

Dronken wormen die je laten nadenken

Dronken wormen zijn waarschijnlijk niet het eerste wat in je opkomt als je aan natuurkunde denkt. Dat is niet vreemd, want in natuurkundelessen ligt de focus vaak op theoretische concepten en modellen, zoals quantumfysica, astrofysica, elektromagnetisme, klassieke mechanica of de speciale relativiteitstheorie.



Afbeelding: Luukse Kunst, in samenwerking met DALL-E.

Maar natuurkunde kan ook verrassend praktisch en dicht bij huis zijn. Het vak biedt antwoorden op vragen zoals: *Waarom verandert de waterstraal uit je kraan van een transparante rechte stroom naar een chaotische en onregelmatige spettering als je de kraan verder opendraait?* (stromingsleer), *hoe kan ketchup alleen vloeien als je er druk op uitoefent?* (zachte materie), of *hoe optimaliseer je het ijs op een schaatsbaan voor maximale*

snelheid? (onderzoek naar kristalvorming en wrijvingskracht).

Daarnaast houdt natuurkunde zich ook bezig met grote vragen over het leven zelf.

Bijvoorbeeld: *Onder welke condities kan leven bestaan?* (biofysica), of *Hoe werken actieve systemen zoals levende materie samen?* (actieve materie). Denk hierbij aan zwermen vogels, scholen vissen, of... (dronken) wormen.

Actieve materie

Mijn bachelor-afstudeerproject richtte zich op het begrijpen van **actieve materie**. Actieve materie verwijst naar materie die in staat is om energie uit de omgeving op te nemen en deze energie om te zetten in beweging. Wij mensen zijn daar een perfect voorbeeld van: we halen energie uit voedsel en zetten die chemische energie om in bewegingsenergie. Met andere woorden: wij *zijn* actieve materie!

Actieve materie komt niet alleen voor op 'onze' schaal, maar ook op veel kleinere schaal, zoals binnenin ons lichaam. Denk bijvoorbeeld aan bacteriën, motoreiwitten in cellen, of spermacellen die met hun staart bewegen om een eikel te bereiken.

Het begrijpen van actieve materie biedt inzichten in biologische processen, maar wordt daarnaast ook als bron van inspiratie gebruikt voor technologie, zoals de ontwikkeling van toekomstige robotsystemen. In tegenstelling tot passieve materie (zoals stenen of vloeistoffen die niet uit zichzelf kunnen bewegen), zijn actieve systemen en hun gedrag een nieuw onderzoeksveld waar nog geen theorieën voor bestaan.

Een bewegende mensenmassa of een wormblob

Je kunt je vast voorstellen hoe een grote mensenmassa op een festival, gezien van bovenaf, eruitziet als een dynamisch en bewegend geheel. Wie baant zich makkelijker een weg door de drukte: iemand die alleen een spa rood heeft gedronken of iemand die al flink wat biertjes achterover heeft geslagen? Hoe reageren zulke personen op obstakels onderweg, en hoe beïnvloedt hun toestand de beweging van de groep? Voor ons onderzoek gebruikten we een kleinere groep actievelingen, namelijk een groep Tubifex-wormen. Tubifex-wormen zijn wormpjes van ongeveer 1-2 cm lang en 0,3 mm dik die je kunt kopen als levend vissenvoer in de aquariumwinkel. In afbeelding 1 zie je een wormblob, waarin je goed van dichtbij ziet dat

de Tubifex-wormpjes individueel bewegen. Het gedrag van de bolvormige blob die ze samen vormen is vergelijkbaar met een stilstaande druppel stroperige vloeistof. Wat we nog niet goed begrijpen is: wat is het effect van de beweging van de individuele wormpjes op de eigenschappen van deze wormmaterie? Om dit verder te onderzoeken, wil je de activiteit van de wormpjes in de groep onder controle kunnen houden. Het doel van mijn afstudeerproject was om een methode te ontwikkelen om een groep wormen te sorteren op hoe actief ze bewegen.



Afbeelding 1. Tubifex-wormen. Foto: A. Deblais, UvA.

Waarom dronken wormen?

Ons onderzoek richtte zich op **actieve polymeren**. Polymeren zijn lange ketens van moleculen. Je kunt ze zien als een ketting van kralen, waarbij de kralen de individuele moleculen zijn en de hele ketting het polymeer. Sommige polymeren zijn heel flexibel, als een gekookte spaghetti'sliert, terwijl andere wat stijver zijn (*al dente* ☐). Het bestuderen van actieve polymeren is een enorme uitdaging, omdat ze zo klein zijn dat je ze niet met het blote oog kan zien. Een opstelling voor een proefje maken vereist daardoor technieken die even ingewikkeld en duur zijn als een chip maken.

Gelukkig kwam de professor die mijn onderzoek begeleidde, Sander Woutersen, met een briljant idee: *Waarom gebruiken we geen wormen als (opgeschaald) model voor actieve polymeren?* Maar dan hebben we nog wel actieve en minder actieve wormen nodig om te toetsen of we deze twee groepen kunnen scheiden van elkaar. In de biologie is het niet ongebruikelijk om het gedrag van levende systemen te bestuderen door ze onder de invloed

te brengen van alcohol. Samen met mijn andere begeleiders, doctor Antoine Deblais en professor Daniel Bonn, besloot Sander dit idee te testen. Op een vrijdagmiddag in het lab lieten ze Tubifex-wormen zwemmen in een scheut bier. Tot de vreugde van Sander, Daniel en Antoine werkte het perfect: de wormen werden dronken en gingen trager bewegen. Wanneer ze vervolgens in water werden geplaatst, werden ze binnen een paar minuten weer nuchter. Hoe praktisch is dat!



Afbeelding 2. Het team dat de Ig Nobelprijs won met de zelfgebouwde wormen-separatiekolom. Van links naar rechts: Antoine Deblais (UvA-Institute of Physics), nuchtere worm, Sander Woutersen (UvA-Van 't Hoff Institute for Molecular Science), Tess Heeremans (IoP), dronken worm, Daniel Bonn (IoP). De wormpoppen zijn gemaakt door Jacqueline Woutersen. Foto: IoP.

Een wormenlabyrint in een lockdownlab

Voortbouwend op het onderzoek van mijn professoren ging ik een experiment uitvoeren waarin we twee groepen wormen, één groep nuchter en één groep dronken, konden scheiden van elkaar. Hiervoor was mijn eerste taak om een soort wormenlabyrint te ontwerpen waardoor een stroming van de ene naar de andere kant loopt. Het ontwerp van deze

‘wormen-separatiekolom’ is gebaseerd op een bestaande [scheikundige methode](#) die gebruikt wordt om deeltjes te scheiden op hun grootte. Om de opstelling te ontwerpen naar de grootte van de wormen, liep ik een maand mee in het Technology Centre van de UvA, met Sven Koot, Tristan van Klinger en Mattijs Bakker. Onder hun begeleiding kon ik uiteindelijk zelfs de opstelling eigenhandig bouwen – zie het resultaat in afbeelding 2. Wat was ik trots, en er helemaal klaar voor om volop experimenten te draaien. De wormenrace kon beginnen!

Maar toen kwam de COVID-lockdown. Het lab werd gesloten voor studenten, en ik baalde enorm. Terwijl ik in mijn studentenkamer zat, kreeg ik een idee: *Waarom doe ik het niet gewoon hier?* Met goedkeuring van mijn begeleiders en met hulp van een vriend die een auto kon regelen, verplaatsten we de opstelling van het Amsterdam Science Park naar mijn studentenkamer. De wormen kocht ik voor een euro bij een aquariumspeciaalzaak op de Javastraat, en de experimenten konden doorgaan – in mijn zelfgecreëerde lockdownlab! Er was alleen één klein probleem: ik had nu een bak levende wormen in mijn slaapkamer. Na een tijdje begonnen die behoorlijk te stinken. Om de geur te verminderen, bedacht ik een systeem om het water in de bak continu te laten stromen. Maar dat leidde tot een nieuw probleem: het constante geluid van stromend water zorgde ervoor dat ik de hele tijd moest plassen ‘s nachts. Uiteindelijk besloot ik maar bij mijn vriend te gaan slapen.



Afbeelding 3. Tess die in haar studentenkamer de opstelling aan het klaarzetten is voor experimenten. Foto: Rozeline Wijnhorst.

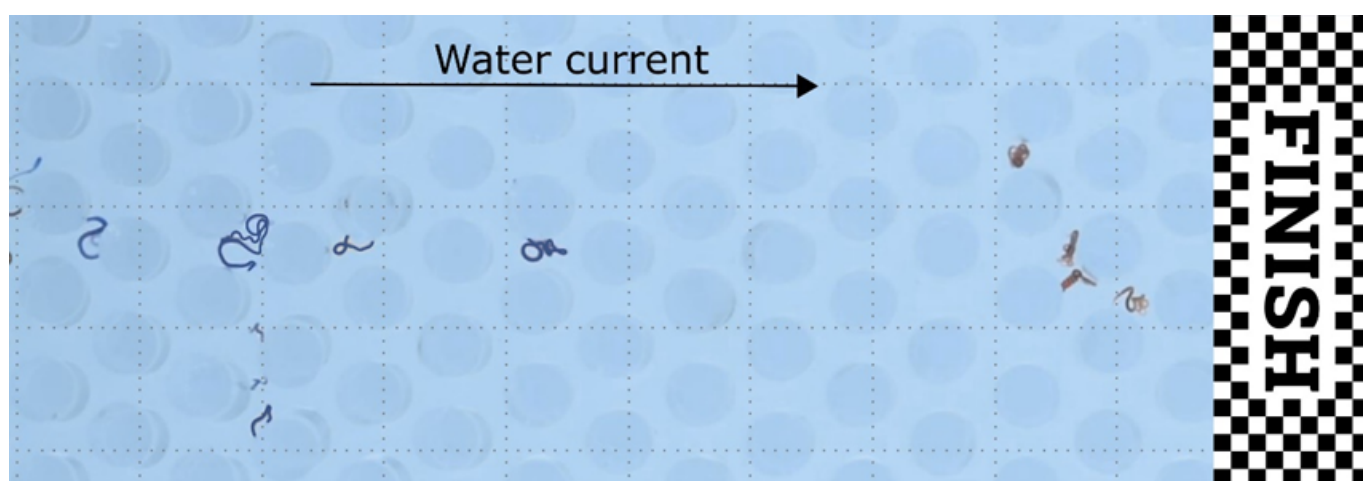
De resultaten van het onderzoek

Voor de race werd één groep wormen geplaatst in een alcohol-oplossing, met ongeveer de concentratie van een biertje, om hun activiteit te verlagen. We voegden ook een kleine hoeveelheid blauwe kleurstof toe aan de alcoholoplossing, in een concentratie die onschadelijk is, om de dronken wormen blauw te kleuren. Hierdoor zijn ze gemakkelijk te onderscheiden van de nuchtere wormen. Vervolgens werden de dronken en nuchtere wormen tegelijk bij de start van de race losgelaten. In de wormen-separatiekolom worden de wormen door een stroming tussen pilaartjes meegenomen tot ze bij de finish aankomen (Zie afbeelding 4).

Nadat we met een camera boven de race-opstelling van heel veel dronken en nuchtere wormen hadden bijgehouden hoelang het gemiddeld duurde voor ze de finish bereikten, ontdekten we iets bijzonders. De dronken wormen deden er namelijk gemiddeld langer over, doordat ze langer om de pilaartjes in het labrynt bleven hangen. Met deze opstelling kunnen

we daardoor de polymeer-achtige wormen scheiden op basis van hun activiteit! Nu we dit hebben aangetoond, is het interessant om een vergelijkbaar experiment op kleinere schaal te doen. Een mogelijke toepassing zou bijvoorbeeld zijn om de meest actieve zwemmers in een groep spermacellen te selecteren voor IVF-behandelingen.

Door de succesvolle resultaten mocht ik mijn afstudeerscriptie direct schrijven als draft voor een paper. Nadat mijn begeleider Antoine samen met Daniel en Sander nog vele verbeteringen had doorgevoerd, werd ons onderzoek twee jaar later gepubliceerd in [Science Advances](#).



Afbeelding 4. De nuchtere wormen winnen de race van de dronken wormen. Hier zijn de dronken wormen blauw geverfd om ze goed te kunnen onderscheiden. Afbeelding: A. Deblais, UvA.

Een onvergetelijk telefoontje

In de lente van 2024, terwijl ik toevallig over de Javastraat fietste waar ik destijds de wormen gekocht had, kreeg ik een onverwacht telefoontje van mijn begeleiders. Daniel zei: *“Tess, ga even zitten, we hebben een verrassing.”* Verward zette ik mijn fiets aan de kant en ging op een bankje zitten. Toen hij me vervolgens vertelde dat we de [Ig Nobelprijs](#) hadden gewonnen, kon ik het nauwelijks geloven. Deze wereldberoemde prijs zou worden uitgereikt door Nobelprijslaureaten op het prestigieuze MIT in Boston, waar we in slechts één minuut ons onderzoek mochten presenteren. Het voelde groot en onwerkelijk. Ik was nog nooit in Amerika geweest! Die dag vertelde ik het nieuws alleen aan mijn beste vriendin en vriend en besloot het verder maar even uit mijn hoofd te zetten. Pas een week voor de uitreiking vertelde ik het aan mijn moeder.

Toen ik filmpjes van eerdere uitreikingen bekeek, vond ik het wel een beetje een vreemde bedoening. Tijdens de ceremonie worden er papieren vliegtuigjes gegooid en komt een klein meisje, 'Miss Sweetie Poo', het podium op om herhaaldelijk te zeggen: *"Please stop, I am bored,"* als je langer dan een minuut over je pitch doet. Toch wist ik meteen: hier gaan we iets heel leuks van maken! De zus van Sander, Jacqueline Woutersen, een kunstenares die grote knuffeldieren maakt van oude truien ([@wolfwolfje_](#)), was zo lief om twee gigantische wormenpoppen voor ons optreden te maken. Inmiddels zijn die wormpoppen, die je ook in afbeelding 2 ziet, Tubi (van Tubifex) en Tipsi (voor de dronken worm) gaan heten. Ze pasten perfect bij de Ig Nobelgeest, en we maakten zelfs een [shortmovie](#) over hoe de wormen het experiment beleefden. Wat hebben we met die poppen gelachen!

En toen was het na maanden mijn mond houden eindelijk zover: op naar Boston! Het voelde toch wel bijzonder om als enige student samen met drie ervaren wetenschappers een reis te maken. Niet alleen mijn droom kwam uit, maar ook die van hen. Het was ontzettend speciaal om dit samen te delen.

De grote dag

Op de dag zelf moesten we een paar uur voor aanvang van de ceremonie aanwezig zijn op MIT. We wachtten in een klein lokaal, waar we goed werden verzorgd. (Zie afbeelding 5.) In die tijd spraken we met enkele journalisten, ontmoetten we de andere Ig Nobelwinnaars, de organisatie van de Ig Nobelprijs, en zelfs enkele Nobelprijswinnaars kwamen een kijkje nemen. Ik was enorm onder de indruk, want stuk voor stuk waren het inspirerende, creatieve en fascinerende mensen. Ik had natuurlijk mijn mooiste jurk aangetrokken en liep, voor het eerst in tijden, op dunne hakjes. Je wint immers maar één keer de Ig Nobel prijs! Maar naarmate de spanning opliep, begonnen mijn benen lichtjes te trillen en werd het steeds lastiger om sociaal te doen. Gelukkig konden we ons verschuilen achter onze wormenpoppen!



Afbeelding 5. Almost showtime! Tess vroeg een andere winnaar een foto te maken met haar polaroidcamera toen het team voor de ceremonie aan het wachten was in een lokaal op MIT.

En toen was het zover... Showtime! Onze begeleider van de organisatie zette ons met de andere winnaars in de gang klaar om één voor één het podium op te gaan. We maakten nog snel een laatste selfie (afbeelding 6) en toen begon de Ig Nobelceremonie van 2024.



Afbeelding 5. Een laatste selfie.Eén minuut voordat het team het podium op ging. En toen was het showtime!

De ceremonie zat vol met optredens, humor en verrassingen en is te bekijken op [YouTube](#). Nieuwsgierig naar hoe wij ons onderzoek in één minuut vertaalden? Bekijk het fragment hieronder:

Een persoonlijke terugblik

Het is uitzonderlijk om al met je bachelorproject een wetenschappelijk artikel te publiceren, en ik had al helemaal nooit voor mogelijk gehouden dat ik de Ig Nobelprijs zou winnen. Op de middelbare school had ik altijd moeite om mijn focus te vinden en werd ik gediagnosticeerd met een concentratiestoornis. Ik werkte sinds mijn dertiende al veel in de horeca, en miste vaak school, maar kon wel thuis in een hyperfocus raken over complexe vraagstukken en dan heel lang doorwerken. Gelukkig had ik geweldige docenten die zagen dat ik met zelfstandig

studeren gemakkelijk toetsen kon halen, vooral in vakken zoals wiskunde, natuurkunde en economie. Dankzij hun aanpassingen en het vertrouwen dat ze in mij hadden, slaagde ik erin om het VWO af te ronden. Op de universiteit kreeg ik meer vrijheid om zelf te bepalen hoe en wanneer ik studeerde, maar het volgen van vakken volgens een strak schema bleef een uitdaging.

Mijn bachelorproject markeerde een belangrijk kantelpunt. Met de dagelijkse begeleiding van mijn begeleider Antoine Deblais leerde ik elke dag nieuwe vaardigheden en kreeg ik de ruimte om mijn eigen nieuwsgierigheid te volgen. De lockdown bleek onverwacht een voordeel: het gewone leven viel stil waardoor ik mij compleet kon richten op mijn onderzoek en ik vond daarin volledige focus. In plaats van dat het energie kostte, gaf het mij energie. Dit project vergrootte dus niet alleen mijn kennis over actieve materie, maar leerde me ook veel over mezelf. Ik ontdekte welke manier van leren mij stimuleerde.

Na mijn scriptie kreeg ik, dankzij mijn andere begeleider Daniel Bonn, de kans om als studentassistent in het lab te werken, terwijl ik mijn laatste vakken afrondde. Ik was verrast om te ontdekken hoe goed de vaardigheden die ik in de horeca had geleerd – zoals samenwerken, snel schakelen en oplossingsgericht denken – van pas kwamen in experimenteel onderzoek. De lab-ervaringen gaven mij het vertrouwen dat mijn sterke punten goed tot zijn recht komen in experimenteel onderzoek, terwijl mijn zwakke punten minder een belemmering vormen. Bovendien blijf ik eindeloos gemotiveerd doordat je met experimenten altijd nieuwe ontdekkingen doet die je niet eenvoudig op kan zoeken in een boek of online. Je kan met theorieën wel een hypothese vormen, maar de uitkomst van een experiment blijft altijd een verrassing! Tijdens mijn master ben ik mij nog breed gaan oriënteren door te werken in een startup voor duurzame materialen en een stage te volgen op het grensvlak met kunst. Toch bleek mijn terugkeer naar het lab onvermijdelijk, en nu heb ik mijn droombaan gevonden als fulltime natuurkundig onderzoeker en PhD-kandidaat!

Mijn boodschap aan scholieren en studenten

Wat ik scholieren en studenten zou willen meegeven is: ga actief in gesprek met docenten waar je een klik mee hebt en die je inspireren. Zeker tijdens een afstudeerproject maakt het echt het verschil als je geïnspireerd raakt door je begeleider(s). Daarnaast raad ik aan om niet bang te zijn om je studieprogramma aan te passen om je te oriënteren vanuit je eigen

nieuwsgierigheid. Je leert dan niet alleen meer over hoe de natuur werkt, maar ook over jezelf, en dat is het belangrijkste inzicht van al. Hoe meer je durft te experimenteren, hoe sneller je ontdekt wat écht bij je past – en misschien verandert een grijze dag op de Javastraat zomaar voor jou in dat ene onvergetelijke telefoontje!

Nieuwsgierig geworden en wil je meer weten over dit onderzoek? Tijdens [Viva Fysica](#) op vrijdag 24 januari geeft Tess een praatje over haar onderzoek en de Ig Nobelprijs, en kun je de labs bezoeken waarin zij en haar begeleiders hun onderzoek deden. Meld je aan en ontdek meer over dronken wormen en actieve materie!