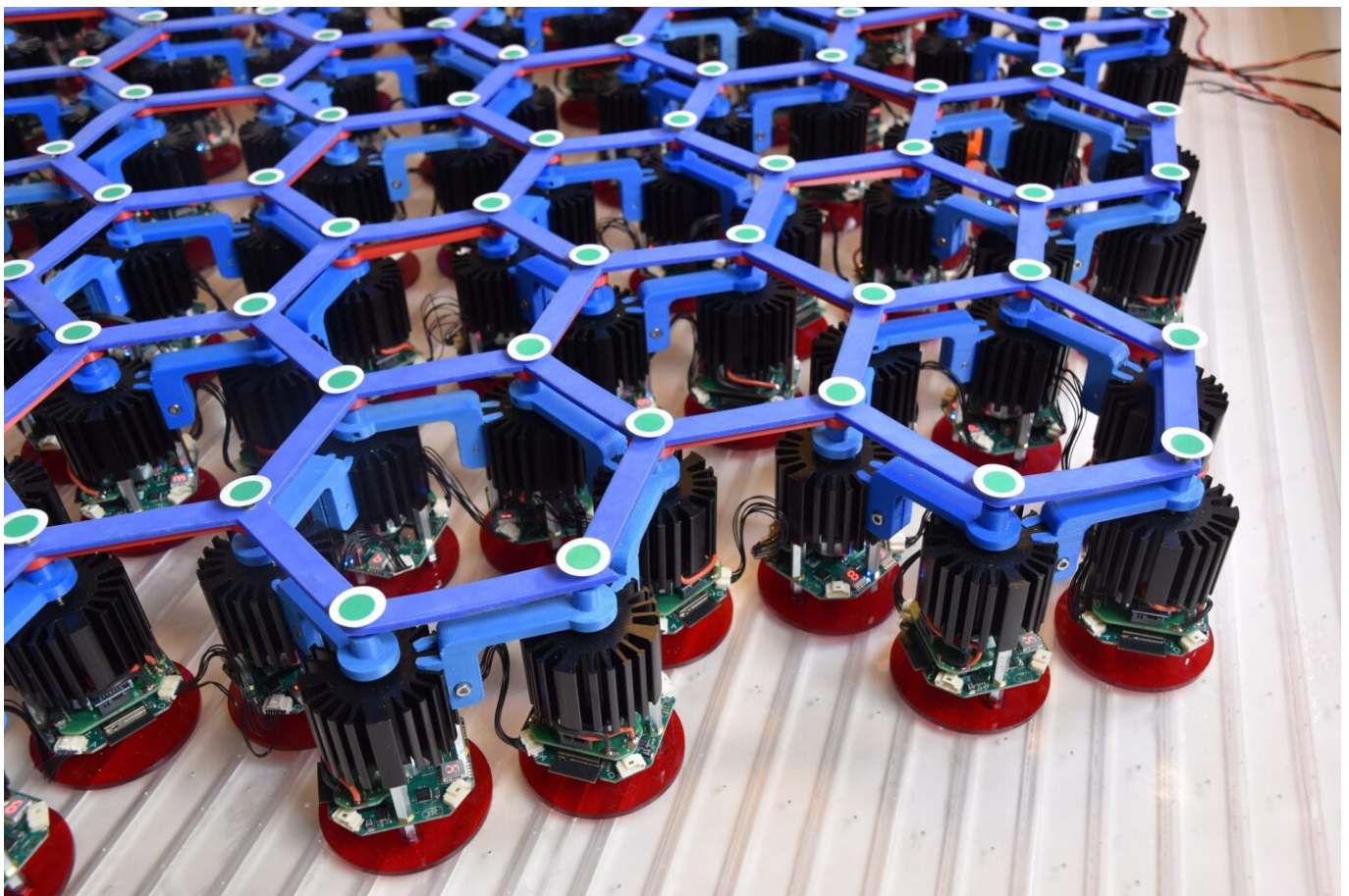


# 'Vreemde' objecten bewegen zonder brein

**Geïnspireerd door de manier waarop hersenloze levensvormen zoals zeesterren en slijmzwammen zich voortbewegen, hebben natuurkundigen 'vreemde' objecten geconstrueerd die autonoom rollen, kruipen en vooruit wiebelen over onvoorspelbaar terrein, zelfs bergopwaarts en over obstakels die op hun pad liggen.**



**Afbeelding 1. Een 'vreemd' object.** De 'vreemde' bouwstenen, samengevoegd in een zeshoekig patroon.

Voortbeweging, het vermogen om van de ene naar de andere plaats te bewegen, is een essentiële overlevingsstrategie voor veel verschillende levende systemen. Cellen, schimmels en micro-organismen verkennen hun omgeving autonoom door zich aan te passen aan het

terrein dat ze tegenkomen en van vorm te veranderen. Dieren kunnen bijvoorbeeld rennen, kruipen, glijden, rollen of springen om zich voort te bewegen.

Ondanks de vooruitgang in computerkracht en AI hebben door mensen gemaakte robots nog steeds moeite om deze bewegingen na te bootsen, vooral in nieuw en onvoorspelbaar terrein. Dit roept de vraag op: wat is er nodig om dezelfde adaptieve voortbewegingsmogelijkheden als die van dieren en andere levensvormen te creëren?

Als antwoord op deze vraag presenteren natuurkundigen van de Universiteit van Amsterdam en de Universiteit van Chicago een reeks 'vreemde' objecten – elk een type zogenaamd actief metamateriaal<sup>1</sup> – die opmerkelijk goed zijn in het bewegen over elk terrein dat ze tegenkomen. Elk object is gemaakt van dezelfde gemotoriseerde bouwstenen, die krachten op elkaar kunnen uitoefenen en waarnemen. Wat deze objecten 'vreemd' maakt (een Nederlandse vertaling voor het Engelse 'odd', wat zowel 'oneven' als 'vreemd' betekent), is de oneven of asymmetrische manier waarop ze op elkaar reageren: bouwsteen A reageert anders op zijn aangrenzende bouwsteen B, dan hoe B op A reageert.

Een wormachtige 'vreemde ketting' van gekoppelde bouwstenen kan door een bochtige tunnel en over oneffen grond kronkelen. Maak van de ketting een 'vreemd wiel' en dat wiel zal zichzelf stuiterend vooruit rollen, ook bergop en over hobbelig terrein. Op dezelfde manier zal een 'vreemde bal', gemaakt van de bouwstenen die in een hexagonaal raster met elkaar verbonden zijn, rollen op vlak terrein, maar overgaan op een kruipgang om bergop te bewegen.

**Video: van bouwsteen naar bewegend object. Vreemde objecten bewegen over elke ondergrond, kruipen heuvelop en rollen over vlak terrein.**

## **Herszenloze beweging door vreemde elasticiteit**

Indrukwekkend genoeg voeren de vreemde objecten al hun beweging autonoom uit, zonder sturing of controle door een centrale verwerkingseenheid of 'brein'. De beweging komt voort uit de ongebruikelijke interacties tussen de gemotoriseerde bouwstenen van de objecten.

Promovendus Jonas Veenstra, eerste auteur van de publicatie, legt uit: "De bouwstenen

oefenen krachten uit die niet-symmetrisch en niet-reciprook zijn. Gezamenlijk vormen deze energieverbruikende bouwstenen, samengebonden met elastiek, een 'actieve' vaste stof die zich op een asymmetrische en tegenintuïtieve manier vervormt: wanneer een dergelijk materiaal wordt ingedrukt, ondergaat het een schuifvervorming, maar wanneer je het materiaal schuift, zet het uit."

In tegenstelling tot gewone elastische materialen, die als een kracht wordt uitgeoefend in dezelfde richting samendrukken, en uitdijen in de haakse richting, rekken de vreemde objecten altijd diagonaal uit in een vaste hoek. Deze abnormale reactie werd onlangs [geformuleerd en 'odd elasticity' oftewel 'vreemde elasticiteit' genoemd](#).

Er ontstaat een cyclus waarbij het terrein het object vervormt, wat de bouwstenen van het object waarnemen en waar ze 'vreemd' op reageren, waardoor het object verder vervormt zodat het vooruit beweegt en nieuw terrein tegenkomt.

Neem het voorbeeld van een vreemd wiel op een oppervlak. Met de zwaartekracht die naar beneden trekt, rekt het wiel diagonaal uit, waardoor het kantelt en draait. Na de rotatie zorgt de zwaartekracht ervoor dat het wiel weer onder een hoek wordt uitgerekt, en het proces herhaalt zich. Dankzij de 'wiebeligheid' van de voorwaartse beweging van het wiel kan het vreemde wiel gemakkelijk hobbels of andere oneffenheden op de weg overwinnen.

Hoewel de vreemde objecten er misschien grappig uitzien als ze bewegen, moet je hun wiebelige beweging niet verwarren met willekeur. Hun voortbeweging is betrouwbaar en robuust dankzij hun gedecentraliseerde aard - elk onderdeel draagt bij aan de beweging - en dankzij het feit dat de objecten actief hun omgeving waarnemen en erop reageren.

## De toekomst van vreemde materialen

"Ik hoop dat ons onderzoek nieuwe ontwerpprincipes inspireert voor robotica en andere actieve materialen," zegt Veenstra. "Met de steun van de geweldige mensen van het [Technologie Centrum](#) van de Universiteit van Amsterdam werken we er al aan om onze huidige tweedimensionale ontwerpen te generaliseren naar driedimensionale structuren van verschillende groottes die in andere omgevingen kunnen worden gebruikt."

Het onderzoek sluit aan bij het bredere thema van het [Machine Materials Lab](#) van de

universiteit, waar onderzoekers de kloof tussen materialen en machines proberen te overbruggen. Lableider Corentin Coulais merkt op: “Ondanks de belofte van nuttige toepassingen bleek actieve materie tot nu toe moeilijk te temmen. Onze nieuwe ontwerpen maken actieve vaste stoffen functioneel, wat een paradigmaverschuiving in robot-beweging mogelijk maakt.

“Het onderzoeken en gebruiken van de intrigerende mechanica van actieve vaste stoffen zal ons helpen materialen en objecten te ontwerpen en creëren die patronen vormen, kunnen leren en van vorm kunnen veranderen. We kunnen al die functionaliteit in hun structuur coderen.”

## Publicatie

Jonas Veenstra, Colin Scheibner, Martin Brandenbourger, Jack Binysh, Anton Souslov, Vincenzo Vitelli and Corentin Coulais, [Adaptive locomotion of active solids](#). Nature **639** (2025) 935–941.

---

[1] Een *metamateriaal* is een door de mens gemaakte structuur, meestal samengesteld uit herhaalde bouwstenen, die is ontworpen om fysieke eigenschappen (mechanisch, optisch of anders) te hebben die verschillen van de natuurlijke eigenschappen van de materialen waar de bouwstenen van gemaakt zijn. Een actieve vaste stof is een object dat is gemaakt van componenten die energie verbruiken, bijvoorbeeld door gemotoriseerd te zijn. Een actief metamateriaal is zowel een metamateriaal als een actieve vaste stof.