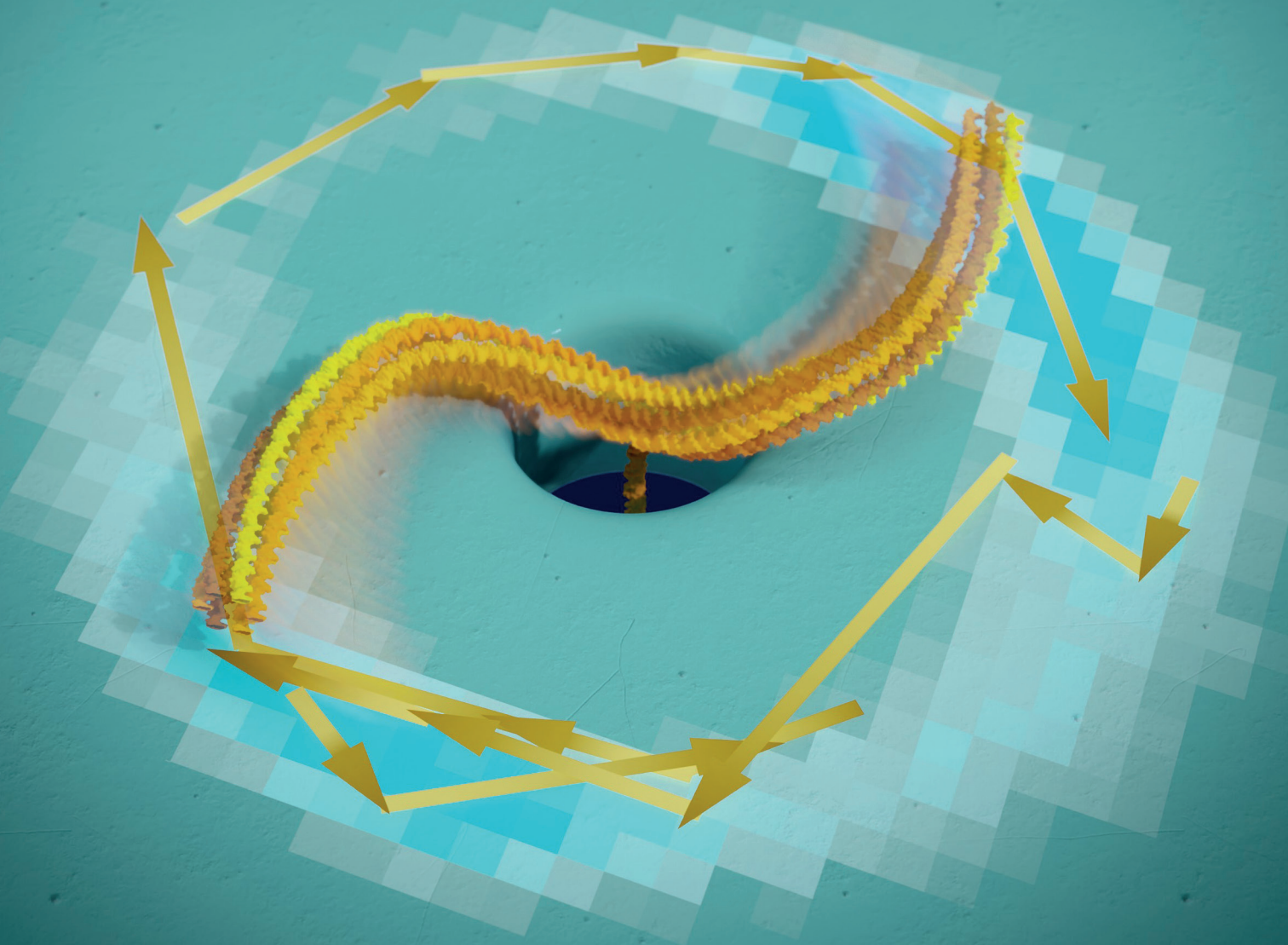


Aanstaande industriële nanorevolutie dankzij nanoturbines van DNA



Onderzoekers van de Technische Universiteit Delft hebben voor het eerst een intrinsiek gedreven nanoturbine ontwikkeld, die in groot contrast staat met de huidige extern aangedreven nanomotoren. Ze gebruiken hiervoor een zelforganiserend proces van DNA dat zich ontvouwt tot een propellor die in de vloeistofstroming van een nanoporie roteert en daarmee arbeid verricht. Deze ontdekking is een enorme stap vooruit voor synthetische nanomotoren die bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden voor robotica op de nanoschaal.

Nanorobots

Bouwen op nanoschaal: hiermee kan al best veel. Een van de bekendste voorbeelden van bouwen op nanoschaal zijn de rijdende auto's waarmee Ben Feringa in 2016 de Nobelprijs won. Helaas kunnen deze nanostructuren niet aangedreven worden door natuurlijke energiebronnen: ze hebben externe energiebronnen nodig die de aandrijving dirigeren, zoals een oscillerend elektrisch veld of gesynchroniseerde laserpulsen. Gefabriceerde nanostructuren die door interne energiebronnen kunnen bewegen zijn zeer moeilijk te maken, terwijl deze in de natuur al wel bestaan. Onze cellen gebruiken namelijk draaiende motoren zoals de zogeheten FoF₁-ATP-synthase, die de brandstof voor de cellen produceert. Maar om dit in het lab na te doen bleek tot dusver een stap te ver.

DNA-origami

Daar is nu verandering in gekomen. Onderzoekers van het lab van Cees Dekker aan de TU Delft,

in samenwerking met de Technische Universiteit van München, ontwikkelden een uit zichzelf draaiende nanoturbine [1]. Deze turbine bestaat uit een DNA-bundel van slechts zeven nanometer dikte. De turbine werd gemaakt met de DNA-origamitechniek, die gebruikmaakt van de interacties tussen complementaire DNA-basenparen om 2D- en 3D-nano-objecten te bouwen. Deze DNA-nanostructuur vervormt zichzelf onder invloed van een elektrisch veld tot de gewenste spiraalvorm en vormt zo de turbine. Deze 'zelforganisatie' lijkt daarmee eenvoudig, maar is toch een complex proces. Met behulp van onderzoekers van het Max Planck Institute for Dynamics and Self-Organization in Göttingen is dat gemodelleerd en wordt nu goed begrepen. De onderzoekers plaatsten vervolgens de DNA-structuur in een porie van een membraan van maar twintig nanometer dik. De poriën zelf zijn vijftig nanometer breed en zorgen allereerst voor een plaats voor de nanoturbine en de vervorming tot spiraalvorm, maar ook voor de stroming die het vervolgens aan het draaien brengt. Deze stroming wordt tot stand gebracht door een elektrische spanning óf verschillende zoutconcentraties aan beide zijden van het membraan. Deze laatstgenoemde methode komt dicht bij het natuurlijke proces van ons lichaam voor het genereren van actiepotentialen door neuronen. Het behaalde resultaat is een zelfgedreven nanoturbine die tot wel twintig omwentelingen per seconde kan draaien in één specifieke draairichting.

Al een stap verder

Volgens Xin Shi, postdoctoraal onderzoeker en eerste auteur van deze publicatie, geeft de techniek en het fysische mechanisme erachter een compleet nieuwe richting aan het bouwen van synthetische nanomotoren, aangezien door stroming gedreven nanomotoren nog verrassend onontgonnen gebied is voor wetenschappers en ingenieurs. Deze nieuwe techniek biedt veel mogelijkheden en wie benieuwd is wat er gaat komen hoeft gelukkig niet lang te wachten. Een volgend resultaat staat namelijk al klaar voor publicatie [2]. In dit aankomende artikel staat hoe de hier genoemde techniek kan worden toegepast als daadwerkelijke nanoturbine, waarbij het niet alleen energie gebruikt uit waterstroming, maar ook dat deze kan worden omgezet in arbeid. Daarnaast is het mogelijk om aan de spiraalrichting van de DNA-molen te sleutelen. Dit maakt het mogelijk om linksdraaiende of rechtsdraaiende turbines te creëren. Shi voorspelt eindeloze mogelijkheden, zeker als je het vergelijkt met hoe onze samenleving verandert is door turbines op macroschaal, zoals de stoommachine. "We zitten nu in een soortgelijke fase met deze moleculaire nanomotoren. Maar om op nanoschaal net zo ver te komen is er nog veel werk te doen", aldus Shi.

REFERENTIES

- 1 X. Shi, A.K. Pumm, J. Isensee, W. Zhao, D. Verschuereen, A. Martin-Gonzalez, R. Golestanian, H. Dietz en C. Dekker, *Sustained unidirectional rotation of a self-organized DNA rotor on a nanopore*, *Nature Physics* (2022).
- 2 <https://arxiv.org/abs/2206.06612>.