maar nog altijd instructief.

Risico's laten zich afhankelijk van het systeem nooit volledig uit de wereld helpen. En ze verlangen gewoonlijk een afweging. Zo ook in het geval van de Gouden Rijst, een

gen-technisch geproduceerde variëteit, die op grond van haar gehalte aan  $\beta$ -caroteen oranjegeel kleurt. Ze moet helpen om bij kinderen in de 3e wereld de verbreide xeroftalmie, die tot blindheid voeren kan, te voorkomen. Als oorzaak geldt een tekort aan vitamine A. Dit wordt in het lichaam uit het, bij de meeste mensen alleen uit wortels bekende,  $\beta$ -caroteen gevormd. Daar rijst op veel plaatsen een basisvoedsel is, blinkt de oplossing uit door zijn eenvoud. Daarbij is een overdosering, zoals met vitamine A tabletten, met rijst niet mogelijk.

### Duivelswerk

Natuurlijk provoceerde dit de tegenstanders van gen-techniek, die hun angstcampagnes in gevaar zagen komen: De rijst zou een „Trojaans paard“ zijn, dient ogenschijnlijk een goed doel en zou zodoende de acceptatie van gen-techniek kunnen verhogen.<sup>38</sup> Zover komt het nog! Ze adviseren mensen zonder middelen, om i.p.v. „gen-rijst“ te eten, liever groenten in eigen tuin te gaan kweken. Een cynisch idee, vond de uitvinder van de Golden Rice, de Zwitser Ingo Potrykus. Wanneer de mensen zonder middelen al geen rijst hebben, moeten ze dan worteltjes-taart gaan eten?

De gentechniek tegenstanders demoniseerden de carotine-rijst met groteske beweringen: „De inherente instabiliteit van transgen DNA en pollenvlucht maken besmetting van planten in de omgeving niet alleen mogelijk, maar uiterst waarschijnlijk. (...) Golden Rice zou tegen het dringende advies van vele wetenschappers in het centrum van de



*Een schaalje Golden Rice*

*Niet per se voedzamer, maar zeker bonter*

rijst-verscheidenheid in Zuidoost-Azië verbouwd worden. Met zekerheid moet men dan rekenen met een besmetting van de nog voorhanden zijnde veelvoud aan rijstsoorten. Een niet meer goed te maken schade aan de basis voor verdere rijstkweek.<sup>23</sup>

In Azië komen voortdurend nieuwe rijstsoorten op de markt – zonder dat zich ergens iemand over de vooruitgang op zou winden. Natuurlijk ontstaan deze variëteiten door klassieke mutatiekweek of moderne gentechniek, beide methodes zijn bij de tegenwoordig verbouwde rijst standaard.<sup>41</sup> Dankzij nieuwe superrijstsoorten lukte het de laatste jaren, het aantal hongerenden en ondervoeden met honderden miljoenen te verminderen.<sup>40</sup> Wat een triomf! Echter, dat ziet niet iedereen zo.

Greenpeace liet met een persmelding verkondigen, dat ze “gealarmeerd waren over GMO-experimenten op kinderen – met steun van de Verenigde Naties.” Hierin werd een Greenpeace medewerker uit Azië geciteerd: “De volgende proefkonijnen, waarop de Golden Rice getest word, kunnen kinderen op de Filipijnen zijn. Moeten wij ons zelf niet keren tegen een proef op mensen?”<sup>42</sup> Tegelijk mikken de Greenpeace medewerkers op tijdwinst, verlangen steeds weer nieuwe studies met zo mogelijk lange looptijden en wijzen op hun websites plichtsgetrouw proefdieronderzoek af..



**Slum in Ahmedabad (India)**

*Vitamine A-tekort? Hup de tuin in, verse worteltjes uit de humus trekken en met een likje boter serveren – als het volgens Greenpeace zou gaan.*

## Donatie-slachtoffers

Greenpeace moest zich vervolgens het verwijt laten welgevallen, er mede schuldig aan te zijn dat talloze kinderen blind geworden waren. De door Greenpeace verlangde

staatsprogramma's voor de verstrekking van vitamine A capsules aan kinderen voegt volgens Potrykus niet veel toe, omdat de distributie in de slums natuurlijk niet functioneert. Echter juist daar zijn de gezondheidsproblemen, waarvoor  $\beta$ -caroteen bescherming moet bieden.<sup>38</sup>

De onderzoekers gaat het ondertussen om meer: “Vitamine A-tekort betreft ongeveer 19 miljoen zwangeren en 190 miljoen kleine kinderen, voor het merendeel in Afrika en Zuidoost-Azië. Dit tekort is met 500.000 gevallen per jaar de hoofdoorzaak voor het blind worden van kinderen. Zonder behandeling sterft ongeveer de helft van hen. Pas sinds kort werd het vitamine A gebrek als een voedsel gerelateerd immuun-tekort-syndroom erkent, dat jaarlijks voor een tot twee miljoen sterfgevallen, voor het merendeel kleine kinderen, verantwoordelijk is.” Het aantal sterfgevallen oversteeg in 2010 globaal “het aantal sterfgevallen door HIV/AIDS of tuberculose of malaria. Een hoge sterfte onder 5-jarigen en grote armoede zijn nauw met een vitamine A tekort verbonden.”<sup>11</sup>

Uiteindelijk insinueerden de ngo's dat de onderzoekers zich alleen aan de armsten der armen wilden verrijken doordat ze hen gen-zaadgoed aan wilden praten. Het verwijt “aasgieren” schoven de kwekers met een royale geste opzij: De uitvinders en alle daaraan deelnemende ondernemingen zien af van de hun toekomstige royalty's, die in het kader van de octrooirechten voor ieder zaadgoed – ongeacht verkregen met of zonder gentechniek – aan de kwekers betaald dienen te worden. De rijst word gratis door de publieke sector aan de boeren verstrekt en kan believen vaker aangevuld worden. Tenminste zolang een rijstteler met deze soort per jaar niet meer dan 10.000 dollar winst maakt.<sup>39</sup>

Apropos verrijking: Potrykus verwijst naar Jay Byrne, die een tiental jaren geleden de financiële middelen van de biotechnologie-tegenstanders berekent heeft. Volgens haar werden destijds “jaarlijks rond 1 miljard Zwitserse franken ter bestrijding van biotechnologie uitgegeven.”<sup>10</sup> Greenpeace en andere ngo's kunnen hun mening echter nauwelijks veranderen, “want er staan”, aldus Potrykus, “grote financiële belangen op het spel. Vele mensen en regeringen doneren geld, omdat ze willen, dat men de planten gentechnologie bestrijd. Greenpeace, om maar bij dit voorbeeld te blijven, zou dus bij een verandering van de gen-politiek belangrijke sponsorgelden verliezen.”<sup>10</sup> Bij de Golden Rice gaat het dus primair om het grote geld.

## Gebrek aan kritisch vermogen?

De scrupuleuze propagandaoorlog over de rug van de onderzoekers en ten koste van de armen kan gemakkelijk het zicht op de beslissende vraag ontnemen: Hoe werd bewezen, dat door deze rijst het aantal oogandoeningen en ander leed daadwerkelijk in de beloofde mate daalt? En zijn er met de verhoogde  $\beta$ -caroteen toevoer misschien onverwachte risico's verbonden, die de sterfelijkheid zelfs verhogen? Per slot van rekening verhoogt een extra portie  $\beta$ -caroteen in grote interventiestudies bij mensen het aantal gevallen van longkanker en hartinfarcten en de totale mortaliteit aanzienlijk.<sup>6,36</sup>

De schadelijke dosis  $\beta$ -caroteen voor volwassenen zal pas met een duizendtal "schaaltjes rijst" bereikt worden. Maar hoe is dat bij kinderen, vroeg ook Greenpeace zich af: "De Golden Rice is voor een overproductie van  $\beta$ -caroteen ontworpen en studies tonen aan, dat enkele retinoiden, die van  $\beta$ -caroteen afstammen, giftig zijn en misvormingen veroorzaken."<sup>42</sup> Een waarschuwing voor worteltjespuree in glas bij "overgevoelige baby's" zou in de goedgeefse industrielanden zeker meer op zijn plaats zijn, want daarmee komt het steeds weer tot "carotinodermie", dus een door caroteen veroorzaakte "geelzucht".<sup>7</sup> Merkwaardigerwijs vraagt niemand hierbij naar de gevolgen voor later.

Bekijken we dus eerstens de debatten om de frequentie van het vitamine A tekort in de Derde Wereld. Op welk dun ijs de voorvechters zich hier bewegen, bewijst de opmerking van een Filipijnse arts tegenover de Zwitserse televisie: "Ik heb hier nog geen enkel geval van vitamine A-tekort gezien. De grond daarvoor is waarschijnlijk, dat er regelmatig vitamine A aan kinderen gegeven werd. Het is een regulier programma van de gezondheidsdepartementen."<sup>30</sup>

Potrykus antwoordde: „Dat is voor mij niet erg verrassend, want dat is niet erg eenvoudig vast te leggen, ofschoon het statistisch volkomen veilig is, dat deze gevallen bestaan. De Filipijnen zijn geen gunstig land ervoor, want in de Filipijnen is een vitamine A-tekort nog maar een probleem voor rond 10 % van de bevolking. In andere landen hebben ze betere vooruitzichten; ik was onlangs in India en ik was nog niet eens een half uur in een dorp met een traditionele landelijke bevolking of ik zag al twee van zulke gevallen. Dus deze gevallen bestaan wel, maar men moet alleen in de juiste bevolkingsslagen daarnaar zoeken.“<sup>30</sup>

## „Statistisch gezekerd“

Natuurlijk is er in de Derde Wereld een tekort aan al het mogelijke, ook op het gebied van de voeding. Maar het zou goed zijn om te weten, hoe wijdverbreid dit specifiek vitamine A-tekort daadwerkelijk is, en waarmee men een tekort aan vitamine A (retinol) überhaupt in verbinding brengt.

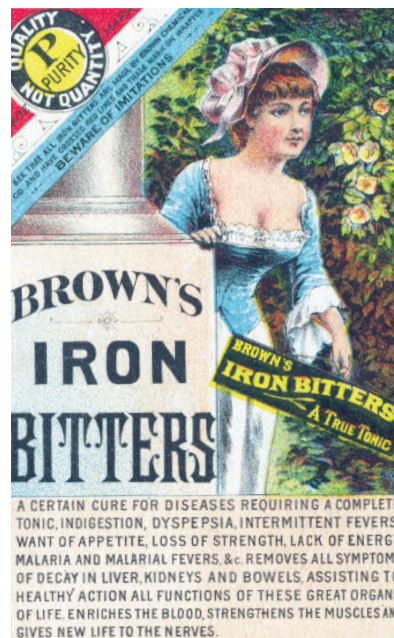
Nog maar enkele jaren geleden diagnoseerde men een vitamine A-tekort oftewel aan het laag blijven van plasmaspiegels, die gewoonlijk relatief hoog ingezet werden, of aan de hand van klinische symptomen – naar het principe: Wie nachtblind is, lijdt aan een vitamine A tekort.<sup>34,49</sup> Zo bewijst het resultaat steeds de eigen premisse. Zelfs wanneer men de bloedspiegel meet, weet men nog altijd niets precies over de opslag in de lever<sup>8</sup> – deze laat zich alleen met tamelijk veel moeite en slechts indirect bepalen.<sup>52</sup>

Met het oog op de aanzienlijke toxiciteit van een overdosis is het al verbazingwekkend, dat vitamine A-supplementen uitgedeeled worden, zonder dat vooraf de werkelijke vitamine status van de kinderen met betrouwbare methoden bepaald en geïnterpreteerd werden.<sup>50</sup>

Bewijzen lage bloedspiegels daadwerkelijk een tekort, dat tot blindheid of zelfs tot de dood voert? Bij het sporenelement ijzer is het precies omgekeerd: Lage ijzerspiegels zijn in de 3e wereld belangrijk om te overleven, omdat ze bescherming bieden tegen infecties.<sup>24,53</sup> IJzer is een essentiële voedingsstof voor bacteriële pathogenen.

Pas bij hogere hygiënestandaards brengen hogere bloedijzerwaarden voordelen.

Het geldt niet anders voor vitamine A: Daar de vitamine A-spiegel in het bloed aan een homeostase toegeschreven wordt,<sup>54</sup> dus een onafhankelijk van het lichaam door de verzorgingsstatus op een bepaalde waarde werd ingesteld, is een laag peil slechts een vriendelijke aanwijzing op heel andere problemen.



### „Patentmedicijn“

Zo werden vroeger in Amerika voedingssupplementen genoemd. Destijds al werd de gezondheid van vrouwen en kinderen door ijzerhoudende preparaten op het spel gezet. Tegenwoordig is het begrip "patent medicijn" synoniem voor kwakzalverij.



Te denken geeft de opmerking van een onderzoeksteam uit de VS en Malawi: Achter een lijst van alle ziektes, die met een lage vitamine A-spiegel in het bloed correleren, delen ze, tussen haakjes gezet, met: “6 % van de kinderen met vitamine A tekort stierven in vergelijking met 20% van de kinderen zonder vitamine A-tekort.”<sup>20</sup> Statistisch zouden deze cijfers een beetje degelijker kunnen zijn dan een opmerkelijke gang door Indiase dorpen.

### In het oog springend

Wanneer al uit de vooronderstellingen dichte mist opstijgt, en vitamine- en mineralen tekorten tegen ieders verwachting in levensreddend blijken, moet de vraag gewettigd zijn, of lage retinol-spiegels ook werkelijk de veel bezworen oorzaak van xeroftalmie in de 3e wereld zijn. Als xeroftalmie omschrijft men de uitdroging van de hoornhuid en bindweefsel, die ontegenzeggelijk met lage vitamine A-spiegels correleert. Maar is die correlatie ook de oorzaak van de ziekte?



Bij Ethiopische kinderen trad de xeroftalmie bijzonder vaak op, wanneer ze sterk ondervoed waren.<sup>31</sup> Daar zijn ongetwijfeld ook correlaties te vinden, die wijzen op een onder verzorging van de vitamine A leverancier boter, en het aanbod aan aardbeientaartjes, leverkaas of gegrilde sprinkhanen.

Daar is het al veelzeggender, dat een vitamine A-tekort vaak met een hepatitis C gepaard gaat.<sup>51</sup> Bij hepatitis C-patiënten zijn vaak beschadigingen aan het oogoppervlak en voortekenen van een keratoconjunctivitis waar te nemen. Men spreekt ook vaak over het Dry-Eye-Syndroom, dat op zijn beurt gemakkelijk een xeroftalmie tot gevolg kan hebben.

Het schijnt plausibeler, dat een ziekteverwekker de oogziekte veroorzaken kan, dan dat droge ogen een hepatitis zouden bevorderen. Hetzelfde is van toepassing op de mazelen. Ongeveer 60.000 kinderen zouden jaarlijks op grond van een mazeleninfectie blind worden. Bij de infectie komt het veelal tot een bindvliesontsteking, die onbehandeld ook de hoornhuid kan beschadigen. Mensen die lijden aan de mazelen vertonen vaak lage vitamine A-spiegels, vandaar de correlatie met het blind worden. Ondertussen is er in ontwikkelingslanden een daling van het aantal gevallen waarneembaar. Het wordt gewoonlijk – naast de vitamine A verstreking – op de enting tegen mazelen terug gevoerd.<sup>26,43,45</sup>



In Suriname leden in 2011 van goed 4600 onderzochte kinderen er in totaal 65 aan ernstige oogproblemen, meestal aan blindwording. Hoofdoorzaken waren vroeggeboortes, waarbij vaak ontwikkelingsstoringen van de retina te zien zijn. Schade door het mazelenvirus, rubella en vitamine A-tekort zijn daar ondertussen zeldzaam.<sup>15</sup> In Duitsland lag het percentage mensen die blind werden door mazen al omstreeks 1880 in het promille bereik.<sup>25</sup>

Xeroftalmie laat zich echter niet simpelweg door de verstreking van het gummibeertjes-kleurstof  $\beta$ -caroteen “uitroeien”, want ziekteverwekkers spelen een wezenlijk belangrijker rol.

### Schoolvoorbeeld Malaria

Ook bij Malaria is er sprake van een vitamine A-tekort. Hier is de samenhang duidelijk: De verwekker tapt de opgeslagen vitamine in de lever af voor zijn eigen welbevinden. In ontwikkelingslanden verstrekt men op logische gronden na een tetanus-enting, tegelijk ook vitamine A. Deze praktijk verminderde de kindersterfte echter niet, maar verhoogde die zelfs.<sup>19</sup> In de proef op muizen ontwikkelden zich significant meer parasieten in het bloed, wanneer de enting verboden werd met een vitamine A verstreking. Welke werkingen kan de Gouden Rijst op de kinderen in de slums veroorzaken, wanneer ze door inentings-programma's meegesleurd worden? Ze zijn immers aan een verhoogde parasietendruk blootgesteld.

Ook een tekort aan vitamine B2 (Riboflavine) biedt kennelijk een natuurlijke bescherming tegen malaria.<sup>1,19</sup> Riboflavine in de rode bloedlichaampjes is voor plasmiden, dus voor malariaverwekkers essentieel.<sup>12</sup> Het tekort treed familiair vaker op en is schijnbaar net zo genetisch bepaald als de sikkelcelanemie, die eveneens tegen malaria beschermt.

Ook foliumzuur speelt een belangrijke rol inzake infecties, daar ze als sporenstof voor malariaverwekkers dient.<sup>32</sup> Antifolaten, dus stoffen, die verhinderen, dat organismen het beschikbare foliumzuur ook kunnen gebruiken, worden als antibiotica ingezet. Ten bewijze injecteerde de vitamine-onderzoeker Victor Herbert bij 20 resusapen plasmodium cynomolgi en gaf 10 dieren foliumzuur in het voer, de anderen diende ter controle. Zonder foliumzuur bleven alle apen gezond, met foliumzuur leden alle dieren aan malaria.<sup>16</sup>

De malariaveroorzaker verblijft enige dagen in de lever, voordat hij van daaruit de rode bloedlichaampjes entert. In de lever tapt plasmodium falciparum kennelijk de vitamine

A-opslag af en produceert daaruit retinol zuur, een speciale vitamine A-verbinding. Daarmee destabiliseert de parasiet dan de celmembranen van de rode bloedlichaampjes. De karakteristieke hemolyse (ontbinding van de erythrocyten) en anemie alsook verdere begeleidende symptomen zouden op een endogene vitamine A-vergiftiging terug te voeren kunnen zijn. Typerend hiervoor is een hoge concentratie retinol zuur en een lage vitamine A ten gevolge van de omzetting in retinol zuur door de malariaverwekker.<sup>27,28</sup>

Voor deze samenhang spreekt ook de omstandigheid, dat vitamine A een antagonist van artemisinin is. Artemisinin is een belangrijke natuurlijke werkstof tegen malaria.<sup>46</sup> Dit verklaard ook, waarom vitamine A-verstrekking het overlijdensrisico bij malaria niet vermindert, zelfs niet dan, wanneer de parasieten in het bloed in eerste instantie minder zouden worden.<sup>28</sup>

## Vitamine A: Feestmaal voor Parasieten

Veel parasieten kunnen vitamine A niet zelf synthetiseren en zijn aangewezen op de toevoer via het bloed van hun waard, waarbij talrijke parasieten oogschade veroorzaken.<sup>14</sup> Een besmetting met oncho-cercariën (door kriebelmuggen overgedragen rondwormen) bijvoorbeeld, voert tot nachtblindheid of zelfs tot volledige blindheid en tegelijk dalen de retinol spiegels in het bloed.<sup>3</sup>

Ook andere in ontwikkelingslanden voorkomende parasieten bedienen zich van de retinol-voorraden van hun waard en permitteren zich alles. Hoe meer retinol, des te beter gedijen ingewandswormen zoals b.v. trichuris (rondworm), ascaris (spooelworm) of haakwormen.<sup>17,18,48</sup> Ook toxoplasmose en giardiasis, die allebei eveneens tot oogschade voeren, laten de vitamine A-spiegel in de lever dalen.<sup>2,9,44</sup> De wisselwerking tussen de vitamine A-behoefte van parasieten en lage bloedspiegels is in de vakwereld al decennia lang bekend.<sup>47</sup>

Desalniettemin worden twee miljard mensen door ingewandswormen bedreigt. Komt het door een vitamine A-verstrekking of  $\beta$ -caroteen rijst ook maar tot een lichte verhoging van het aantal infecties en de mortaliteit, dan zou dit al een mogelijk nut ter discussie stellen. Daarvoor spreekt ook een recente publicatie, die zich toelegt op het "raadsel", waarom met de supplementering de mortaliteit van de kinderen niet zoals verwacht gedaald is, maar dat door de vitamine A verstrekking de sterfelijkheid van de jongens zich "verdubbelt" heeft!<sup>5</sup>

## Gezond tekort

*Lage plasmaspiegels aan vitamine A, foliumzuur, riboflavine, ijzer of zink zijn veelal niet het bewijs voor een tekort of zelfs een op zichzelf staande ziekte. Het zijn symptomen, die aanwijzingen voor een onderliggende ziekte leveren, meestal een infectie of parasitose, die in het middelpunt van de therapeutische handelingen zouden moeten staan. De verstrekking van "ontbrekende" stoffen gaat vaak gepaard met een contra-indicatie, omdat ze met een verhoogde sterfelijkheid verbonden is.*

Hier herhaalt zich datgene, wat de therapie van de in de 3e wereld wijdverbreide anemie al aangetoond had: Met een extraportie ijzer kon men weliswaar de bloedwaarde verbeteren, maar helaas stierven daarbij echter veel van de patiënten aan infecties. Ook bij "multivitaminen" is dit effect al lang bekend – desondanks word steeds opnieuw getracht, veronderstelde voedingsstoffen tekorten te "behandelen": Onlangs werden in Tanzania meer dan duizend zwangere Aidspatiënten met multivitaminen verblijd: "De klinische betekenis van het verhoogde risico's van een malaria infectie bij vrouwen die supplementen kregen vergt verder onderzoek."<sup>35</sup>

De Golden Rice behoort tot een zeldzaam voorbeeld, waarbij de inzet van gen-techniek meer schade aan zou kunnen richten, dan hun uitvinders ook maar hadden kunnen dromen. En toch bestaat er een zinvolle aanwending: Wanneer de programma's met de vitamine A-supplementen in ontwikkelingslanden ten gunste van de Golden Rice ingesteld zouden worden, dan zou dit de kinderen ten goede komen. B-caroteen is immers ongevaarlijker dan vitamine A, en rijst kan niet over gedoseerd worden.

## Geloven maakt blind

De Derde Wereld is als markt voor genetisch veranderde, vermoedelijk gezondere voeding niet echt interessant, omdat het daar aan koopkracht schort. Dat was waarschijnlijk een reden voor de gentechniek-ondernemingen af te zien van de inkomsten uit de Golden Rice. Veel belangrijker was het voor hun het gehoopte imago-winst – "Vitamine rijst geneest kinderoogen!" Zo zouden in de welstandsmaatschappijen lucratieve producten "met een gezondheidsclaim" in de markt gezet kunnen worden en later naar de groei-landen geëxporteerd kunnen worden.<sup>38</sup>

Daartoe behoort ook de „gezonde“ voeding. Die fascineert alle mensen, die in het oerwoud van voedingsadviezen de weg kwijt zijn geraakt en nu op zoek zijn naar iets, waarin ze kunnen „geloven“. De populaire vitamineleer ontvangt de ontwortelden met open armen in hun kerk en nodigt uit voor het avondmaal met alcoholvrije wijn. Daarvoor krijgen de gelovigen bij de oblaten uit zemelen „natuurlijke antioxidanten“ geserveerd, opdat zich door dit heilige maal uit de hemel eeuwige gezondheid op het bordje komt. Alleen het woord „vitamine“ brengt hen in vervoe-ring. Helaas handelt het zich daarbij slechts om willekeurig uitgekozen stoffen van min of meer twijfelachtige waarde voor de gezondheid.<sup>4,13,33,37</sup>

Deze door de voedingsmedia met een kinderlijk-geloof bezield ideeënwereld draagt ondertussen nieuwe vruchten: Ingo Potrykus' collega Peter Beyer kreeg onderzoeksgeld van de Bill en Melinda Gates-Stichting, om bij de Golden Rijce de biologische beschikbaarheid van vitamine A en E alsook ijzer

en zink verder te verbeteren.<sup>21</sup> Deze doelen zijn met zekerheid problematischer dan de extra portie  $\beta$ -caroteen in de rijst, en de gel-den zouden beter besteed zijn geweest, om alle infecties veroorzakers, die tot blindheid voeren, te identificeren en therapieën daar-tegen te ontwikkelen. Lage waarden van ver-meende „levensbelangrijke“ stoffen kunnen weliswaar op een gebrek duiden, maar die-nen het lichaam vaak genoeg als bescher-ming tegen micro-organismen en parasieten, voor wie dergelijk „gezonds“ nog levensbe-langrijker is dan voor hun waard.

Twijfelachtige toevoegingen aan het le-vensmiddelenaanbod worden in het kiel-zog van de Golden Rice op een breed front naar voren geschoven: Sojabonen met min-der verzadigde vetten, rijst met een extra por-tie ijzer, wortels met meer calcium, radicalen vangende tomaten, tomaten met foliumzuur en vlas, die visolie produceerd.<sup>29,42</sup> Niet de vaak bezworen risico's van gentech-niek bedreigen de mensheid, maar hun naïviteit in-zake voedselkwesties.

## Literatuur

1. Anderson BB et al: Low red blood cell glutathione reductase and pyridoxine phosphate oxidase activities not related to dietary riboflavin: selection by malaria? *American Journal of Clinical Nutrition* 1993; 57: 666-672
2. Astiazaran-Garcia H et al: Giardia lamblia infection and its implications for vitamin A liver stores in school children. *Annals of Nutrition and Metabolism* 2010; 57: 228-233
3. Babaola OE: Onchocerciasis as a risk factor for night blindness. *Ophthalmic Epidemiology* 2012; 19: 204-210
4. Barrett S, Herbert V: *The Vitamin Pushers*. Prometheus, Amherst 1994
5. Benn CS et al: An enigma: why vitamin A supplementation does not always reduce mortality even though vitamin A deficiency is associated with increased mortality. *International Journal of Epidemiology* 2015; 44: 906-918
6. Bjelakovic G et al: Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases. *Cochrane Database Systematic Reviews* 2012; 3: CD007176
7. Böhles H: Karottenkiterus. *Monatsschrift Kinderheilkunde* 2001; 149: 711-712
8. Cediël G et al: Interpretation of serum retinol data from Latin America and the Caribbean. *Food & Nutrition Bulletin* 2015; 36 (Sp2): 98-108
9. Cohen SB, Denkers EY: Impact of *Toxoplasma gondii* on dendritic cell subset function in the intestinal mucosa. *Journal of Immunology* 2015; 195: 2754-2762
10. Düblin Ch: *Spezialinterview Biotechnologie: Prof. Dr. Ingo Potrykus*. Xecutives.net 2009
11. Dubock A: The present status of Golden Rice. *Journal of Huazhong Agricultural University* 2014; 33: 69-84
12. Dutta P: Enhanced uptake and metabolism of riboflavin in erythrocytes infected with *Plasmodium falciparum*. *Journal of Protozoology* 1991; 38: 479-483
13. Glatzel H: *Sinn und Unsinn der Vitamine*. Kohlhammer, Stuttgart 1987
14. Gökpinar S, Aydenzöz M: Göze yerleşen protozoon ve artropodlar. *Türkiye Parazitoloji Dergisi* 2010; 34: 137-144
15. Heijthuisen AAM et al: Causes of severe visual impairment and blindness in children in the Republic of Suriname. *British Journal of Ophthalmology* 2013; 97: 812-815
16. Herbert V: Folate deficiency to protect against malaria. *New England Journal of Medicine* 1993; 328: 1127
17. Hurst RJM, Else KJ: Retinoic acid signalling in gastrointestinal parasite infections: lessons from mouse models. *Parasite Immunology* 2012; 34: 351-359
18. Hurst RJM et al: The retinoic acid receptor agonist AM80 increases mucosal inflammation in an IL-6 dependent manner during *Trichuris muris* infection. *Journal of Clinical Immunology* 2013; 33: 1386-1394
19. Jørgensen MJ et al: The effect of vitamin A supplementation and diphtheria-tetanus-pertussis vaccination on parasitaemia in an experimental murine malaria model. *Scandinavian Journal of Infection Diseases* 2011; 43: 296-303
20. Jason J et al: Vitamin A levels and immunity in humans. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology* 2002; 9: 616-621
21. Khan FA: *Biotechnology Fundamentals*. CRC, Boca Raton, 2012

22. Krämer W: Aeschbacher. SRF, Sendung vom 31.5.2012
23. Lachkovics E: Goldene Zukunft für wen? Südwind Magazin 2002; H.7
24. Lauffer RB: Iron and Human Disease. CRC, Boca Raton 1992
25. Magnus HF: Die Blindheit, ihre Entstehung und Verhütung. Kern, Breslau 1883
26. Maida JM et al: Pediatric ophthalmology in the developing world. *Current Opinion in Ophthalmology* 2008; 19: 403-408
27. Mawson A: Mefloquine use, psychosis, and violence: a retinoid toxicity hypothesis. *Medical Science Monitor* 2013; 19: 579-583
28. Mawson AR: The pathogenesis of malaria: a new perspective. *Pathogens and Global Health* 2013; 107: 122-129
29. Mayer JE et al: Biofortified crops to alleviate micronutrient malnutrition. *Current Opinion in Plant Biology* 2008; 11: 166-170
30. Mennig D: Der Wunderreis. SRF, Sendung vom 28. 3. 2013, 20:05 Uhr
31. Moore DB et al: Prevalence of xerophthalmia among malnourished children in rural Ethiopia, *International Journal of Ophthalmology* 2013; 33: 455-459
32. Müller IB, Hyde JE: Folate metabolism in human malaria parasites--75 years on. *Molecular & Biochemical Parasitology* 2013; 188: 63-77
33. Muth J: Folsäure update. *EU.L.E.nspiegel* 2009; 15 (3-4): 28-31
34. de Oliveira JE et al: Progress in the diagnosis of hypovitaminosis A: clinical and biochemical correlations. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 1990; 40: 333-348
35. Olofin IO et al: Supplementation with multivitamins and vitamin A and incidence of malaria among HIV-infected Tanzanian women. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes* 2014; 677 (Sp4): 173-178
36. Omenn GS et al: Effects of a combination of beta carotene and vitamin A on lung cancer and cardiovascular disease. *New England Journal of Medicine* 1996; 334: 1150-1155
37. Pollmer U, Neumann B: Verschaukelt und vertuscht: Die Geschichte der Pellagra. *EU.L.E.nspiegel* 2006; 12 (1): 3-11
38. Potrykus I: Golden rice and beyond. *Plant Physiology* 2001; 125: 1157-1161
39. Potrykus I: „Goldener Reis“ – Lehren aus einem humanitären Projekt mit gentechnisch veränderten Pflanzen. *Naturwissenschaftliche Gesellschaft Winterthur, Vortrag am 26. 2. 2012*
40. Radio China International: China erhält FAO-Preis: "Besondere Leistungen im Kampf gegen Hunger" CRI-Online 8. Juni 2015
41. Rao Y et al: Recent progress on molecular breeding of rice in China. *Plant Cell Reports* 2014; 33: 551-564
42. Saletan W: Unhealthy fixation. *The State of the Universe* 15. Juli 2015; [www.slate.com](http://www.slate.com)
43. Sia D et al: A survey of visual impairment and blindness in children attending four schools for the blind in Cambodia. *Ophthalmic Epidemiology* 2010; 17: 225-233
44. Silveira C et al: Ocular Involvement following an epidemic of *Toxoplasma gondii* infection in Santa Isabel do Ivaí, Brazil. *American Journal of Ophthalmology* 2015; 159: 1013-1021
45. Sitoru RS et al: Causes and temporal trends of childhood blindness in Indonesia: study at schools for the blind in Java. *British Journal of Ophthalmology* 2007; 91: 1109-1113
46. Skinner-Adams T et al: Heterogeneous activity in vitro of vitamin A (retinol) in combination with novel and established antimalarial drugs. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine & Hygiene* 1999; 93: 550-551
47. Storey DM: Filariasis: nutritional interactions in human and animal hosts. *Parasitology* 1993; 107 (Sp): 147-158
48. Suchdev PS et al: Soil transmitted helminth infection and nutritional status among urban slum children in Kenya. *American Journal of Tropical Medicine & Hygiene* 2014; 90: 299-305
49. Tanumihardjo SA: Usefulness of vitamin A isotope methods for status assessment: from deficiency through excess. *International Journal of Vitaminology & Nutrition Research* 2014; 84 (Sp1): 16-24
50. Tanumihardjo SA: Vitamin A fortification efforts require accurate monitoring of population vitamin A status to prevent excessive intakes. *Procedia Chemistry* 2015; 14: 398-407
51. Tsoumani A et al: Treatment and non-treatment related ocular manifestations in patients with chronic hepatitis B or C. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. 2013; 17: 1123-1231
52. Valentine AR et al: Vitamin A isotope dilution predicts liver stores in line with long-term vitamin A intake above the current Recommended Dietary Allowance for young adult women. *American Journal of Clinical Nutrition* 2013; 98: 1192-1199
53. Weinberg ED: Iron withholding in prevention of disease. In: *Stuart-Macadam P, Kent S: Diet, Demography, and Disease. A de Gruyter, New York* 1992: 105-150
54. Biesalski HK et al: Vitamine. Thieme, Stuttgart 1997

## Voortzetting van pag. 32

### Literatuur cyanotoxine

199. Lawrence J et al: Assessment and Management of biotoxin risks in bivalve molluscs. *FAO, Rome* 2011
200. Lindner E: Toxikologie der Nahrungsmittel. Thieme, Stuttgart 1990
201. Munoz-Saez E et al: Analysis of  $\beta$ -N-methylamino-L-alanine (L-BMAA) neurotoxicity in rat. *NeuroToxicology* 2015; 48: 192-205
202. Pennings SC, Paul VJ: Sequestration of dietary secondary metabolites by three species of sea hares: location, specificity and dynamics. *Marine Biology* 1993; 117: 535-546
203. Seawright A et al: The occurrence and possible health significance of toxins in cycad pollen. *Proceedings of the 3. International Conference on Cycad biology. Pretoria* 1995: 97-107
204. Vareli K et al: Hepatotoxic seafood poisoning (HSP) due to microcystins: a threat from the ocean? *Marine Drugs* 2013; 11: 2751-2768
205. Bleyl DWR: Fortschrittsbericht Einflußfaktoren auf ernährungstoxikologische Effekte. *Nahrung* 1989; 33: 641-681
206. Hilborn ED, Beasley VR: One health and cyanobacteria in freshwater system: animal illnesses and deaths are sentinel events for human health risks.

# Ziek door gezonde voeding

## Riskante mix: Jus d Orange met stress

door Andrea Pfuhl

*De Amerikaanse chemicus Ken Eagle probeert met een fascinerende theorie te verklaren waarom vooral plantaardige levensmiddelen zoals sinaasappelsap, kruiden of kaneel, bij veel mensen hoofdpijn, migraine, hoge-bloeddruk en, vooral in relatie met aanhoudende stress, zelfs fatale ziekten zoals het hartinfarct of diabetes kunnen veroorzaken. Om de complexe fysiologische samenhangen te verduidelijken, wordt eerstens een beetje fysiologie vooruit verklaard.*

Een door de geneeskunst lange tijd over het hoofd gezien puzzelstukje in het ontstaan van ziektes zijn bepaalde ontgiftingsenzymen, de zogenaamde sulfotransferasen, afgekort SULTs. Deze enzymen ontgiften pesticide net zo goed als plantaardige afweerstoffen uit de voeding. De SULTs vervullen echter ook nog andere levensbelangrijke opgaven, want ze remmen de stresshormonen adrenaline en noradrenaline.<sup>18</sup>

Zodra de stress voorbij is, dienen de hormonen natuurlijk weer op hun normale peil teruggebracht worden. Dan grijpen de SULTs in, en wel grondig. Enerzijds inactiveren ze stresshormonen, anderzijds laten ze hun aanvoer afnemen. Ze leggen immers ook het voorstadium van adrenaline en co. lam, net als het biogeen amine en dopamine. Door de SULTs komt de mens na de opwindings dus weer "tot rust".

Worden de SULTs echter bij de afbraak van stresshormonen steeds opnieuw gehinderd, dan zouden ziektes het gevolg kunnen zijn. Eettelijke van deze SULT-remstoffen zit-

ten in de voeding. In ieder geval in vitro hinderen talrijke plantaardige ingrediënten de enzymen bij hun werk. De lijst laat zich lezen als een who's who die over het algemeen als gezond geldende secundaire stoffen, zoals er zijn resveratol uit wijn en veenbessen en flavonoiden, aldus de meest gelige plantenkleurstof zoals het algemeen voorkomende quercetine, dat b.v. in chocolade, uien en blauwe bessen zit. Ook het vanilline – het maakt niet uit synthetisch of uit een vanillepeul -, de salicylzuuren uit cranberry's, venkel en kaneel en diverse tanninen zoals de catechine uit de zwarte thee zijn werkzame SULT-remmers. Citrusvruchten blokkeren de enzymen zelfs volledig door hesperitine en nobilitine.<sup>12,13,20,23,25,27</sup>

Ondertussen kristalliseert zich uit, dat deze substanties ook in vivo werkzaam zijn, want de plantaardige enzymremmers uit sinaasappelsap, grapefruit of chocolade brengen het stress-hormoon peil bij vele mensen behoorlijk door de war. De gevolgen zijn hoofdpijn, hoge bloeddruk, diabetes type-2 en zelfs het hartinfarct.<sup>1,12,13</sup>

Waarom zo verkramp't?  
Verkeerde enzymuitrusting!



### In het spervuur

Om misverstanden te voorkomen: Niet iedere jus d'orange- of chocoladeliefhebber gaat lijden aan diabetes of sterft aan een hartinfarct. Dat hangt daarvan af, of hij aan voortdurende belasting blootgesteld is, zijn endogene stresshormoonspiegel dus voortdurend verhoogd is, en onder andere met zijn individuele SULT-uitrusting (zie blz. 42). Deze ziet er bij iedere mens telkens wat anders uit, want SULTs komen, zoals bij enzymen gebruikelijk, in verschillende varianten voor. Enkelen zijn zeer actief, kunnen de stresshormonen dus zeer efficiënt inactiveren, andere varianten vervullen hun opgave niet helemaal zo efficiënt. En er komt nog iets bij: Het lichaam kan wanneer nodig meer SULTs produceren.



Hoe uitgesproken de enzymactiviteit en het vermogen om nieuwe enzymen te vormen zijn, is erfelijk bepaald. Dat is de reden, waarom mensen met enzymblokkers uit de voeding soms meer, soms minder goed klaar komen. Niemand weet, hoe actief zijn enzymen zijn en hoe snel hij ze, wanneer, nieuw kan maken. Maar de meeste mensen kunnen met hun individuele SULT-collectief helemaal tevreden zijn. Hun kunnen noch jus d'orange, noch uiensoep deren – zelfs wanneer ze onder voortdurende stress staan..

## De ziel van de wijn

Hoe stimuleren de plantaardige enzym-remstoffen nu het ontstaan van hoofdpijn of zelfs ziektes? Laten we nu eens ons licht vallen op een bekend fenomeen: Drinkt men zijn glaasje rode wijn na een stressvolle dag, dan zorgt het de volgende dag eerder voor een brommende schedelbasis dan wanneer het op een lossere tuinparty genoten werd. Ook migrainepatiënten kennen dat: Staan ze onder stress, dan roepen wijn, chocolade en kaas bij hen vaak heftige hoofdpijnaanvallen op.<sup>11</sup>

Blijven we bij de rode wijn, die legendarisch naam heeft gemaakt als hoofdpijn veroorzaker. Langere tijd werden de daarin zittende sulfiet en biogeen amine verdacht, voorop het biogeen amin tyramin. Ondertussen hebben onderzoeken echter zijn onschuld bewezen.<sup>24</sup> Vervolgens geraakte het dopamine onder verdenking.<sup>8</sup> Vreemd genoeg vindt men in rode wijn helemaal geen dopamine, maar wel aanzienlijke hoeveelheden in bananen en pruimen en dit fruit geldt nu niet direct als een schedel-splijter. Dopamine wordt echter door het lichaam zelf gevormd, het is het voorstadium van adrenaline en noradrenaline. Opdat dit amin geen onheil aanrichten kan, wordt het door de SULTs geïnactiveerd: In het plasma liggen maar net 3 procent in actieve vorm klaar, en zo wordt een overtollig adrenaline peil verhindert.<sup>15</sup>

In plaats van dopamine bevindt zich in rode wijn echter de remmer resveratol. Hij hindert de SULTs bij het inactiveren van de dopamine. Daardoor stijgt de normale dopamine-spiegel in het bloed van 10 – 35 pmol/l krachtig: Bij gevoelige mensen werd na een glas rode wijn tot zo'n 400 pmol/l, na twee glazen zelfs tot wel 800 pmol/l gemeten!<sup>34</sup>

Het stijgen van de dopamine peil alleen veroorzaakt nog geen hoofdpijnaanvallen, deze treedt pas in verbinding met stress op: Komt iemand 's avonds geërgerd naar huis dan is zijn adrenaline-spiegel al verhoogd. Gunt hij zich dan een glaasje rode wijn, dan kan het

gebeuren, dat er helemaal geen ontspanning plaats vindt, want bij sommige mensen blokkeert het daarin zittende resveratol de voor de de-activering van adrenaline verantwoordelijke SULTs. Totdat het resveratol eindelijk door de enzymen onschadelijk gemaakt kan worden, blijft de stresshormoon-spiegel voor langere tijd ondoelmatig hoog.

De SULTs worden bovendien door aroma-



*letwat goedgevolig was de tip dat met rode wijn een infarct te voorkomen zou zijn.*

stoffen geblokkeerd, bijvoorbeeld door vanilline. Vanilline word niet alleen door de vanille-orchidee geproduceerd, het is ook een afbraakproduct van het houtbestanddeel lignine. Het bevindt zich daarom ook in alle alcoholica zoals wijn of whisky's die in eikenhoutenvaten rijpten. De veel bekritiseerde biogenen amine, tyramin en histamine zijn niet schuldig aan het schedelbasis brommen, want zij zijn helemaal niet in staat de SULTs te remmen.<sup>10,12,13,20</sup>

## Champagnehumeur

Witte wijn daarentegen veroorzaakt slechts zelden een brommende schedel, want resveratol is in witte druiven slechts in geringe hoeveelheden voorhanden. Anders ziet het er bij de champagne uit, die vaker tot hoofdpijnattaken voert als witte wijn. Het geheim van zijn paradoxale werking ligt echter niet in de koolzuur.<sup>5</sup> Schuld daaraan is curieus genoeg zijn resveratolgehalte: Champagne bevat namelijk vaak een aanzienlijk aandeel blauwe druiven, vooral de Pinot Meunier, of word zelfs uitsluitend hieruit geproduceerd. Het zijn dus zogenaamde "blanc de noirs".

Wat velen niet weten: In tegenstelling tot witte wijn of andere mousserende wijnen zoals Cremant, worden Champagnes in de regel niet als "blanc de noir" gekenmerkt. Het blijft dus voor de klant verborgen, of hij dit in zijn glas heeft, want wijndruiven hebben meestal ook dan een helder sap, wanneer hun schille-

*Wat gebeurt er eigenlijk in het lichaam bij stress? Allereerst registreert het brein een bedreiging met de ogen, bijvoorbeeld een agressieve pitbull-terriër. Bliksemsnel zendt het signalen naar de hypothalamus, die deze dan naar de bijnierschors verder leidt. Daar word onmiddellijk adrenaline en noradrenaline vrijgemaakt. De stresshormonen bewerken de "fight and flight" reactie, het lichaam word dus in een toestand geplaatst, die optimaal voorbereid is voor strijd- of vluchtsituaties.<sup>14,21</sup>*

*Alle maatregelen van het lichaam zijn erop gericht, dat de skeletspieren optimaal verzorgd worden, want niets zou erger zijn, als wanneer in het aanzicht van een tanden blikkerende bek de benen zouden verzaken. Er word meer bloed naar de spieren gestuurd, zodat die beter kunnen werken, wat er weer toe leidt, dat het hart sneller en krachtiger slaat en daarmee ook de bloeddruk stijgt. Voor de spijsvertering is geen tijd, die wordt stopgezet, daarvoor in de plaats worden meer spierbrandstof vrijgemaakt: Suiker uit de opslag in de lever en vet uit het vetweefsel, d.w.z. bloedsuiker- en lipide spiegel stijgen. Bovendien word de eiwitafbraak geforceerd.<sup>16</sup> Is de bedreiging voorbij, dan worden de stresshormonen door de SULTs gedeactiveerd en er treed ontspanning in.*

#### **In een vicieuze cirkel**

*Gevaarlijk word het, wanneer de stress niet afneemt, bijvoorbeeld omdat men op het werk voortdurend onder stroom staat. Dan probeert het lichaam zich langzaam aan de situatie aan te passen. Bij dit "algemeen aanpassingssyndroom" word via de continue adrenaline uitstoot ook de uitstoot van andere stresshormonen van de bijnier gestimuleerd, vooral cortisolen. Dit voert er in eerste instantie toe dat het lichaam resistent tegen de voortdurende stress word.<sup>16</sup> Echter wanneer de belastingen, vooral zware psychische stress, eenvoudigweg niet wil ophouden, komt het tot tal van aandoeningen. Zorgt de aldoor verhoogde adrenalinespiegel dus voor verhoogde cortisolwaardes, dan word ook de insuline uitscheiding aangespoord. Dat is in het begin volledig normaal, daar immers ook de verhoogde bloedsuikerspiegel na beëindiging van een stresssituatie weer*

*omlaag gebracht moet worden. De insuline zorgt ervoor dat de cellen weer meer suiker op kunnen gaan nemen, en kunnen de cellen niet meer zoveel suiker opnemen – vet gaat er altijd wel in.*

*Nu komt een fatale kringloop op gang: het opgeslagen lichaamsvet zwerft in de buikruimte. Daar kan het bij gevaar sneller gemobiliseerd worden en energie ter beschikking stellen. Aanhoudende stress stimuleert via het cortisol de productie van een enzym in het buikvel, dat voor de omzetting van inactief cortisol uit het bloed in actief cortisol zorgt, en wel in de vetcellen aan de buik. Ofschoon dus de cortisol-bloedspiegel niet verhoogt is, stijgen de cortisol-vetcellen in de omgeving van de buik!<sup>17</sup> Van nu af aan word constant vet uit de opslag los gemaakt, zelfs wanneer de mens niet onder stress staat, de bloedvetwaardes stijgen en de spieren stellen zich op deze effectieven brandstoffen in. Is er genoeg daarvan voorhanden in de spiercellen, dan hebben ze geen suiker meer nodig en word deze "versmaad". Het komt tot insuline resistentie en daarmee tot diabetes type 2 – en dat allemaal alleen maar vanwege voortdurend verhoogde adrenalinespiegels.*

#### **Een familie die er toe doet: De SULTs**

*Dit toont indringend, hoe belangrijk het is, de afbraak van adrenaline door de ontgiftingsenzymen van het lichaam niet te hinderen. Adrenaline, noradrenaline en hun voorlopers, zoals dopamine of het L-DOPA noemt men catecholamine. Deze voorlopers, die nog geen hormonale werking hebben, zijn soms in aanzienlijke hoeveelheden in levensmiddelen aanwezig, b.v. dopamine in bananen en pruimen, L-DOPA in rode bieten.*

*Voor het merendeel worden de catecholamine van het lichaam uit het L-DOPA zelf geproduceerd. Het L-DOPA op zijn beurt word door het lichaam samengesteld uit het aminozuur L-tyrosine. Deze stamt ofwel uit de voedingseiwitten, of ze word uit een ander aminozuur geproduceerd, het fenylalanine, dat eveneens uit de voeding afkomstig is.<sup>14,17,18</sup>*

*Echter voordat de SULTs het catecholamine kunnen inactiveren, moeten deze eerst nog door zogenaamde fa-*

tje donker is. De kleurstoffen en het resveratol, steken namelijk voor bijna 100 procent in de schil. Wanneer de wijnboeren voor de gisting sap en schillen scheiden, dan krijgen ze wijnen, met hoogstens rosé blinkende wijn met het resveratolgehalte van rode wijn. De kleurstof word pas door de, bij de vergisting ontstane alcohol, uit de schil opgelost, terwijl de resveratol zich voordien al een weg in de most baant.

Daartegen eindigt het genot van Wodka en andere kleurloze jenever, bij matig gebruik vooropgezet, zelden met hoofdpijn: Hun uitgangsstof, dus graan of aardappelen, bevatten geen resveratol, en ze worden ook niet in eikenhouten vaten gerijpt. Ook pure alcohol is vrij van zulke begeleidende stoffen; daarom veroorzaakt die ook bij matige consumptie geen kater..

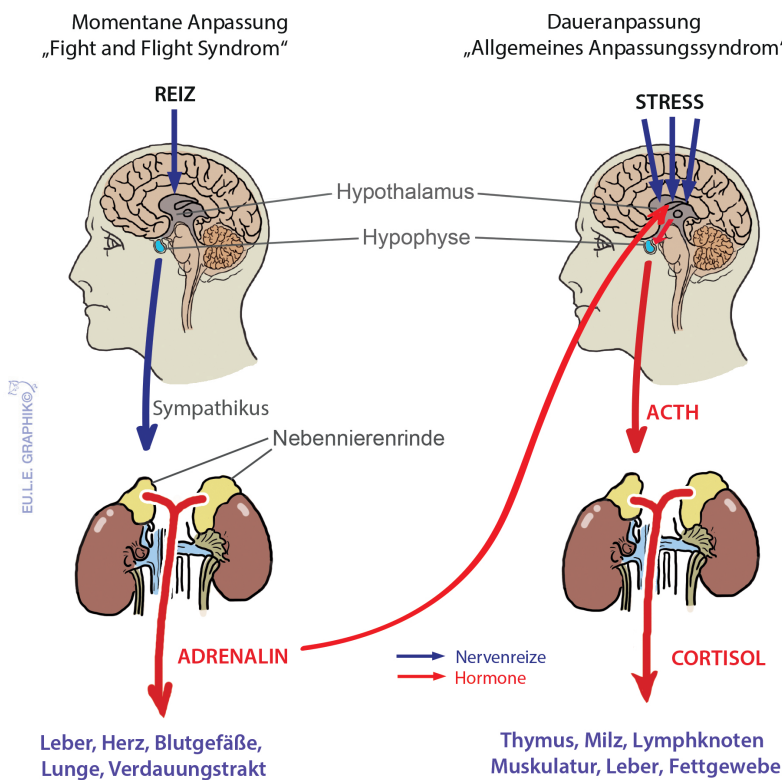
## - Stress neemt af !

se-1-ontgiftingsenzymen "mond-klaar" gemaakt worden: Door de MAOs, de monoaminoxidasen, en de COMTs, de catechol-o-methyl-transferasen.<sup>9,14</sup> Beide veranderen de moleculaire structuur van de catecholamine een beetje. Daarna slaat het uur van de SULTs, de sulfotransferasen. Van de SULTs bestaan meerdere "families", die zowel voor de afbouw van de lichaamseigen stoffen als voor vreemde stoffen verantwoordelijk zijn. De catecholaminen worden vooral door de SULT 1 A1 en de SULT 1 A3 inactief gemaakt.

Het principe van de inactivering door de SULTs is verbluffend eenvoudig: Ze hechten zich aan de ongeliefde moleculen van een sulfaatgroep. Dat verandert de moleculen zo sterk, dat ze zich niet langer aan de receptoren kunnen binden en werkeloos worden. Een deel van de gesulfoneerde moleculen word bovendien met de urine

uitgescheiden, daar ze nu beduidend beter in water oplosbaar zijn.<sup>14,18,38</sup>

Tegen de hoge catecholamine peil weet de stofwisseling zich dus effectief te weren: Slechts 3 procent van de dopamine, meer dan 70 procent van de noradrenaline en meer dan 80 procent van de adrenaline bevindt zich in gesulfoneerde, en daarmee inactieve vorm in het plasma.<sup>12,13,18</sup> Zodra het lichaam adrenaline nodig heeft, kan het uit dit reservoir aan onwerkzame voorlopers putten en hieruit het hormoon produceren. Daarvoor hoeft het alleen maar de sulfaatgroep te verwijderen. Voorwaarde daarvoor is wel dat de SULTs bij hun werk niet door een overmatige hoeveelheid "gezonde" plantenbestanddelen gehinderd worden.



**Afb.: Het „Fight and Flight Syndroom“ is de eerste, blits snelle reactie op een bedreiging. Daaruit kan op hormonale wijze het Algemene-Aanpassings-Syndroom ontstaan.**

Het "Fight and Flight Syndroom" is een secundaire reactie op omgevingsfactoren. De hypothalamus activeert de Sympathicus, die de uitstoot van adrenaline uit de bijnierschors teweegbrengt.

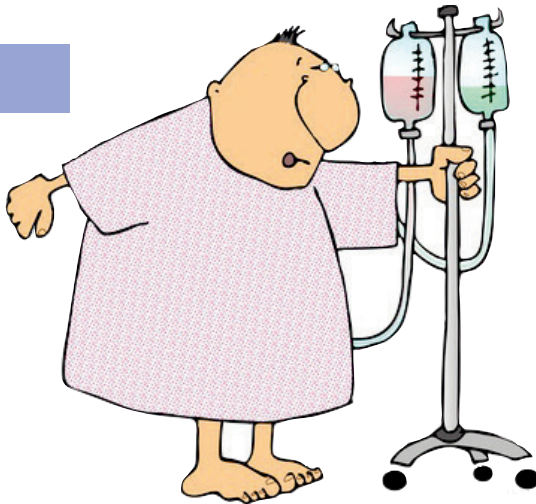
Tot het algemene aanpassingssyndroom komt het, wanneer een stressor via het CZS op de hypothalamus inwerkt. Deze is de stuurcentrale van het vegetatieve zenuwstelsel, het beïnvloed o.a. de bloeddruk en de voedselopname. Het aanpassingssyndroom beschrijft een langdurige en hormonale reactie op een stressor. Het bewerkstelligt kort of hetzij lang de vrijzetting van cortisol. Dat maakt het organisme tegenover belastingen eerbaarder, maar verhoogt daarbij tegelijk ook de storingsgevoeligheid.

Voor dit effect volstaat de regelmatige uitstoot van adrenaline in dezelfde mate. Daarom kan het "Fight and Flight Syndroom" in het Algemene Aanpassingssysteem overgaan.

## Diabetes door dus d'orange

Zelfs diabetes type-2 kan door de remming van de SULTs veroorzaakt worden. Deze stofwisselingsziekte treedt vaak op bij mensen, die sinds jaren onder voortdurende stress staan. Daardoor is hun endogene stresshormoonspiegel – dus adrenaline en daardoor ook cortisol – chronisch verhoogd. Adrenaline lokt namelijk, via het stuur-centrum van het vegetatieve zenuwstelsel in de hersens, de aanmaak van cortisol uit de bijnierschors uit.

De adrenaline is echter ook voor de stijging van de bloedsuikerspiegels verantwoordelijk. Daarbij zorgt het enerzijds voor de vrijlating van de, in de lever als glucogeen opgeslagen suikers, anderzijds doet het, de door insuline gestimuleerde glucose opname in de spieren, dalen.<sup>6</sup> Het laatste noemt men insulineresistentie. Staat de mens onder voortdurende stress, is zijn adrenalinespiegel dus altijd verhoogd, komt het daardoor tot een aldoor verhoogde bloedsuikerspiegel, tot insulineresistentie.



*Gelukkig zit daar in ieder geval geen kruidenthee met SULT-remmers in!*

tentie, en de diabetes word manifest.

Een jarenlange toevoer van SULT-remmers via de voeding kan daarom bij personen, die SULT-enzymen met geringe activiteit geërfd hebben, een diabetes type-2 veroorzaken. Dat geldt dan speciaal voor de grapefruit- en sinaasappelconsumptie – voor deze mensen verhogen ze in combinatie met aanhoudende stress, het gevaar aan diabetes te gaan lijden<sup>3</sup>, want citrusvruchten bevatten extreem sterke SULT-inhibitoren zoals hesperitine. Daarom zijn veel diabetici er beter mee gediend, wanneer ze i.p.v. sla liever braadworst of Emmentaler consumeren .

Daar de meeste mensen gelukkig de normaal-actieve SULT-varianten laten zien,<sup>18,29,39</sup> krijgen ze zelfs onder aanhoudende stress en na tientallen jaren rijkelijk sinaasappelsap of andere sterke SULT-remmers zoals vanilline of resveratrol te hebben genoten, geen diabetes.

## Buit!

Deze verschillen in de enzym-uitrusting laten ons echter ook andere tot dusverre moeilijk verklaarbare fenomenen – b.v. dat de Indiaanse oorspronkelijke bevolking van Noord-Amerika meer dan gemiddeld door diabetes type-2 en migraine getroffen word<sup>2</sup> – in een ander licht zien. Of dat met ca. 10 procent ongeveer dubbel zoveel Afro-Amerikanen aan diabetes lijden als blanken of Aziaten met 5,5 procent.<sup>12</sup> Bij Afro-Amerikanen is er relatief vaak een gen voor een SULT-enzym, wiens activiteit vergeleken met die van blanken en Aziaten met ongeveer een derde vermindert is.<sup>28,36</sup>

Deze dispositie zou aan de levenswijze van hun voorvaderen kunnen liggen: De gesettelde akkerbouwers werden door de hoge zetmeelaandeel in hun voeding door de preabsorptieve insulinerreflex beschermt, die een overstijgen van de bloedsuikerspiegel verhindert. (zie EU-

.L.E.N-Spiegel 2012; H. 4-6:71). Deze mensen hadden ook méér danwel meer actieve SULTs nodig, om hun plantaardige kost te ontgiften. Hun nakomelingen hebben misschien deze effectieve SULT-uitrusting geërfd, die hen goed tegen het onaangename effect van plantaardige bestanddelen beschermen.

Nomaden voedden zich daarentegen hoofdzakelijk met vlees, melk of vis, wat allemaal natuurlijk vrij is van plantaardige afweerstoffen. Weliswaar hebben deze mensen ook netjes werkende SULTs, die het stresshormoon-peil reguleren, maar deze enzymen hoeven niet tot de topklasse te behoren, daar er met de voeding nauwelijks plantengif wordt opgenomen.

Precies hetzelfde is van toepassing op de Inuit en vele andere nomadisch levende stammen, zoals de Afrikaanse Massaï, die zich vooral met het vlees uit hun kudde en van jachtbuit leven. Veel van hun nakomelingen in Amerika hebben de inactieve SULTs geërfd en komen daarom met de plantenstoffen niet klaar. Daar deze bevolkingsgroepen bovendien vaak aan de rand van de maatschappij gedrongen worden en daarvandaan onder stress staan, zet de combinatie van stress en enzymuitrusting de deuren voor diabetes en migraine wagenwijd open.

## Het gele gevaar

Verschillen in de SULT-activiteit liggen ook wel aan de verrassende “Feestdagen –en vakantiedood” ten grondslag. Velen kennen wel een meestal ouder heer, die tijdens de feestdagen of in de vakantie plotseling aan een hartstilstand overleden is. In de regel wordt dit aan “volproppen” toegeschreven, die de aan het hart lijdende “zondaar” dan het laatste zetje gegeven had. Echter vreemd genoeg overlijden ook opgenomen hartpatiënten, die een “hartdietet” verstrekt kregen, voornamelijk tijdens de feestdagen dodelijke infarcten. Aan vet eten en sterke drank kan daar de dodelijke werking van het Kerstfeest dus niet liggen.<sup>31</sup>

Ook hier ligt de oplossing van het raadsel in het stresshormoon-peil, die op feestdagen en in de vakantie langzaam maar zeker oploopt. Zo zijn de feest- of voorbereidingen voor de reis vaak inspannend en de vakantiebelevissen net als de feestdagen opwindend. Ook feesten jaagt de adrenalinespiegel omhoog.

In Bangkok, Heraklion of Malaga aangekomen, proberen de meeste mensen graag iets nieuws en duurs uit: De lekkere steaks van de grill, de kreeft en de dorade bevatten rijkelijk hoogwaardig eiwit, en juist daarin steken de aminozuren tyrosin en fenylalanine. Hieruit produceert het lichaam het biogeen amine en

daaruit dan stresshormonen. Daar het resveratol uit de suffige Burgunder verhindert, dat zowel de voorloper alsook de stresshormonen zelf afgebouwd kunnen worden, stijgt hun spiegel onophoudelijk.

En deze remstoffen bevinden zich niet alleen in rode wijn, maar ook in de kruiden & specerijen op de grill-specialiteiten, de heerlijke exotische vruchten, in kurkuma, waarmee de aromatische curry geel gekleurd wordt, in de geurende thee, in de huzarensalade of in het sinaasappelsap dat al dan niet door een vurige Spaanse vers geperst werd. Wanneer de bloedsomloop het zwakke punt is van een vakantieganger, en niet het orgaan systeem, die hen voor een diabetes of migraine gevoelig maakt, kan de pomp door de knieën gaan: Extra toegevoegde stress en de remming van stress-afbouw voert dan tot bloeddruk stijging, hartritmestoornissen en in extreme gevallen tot het infarct.

## Dodelijke kerst

Dit alleen verklaart echter nog niet, waarom het aantal hartinfarctgevallen juist rond Kerstmis en Nieuwjaar zich opstapelen.<sup>31,32</sup> Met het aantal zonuren kan het in ieder geval niets te maken hebben, want op Hawaii treden de meeste gevallen rond de feestdagen op. Men weet echter, dat de activiteit van de SULTs, namelijk de onderklasse 1A, aan seizoensinvloeden onderworpen is.<sup>18,37</sup> En juist zij inactiveren adrenaline *cs.* Bijzonder effectief. Zo is SULT 1 A3 in de zomer het actiefst, in de winter neemt zijn activiteit beduidend af.<sup>4,26</sup>

Eten hartpatiënt thuis of in het ziekenhuis hoofdzakelijk “ontziend voedsel”, dat arm aan SULT 1A-remstoffen is, dan reageren ze gevoeliger op de plotselinge toevoer van feestelijk, zeg remstofrijk eten.<sup>32</sup> Hun SULTs worden in de ontziende-modus maar in beperkte mate gebruikt, en zodoende is het lichaam met de Kerst of in de vakantie door een plotselinge toevoer van grotere hoeveelheden SULT-blokkers overweldigd.<sup>12,13</sup> De ontspanning wil niet meer intreden, omdat de enzymen lamgelegd zijn, die een stress afbouw mogelijk maken. Met de Kerst werken lebkuchen, vanillekipferl en sinaasappellikeur op volle toeren – de SULTs gaan door de knieën, en in het ergste geval valt pappa dood neer.

Dat vrouwen veel minder vaak aan een plotselinge hartstilstand overlijden, ligt er vermoedelijk aan, dat de SULTs bij mannelijke en vrouwelijke zoogdieren anders actief zijn.<sup>18,30</sup> Biologisch gezien is dat doorgaans zinvol, want bij een zwangerschap moet de groeiende foetus goed beschermd worden tegen schade-

lijke stoffen uit de omgeving, hetzij voor medicamenten of voor plantaardige aromastoffen.

## Grijze laboratorium resultaten

Het heeft lang geduurd, voordat de onderzoekers de ongewone reacties op levensmiddelen, bijvoorbeeld de drastische stijging van de dopaminespiegels na de consumptie van plantaardige specialiteiten zoals vanille of curry, in verbinding gebracht hebben met de daarin zittende SULT 1A-remmers. Immers het onderzoek naar SULT-remstoffen heeft zo zijn moeilijkheden: De gewoonlijke laboratoriumknaagdieren zoals muizen en ratten beschikken niet over de enzymen die overeenkomen met de SULT 1 A3 van de mens. En juist deze maken de stresshormonen (catecholamine) onschadelijk.<sup>33</sup>

Knaagdieren deactiveren catecholamine zoals adrenaline primair met een ander enzym-complex<sup>35</sup>, reden waarom zulke dierproeven geen uitkomst bieden. Dit verduidelijkt nog eens, hoe beperkt de zeggingskracht is van dierproeven over de giftigheid van substanties.

De reacties op bestanddelen in onze voeding vallen van mens tot mens anders uit, daar ieder individu genetisch bepaald een andere SULT-uitrusting heeft.<sup>22</sup> Vele mensen hebben een betere gezondheid eerder te danken aan het alcoholgehalte van de rode wijn dan het alcoholvrije, andere op hun beurt lopen juist het gevaar door het voor “gezond” doorgaande resveratol, te overlijden. Deze verschillen zijn ook de reden, waarom iedereen een andere smaak heeft, en waarom de ene liever witte wijn drinkt, terwijl de andere de voorkeur geeft aan rode. Ook waarom de ene liever currierijst en de andere liever een frites speciaal eet..

## Samenvatting

In ieder geval dient het gebruikelijke advies van artsen en diëtisten, om malaise met natuurlijke plantaardige bestanddelen en “gezond” groente & fruit te bestrijden, met voorzichtigheid genoten worden. Daarin wemelt het immers van de alom gewaardeerde flavonoiden, en die werken immers bij veel mensen als krachtige SULT-remmers.<sup>19</sup>

Wanneer u sowieso geen “gezonde” groente lust, champagne en curry u tegen staan, dan moet u op de waarschuwingssignalen van uw lichaam achten en laat u deze, voor uw gezondheid liever eenvoudig weg. Spek, Goudse kaas en gerookte zalm zijn gegarandeerd vrij daarvan.

## Literatuur

1. Alhusainy W et al: Matrix modulation of the bioactivation of estragole by constituents of different alkenylbenzene-containing herbs and spices and physiologically based biokinetic modeling of possible in vivo effects. *Toxicological Sciences* 2012; 129: 174-187
2. Barnes PM: Health characteristics of the American Indian and Alaska Native adult population; United States, 1999-2003. *Advance Data from Vital and Health Statistics* 2005; 356: 1-24
3. Bazzano LA et al: Intake of fruit, vegetables, and fruit juices and risk of diabetes in women. *Diabetes Care* 2008; 31: 1311-1317
4. Bian HS et al: Induction of human sulfotransferases 1A3 (SULT1A3) by glucocorticoids. *Life Sciences* 2007; 81: 1659-1667
5. Boyer JC et al: Effect of champagne compared to still white wine on peripheral neurotransmitter concentrations. *International Journal of Vitamin and Nutrition Research* 2004; 74: 321-328
6. Briscoe VJ, Davis SN: Hypoglycaemia in types 1 and 2 diabetes: physiology, pathophysiology, and management. *International Vitamin and Nutrition Research* 2004; 74: 321-328
7. Bujalska IJ et al: Does central obesity reflect "Cushing's disease of the omentum"? *Lancet* 1997; 349: 55-89
8. Charbit AR et al: Dopamine: what's new in migraine? *Current Opinion in Neurology* 2011; 23: 275-281
9. Chen XM et al: Effect of vanillin and ethyl vanillin on cytochrome P450 activity in vitro and in vivo. *Food and Chemical Toxicology* 2012; 50: 1897-1901
10. Coughtrie MWH, Johnston LE: Interactions between dietary chemicals and human sulfotransferases - molecular mechanisms and clinical significance. *Drug Metabolism and Disposition* 2001; 29: 522-528
11. Davidoff RA: Migraine manifestations, pathogenesis, and management. Oxford University Press, Oxford 2002
12. Eagle K: Toxicological effects of red wine, orange juice, and other dietary SULT1A inhibitors via excess catecholamines. *Food and Chemical Toxicology* 2012; 50: 2243-2249
13. Eagle K: Hypothesis: Holiday sudden cardiac death: food and alcohol inhibition of SULT1A enzymes as a precipitant. *Journal of Applied Toxicology* 2012; 32: 751-755
14. Efferth T: Molekulare Pharmakologie und Toxikologie. Springer, Berlin 2006
15. Eisenhofer G et al: Substantial production of dopamine in the human gastrointestinal tract. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 1997; 82: 3864-3871
16. Faber H v, Haid H: Endokrinologie. Ulmer, Stuttgart 1995
17. Gamage N et al: Human sulfotransferases and their role in chemical metabolism. *Toxicological Sciences* 2006; 90: 5-22
18. Glatt H: Sulphotransferases. In: Ioannides C (Hrsg): Enzyme Systems that Metabolise Drugs and Other Xenobiotics. John Wiley & Sons 2002, 353-439
19. Harris RM, Waring RA: Sulfotransferase inhibition: potential impact of diet and environmental chemicals on steroid metabolism and drug detoxification. *Current Drug Metabolism* 2008; 9: 269-275
20. Kamal-Eldin J: Food, supplements, and drugs: pharmacokinetics interactions and their implications. *Bioequivalence & Availability* 2014; 6: 3
21. Kleine B, Rossmannith WG: Hormone und Hormonsystem. Springer, Berlin 2007
22. Lampe JW: Diet, genetic polymorphisms, detoxification, and health risks. *Alternative Therapies in Health & Medicine* 2007; 13: 108-111
23. Lampe JW: Interindividual differences in response to plant-based diets: implications for cancer risk. *American Journal of Clinical Nutrition* 2009; 89: 1553S-1557S
24. Littlewood JT et al: Red wine contains a potent inhibitor of phenolsulfotransferase. *British Journal of Clinical Pharmacology* 1985; 19: 275-278
25. James, MO, Ambadapadi S: Interactions of cytosolic sulfotransferases with xenobiotics. *Drug Metabolism Reviews* 2013; 45: 401-414
26. Marazziti D et al: Gender related seasonality of human platelet phenolsulfotransferase activity. *Neuropsychobiology* 1998; 38: 1-5
27. Nagai M et al: Inhibitory effects of herbal extracts on the activity of human sulfotransferase isoform sulfotransferase 1A3 (SULT1A3). *Biological & Pharmaceutical Bulletin* 2009; 32: 105-109
28. Nagar S et al: Sulfotransferase (SULT) 1A1 polymorphic variants \*1, \*2, and \*3 are associated with altered enzymatic activity, cellular phenotype, and protein degradation. *Molecular Pharmacology* 2006; 69: 2048-2092
29. Ning B et al: Common genetic polymorphisms in the 5'-flanking region of the SULT1A1 gene: haplotypes and their association with platelet enzyme activity. *Pharmacogenetic Genomics* 2005; 15: 465-473
30. Nowell S et al: Relationship of phenol sulfotransferase activity (SULT1A1) genotype to sulfotransferase phenotype in platelet cytosol. *Pharmacogenetics* 2000; 10: 789-797
31. Phillips D et al: Cardiac mortality is higher around Christmas and New Year's than at any other time: the holidays as a risk factor for death. *Circulation* 2004; 110: 3781-3788
32. Phillips D et al: Christmas and New Year as risk factors for death. *Social Science & Medicine* 2010; 71: 1463-1471
33. Riches Z et al: Quantitative evaluation of the expression and activity of five major sulfotransferases (SULTs) in human tissues: the SULT "pie". *Drug Metabolism and Disposition* 2009; 37: 2255-2261
34. Spaak J et al: Dose-related effects of red wine and alcohol on hemodynamics, sympathetic nerve activity and arterial diameter. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology* 2008; 294: H605-H612
35. Strott CA: Sulfonation and molecular action. *Endocrinological Reviews* 2002; 23: 703-732
36. Thomae BA et al: Human catecholamin sulfotransferase (SULT 1A3) pharmacogenetics: functional genetic polymorphism. *Journal of Neurochemistry* 2003; 87: 809-819
37. Vondrašová D et al: Exposure to long summer days affects the human melatonin and cortisol rhythms. *Brain Research* 1997; 759: 166-170
38. Wätjen W, Fritsche E: Fremdstoffmetabolismus. In: Vohr H-W (Hrsg): Toxikologie Band 1: Grundlagen der Toxikologie. Wiley-VCH, Weinheim 2010
39. Yu X et al: Copy number variation in sulfotransferase isoform 1A1 (SULT1A1) is significantly associated with enzymatic activity in Japanese subjects. *Pharmacogenomics and Personalized Medicine* 2013; 6: 19-24

**Vertaling & NL-contact:** Piet van Veghel  
Tel: \*49/(0)177 689 7286  
E-Mail: pietvanveghe153@gmail.com

#### Redactie:

Dipl.-Biol. Andrea Fock (Hoofdredactie)  
Mag. rer. soz. Volkmar Köhler  
Dipl. oec. troph. Jutta Muth  
Dr. rer. nat. Monika Niehaus  
Dipl.-vertaaster Kirsten Nutto  
Dipl.-Ing. Jürgen Pfuhl  
Levensmiddelchemicus Udo Pollmer  
Marianne Polzin (docent)  
Dr. med. Dipl. Ing. Peter Porz (Internist)  
Dipl.-Levensmiddelentechnologie Ingrid Schilsky

#### Grafische vormgeving:

Grafisch ontwerper Karl-Ludwig Leiter  
Bouwkundig tekenares Ute Düll

#### Uitgever:

Europäisches Institut für Lebensmittel- und Ernährungswissenschaften (EU.L.E.) e.V.  
Bestuur en secretariaat: Dr. med. vet. Manfred Stein  
Am Kiebitzberg 10, D-27404 Gyhum  
Internet: euleev.de

#### Wetenschappelijke adviesraad:

Prof. Dr. Herman Adlercreutz, Helsinki  
Prof. Dr. Michael Böttger, Hamburg  
Dr. Hans F. Hübner, MD, Berlin  
Prof. Dr. Dr. Heinrich P. Koch, Wien  
Prof. Dr. Egon P. Köster, Dijon  
Prof. Dr. Karl Pirllet, Garmisch-Partenkirchen

#### Kopiën:

Het kopiëren van artikelen is alleen toegestaan met goedkeuring van het EU.L.E. instituut en met overeenkomstige bronvermelding. Wij vragen u om als bewijs twee exemplaren te overleggen.  
EU.L.E.n-Spiegels, of delen daaruit, mogen niet voor reclamedoeleinden worden gebruikt.

#### Donaties:

EU.L.E. e.V. is een officieel erkende vereniging werkend voor het nut van het algemeen. Donaties zijn aftrekbaar van de belasting.  
Hamburger Sparkasse  
BIC: HASP DE HH XXX  
IBAN: 33 2005 0550 1261 1759 78

#### Abonnement:

Het archief van de EU.L.E.n-Spiegels staat voor verenigingsleden of voor abonnementsleden ter beschikking. Beide kosten per kalenderjaar 46. euro voor privepersonen en 453.- euro voor bedrijven (institutional subscription).

Bestelformulier onder <http://www.das-eule.de/> of bij de ledenadministratie:  
Ute Düll, Eichendorffstraße 34, 75031 Eppingen,  
Tel: \*49(0) 7262 60 12 565  
Email: Uduell@das-eule.de

#### Beeldverantwoording

S.1: Klaus Alfs  
S.1 u. 3: Greg Tally, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.4, 17 links u. 21 rechts: Christian Fischer, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.5: © eyetronic/fotolia.com  
S.6: Doc. RNDr. Josef Reischig, CSc., Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.7 oben: © Bodensee-Wasserversorgung  
S.7 unten: © jasonyu/fotolia.com  
S.9 links: Pmx, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.10: © Merlinul/fotolia.com  
S.12 links: Gary Halvorson, Oregon State Archives  
S.12 rechts: © Sebastien Burel/fotolia.com  
S.13: YAMAMAYA, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.14 oben: Marufish, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 2.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/legalcode>  
S.14 unten: Daniel Cavallari, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode>  
S.15: © thanatip/fotolia.com  
S.16: NASA  
S.17 groß: Citron, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.17 klein: Arpingstone  
S.18: Svičková, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.20: Corradox, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.21 links: Alchemist-hp, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-NC-ND 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/legalcode>  
S.22: © mahey/fotolia.com  
S.23: Cookie, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.24: Wipeter, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.25: © byrdyak/fotolia.com  
S.26 oben: © Christian Delbert/fotolia.com  
S.26 unten: Tamorlan, Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY-SA 3.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
S.27 oben: © ChiccoDodiFC/fotolia.com  
S.27 unten: © karepa/fotolia.com  
S.33: International Rice Research Institute (IRRI), Wikimedia Commons  
licenzierd unter Creative Commons-Lizenz BY 2.0  
URL: <http://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>  
S.34: © Matyas Rehak/fotolia.com  
S.36 u. 37 Anophelesmücken: © Kletr/fotolia.com  
S.36 u. 37 Wurm: DPDx Image Library  
S.40 u. 44: © Dennis Cox/fotolia.com  
S.41: © Gyula Gyukli/fotolia.com  
S.43: Grafik Karl-Ludwig Leiter

De achterstelling van de vrouw is voor natuurkundigen met het oog op het essentiële een aantrekkelijk thema. Ondanks gelijkstelling voor de wet, hun vertegenwoordiging in raden van toezicht en het respect in de media van Rainer Brüderle, dringt de onvermoeibare onderzoeksgeest nu ook op terreinen door, die een menselijk oog nog nooit tevoren als discriminerend herkend heeft.

Spiegel Online heeft het verschrikkelijke nieuws als een van de eersten gezien: "Vrouwen worden bij de ruimtetemperatuur systematisch benadeeld". "Twee wetenschappers uit Nederland" hebben namelijk ontdekt, dat de temperatuur op kantoor op de lichaamswarmte van de mannen gericht is. En dat gaat helemaal niet, want als vrouwen het koud hebben, lijdt het hele bedrijfsklimaat er onder.

#### Vadertje vorst

Ten bewijze lieten de onderzoekers zestien jonge, slanke studentes simpel bureauwerk verrichten. Dankzij gedetailleerde metingen kwamen de biofysici tot de schokkende ontdekking, dat de stofwisseling van de jongedames op een beduidend lager niveau werkte dan dat van een veertig jarige collega. Voor vrouwen zou – aldus de biofysici – een slordige 25 graden Celsius de optimale bedrijfstemperatuur zijn.

Bij de vraag, waar dit verlangen naar warmte vandaan komt, zijn de onderzoekers niet gewoon bij de spreekwoordelijke "koude voeten" blijven staan, nee, ze hebben zich, puur natuurkundig dat mag duidelijk zijn, voorzichtig over het bovenlichaam bewogen: "Vrouwen trekken vaker uitgesneden bovenkleding aan – en deze uitsnede is dicht bij het lichaamsmidden." Hoe dieper het décolleté, des te kouder de buik. Met ontblote navels koelen de jongedames nog sneller af. Bovendien, aldus de onderzoekers, zijn vrouwen ook anders spaarzamer gekleed (rokken, sandalen!) en leden daarom in nog heviger mate onder het mannelijke klima-dictaat. Zo zouden zij systematisch hun succesvolle carrières om zeep helpen.

#### Thermodramatiek

Een grapje terzijde, natuurlijk vraagt men zich af, waar de wens naar woningen van 25 graden daadwerkelijk komt. Dunne bloesjes zijn geen afdoende verklaring. Wie aan caloriegebrek lijdt (de "calorie" is niet voor niets een natuurkundige warmte eenheid) en omdat hij op dieet is, heeft hij het dan natuurlijk ook snel koud. Ook eetgestoorden oververhitten hun woningen gewoonlijk. Echter met betrekking tot het eetgedrag van de jonge dames hebben de onderzoekers geen data verzameld – ofschoon de lage stofwisselingsintensiteit op dieet-ervaringen wijst.

Talrijke redacties hebben de studie overgenomen en het kou lijden van de vrouwen beklagd, als zouden het vogeltjes zijn, die in de bitterkoude winter voor het raam erop wachten, om gevoerd te worden. Een van deze vogels heeft de economische rubriek van de FAZ afgeschoten: "Dat zijn geen uitzonderingen. Dat heeft een systeem. En het conflict ligt er niet aan, dat die vrouwen zo gevoelig waren." In tegendeel, vrouwen hebben "vaker een hoger lichaamsvetpercentage – en vet zorgt ervoor, dat minder lichaamswarmte tot op de huid naar voren dringt". De vrouw heeft het dus koud, omdat de warmte binnenin haar lichaam blijft? In de echte wereld, dus buiten de FAZ-bureaus, gelden nog altijd de natuurwetten: Hoe meer vet een lichaam bevat, des te beter is het geïsoleerd, en des te minder heeft het kou. Walrussen en walvissen kunnen daarover meepraten.

#### Hersenen op de spaarstand

De meeste mensen verschillen op een belangrijk punt van de genoemde onderzoeksobjecten en –subjecten. Ze moeten op de zaak doorwerken, om hun brood te verdienen. Zij krijgen het natuurlijk warm. Daarbij zijn ook niet alle vrouwen jong en licht gekleed. Op een mooie dag zullen zelfs de studentes in de overgangsjaren terecht komen. Dan lijden de ondertussen ietsje corpulentere meiden bijwijlen aan heftige opvliegers en zouden het graag wat koeler hebben dan de heren. Maar wie nog op oudere leeftijd op het kantoor zit en voor het jongere volk de arbeidsplaats blokkeert, hoeft niet meer tegen te sputteren. Er moet gestraft worden!

Overigens, de onderzoekers hebben nog een verbluffende bevinding paraat, zoals de wetenschappelijke raad van Welt Online uit de studie gelezen heeft: Door de tropische 25 graden op de werkplek is er ook nog energie te sparen. Want daarmee zou men het "energieverbruik" van de airconditioning "beperken". Jammer alleen, dat de onderzoekers naast hun gezonde mensenverstand niet ook nog de lente, herfst en winter af konden schaffen.

#### Bronnen

Anon: Bibbern im Büro: Warum Frauen bei der Arbeit schneller frieren. Spiegel Online 3. August 2015

Heinemann P: Warum Frauen im Büro so schnell frieren. Welt Online 4. August 2015

Bernau P: Deshalb frieren Frauen im Büro. FAZ Online 4. August 2015

Kingma B, van Marken Lichtenbelt W: Energy consumption in buildings and female thermal demand. Nature Climate Change 2015; epub ahead of print