

# TU Delft wil weten uit welke hoek de wind waait

TU Delft beschikt sinds kort over een unieke windtunnel. Met het Wind AI Lab doet Jan-Willem van Wingerden onderzoek naar het optimale rendement van windparken. „Hiermee kunnen we de dynamiek van wind beter begrijpen.”

HANS VAN ZON



‘Dit is mijn speeltje’, zegt Jan-Willem van Wingerden trots. Het Wind AI Lab geeft de onderzoeker in Delft nieuwe, ongekende mogelijkheden. In ‘klassieke’ tunnels is de windsnelheid vrijwel overal gelijk, met de nieuwe windtunnel kan hij sinds oktober experimenteren met windvelden met variabele snelheden. „Dat is heel belangrijk. Doordat windmolens steeds groter worden, met soms wel een diameter van 220 meter, is de windsnelheid nooit op iedere plek van de rotorbladen gelijk”, legt de onderzoeker uit.

Hij wijst naar het grote apparaat met een achterwand van op elkaar gestapelde kleine ventilatoren die los van elkaar kunnen worden aangestuurd. „Daarmee kunnen we zwakke tot stormachtige winden nabootsen. Op de bodemplaat kunnen we twee tot drie kleine windmolens achter elkaar plaatsen om de onderlinge invloed van molens op elkaar te testen.”

Bij de experimenten in het Wind AI Lab wordt vooral gekeken naar zogenaamde zog: dat is wind die is veranderd nadat deze door een windturbine is gestroomd. Omdat een turbine energie onttrekt uit de wind, neemt de snelheid ervan af en wordt zij turbulenter en wilder door luchtverwelingen. Dit verlaagt de energieproductie van de windturbines die achterin het park liggen en zorgt voor extra slijtage.

Met behulp van een teamlid laat Van Wingerden zien wat dat zog-effect is. Met enig lawaai

blazen de ventilatoren met een snelheid van 5 meter per seconde (‘een derde van de capaciteit, als we vol gaan worden de bovenburen niet blij’) rook langs twee kleine windmolens. De rook maakt het zog zichtbaar. In het lab is het zog een paar meter groot, in werkelijkheid gaat het om een gebied van enkele honderden meters achter de turbine.

## Minder verlies

Meetapparatuur laat zien dat als de wind door turbines stroomt, zijn snelheid afneemt. Dit effect is te vergelijken met een ander voorbeeld: als je vlak achter een andere fietser rijdt, heb je flink minder tegenwind. In het geval van de windmolens leidt een verlaagde windsnelheid ertoe dat achtergelegen windturbines daar last van hebben en minder energie opleveren. Maar met slimme regeltechnieken kan de hinder en het verlies aan energieopbrengst in parken wel worden beperkt.

„Met onze innovatie kun je het zog-effect op verschillende manieren bestrijden. Allereerst kun je het zog kapotmaken. Dan moet je twee dingen doen. De drie rotorbladen van de molens afzonderlijk instellen, waardoor je trillingen in de lucht opwekt. Bovendien laat je ze met lage frequentie draaien – 100 seconden per omwenteling. Dan maak je het zog kleiner en krijg je uiteindelijk een zogeheten helix, een wikkelform van wind achter de turbine en gaat het zog kapot. Daarmee blijft het vermogen van de eerste turbine constant en leveren de molens erachter meer op. In een volledig

zog levert de tweede turbine 0,7 megawatt, vrij van zog 3,0 megawatt”, aldus de professor. De opbrengst neemt minimaal met 20 procent toe.

„Een andere manier is met scheefstand van de molens. Dan stuur je het zog geheel of deels langs de molen erachter waardoor het rendement stijgt. Met die scheefstand wordt per molen minder energie opgewekt omdat hij niet frontaal in de wind staat, maar met alle turbines in het park boek je in totaal wel winst.” Die technologie wordt door fabrikanten al getest en toegepast. „Omdat de omstandigheden, bijvoorbeeld de windcondities, variëren, moet je die scheefstand voortdurend kunnen bijsturen. Dan kun je windmolens dichter bij elkaar zetten en maak je een efficiënter gebruik van de beschikbare percelen. Het filmpje dat ik over deze methodieken had gemaakt, liet ik zien bij mijn intrede. Het werd

opgepikt door de industrie en leidde tot een aantal vervolgprouwen. Natuurlijk proberen we deze technieken nog te verbeteren. Testen doen we in stappen. Eerst hier met kleine molentjes, dan met turbines van 400 kilowatt op land, en in 2025 met elf megawatt turbines binnen het windpark Hollandse Kust Noord.”

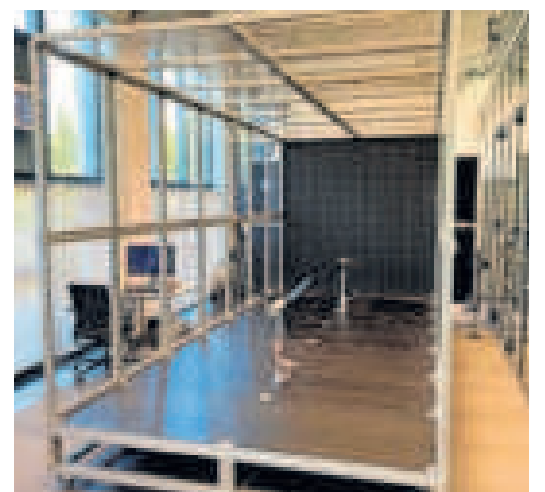
De energie-efficiëntie waaraan Van Wingerden een bijdrage levert, is van groot belang. Verschillende landen waaronder Nederland willen grote windparken aanleggen in de Noordzee. In 2050 moeten die parken 70 gigawatt kunnen opbrengen, tien keer zoveel als de huidige capaciteit.

## Hollandse Kust Noord

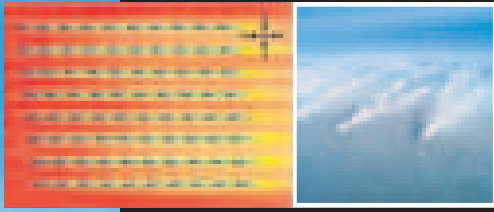
In een van de drie gebieden die de Nederlandse overheid heeft aangewezen voor de ontwikkeling van windenergie op zee, Hollandse Kust Noord, mag Van Wingerden dus in 2025 laten zien

wat zijn innovatie waard is. Met het windpark, op bijna 20 kilometer van de kust bij Egmond aan Zee, moeten straks ruim een miljoen huishoudens van groene stroom worden voorzien. „Dat is daar mogen testen geeft zo veel energie. Zo’n kans krijg je zelden. Het blijft natuurlijk spannend, maar tot nu toe wijst alles erop dat wat we hebben bedacht ook echt werkt. Hiermee staan we aan het begin van belangrijke innovatie”, aldus de onderzoeker, die samenwerkt met Crosswind, een gezamenlijk project van Eneco en Shell, en bouwer van windturbines Siemens Gamesa. „Het is goed die grote industriële partij erbij te hebben. Zij zien hoe groot de belasting en eventuele slijtage van de molens is als we de nieuwe technologie toepassen.”

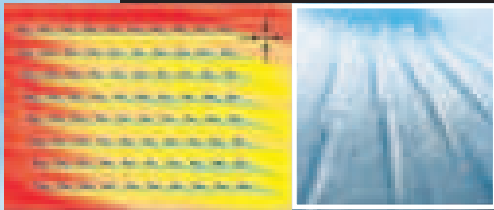
Van Wingerdens Wind AI Lab staat op wielen. Dat heeft een reden. „Het is de bedoeling om de tunnel op termijn in onze sleep-



## verhoogt opbrengst



Effect bij molens die recht achter elkaar staan...



...en gedraaide rotorbladen.

Op deze luchtofoto is het effect van het zog in een windmolenpark te zien. Bij het passeren van een windturbine verandert de wind op twee manieren: de snelheid neemt af en de turbulentie neemt toe, omdat de rotorbladen de windlagen mixen. In een windmolenpark, waar turbines in de 'windschaduw' van andere windturbines staan, kan het zog-effect zorgen voor een kleinere energieopbrengst en meer slijtage aan achterliggende molens. FOTO VATTENFALL

**'Het blijft spannend, maar tot nu toe wijst alles erop dat wat we hebben bedacht ook echt werkt'**

tank te gebruiken, waar we golven kunnen maken. Dan kun je wind en water combineren in schaalmodellen en kijken naar het gebruik van drijvende windmolens voor een mogelijk nog grotere energieopbrengst." Dus speeltuin? „Ja, speeltuin!”

### Noorwegen en Schotland

Volgens de professor zijn drijvende windparken de toekomst. Schotland en Noorwegen werken er al aan en dat gaan we hier ook doen. Je kunt de molens bijvoorbeeld op zeskantige onderstellen, (hexapotjes) zetten en in golvend water enige bewegingsvrijheid geven. „Met een dynamisch platform gaat het zog misschien sneller kapot en kun je molens dichter bij elkaar zetten.” Intelligente windmolens die continu met elkaar in verbinding staan, kunnen zich zelfstandig groepsgewijs aanpassen aan windcondities voor het beste rendement. Dan hebben de turbines ook een langere levensduur en kan de kostprijs van windenergie omlaag.

Voor drijvende windmolens is de Noordzee echter te ondiep. „Om die molens in balans te houden, heb je onder water een flinke dobberconstructie nodig”, verklaart de expert van de TU Delft.

Hij wijst er overigens op dat bij de ontwikkeling van een windpark meer nodig is dan alleen nieuwe technologie. „Het aanleggen is een vak apart. Dan moet je bijvoorbeeld ook rekening houden met wat er al op de zeebodem ligt. Aan bekabeling, aan oude munitie. Ook vaarroutes en routes van trekvogels zijn van belang.”

Jan-Willem van Wingerden in het Wind AI Laboratorium.

FOTOS HENRI WERIJ, TU DELFT

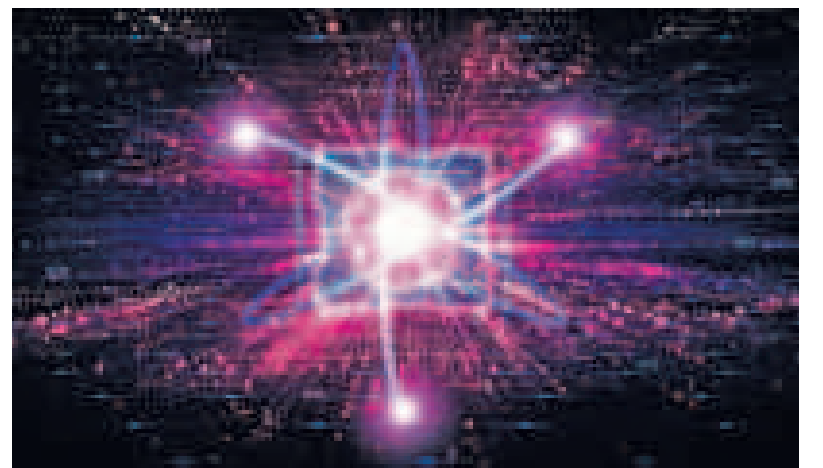
## Wat zegt de wetenschap

UNIVERSITEIT VAN NEDERLAND

# Heeft iedereen straks een kwantumcomputer in huis?

De kwantumcomputer belooft een onvoorstelbare rekenkracht en zal daarom onze wereld veranderen. „Hij kan dingen die we ons nog niet eens kunnen voorstellen.”

FOTO GETTY IMAGES



**E**en kwantumcomputer kan superefficiënt rekenen”, zegt natuurkundige Anne-Marije Zwerver van de TU Delft, gespecialiseerd in dit type computers. „En hij kan daarmee in de toekomst allerlei problemen oplossen die nu nog te ingewikkeld zijn voor 'gewone' computers.”

Hoe hij dat doet? Zwerver: „Een normale computer rekt met enen en nullen, dat noemen we bits. Zie het als allemaal kleine virtuele schakelaartjes die ofwel op 1 (omhoog) of op 0 (omlaag) staan. Sla je een foto op, op je computer? Dan sla je eigenlijk een lange reeks enen en nullen op.” Ook zoekopdrachten die je op internet doet, zijn reeksen van enen en nullen. Hoeveel enen en nullen die computer per seconde kan verwerken, bepaalt hoe snel hij is.

Een kwantumcomputer is veel sneller, omdat de schakelaars daar niet op 1 of op 0 staan, maar in een toestand tussen 1 en 0 in zitten. De bits in een kwantumcomputer noemen we qubits of kwantumdeeltjes. Een qubit verkeert als het ware in twee toestanden tegelijk; het is zowel 1 als 0. Zwerver: „Dat gaat volledig tegen onze intuïtie in en vereist echt een andere manier van denken. Doordat je alle opties openhoudt, kun je alle opties tegelijkertijd uitrekenen.”

Kort door de bocht betekent dit dat je met 0 en 1 tegelijkertijd kunt rekenen. Daardoor kan een kwantumcomputer in één keer heel veel dezelfde berekeningen uitvoeren, parallel aan elkaar. Het grote voordeel daarvan is dat hij voor sommige problemen veel sneller is dan een normale computer.

### Een qubit is geen 0 óf 1, zoals een bit, hij is 0 én 1

Een voorbeeld: stel je zoekt de uitgang van een doolhof en er zijn twintig routes die je kunt wandelen. Een normale computer zou elke route in het doolhof één voor één uitproberen. Dit kost veel tijd.

„Een kwantumcomputer test alle twintig routes tegelijkertijd. Het is alsof je twintig poppetjes tegelijk door het doolhof een route laat afleggen, waardoor één van hen in één keer de uitgang vindt. Dan vind je dus veel sneller het juiste antwoord.”

Krijgen we straks allemaal een kwantumcomputer thuis? „Ze staan nu nog in speciale koelkasten waar het ontzettend koud is, het absolute nulpunt (-273°C), om

de chips te koelen”, vertelt Zwerver. Experts vinden het daarom aannemelijker dat er in de toekomst op speciale plekken kwantumcomputers staan, waar iedereen vanuit huis op kan inloggen via de cloud. Die zullen voor hele andere zaken worden gebruikt als teksten typen in Word of zoekopdrachten via Google.

Zwerver: „Thomas Watson – het hoofd van IBM in de jaren 50 – zei destijds dat we vijf gewone computers nodig zouden hebben voor de hele wereld. Niemand had toen kunnen bedenken dat wij vandaag de dag computers gebruiken om katten filmpjes te kijken op internet.”

Net zoals in de jaren 50 de gewone computer ver van ons af stond, staat de kwantumcomputer dat nu. „Ik denk dat hij straks ook dingen kan die we ons nu nog niet eens kunnen voorstellen.”

[Kijk op de site bij /wetenschap](#)

Wetenschap wordt gemaakt in samenwerking met [NieuwGroning](#) en met [UNIVERSITEIT VAN NEDERLAND](#)

NewScientist

# GALA VAN EEN KRACHTIG KLIMAAT

14 maart 2023  
TivoliVredenburg, Utrecht

JAN TERLOUW  
REINT JAN RENES  
ELLEN VAN DER WERFF  
MAARTEN VAN AALST  
DILARA BILGIÇ  
ANIEK MOONEN  
PATRICK HUNTJENS  
LOES KREEMERS

PRESENTATIE:  
HELGA VAN LEUR EN JIM JANSEN

[www.galavaneenkrachtigklimaat.nl](http://www.galavaneenkrachtigklimaat.nl)

KNAAM rijksuniversiteit groningen Hogeschool van Amsterdam inholland hogeschool Regioorgaan SIA Radboud Universiteit