



Dit is de gouden eeuw van **druppels en bellen**

NATUURKUNDE

Druppels en bellen veranderen de stroming van vloeistoffen. En de weerstand tussen water en scheepswand. Vloeistofonderzoekers aan de Universiteit Twente hebben er hun specialisme van gemaakt en zijn er groot door geworden.

Door **Dorine Schenk**

In een laboratorium in Twente staat een grote buis van drie verdiepingen hoog. Pompen stuwen er duizenden liters water rond. Op de begane grond worden luchtbelletjes toegevoegd. Die borrelen traag omhoog, tegen de stroming van het water in. De grootte van de belletjes wordt nauwkeurig gecontroleerd. Op de eerste verdieping bewegen hogesnelheidscamera's met de belen mee om ze zo precies mogelijk in beeld te brengen.

De opstelling doet denken aan een enorme lavalamp. Heerlijk rustgevend om naar te kijken. Maar het doel is serieus onderzoek naar de stroming, vorming en het oplossen van luchtbelletjes in vloeistoffen. Zo zit er halverwege een rooster met klepjes die zo onregelmatig mogelijk bewegen om turbulente stromen te veroorzaken, waarmee de menging van belletjes in een vloeistof bestudeerd wordt. Turbulentie veroorzaken is lastig. Als de klepjes ook maar een beetje regelmatig bewegen is de stroming niet meer 'echt' turbulent.

Het is een van de vele onderzoeksoptellingen van de onderzoeksgroep vloeistofdynamica van universiteitshoogleraar Detlef Lohse van de Universiteit Twente. In november ontvangt hij de Balzan prijs van 750.000 Zwitserse frank (ongeveer 670.000 euro). Zijn vakgroep onderzoekt druppels, belen en turbulente vloeistoffen. Het is een van de grootste vloeistofonderzoeksgroepen ter wereld. Tegen de 70 mensen bevolken er twee verdiepingen met kantoorjes en een tiental laboratoria.

Lohse en universitair docent Alvaro Marin laten me de verschillende labs zien. De meeste zijn niet veel groter dan een woonkamer en hebben geen ramen. Ze staan vol met hogesnelheidscamera's, microscopen, lasers, computers en volgeschreven whiteboards. Overal liggen (wegwerp)handschoenen, opgedroogde druppels metaal en papertjes met 'niet aankomen'. In de kantoorjes zitten theoretici. Zij ontwikkelen modellen die de experimentele metingen proberen te verklaren. Of omgekeerd: hun theoretische voorspellingen worden getest door een van de vele experimenten. Lohse: „Van de mensen binnen de vakgroep doet ongeveer 60 procent experimenteel onderzoek en 40 procent theorie.”

Het onderzoek naar belen en druppels is breed. Zo worden in een van de labs piepkleine nanobelletjes bestookt met laserstralen om te kijken hoe ze ontstaan, groeien en oplossen in een vloeistof. Een directe toepassing is er niet.

Dat is een paar deuren verderop anders. Daar wordt onderzoek gedaan in samenwerking met hightechbedrijf ASML, die machines voor de chipfabricage maakt. Onderaan een hoge buis liggen uitgeharde spetters tin. Hier wordt gekeken wat er gebeurt als druppels tin, die voor de

productie van chips gebuikt worden, uiteenspatten. Daarbij ontstaan spetters die op gevoelige spiegels en andere apparatuur terecht kunnen komen. De Twentse natuurkundigen kijken hoe je dat gespetter kan voorkomen.

En in een volgebouwd lab op de begane grond werken onderzoekers, waaronder Dennis Bakhuis aan praktische toepassingen van stromingen en belen. Ze zijn bezig met een cilinder van nog geen meter lang waar een soort schuurpapier op geplakt zit. Hiermee wordt onderzoek gedaan naar de weerstand die een schip ondervindt als het door water beweegt, vertelt Bakhuis. Met een roterende cilinder in water wordt de weerstand nagebootst die ontstaat door turbulente waterstromen.

De onderzoekers kijken hoe stromen van belletjes de weerstand kunnen verminderen. Er varen al schepen met een prototypemachine die belletjes onder het schip blazen om de weerstand te verminderen. Minder weerstand betekent minder brandstof. Maar algen en andere zee flora en -fauna die aan de onderkant van het schip hechten, maken het oppervlak ruw. Dat doet de voordelen van de belletjes te niet. In het lab in Twente onderzoekt de vakgroep daarom hoe de belen de weerstand verlagen en of dat mogelijk is bij een ruw oppervlak. Het doel is een theoretisch model om de relatie tussen ruwheid, weerstand, turbulentie en belen te beschrijven. Het testen van theoretische modellen is lastig. Op een schip werken sterke krachten van turbulente waterstromingen. Dat is moeilijk om die gecontroleerd in het lab na te bootsen. In Twente krijgen ze dat voor elkaar met een draaiende cilinder. De experimentele opstelling is uniek.

Lohse is zelf theoretisch natuurkundige. „In het lab heb je niet veel aan mij”, zegt hij lachend. „Gelukkig hebben we veel uitstekende experimentele fysici en technici rondlopen. Als ik een week op een conferentie ben is dat niet zo erg, maar als zij er niet zijn hebben we een probleem.”

Digitale hogesnelheidscamera's

Voordat Lohse zijn onderzoeksgroep opzette in Twente waren theorie en experiment veel meer gescheiden in het onderzoek naar vloeistofdynamica. De hogesnelheidscamera's die nu in bijna elk lab te vinden zijn, spelen een belangrijke rol in het samenbrengen ervan.

„Toen ik hier twintig jaar geleden kwam kreeg ik de mogelijkheid om naast theoretisch en numeriek ook experimenteel werk erbij te doen”, vertelt Lohse. Rond diezelfde tijd kwam de digitale hogesnelheidscamera op. Lohse koos ervoor om een deel van het opstartgeld voor zijn onderzoeksgroep te besteden aan deze nieuwe digitale camera's. Tegen het advies van collega's in. Die raadden hem aan om gewoon analoge camera's te gebruiken, waar al jaren mee gewerkt werd. „Gelukkig heb ik daar niet naar geluisterd”, zegt hij.

De eerste camera die hij aanschafte had een snelheid van 2000-beelden per seconde. Daarna gingen de ontwikkelingen razendsnel. Inmiddels staat er een camera die 25 miljoen beelden per seconde schiet en bovendien haarscherp de kleinste druppels en belletjes vast kan leggen. De prachtige plaatjes sieren met regelmaat de kaft van wetenschappelijke tijdschriften.

„Het is de gouden eeuw van de vloeistofdynamica”, zegt Lohse. „Naast hogesnelheidscamera's spelen ook krachtige computers een belangrijke rol. Daarmee kunnen we numerieke simulaties doen die hiervoor niet mogelijk waren.” Dankzij die camera's en computers gaan

theorie en experiment hand in hand. Met de informatie uit nieuwe camera's kunnen theoretische modellen getest en aangepast worden.

„Vaak zie je in experimenten iets verrassends”, zegt Lohse. Dat geeft weer inspiratie om nieuwe theorieën te ontwikkelen. Om theorie op het goede pad te houden is experimenteel onderzoek belangrijk.

Dankzij de hogesnelheidscamera ontdekten Lohse en collega's bijvoorbeeld hoe pistoolgarnalen met hun scharen een harde knal van ruim 200 decibel produceren. Dat is zo luid dat het communicatie tussen onderzeeërs verstoort. Uit Twents onderzoek bleek dat een luchtbel de knal veroorzaakt. Door het dichtklappen van de scharen schiet er een waterstraal weg. Daarin ontstaan belletjes. Door de lage druk in de straal, groeit het belletje snel en klapt dan uit elkaar. De trilling die daarbij ontstaat, zorgt voor de knal. Dit effect is vergelijkbaar met de 'ploink' die je hoort als een druppel in een bak met water valt. Als de druppel op het water neerkomt ontstaat er een luchtbel. De trilling van die bel veroorzaakt het geluid.

Het vraagstuk over de pistoolgarnalen kwam toevallig op het pad van Lohse toen hij een colloquiumlezing gaf waar een zoöloog aanwezig was. De onderzoeksvragen waar de vloeistofdynamische groep in Twente aan werkt, komen uit allerlei hoeken. „Uit de industrie komen bijvoorbeeld ook ontzettend leuke vragen”, zegt Lohse. Naast ASML werkt de onderzoeksgroep ook veel en nauw samen met het Nederlandse printerbedrijf Océ. „Het begon met een vraagstuk over belletjes die ontstaan in inktkanalen van inkjetprinters”, vertelt Lohse. „Als daar belletjes in ontstaan die te groot worden, dan blokkeren ze de inkt.” Uit Twents onderzoek bleek dat je kan horen of er een belletje ontstaat in een van de mondstukken waar de inkt uitkomt. Je kunt dat inktkanaal dan even uitzetten tot het belletje is opgelost. Andere inktkanalen nemen het dan even over. Zo kun je door blijven printer zonder belletjesproblemen.

Inmiddels is 10 procent van het onderzoek van de vakgroep in samenwerking met Océ. Zo hebben de onderzoekers een theorie ontwikkeld om te kunnen beschrijven wat er met de druppels gebeurt tijdens de val. Dit model berekent wat er gebeurt als er oppervlakte-actieve stoffen worden toegevoegd die de oppervlaktespanning van de druppels veranderen. Voor dit onderzoek schoten de hogesnelheidscamera's een reeks beelden van vallende druppels. Dit leverde een bijzondere foto op die in 2014 werd uitgeroepen tot een van de 'foto's van het jaar' bij *Nature*. Lohse: „In de vloeistofdynamica combineren we goede wetenschap en leuke toepassingen. Er is geen tegenstelling van fundamenteel en toegepast onderzoek - ze gaan hand in hand en stimuleren elkaar.”

Bubbels en wijn

Zelf aan de slag met bubbelonderzoek? Neem een wijnglas en vul het met wijn. Schenk, als de wijn op is, bruiswater in het glas. Let erop dat het glas tussendoor niet afgewassen wordt. Waarschijnlijk borrelen er nu veel minder bubbels omhoog dan normaal. Dat komt doordat belletjes ontstaan in oneffenheden in het glas. Kleine krasjes en scheurtjes zijn de kiemen voor gasvorming. Wijn kruipt gemakkelijk in deze oneffenheden. Het koolzuur kan dan geen plekjes meer vinden om belletjes te maken.