

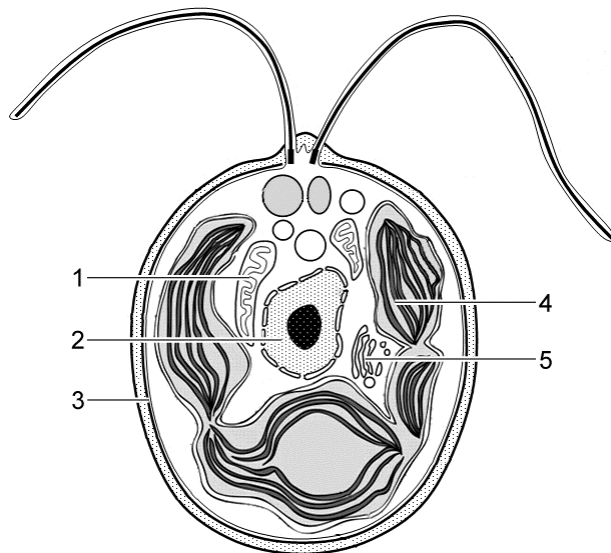
## Bloei van de blauwalg

'Blooms like it hot' was een kop in het wetenschappelijke tijdschrift Science in april 2008. De onderzoekers Hans Paerl en Jef Huisman wijzen daarmee op een toename van de algenbloei in oceanen door het versterkt broeikas effect. Zij onderzochten de blauwalgenbloei.

Een verhoging van de gemiddelde temperatuur op de wereld heeft geleid tot een exponentiële vermeerdering van onder andere blauwalgen. Bij blauwalgenbloei drijft er een laag drab van deze cyanobacteriën op het water. Ze produceren onder die omstandigheden vaak stoffen zoals microcystines en anatoxine, die bij opname giftig zijn voor (zwemmende) mensen en dieren. Symptomen van blauwalgenvergiftiging variëren van huiduitslag en maagklachten, tot krampen en ademhalingsproblemen.

De naam blauwalgen is misleidend, het zijn cyanobacteriën. Op grond van een aantal kenmerken worden groene algen en cyanobacteriën in verschillende taxonomische groepen ingedeeld. In afbeelding 1 is schematisch de bouw van een groene alg (*Chlamydomonas*) weergegeven.

afbeelding 1



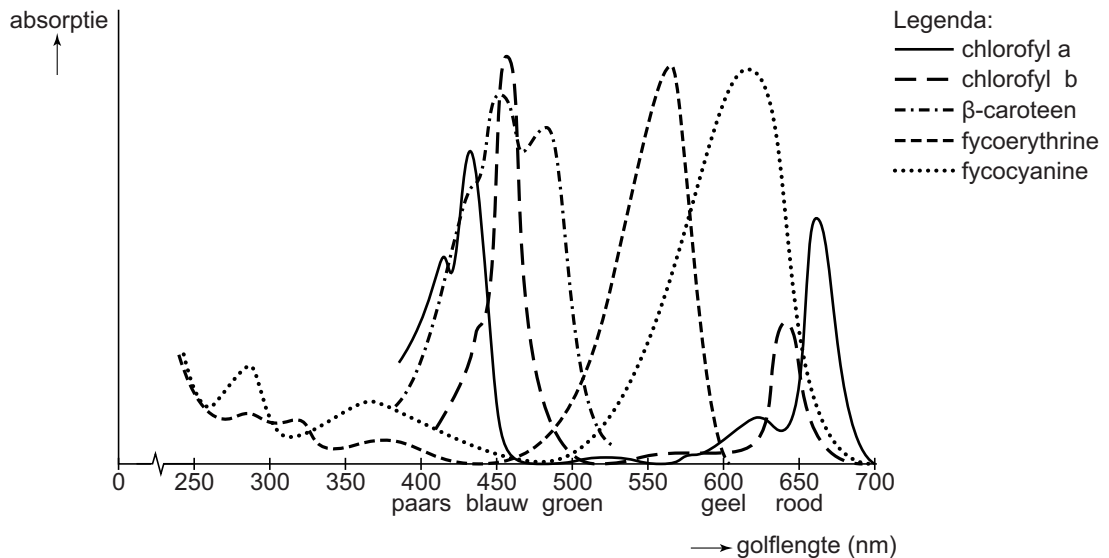
Vijf delen van *Chlamydomonas* zijn in afbeelding 1 met een cijfer aangeduid.

2p 8 In welk deel vindt de lichtreactie van de fotosynthese plaats?

- A in deel 1
- B in deel 2
- C in deel 3
- D in deel 4
- E in deel 5

Cyanobacteriën zweven al miljarden jaren in het water en hebben bijgedragen aan het ontstaan van een zuurstofrijke atmosfeer. Cyanobacteriën worden ook wel blauwalgen genoemd vanwege hun blauwe pigment fycoyanine, dat samen met andere pigmenten, zoals chlorofyl-a, bij de fotosynthese betrokken is. Afbeelding 2 toont het absorptiespectrum van pigmenten die gevonden worden in cyanobacteriën.

**afbeelding 2**



Groene algen beschikken over het algemeen niet over pigmenten als fycoyanine en fycoerythrine.

- 1p **9** Welk voordeel hebben de cyanobacteriën met fycoyanine en/of fycoerythrine ten opzichte van groene algen zonder deze pigmenten?
- 2p **10** Wat is de functie van fycoyanine bij de fotosynthese?
- A opvangen van lichtenergie
  - B productie van glucose
  - C productie van zuurstof
  - D productie van ATP
  - E splitsen van water

Als gevolg van het versterkt broeikaseffect vindt op veel plaatsen in het water thermische stratificatie plaats: de laag van het warme oppervlaktewater wordt minder gemengd met de diepere koude waterlaag.

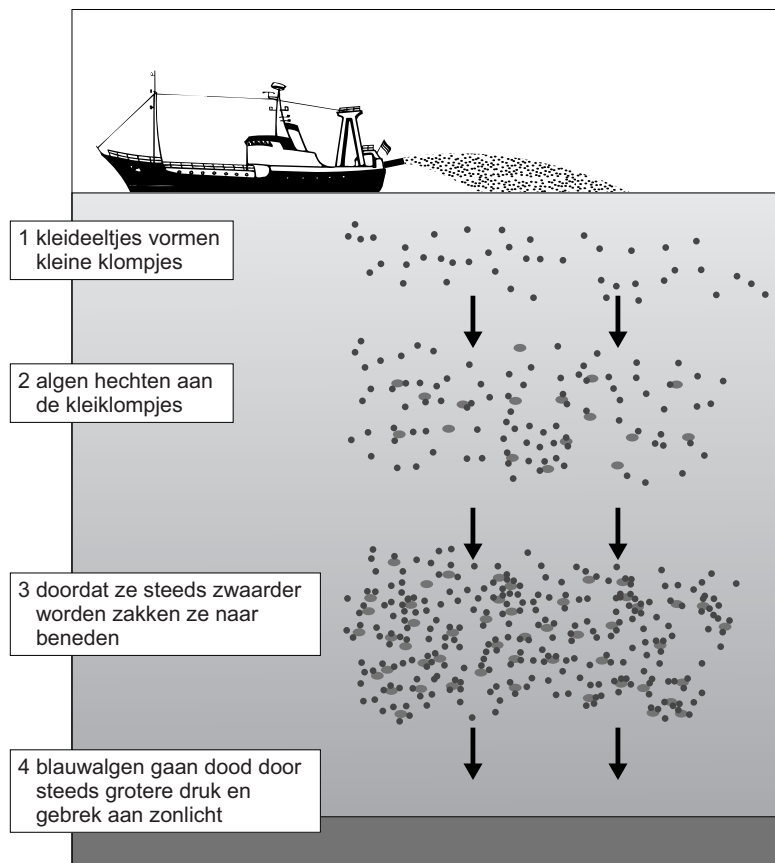
2p **11** Leg uit waardoor deze stratificatie kan bijdragen aan het ontstaan van de blauwalgenbloei.

Een effect van verdere opwarming van de aarde is een plaatselijke toename van de regenval. Paerl en Huisman verwachten daardoor een grotere kans op blauwalgenbloei in de uitstroomgebieden van rivieren in zee (estuaria).

- 2p 12 Door welke verandering in het water kan meer regenval op het land leiden tot een toename van algenbloei in estuaria?
- A het water wordt minder troebel
  - B het water wordt minder zout
  - C het water wordt voedselrijker
  - D het water wordt zuurstofrijker

Men zoekt naar methoden om blauwalgenbloei tegen te gaan. Een manier is om kleideeltjes, waaraan de blauwalgen hechten, op het water te sproeien. De blauwalgen zakken daardoor naar de bodem (zie afbeelding 3).

**afbeelding 3**



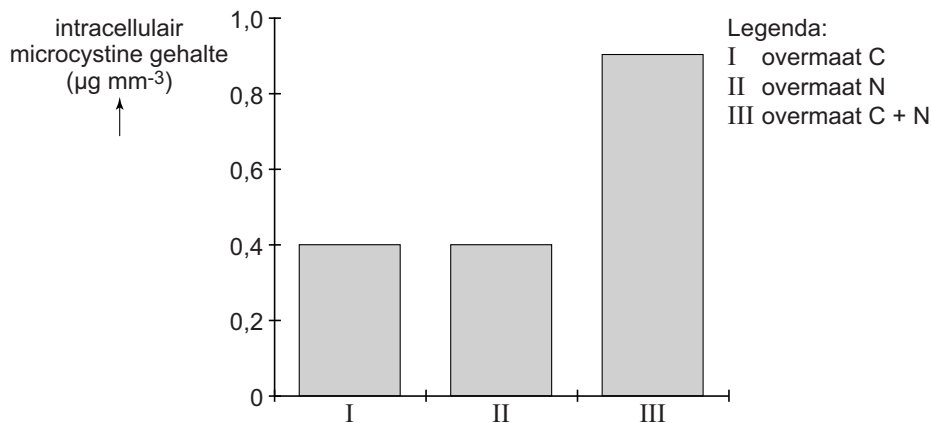
Het op deze manier (zie afbeelding 3) afzinken van blauwalgen levert ook een bijdrage aan het tegengaan van het versterkt broeikas effect.

- 2p 13 Leg uit dat deze methode bijdraagt aan het tegengaan van het versterkt broeikas effect, maar dat het mogelijk op de lange termijn geen effect heeft.

De onderzoeksgroep van Paerl en Huisman onderzocht de invloed van milieuomstandigheden op de giftigheid van de cyanobacterie *Microcystis aeruginosa*. In het laboratorium werden deze cyanobacteriën gekweekt in drie vaten waaraan respectievelijk een overmaat koolstof (in de vorm van  $\text{CO}_2$ ), een overmaat stikstof (in de vorm van  $\text{NO}_3^-$ ), of een overmaat van beide stoffen was toegevoegd. Na afloop werd het gehalte van de gifstof microcystine in de cellen bepaald.

De resultaten zijn weergegeven in afbeelding 4.

**afbeelding 4**



Op basis van deze resultaten worden twee conclusies getrokken:

- 1 In vat I is stikstof een beperkende factor voor de microcystineproductie van *Microcystis aeruginosa*.
- 2 In vat III is licht een beperkende factor voor de microcystineproductie van *Microcystis aeruginosa*.

2p **14** Welke van deze conclusies kan of kunnen uit deze resultaten getrokken worden?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D beide

3p **15** Leg uit dat de door mensen veroorzaakte eutrofiëring, gecombineerd met de uitstoot van broeikasgassen, de giftigheid van de cyanobacteriën *Microcystis aeruginosa* kan vergroten.

Wanneer er cyanobacteriën in zwemwater worden gevonden, is het belangrijk om snel uitsluitel te krijgen over de giftigheid ervan. Dat kan door een genetische analyse uit te voeren. Alleen cyanobacteriën met een *mcy*-gen, dat codeert voor het enzym microcystine-synthase, kunnen microcystines produceren.

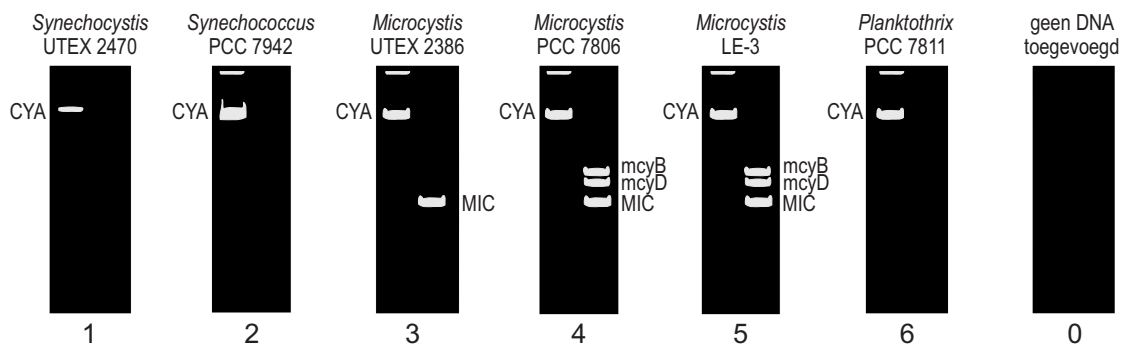
Van zes verschillende stammen cyanobacteriën wordt in het laboratorium de aanwezigheid van de genen *mcyB* en *mcyD* onderzocht.

Als controle-genen gebruiken de onderzoekers het *CYA*-gen dat alle soorten cyanobacteriën bezitten, en het *MIC*-gen dat alleen voorkomt in *Microcystis* soorten.

Met behulp van de Polymerase Ketting Reactie (PCR) wordt het DNA van genfragmenten vermenigvuldigd. De PCR-producten worden geanalyseerd door gel-elektroforese.

Het resultaat daarvan is in afbeelding 5 weergegeven.

**afbeelding 5**



Over de resultaten van de gel-elektroforese (afbeelding 5) worden twee beweringen gedaan:

- 1 Alle *Microcystis* cyanobacteriën uit de test zijn potentieel giftig;
- 2 Het resultaat van *Planktothrix* is onbetrouwbaar omdat het controle-gen *MIC* ontbreekt.

2p **16** Welke bewering wordt of welke beweringen worden door de resultaten ondersteund?

- A geen van beide
- B alleen 1
- C alleen 2
- D beide beweringen

Als cyanobacteriën geen microcystines kunnen produceren wil dat nog niet zeggen dat ze onschadelijk zijn. Er zijn ook cyanobacteriën die het gevaarlijke en snelwerkende anatoxine-a maken. Deze stof activeert acetylcholinereceptoren van skeletspieren. Anatoxine-a kan echter niet worden afgebroken door acetylcholinesterase.

- 3p 17 – Wat gebeurt er op celniveau wanneer anatoxine-a terechtkomt in synapsen van motorische eindplaatjes? Gebruik in je antwoord de termen depolarisatie en repolarisatie.
- Wat is het gevolg hiervan op orgaanniveau?
  - Waardoor kan dit gevaarlijk zijn op organismeniveau?