



Hans van Sluis, DHV

Oplossing van waterraadsels dichterbij

Geen stof is voor de mens zo vertrouwd en vanzelfsprekend als water. Tegelijk is water voor de wetenschap een zeer bijzondere stof, waarvoor de chemische formule H_2O niet voldoende is om alle eigenschappen ervan te verklaren. Sommige eigenschappen, zoals het feit dat ijs op water drijft en de mogelijkheid om tal van andere stoffen erin op te lossen, zijn door de wetenschap min of meer begrepen, maar de invloed van fysische krachten als magnetisme, gemoduleerde elektromagnetische velden, hoge turbulentie en ultrageluid is nog zeer raadselachtig. Watervitalisering wordt meestal niet eens tot het domein van de wetenschap gerekend. Eerder werd in dit tijdschrift een overzicht van niet-conventionele benaderingen en technieken gegeven¹⁾. Daarbij leek er een onoverbrugbare kloof te bestaan. Er zit nu duidelijk beweging in de zaak. Wereldwijd wordt veel fundamenteel onderzoek aan water verricht, vooral binnen de chemie en de hydrodynamica. Recente resultaten daarvan kunnen grote consequenties hebben voor het denken over waterkwaliteit en voor de technieken waarmee water wordt behandeld of gezuiverd. Ze worden echter nog onvoldoende met elkaar in verband gebracht. Ook staan de nieuwe inzichten nog ver af van de dagelijkse praktijk van waterbeheer en waterbehandeling. Goed en gedegen toepassingsonderzoek is nodig om daarin verbetering te brengen.

Water was in de oudheid naast vuur, lucht en aarde één van de vier elementen waaruit de wereld is opgebouwd. Dat komt nog terug in de aggregatietoestanden van nu, met water als oerbeeld voor de vloeibare toestand. Water op zichzelf is tegenwoordig één van de onnoembaar vele stoffen die met behulp van de chemie kunnen worden onderscheiden. Toch is er nog steeds iets speciaals aan water.

Hoewel de chemische formule H_2O wordt geacht de stof in al zijn facetten weer te geven, is H_2O juist als chemische verbinding een buitenbeentje. Het past namelijk als vloeistof helemaal niet bij de waterstofverbindingen van de naaste burens van zuurstof in het periodiek systeem van elementen (zie tabel 1).

Methaan, ammoniak, fluorwaterstof en zwavelwaterstof zijn bij kamertemperatuur

en atmosferische druk allemaal gassen. Zelfs de waterstofverbindingen van de veel zwaardere elementen arseen, antimoon, seleen, telluur, broom en jood zijn gasvormig. Op methaan na zijn al deze stoffen zeer giftig en agressief, terwijl water bij uitstek levendragend en -beschermend is (zie ook afbeelding 1).

Water bezit nog vele andere afwijkende fysische eigenschappen (anomalieën). Het drijfvermogen van ijs en de maximale dichtheid bij $4^\circ C$ zijn daarvan de bekendste

Tabel 1: Aan water verwante waterstofverbindingen in het chemisch periodiek systeem. Water is de enige vloeistof.

groep	IV	V	VI	VII
periode				
2	CH_4	NH_3	H_2O	HF
3		PH_3	H_2S	HCl
4		AsH_3	H_2Se	HBr
5		SbH_3	H_2Te	HI

Het grote publiek loopt in zekere zin vóór op de vakwereld. Al vele jaren bestaat een bloeiende bedrijfstak rond niet-conventionele technieken voor waterbehandeling, die zowel aan de consument als het watergebonden bedrijfsleven apparatuur levert voor legionellabestrijding, smaakverbetering, groeibevordering en oogstverbetering. De belevingswaarde van water en de ontvankelijkheid voor subtiele invloeden hebben onder meer de Japanner Masuru Emoto wereldwijd beroemd gemaakt. Zijn foto's van smeltend ijs onder de invloed van vervuiling, muziek, spraak en meditatie²⁾ spreken zo sterk tot de verbeelding dat ze via de film 'What the bleep do we know?' van William Arntz zelfs tot in de bioscoop zijn doorgedrongen. Emoto's werkwijze, de boodschap van de genoemde film en vele andere 'feiten' zijn vaak ter discussie gesteld. Ook het gegeven dat sommige op dit gebied actieve leveranciers van apparatuur al meer dan een eeuw bestaan, bewijst natuurlijk niets, al is het wel moeilijk voorstelbaar dat een zo lange geschiedenis alleen op 'broodje aap'-verhalen is gebaseerd. Wat in wetenschappelijke zin echter veel meer gewicht in de schaal legt, zijn de resultaten van recent fundamenteel fysisch-chemisch, biochemisch en hydrodynamisch onderzoek aan water. In het licht van deze onderzoeksresultaten zijn de claims van de niet-conventionele behandelingstechnieken een stuk minder onmogelijk dan veelal wordt gedacht.

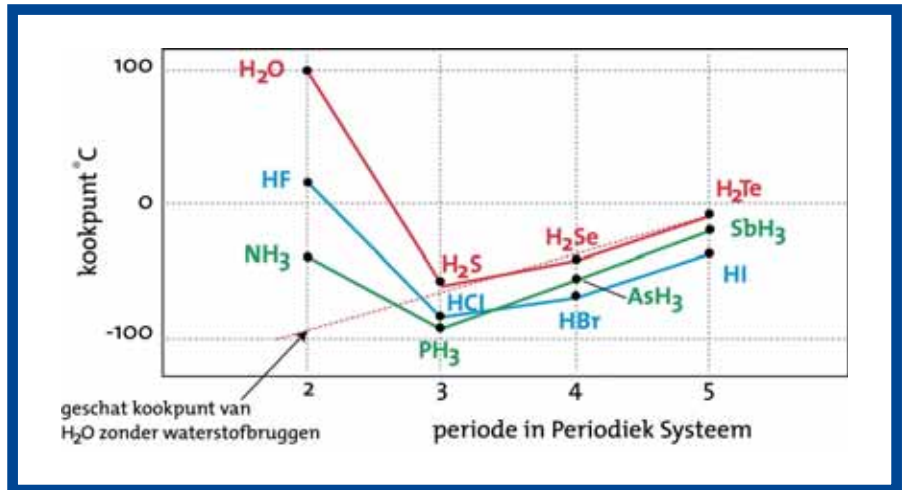
(zie afbeelding 2). Op de uitstekend gedocumenteerde internetpagina van Martin Chaplin³⁾ worden meer dan 60 anomalieën opgesomd. Veel recent fundamenteel wetenschappelijk onderzoek aan water richt zich op de moleculaire structuur (chemie) en op meerdimensionale stromingsverschijnselen (vloeistofdynamica).

Chemie onderkent structuren

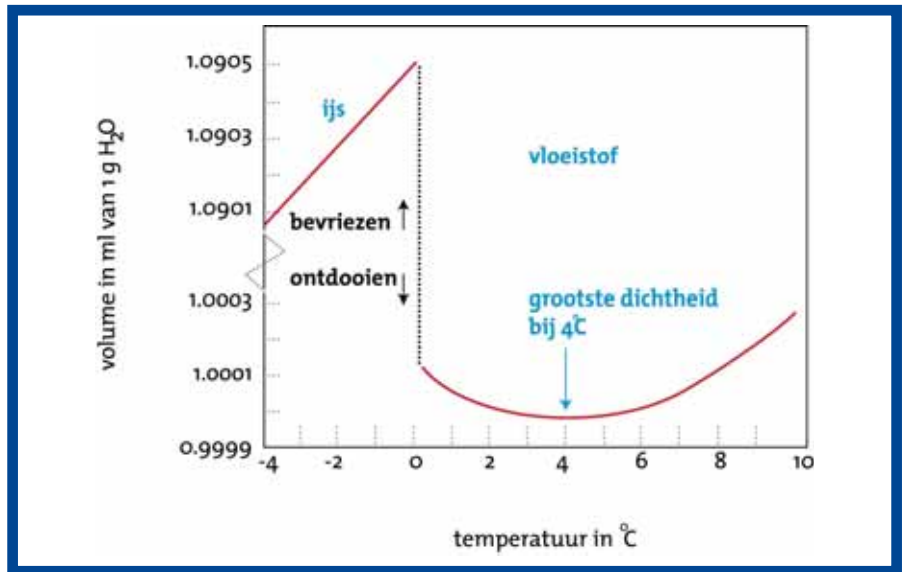
Het H₂O-model van de chemici in zijn meest simpele vorm is plat en gaat uit van losse moleculen. Het levert, zoals reeds aangegeven, geen verklaring voor het vloeistofkarakter van water. Met een wisselwerking tussen de drie-atomige watermoleculen in de vorm van waterstofbruggen is het hoge kookpunt wel verklaarbaar (zie afbeelding 1). De details van infrarood- en röntgenspectra van water worden verklaard door uit te gaan van een geordend driedimensionaal netwerk van tetraëdervormige watermoleculen⁴⁾. Ieder zuurstofatoom is gebonden aan twee 'eigen' waterstofatomen en via de waterstofbruggen ook aan twee van de burens (zie afbeelding 3).

Een verrassende ontdekking van de laatste jaren zijn de inhomogeniteiten in dit netwerk. Watermoleculen vormen clusters, die veel stabiel zijn dan op grond van de levensduur van de gewone waterstofbruggen is te verwachten. Chaplin⁵⁾ heeft het bestaan van eenheden van 20 en van 280 watermoleculen aannemelijk gemaakt. Tijdens recent onderzoek⁶⁾, waaraan onder andere de Universiteit van Nijmegen bijdroeg, is men er in geslaagd de afwijkende fysische eigenschappen van water, kookpunt, smeltpunt en vele andere anomalieën, nauwkeurig kwantitatief te voorspellen. Daarmee is bewezen dat water een vloeistof is, zou je kunnen zeggen. Dat nieuws was zelfs een dagbladvermelding waard⁷⁾. Volgens het genoemde onderzoek zijn gemiddeld 3,8 waterstofbindingen en -bruggen rond een zuurstofatoom intact. Dat is minder dan de vier die theoretisch mogelijk zijn. Het driedimensionale netwerk van watermoleculen is daardoor niet star en eenvormig, maar uiterst flexibel en veranderlijk, doordat de waterstofbruggen voortdurend nieuw worden gevormd en weer verbroken.

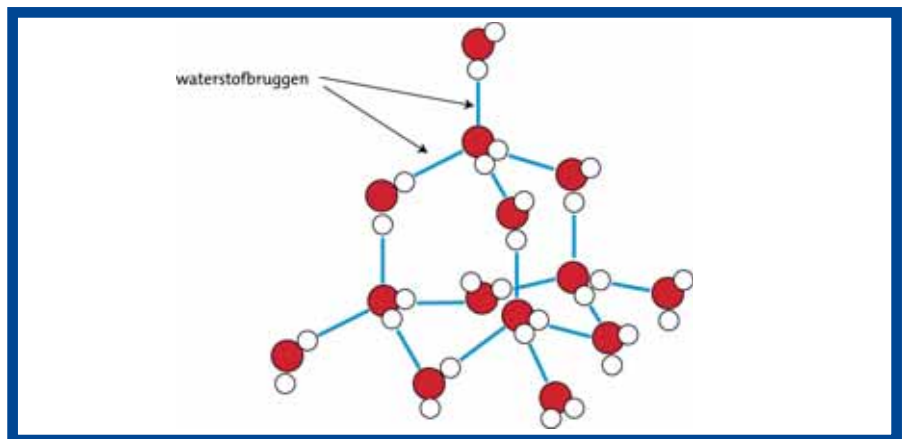
De variabiliteit van de cluster grootte, de precieze structuur en levensduur van de clusters en de invloed van omgevingsfactoren daarop zijn hiermee nog niet opgehelderd. Het is echter wel duidelijk dat watermoleculen niet zomaar als harde knikkers willekeurig langs elkaar schuiven en stuiten, maar dat sprake is van een gevarieerd en variabel fluïde medium met talrijke verschillende, naast elkaar bestaande structureenheden met een levensduur van soms uren of dagen. Op zichzelf zijn dit soort substructuren bij vaste stoffen een bekend verschijnsel waarvan de eigenschappen worden bestudeerd in de materiaalkunde. Het is echter nieuw dat dit concept ook van toepassing blijkt te zijn op de vloeistof water⁸⁾, en dat de substructuren in water beïnvloedbaar zijn. Bezien vanuit zo'n perspectief wordt de sensitiviteit van water voor subtiele fysische invloeden, zoals verandering van de reactiviteit van metaalionen in oplossing of van de stabiliteit



Afb. 1: Kookpunten van water en verwante waterstofverbindingen.



Afb. 2: Invloed van de temperatuur op de dichtheid van vloeibaar water en ijs.



Afb. 3: Driedimensionaal netwerk van watermoleculen⁹⁾.

van kalkafzettingen onder invloed van magnetisme of ultrageluid, veel minder raadselachtig.

Vloeistofdynamica ontdekt patronen en ritme

Water en stroming zijn bijna synoniem. Water probeert door stroming de kleinste hoogte- of drukverschillen onmiddellijk te vereffenen. Stroming van water kan laminair of turbulent zijn, afhankelijk van de

verhouding tussen de zwaartekracht en de kracht die de stroming aandrijft. Deze twee stromingstoestanden zijn elk qua snelheidsverdeling heel eenduidig en kennen vaste, relatief simpele wetmatigheden. In het overgangsgedebied tussen laminair en turbulent treden daarentegen verschijnselen op met een grote vormenrijkdom. Opvallend is ook het ritmische karakter hiervan. De vormen herhalen zich in de ruimte, zoals bij meanders, of in ruimte en tijd tegelijk



Ritmisch golfpatroon onder invloed van stroming en wind⁹⁾.

(wervels, golven) (zie foto). Wervelvormen van twee mengende fluïde fasen zijn afgebeeld in een rapport van Schwenk⁹⁾.

Hof en Van Doorne van de TU Delft onderzochten buisstroming in het genoemde overgangsgebied en vonden lopende golven in de stromingsrichting en meertallige axiale symmetrie in het snelheidsprofiel¹⁰⁾. Ook hier is dus sprake van ritme c.q. periodiciteit en semi-permanente structuren. Bij de meeste technische toepassingen van water en bij waterbouwkundige constructies zijn zulke processen overigens ongewenst en vermijdt men het overgangsgebied. Het thema 'Ruimte voor de Rivier' uit de moderne rivierkunde is een uitzondering hierop.

Prikkelende hypotheses

De gangbare hydrodynamische modellen zijn gebaseerd op vaste waarden voor de viscositeit en oppervlaktespanning van water. Sommige andere vloeistoffen dan water, zoals verf, yoghurt en gesmolten plastic, gedragen zich 'niet-Newtons': de viscositeit verandert onder invloed van de

schuifkrachten die op de vloeistof werken. Verandering van de onderlinge samenhang van de grote moleculen van harsen, eiwitten, synthetische polymeren, etc., hebben een grote invloed op de viscositeit en dat uit zich in het stromingsgedrag. De hiervoor besproken aanwezigheid van grote clusters van watermoleculen zou heel goed kunnen verklaren waarom ook water zich onder bepaalde omstandigheden niet-Newtons gedraagt!

Een analoge redenering kan ten aanzien van de oppervlaktespanning van water worden geformuleerd. De claim van sommige leveranciers van apparatuur voor magnetische waterbehandeling of van watervitalisatoren dat de oppervlaktespanning van het water daalt, komt daarmee in een ander daglicht te staan.

Waarom wordt zo'n basaal verschijnsel niet waargenomen of gemeten? Een min of meer voor de hand liggende verklaring zou kunnen zijn dat eventuele afwijkende meetresultaten altijd worden toegeschreven aan 'sporenverontreinigingen' in het

onderzochte medium. Men neemt dan aan dat het water niet zuiver genoeg is geweest. Men is daar kennelijk zo zeker van dat deze aannames nooit worden geverifieerd. De afwijkende meetuitkomsten worden vervolgens ter zijde gelegd. Zo'n eenvoudig voorbeeld uit de laboratoriumpraktijk laat zien hoe de gangbare wetenschappelijke aanpak de kans om iets verrassends te vinden, kleiner maakt. In 1928 was er dan ook een slordige laborant voor nodig om de ontdekking van penicilline mogelijk te maken¹¹⁾.

Goed onderzoek noodzakelijk

Veel verspreid empirisch materiaal over water laat waarnemingsresultaten zien die niet passen in het gangbare H₂O-model van losse, elkaar niet beïnvloedende moleculen. Omdat de methodische aanpak van deze onderzoeken vaak zwak is en onconventionele concepten ter verklaring worden aangedragen, dringt dit materiaal zelden door in de officiële wetenschappelijke literatuur. De recente wetenschappelijke ontwikkelingen op het raakvlak van chemie en stromingsleer werpen nieuw licht op deze materie en zouden de raadselachtige invloed van magnetisme, etc. kunnen ophelderen. Ongenuanceerde sceptis is daarom niet langer op zijn plaats, te meer omdat deze verschijnselen mogelijk van groot belang zijn voor de menselijke gezondheid en de bescherming van natuur en milieu. De erop gebaseerde technieken zijn milieuvriendelijk en duurzaam. Goed en gedegen toepassingsonderzoek is noodzakelijk om kaf en koren te leren onderscheiden en om de potenties ten volle te benutten. De professionele watersector kan vanuit een open, innovatiegerichte instelling deze ontwikkelingen mede sturen en versnellen.

LITERATUUR

- 1) Gast M. en H. van Sluis (2006). Het wezen van water. H₂O nr. 8, pag. 20-22.
- 2) Emoto M. (1999). The message from water. Hado Kyokusha.
- 3) Chaplin M. (2003). Water structure and behavior.
- 4) Berendsen H. (1979). Water, het meest bekend, het minst begrepen. Chemisch Weekblad pag. 483-489.
- 5) Chaplin M. (1999). A proposal for the structuring of water. Biophysical Chemistry nr. 83, pag. 211-221.
- 6) Bukowski R. *et al* (2007). Predictions of the properties of water from the first principles. Science nr. 315, pag. 1249-1252.
- 7) Van Wayenburg B. (2007). Watermoleculen voor het eerst precies in de computer gesimuleerd. NRC Handelsblad 10 maart 2007.
- 8) Roy R. *et al* (2005). The structure of liquid water. Novel insights from materials research, potential relevance to homeopathy. Materials Research Innovation nr. 4, pag. 577-608.
- 9) Schwenk T. (1996). Sensitive chaos - the creation of flowing forms in water and air. Second edition. Rudolf Steiner Press.
- 10) Wilkens A., M. Jacobi en W. Schwenk (2005). Understanding water. Floris Books.
- 11) Hof B. *et al* (2004). Experimental observation of nonlinear traveling waves in turbulent pipe flow. Science pag. 1594-1598.

Verkenning van ritmische stroming tijdens de KVVN/NVA-najaarsvergadering in 2005.

