

SLIJMZWAM POMPT ZICH VOORWAARTS

➤ Door samentrekkingen van een eiwit beweegt de slijmzwam zich voort. De ritmische beweging creëert drukverschillen, die tegen het celvocht duwen en de zwam zo in beweging brengen.

SLIJMZWAM

VERTAKKINGEN

CHEMISCH SPOOR GEEFT RICHTING AAN

➤ Slijmzwammen komen circa 1 centimeter per uur vooruit, al tastend via een netwerk dat chemische sporen achterlaat. Daardoor weet de zwam of hij een gebied goed heeft uitgekamd.

KANAAL

DIKKE KANALEN VERDELEN VOEDING

➤ Als een slijmzwam voedsel als haveremout vindt, stemt hij het kanaal daarop af en verdwijnen de overige vertakkingen. Via het kanaal stroomt het celvocht beter en wordt de voeding over het hele organisme verdeeld.

HAVERMOUT

HAVERMOUT

Slijmzwam is half zwam, half dier en onsterfelijk

In zijn leven verandert een slijmzwam van een simpel dier, een amoëbe, in een zogeheten plasmodium, dat takken uitspreidt om voedsel te vinden. Heeft de slijmzwam honger, dan zaait hij zich uit met sporen, waaruit weer amoëben voortkomen.

AUDREY DUSSUTOIR, CIRCA, CNRS

Meldal, J. (2022). Hersenloze wezens dagen de intelligentie uit. *Wetenschap in beeld, zomerspecial*, 02/2022, 90–93. (ISBN: 978-82-535-4793-0)

Herserloze wezens dagen onze intelligentie uit

➤ Slijmzwammen hebben niet één hersencel. Toch kunnen ze hun weg vinden in doolhoven, vergif vermijden en ervaringen delen. Dit maakt de weg vrij voor biocomputers en verandert de definitie van intelligentie.

Geel slijm trekt sporen over een schaalmodel van Duitsland. Maar vies vinden ze het niet, de onderzoekers achter deze proef. Hier is een slijmzwam aan het werk, die zojuist de kortste route tussen Flensburg in het noorden en Füssen in het zuiden heeft getekend – nogal een prestatie voor een organisme zonder hersenen.

De gele klodders zijn van de slijmzwam *Physarum polycephalum*, die op donkere, vochtige bosbodems leeft, waar hij zich al tastend naar voedsel steeds weer vertakt. In theorie zijn herserloze wezens niet in staat de kortste route te berekenen. In de praktijk hebben ze echter laten zien dat ze nog veel meer kunnen, als ze maar beloond worden met hun lievelingsgerecht – haveremout.

Slijmzwammen kunnen de snelste weg door een doolhof vinden, ze kunnen leren om een giftige omgeving links te laten liggen en ze wisselen zelfs ervaringen uit. Dat geeft wetenschappers en filosofen flink te denken over de definitie van intelligentie.

Eencellig organisme is enorm

Wereldwijd komen er meer dan 900 soorten slijmzwammen voor. Deze primitieve maar bijzondere organismen vallen niet onder de schimmels, dieren, planten of bacteriën, maar behoren tot de biologische vergaarbak van de protisten: alle eencellige organismen die niet in een ander hokje passen.

De levenscyclus van de slijmzwam kent verschillende stadia. Bij experimenten heeft hij de vorm van een plasmodium: één grote cel die tot 30 gram kan wegen. Een cel van een mens weegt gemiddeld een nanogram, dat wil zeggen 30 miljard keer zo weinig.

In deze toestand heeft de cel duizenden celkernen en organellen, een soort cellulaire organen. De slijmzwam ontwikkelt koker-

vormige structuren die hij als voelsprietten naar alle kanten uitstrekt doordat eiwitten het celvocht in golfbewegingen heen en weer pompen. De vertakkingen vinden de beste routes naar voedselbronnen, waar de slijmzwam stevige kanalen naartoe bouwt, terwijl de vertakkingen zich terugtrekken.

Slijmzwam trekt labjas aan

In eerdere proeven wisten slijmzwammen een structuur te tekenen zoals die van het

metrostelsel in Tokio. Ze vormden kanalen tussen hoopjes haveremout – de ‘stations’ van het netwerk. Dat slijmzwammen een netwerk kunnen nabouwen dat door de knapste technische koppen is doorgerekend, bewijst dat ze in staat zijn om een situatie te beoordelen en op grond daarvan primitieve keuzes te maken – zonder dat ze één enkele hersen- of zenuwcel bezitten.

Omdat de slijmzwam een kanaal achterlaat dat zijn keuze illustreert, is het een »

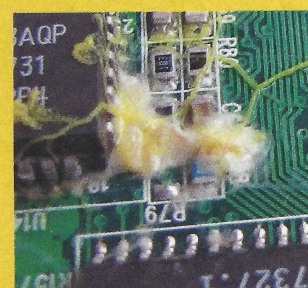


Bij het zoeken naar haveremout vormt de slijmzwam een kanaal tussen de elektroden in een chip. Nanodeeltjes verbeteren de geleidende eigenschappen van het kanaal.

Klodder slijm verbetert de computers van de toekomst

De slijmzwam is kampioen in het vinden van de kortste route tussen twee punten. Met dit vermogen kan de computertechnologie flexibelere circuits ontwikkelen die de beste verbindingen tussen elektroden vormen.

Uit proeven blijkt dat hoog- en laagfrequente stroom slijmzwammen respectievelijk afstoot en aantrekt, dus zo kunnen die gestimuleerd worden om kanalen te vormen naar de juiste elektroden. De geleidende kanalen kunnen dienen om impulsen te verzenden. Er zijn al eenvoudige chips ontworpen op basis van slijmzwamnetwerken.



Als ze maar te eten krijgen, kunnen slijmzwammen op een printplaat leven.

» geweldig modelorganisme voor allerlei experimenten. Zo zijn slijmzwammen, en met name *Physarum polycephalum*, al eens gebruikt om fundamentele aspecten van de intelligentie – leervermogen en geheugen – te onderzoeken, waarvan we dachten dat er een zenuwstelsel voor nodig was.

Geen brein nodig voor keuzes

Physarum polycephalum kan informatie verwerken, patronen herkennen en op basis van zijn ervaringen beslissingen nemen. Als een slijmzwam om de zo veel tijd een stroomstootje krijgt, gaat hij het patroon voorspellen en verandert hij van gedrag om die stootjes te vermijden. In experimenten werden slijmzwammen blootgesteld aan kleine doses zout, kinine of cafeïne, waarvan ze in de natuur zouden terugdeinzen, maar na verloop van tijd leerden ze dat de stof in kleine doses onschadelijk voor ze is.

Slijmzwammen kunnen ook beoordelen welke keuze het meeste voordeel oplevert. In een experiment konden ze kiezen tussen twee paden met hoopjes voedsel erop, die op verschillende afstanden lagen. Op het ene pad lagen meer hoopjes voedsel, en de slijmzwammen gingen dan ook vaker die kant op. Ze waren dus in staat om de opties te vergelijken, en ze hielden niet alleen de

totale hoeveelheid voedsel in het oog, maar ook de afstand tussen de hoopjes.

Door deze ontdekkingen moeten we nog maar eens goed bedenken wat intelligentie is. Slijmzwammen waren er 600 miljoen jaar geleden al en bestaan mogelijk wel 1 miljard jaar – lang voordat er hersenen of primitieve

30

gram kan een slijmzwam wegen, al heeft hij maar één cel. Een menselijke cel weegt circa 1 nanogram.

zenuwstelsels ontstonden. En misschien verbergen hun slijmerige vertakkingen wel een onbekend mechanisme, dat cruciaal is voor het denken van alle organismen.

Oerintelligentie is slijmerig

Het vermogen van de slijmzwam toont aan dat organismen niet per se een geavanceerd

zenuwstelsel nodig hebben om bijvoorbeeld te leren en informatie te verwerken. Volgens de onderzoekers is het geheim van de zwam te vinden in zijn bloedvatachtige stelsel van vertakkingen, die via kleine receptoren in de celmembranen informatie over de omgeving registreren. Wanneer het celvocht in de slijmzwam heen en weer wordt gepompt, raakt de informatie verspreid door het hele organisme, net zoals zenuwcellen impulsen doorgeven in het lichaam en de hersenen.

De onderzoekers weten niet precies hoe de informatie over de slijmzwam verdeeld wordt, en wat zijn primitieve intelligentie voortbrengt. In sommige gevallen wordt de slijmzwam aangedreven door chemische sporen van buitenaf, die waarschuwen voor schadelijke stoffen of die de zwam laten weten waar hij eerder is geweest, wat onder andere helpt om het kortste pad door een doolhof te vinden. Maar in andere gevallen zijn er andere mechanismen in het spel. Volgens sommige wetenschappers worden de ervaringen van de slijmzwam opgeslagen als veranderingen in de RNA-moleculen, die de genetische informatie in een cel moeten rondbrengen. Dankzij deze veranderingen kunnen zwammen ervaringen uitwisselen zodra hun kanalen samengroeien. Andere wetenschappers denken dat de pulserende

Hersenenloos organisme wisselt ervaringen uit

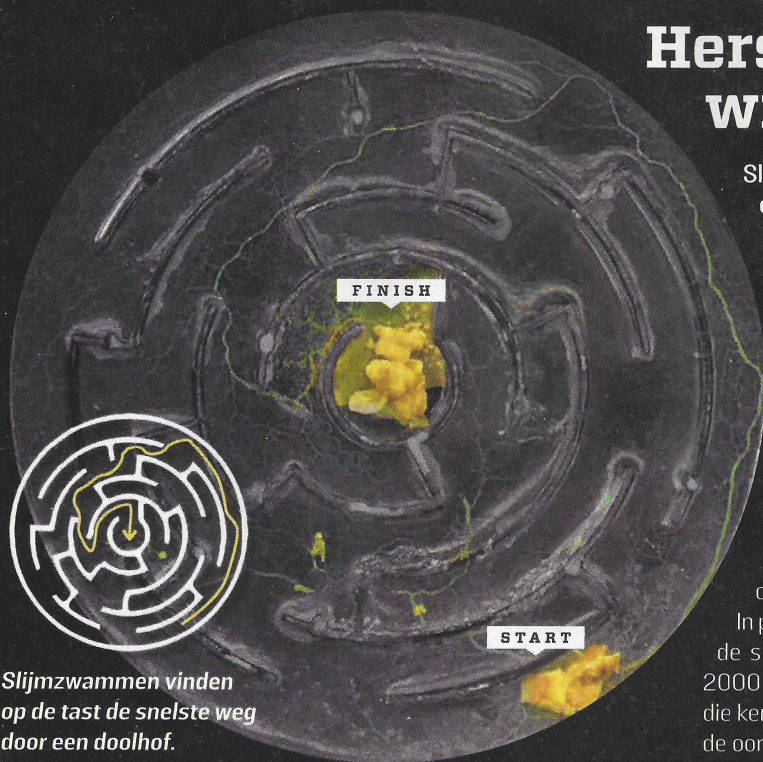
Slijmzwammen kunnen hun weg vinden in een doolhof, maar dat is nog niet alles. Twee slijmzwammen kunnen met elkaar vergroeien en op die manier kennis uitwisselen.

Hoewel slijmzwammen geen hersenen hebben, vertonen ze vrij intelligent gedrag. In experimenten is bijvoorbeeld ontdekt dat ze ervaringen kunnen delen. Zo leerden 2000 slijmzwammen dat ze lage doses van gif als kinine, zout of cafeïne konden overleven.

In paren of groepjes vergroeiende slijmzwammen tijdelijk met 2000 andere slijmzwammen die die kennis niet hadden. Zo deelden de oorspronkelijke slijmzwammen

hun wetenschap dat de dosis vergif niet schadelijk was. De zwammen die erbij kwamen, raakten sneller aan het vergif gewend, al waren ze niet langer met de oorspronkelijke slijmzwammen vergroeid.

De wetenschappers gaan ervan uit dat de slijmzwammen tijdens die gewinning hun RNA-moleculen veranderen. Die brengen genetische informatie in cellen over en kunnen zo kennis overbrengen. In elk geval morrelen de slijmzwammen aan het idee dat intelligentie altijd uit de hersenen komt.



Slijmzwammen vinden op de tast de snelste weg door een doolhof.

Slijmzwam

FLENSBURG

D U I T S L A N D

Havermout

FÜSSEN

Slijmzwammen kunnen verbindingen maken op een 3D-kaart, dus de realiteit nabootsen, en kortere routes vinden.

A. ADAMATZKY

bewegingen van slijmzwammen het geheim achter hun kennis bevatten. Reacties van de zwam op de omgeving bepalen het ritme van die bewegingen en laten zijn duizenden celkernen weten of ze met z'n allen op een positieve of op een negatieve koers zitten.

Slijm koppelt machine aan mens

Vanwege zijn vermogens wordt Physarum polycephalum vaak gebruikt in proeven om menselijk gedrag te kopiëren. Zo heeft de slijmzwam laten zien hoe bewoners door huizen zullen bewegen, en of stoffen als heroïne bijvoorbeeld aantrekkelijker zijn als er minder schadelijke alternatieven zijn.

Al komt de intelligentie van de slijmzwam in de verste verte niet in de buurt van die van mensen, hij kan best als hulpmiddel dienen. Onderzoekers hebben de zwammen al zover gekregen dat ze de verbindingen in computerchips vormen. In theorie kunnen de slijmzwammen een extern zenuwstelsel creëren dat reageert op input van zowel elektronica als levende organismen, en zo computers verbinden met levend weefsel. Met dit vermogen kan een brug gebouwd worden tussen een arm en een prothese die wordt bestuurd met denkkraft. Dus wie weet wordt het hersenloze gele slijm wel het bindmiddel tussen mens en machine. □

GEDACHTEOVERDRACHT MORRELT AAN DE DEFINITIE VAN INTELLIGENTIE

Haver



Slijmzwam 1

GIFSTOF BLOKKEERT VOEDSELBRON

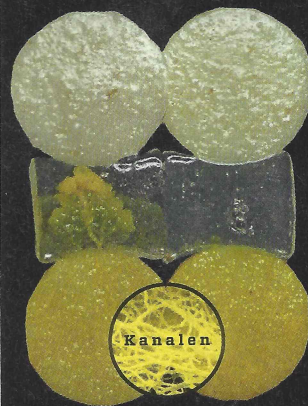
1 In een proefopstelling moet een slijmzwam een gelatinebrug met kleine doses gif oversteken om voedsel te vinden. Bij de eerste poging doet hij er alles aan om het gif te vermijden.



Slijmzwam 1

SLIJMZWAM WENT AAN GIF

2 Na tien uur steekt de zwam voor het eerst de brug over, omdat hij ervaart dat het gif niet schadelijk is. Zes dagen lang wordt de test herhaald, tot de slijmzwam het gif negeert.



Slijmzwam 1 Slijmzwam 2

KANALEN DRAGEN ERVARINGEN OVER

3 De slijmzwam wordt gekoppeld aan een soortgenoot die niet weet dat het gif onschadelijk is, en hun kanalen vergroeien. Zo leert de tweede slijmzwam wat de eerste heeft ervaren.



Slijmzwam 1 Slijmzwam 2

ZWAM ONTHOUDT DE OVERDRACHT

4 Slijmzwam twee steekt de brug klakkeloos over. Als de twee uit elkaar worden gehaald, weet de tweede nog dat het gif geen kwaad kan. De ervaring is dus overgedragen.

ANDREW DUSSETT/UP/CPGA/OWNS