

Voorkom stukgevroren flessen

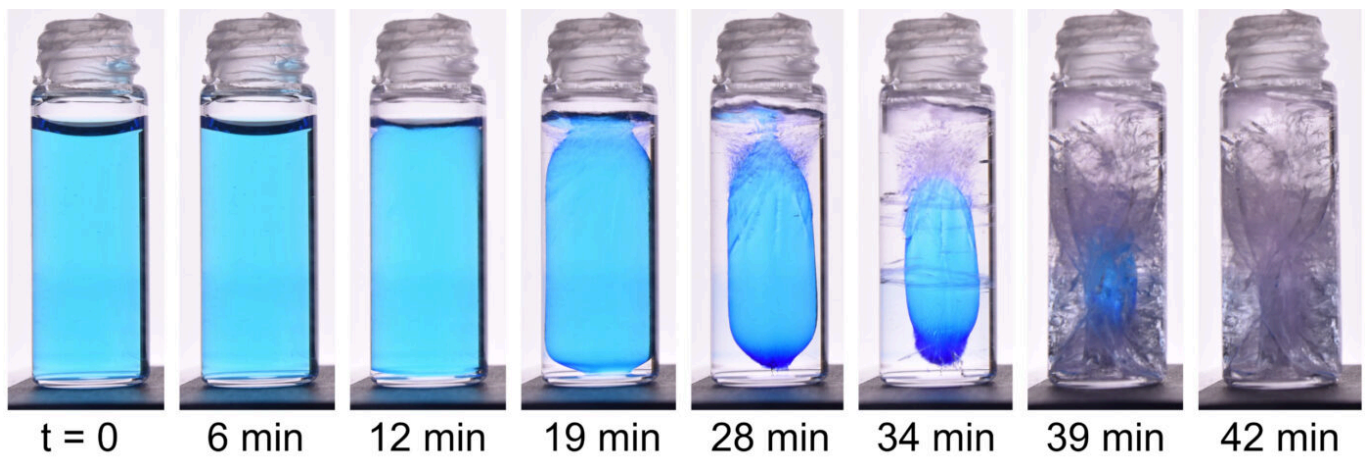
Heb je ooit een fles met vloeistof in de vriezer laten liggen, om die vervolgens gebarsten of gebroken terug te vinden? Om je te behoeden voor vervelende schoonmaakbeurten, hebben onderzoekers van de Universiteit van Amsterdam onderzocht waarom dit gebeurt en hoe je dit kunt voorkomen. Ze ontdekten dat vloeibaar water in het ijs vast kan komen te zitten tijdens het bevriezen. Wanneer dit water uiteindelijk bevroert, creëert de plotselinge uitzetting extreme druk - genoeg om glas te breken.



“Bij Newton viel de appel op zijn hoofd, bij mij lag de vriezer vol met scherven,” grapt Menno Demmenie, eerste auteur van de nieuwe publicatie in *Scientific Reports*. (Menno schreef overigens twee jaar geleden al eens [een artikel over zijn onderzoek naar ijspegels](#) voor de QU-website.)

Hij vervolgt, serieuzer: “De gebruikelijke verklaring voor vorstschade is dat water uitzet als het bevriest, maar dit verklaart niet waarom halfvolle flessen in onze vriezers ook barsten. Ons werk onderzoekt hoe ijs een fles kan doen barsten, zelfs als er genoeg ruimte is om in uit te zetten.”

Om dit proces te begrijpen, gebruikten de onderzoekers een speciale kleurstof, methyleenblauw, om bevroering in open glazen flesjes te volgen. De kleurstof lost gemakkelijk op in water en kleurt het blauw. De kleurstof wordt transparant wanneer het water bevriest, omdat het uit het ijs wordt geduwd. Hierdoor kunnen de onderzoekers precies zien wanneer en waar ijs ontstaat.



Een fles vriest kapot. Een fotoreeks die laat zien hoe een glazen flesje met blauwgekleurd water bevriest, waarbij het zijn blauwe kleur verliest, gedurende 42 minuten. Rond 34 minuten is duidelijk te zien dat ijs vloeibaar, blauw water helemaal omringt. Wanneer dit water enkele minuten later bevriest, produceert dit genoeg uitwaartse druk om het glazen flesje te doen barsten. Afbeelding: Menno Demmenie.

Nadat ze tientallen monsters van blauwgekleurd water dat bevroor in een vrieskast van -30 °C hadden gefilmd, konden de onderzoekers de zaak oplossen. Ijs breekt glas wanneer het bovenste oppervlak van het water – het oppervlak dat blootstaat aan de lucht – als eerste bevriest. De rest van het water vriest op natuurlijke wijze van buiten naar binnen, waardoor vloeibaar water aan alle kanten door ijs wordt omgeven. Wanneer dit water ook bevriest, oefent deze een extreme druk uit op de omgeving – in veel gevallen genoeg om glas te breken.

De onderzoekers schatten in dat de druk die het ijs in hun experimenten uitoefent ongeveer

260 megapascal is, genoeg om hoogwaardig staal permanent te vervormen en vier keer zoveel als hun glazen flesjes kunnen weerstaan.

Kleinere, waterafstotende flessen kunnen uitkomst bieden

Door glazen flessen van verschillende groottes en met verschillende oppervlaktecoatings te testen, ontdekte het onderzoeksteam dat er twee manieren zijn om het risico op het vormen van ingesloten water te verminderen.

De eerste manier is door ervoor te zorgen dat het water kouder wordt voordat het begint te bevriezen. Hoewel water bij 0 °C kan beginnen te bevriezen, is het mogelijk dat vloeibaar water ‘supergekoeld’ raakt tot temperaturen onder nul. Bevriezing moet ergens beginnen, en het begin van de faseovergang is soms uitgesteld.

Supergekoeld water bevriest anders dan water dat dichterbij 0 °C bevriest. In plaats van te groeien als een kristallijn blok, bevriest het water langs vingerachtige takken (‘dendrieten’). In de experimenten verandert dit type bevriezing het gekleurde water in een donkerdere tint blauw voordat het volledig bevriest.

Video: onderkoeld bevriezen. Twee monsters van blauwgekleurd water bevriezen naast elkaar (links), terwijl thermometers de temperatuur van de glazen flesjes meten (grafiek rechts). Het water in het rechter flesje, groen in de grafiek, bevriest op de ‘normale’ manier en breekt het flesje. Het water in het linker flesje, blauw in de grafiek, onderkoelt voordat het bevriest, en houdt de glazen fles intact. Video: Menno Demmenie.

De onderzoekers ontdekten dat deze ongebruikelijke ijsgroei resulteert in een grote hoeveelheid kleine luchtbellens die in het ijs vast komen te zitten, wat de druk genoeg lijkt te verlichten om breken te voorkomen. “De ontdekking van het verband tussen deze luchtbellens en het bevriezen van onderkoeld water kwam als een verrassing, en we hopen dit in de toekomst gedetailleerder te onderzoeken”, aldus Demmenie.

Superkoeling en de daaropvolgende vorming van bellens waren vaker zichtbaar in kleinere flessen. Als je twee flessen van verschillende grootte met dezelfde hoeveelheid water vergelijkt, koelt het water in de kleinere fles sneller af dankzij het grotere oppervlak per volume-eenheid. Dit vergroot de kans dat water verder afkoelt onder de 0 °C voordat het

begint te bevriezen.

De tweede manier om gevangen water te voorkomen, is ervoor te zorgen dat niet het bovenoppervlak, maar de bodem van de container als eerste bevriest. Zolang het bovenoppervlak niet bevriest voordat de rest van het water dat doet, kan het ijs zich eenvoudigweg uitbreiden naar de open ruimte erboven.

Het team ontdekte dat de vorm van het wateroppervlak een belangrijke rol speelt. In onbehandelde glazen flessen en in flessen met een coating die water aantrekt (*hydrofiel*), kromt het wateroppervlak zich omhoog tegen het glas. Omdat de watermoleculen aan de rand minder bewegingsvrijheid hebben, is dit gebied vaak het eerste dat bevriest.

Water in flessen met waterafstotende (*hydrofobe*) coatings heeft daarentegen een plat oppervlak. Hierdoor is de kans veel groter dat het van onder naar boven bevriest, waardoor er geen water vast komt te zitten in het ijs en het risico van breken wordt verkleind.

Video: schade door kristallisatie. Drie glazen flesjes gevuld met water, en waarom ze wel of niet breken wanneer het water bevriest. Video: Menno Demmenie.

Wat leren we hiervan? Wil je kapotte flessen in je vriezer voorkomen, kies dan voor kleinere flessen en flessen met waterafstotende oppervlakken. (Veel plastics zijn waterafstotender dan glas – denk aan de PET-flessen waar frisdranken vaak in zitten, of het hardere PP waarvan bijvoorbeeld Doppers gemaakt zijn..) Naast het voorkomen van rommelige situaties in de keuken, helpen deze nieuwe bevindingen ook bij het begrijpen en voorkomen van vorstschade op andere plekken, waaronder gebouwen, wegen en historische artefacten.

Publicatie

Menno Demmenie, Paul Kolpakov, Boaz van Casteren, Dirk Bakker, Daniel Bonn & Noushine Shahidzadeh, “Damage due to ice crystallization”. *Scientific Reports* **15**, 2179 (2025). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-86117-5>