

Bacterie vervangt zelf onderdelen van zijn 'buitenboordmotor'

REPARATIE OP VOLLE SNELHEID

Sommige bacteriën bewegen zich voort met een zweephaar. Dat is niet zomaar een haar. Als je hem met een elektronenmicroscopie bekijkt, zul je zien dat het gaat om **een heuse buitenboordmotor die uit zo'n drie dozijn onderdelen bestaat**. Hij wordt aangedreven door een stroom van zure waterstofmoleculen. Kortom, een motor met alles erop en eraan.

kele honderden tot duizenden omwentelingen per minuut! Eerdere onderzoeken toonden al aan dat delen van de niet-bewegende stator tijdens het draaien konden worden vervangen.

SUPERSNEL

Het piepkleine motortje waarmee de zweepstaart van een bacterie wordt aangedreven, bestaat uit meerdere afzonderlijke onderdelen (eiwitcomponenten). Over welke kleine schaal we het hier hebben? Bacteriën zelf zijn al zo klein

Recent is ontdekt dat er iets heel bijzonders is met de zweephaar van een bacterie. Een studie, gepubliceerd in de Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), geeft aan dat bij de

zweepstaart, waarmee bacteriën zich voortbewegen, delen van de rotor –waarmee het staartje (flagellum) draait– kunnen worden vervangen. Dat wordt gedaan terwijl hij draait met een snelheid van en-

dat ze niet met het blote oog te zien zijn. Deze levende 'dingetjes' hebben dus ook nog eens één of meer van die kleine motortjes, die weer uit tientallen onderdelen bestaan. Deze motortjes zijn maar 45 mil-

UITERST COMPLEX

De schrijvers van het rapport, onderzoekers van de universiteit van Oxford, weten al heel veel van de vaste onderdelen van deze motortjes. In het rapport zeggen ze echter dat ze nog maar

net beginnen te begrijpen hoe de bewegende delen werken. De eerste zin van het rapport begint al met: 'De bacteriële flagellum-motor is één van de meest complexe biologische nanomachines.'

joenste van een millimeter dik en laten de bacterie met een snelheid van ongeveer zestig cellengtes per seconde voortbewegen! Ter vergelijking: een auto zou 1000 kilometer per uur moeten rijden om dat te evenaren.

De onderdelen van deze motortjes zijn daadwerkelijk vergelijkbaar met onderdelen van een door mensen gemaakte motor. Ze hebben een niet-bewegend gedeelte (stator), een roterend gedeelte (rotor), aandrijfjas, propeller en zelfs een cardanas (om het in autotermen uit te drukken: de as die de versnellingsbak van een auto met het differentieel verbindt). Ze werken op een soort protonenbatterij, draaien linksom en rechtsom even hard, kunnen in een kwartslag stoppen en met dezelfde snelheid de andere kant op draaien. Ze draaien ook vrijwel zonder verlies; dat betekent dat ze de energie (brandstof) die erin gestopt wordt, voor bijna honderd procent gebruiken. Dat is iets waar een ontwerper van een motor alleen maar van kan dromen.

**EEN ZWEEPSTAARTJE
KAN DUIZENDEN OM-
WENTELINGEN PER
MINUUT MAKEN**

KLAAR VOOR GEBRUIK

Met behulp van specialistische technieken konden de onderzoekers onderdelen van de rotor (het bewegende deel) zichtbaar maken in tijdvakken van 30 tot 40 seconden. In die tijdvakken maakten de onderdelen veranderingen door. Dit kan zijn omdat er onderhoud plaatsvond of omdat deze verandering nodig was voor een functioneel doel, bijvoorbeeld het omdraaien van de draairichting van de

motor. Bij de Escherichia coli-bacterie (die vier tot acht van zulke flagellum-staarten bezit) kan het ook te maken hebben met het synchroniseren van de motoren.

Bij het flagellum lijken er onderdelen 'klaar te liggen' voor gebruik, want zodra er een nieuw onderdeel nodig is, treedt er een mechanisme in werking dat die onderdelen op de juiste plaats aanbrengt. Hoe dit precies gebeurt, heeft men nog niet kunnen ontdekken.

ONWAARSCHIJNLIJK

De volgende keer als je langs een plas met vies water loopt, zou je terloops kunnen opmerken: 'O kijk, daar heb je een machinepark met geautomatiseerde processen en routinematige controles, geregeld door feedbacksoftware en netwerken van zelfstandige computergestuurde units met een opslagcapaciteit van enkele gigabytes per stuk. En wist je dat er daar in die plas ook nog geautomatiseerd onderhoudswerk plaatsvindt, waarbij onderdelen worden vervangen zonder dat het proces stilgelegd hoeft te worden?'

Dat is in het kort wat er allemaal in zo'n plas –beter gezegd: in de bacteriën in die plas– gebeurt. Het is echt onwaarschijnlijk: er is dus sprake van onderhoud aan een machine in bedrijf, met opslag en tijdige aanlevering van reserve-onderdelen!

Probeer je eens voor te stellen hoe dat moet zijn bij een buitenboordmotor van een boot: terwijl de motor draait, wordt er iets veranderd

aan de stand van de schoepen of wordt er zelfs een hele schoep vervangen. Daarmee zou je de werking van de zweepstaart van de bacterie ongeveer kunnen vergelijken.

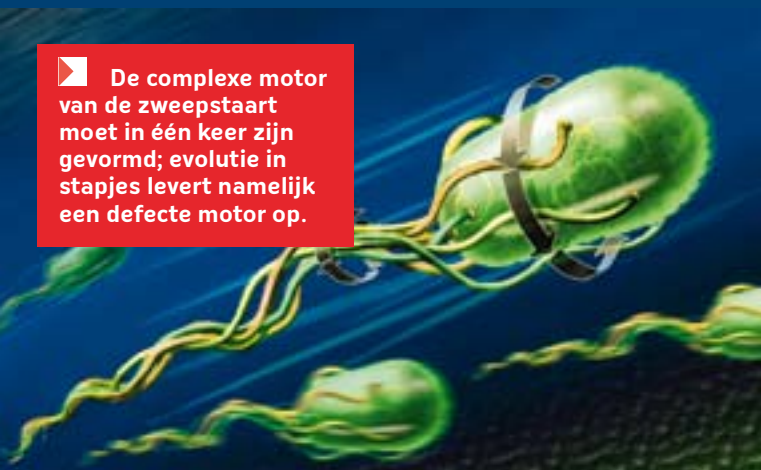
ER MOET WEL IETS ZIJN...

Maar er is meer: de ontdekkingen wijzen ook uit dat de zweepstaarten reageren op signalen uit de omgeving. Stel je een buitenboordmotor voor, zoals hier omschreven, die ook nog eens reageert op de temperatuur en samenstelling van het water. Technisch is het mogelijk om zo'n buitenboordmotor te maken, maar daarvoor zal wel een intelligente ontwerper nodig zijn. Het is dan ook niet voor niets dat de ontdekking van de werking van de bacteriëstaart, veel wetenschappers ertoe hebben gebracht om de Intelligent Design-theorie te omarmen.

INTELLIGENT

De moleculaire motor van de bacteriëstaart is een icoon geworden van de Intelligent Design-beweging. Een voorstander van ID, Michael Behe, heeft het flagellum met zijn boek 'Darwin's Black Box' onder de publieke aandacht gebracht als een 'onherleidbaar complexe structuur'. Dat houdt in dat alle onderdelen tegelijk aanwezig moeten zijn om het geheel te laten werken. Want het is absurd te veronderstellen dat zulke intelligente systemen door louter toevallige processen ontstaan zijn. Er moet wel meer zijn...

De complexe motor van de zweepstaart moet in één keer zijn gevormd; evolutie in stapjes levert namelijk een defecte motor op.



WEET MEER

- <http://tiny.cc/zweepstaart1>
- <http://tiny.cc/zweepstaart2>