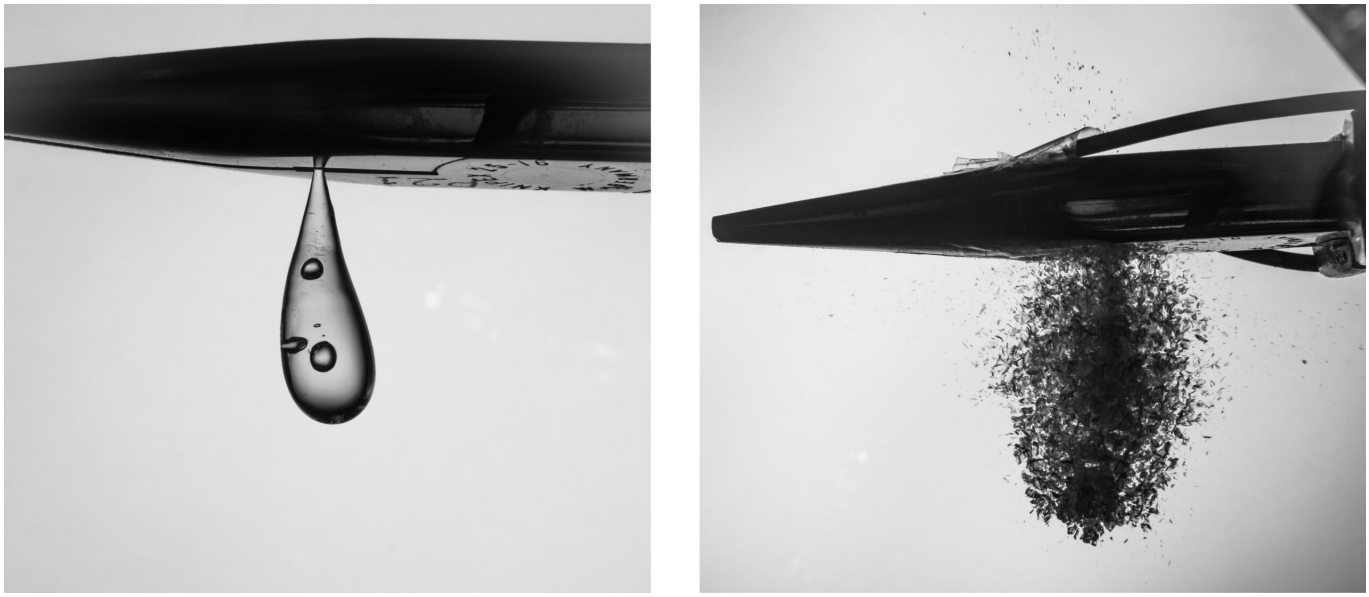
Hoe groot is een scherf?

Laat een drinkglas in diggelen vallen, en de scherven zullen variëren van groot tot extreem klein. Bij het kapotte glas van een bushokje zit dat heel anders: alle scherven hebben vrijwel dezelfde grootte. Onderzoekers bestudeerden het fenomeen van breken, en ontdekten dat er twee heel verschillende processen aan de twee soorten scherven ten grondslag liggen.



Hoe groot is een scherf? Links: een Prins Ruperts druppel. Rechts: als de staart van de druppel wordt samengeknepen barst de druppel in ontelbare kleine fragmenten uiteen – allemaal grofweg even groot. Afbeeldingen: S. Kooij et al., Nature Communications.

Het overkomt iedereen wel eens: je laat een bord of glas vallen, en **pats** – je hebt een vloer vol met scherven. Bij het opruimen raap je eerst de grote scherven op, en veeg je vervolgens de kleinere stukjes bij elkaar. Op zo'n moment heb je waarschijnlijk andere dingen aan je hoofd dan het observeren van de schoonheid van de natuur, maar als je toch even stil zou staan bij wat je ziet, zou het je kunnen opvallen dat er geen kenmerkende grootte van de fragmenten is. Er zijn scherven die bijna zo groot zijn als het voorwerp dat stukviel, maar ook fragmentjes die zo klein zijn dat ze meer op poeder lijken.

De uitzondering op de regel

Die constatering, dat er fragmenten van eigenlijk alle groottes zijn, blijkt op te gaan voor allerlei typische breek- of fragmentatieprocessen. Toch zijn er ook uitzonderingen: denk aan kapotte bushokjes, waar je ziet dat de glasfragmenten juist allemaal ongeveer dezelfde afmeting hebben. Dat verschil is geen toeval – het blijkt een belangrijk puzzelstuk te zijn in het vinden van een verklaring voor de manier waarop normale objecten opbreken.

Stefan Kooij, Gerard van Dalen, Jean-François Molinari en Daniel Bonn van de Universiteit van Amsterdam, Unilever Vlaardingen en EPFL Lausanne onderzochten het proces van fragmentatie, en ontdekten dat er twee heel verschillende manieren van breken bestaan. Het afwijkende gedrag van bijvoorbeeld het glas in bushokjes ontstaat doordat het gebruikte glas een speciale behandeling heeft ondergaan, die ervoor zorgt dat het glas veel interne spanningen bevat. Die spanningen leiden uiteindelijk tot het ontstaan van de gelijkvormige scherven.

Om het proces dat zich afspeelt in het glas van bushokjes te bestuderen, onderzochten de wetenschappers een soortgelijke vorm van glas: de ‘Prins Ruperts druppel’, ook wel bekend als het ‘knapglaasje’. Deze glazen druppels – zie de linkerafbeelding hierboven voor een voorbeeld – worden gemaakt door gesmolten glas in koud water te laten vallen. Doordat het glas eerst aan de buitenkant stolt, en later pas aan de binnenkant, waarbij het wat krimpt, ontstaan in een dergelijke druppel grote interne spanningen, vergelijkbaar met die in het glas van bushokjes. Op het internet zijn vele filmpjes te vinden van de bijzondere eigenschappen van zulke druppels: ze kunnen klappen met een hamer weerstaan, maar spatten in ontelbare stukjes uiteen als de ‘staart’ van de druppel wordt afgebroken.

Hiërarchisch en random

Met behulp van diverse technieken – waaronder het gebruik van CT-scans voor het meten van bijna 22.000 fragmentgroottes van een Prins Ruperts druppel – bestudeerden de onderzoekers verschillende fragmentatieprocessen. Door het breken van Prins Ruperts druppels te vergelijken met de fragmentatie van andere materialen konden ze afleiden dat er twee soorten fragmentatieprocessen bestaan, die ze *hiërarchisch* en *random* doopten.

Een CT-scan van een gebroken Prins Ruperts druppel.Video: S. Kooij et al., Nature Communications.

Wanneer je een gewoon glas op de grond laat vallen, zie je een voorbeeld van het hiërarchische proces. De bewegingsenergie van het glas is dan veel groter dan noodzakelijk is om een breuk te forceren. Om alle bewegingsenergie toch kwijt te raken, ontstaan in het glas meer en meer breuken. Dit is proces is hiërarchisch – het verloopt van groot naar steeds kleiner – en zorgt ervoor dat er uiteindelijk geen specifieke fragmentgroottes zijn.

In verreweg de meeste gevallen waarin voorwerpen breken is de fragmentatie van deze hiërarchische soort. De uitzondering ontstaat wanneer de energie voor het breken niet van buitenaf komt, maar als een object breekt door *interne* spanningen, zoals bij het bushokje en de Prins Ruperts druppel. In zo'n geval gebeurt de formatie van de breuken niet van groot naar klein maar op volkomen willekeurige wijze, waarbij de splitsing van de breukenlijnen afhankelijk is van de interne spanning. Als gevolg daarvan hebben de fragmenten in dit geval wél een specifieke grootte, bepaald door de grootte van de interne spanning in het materiaal.

Het feit dat deze twee manieren van fragmentatie bestaan is niet alleen een interessante curiositeit; de resultaten van het onderzoek kunnen mogelijk ook nuttig in de praktijk toegepast worden. Daarbij valt te denken aan het ontwikkelen van beter veiligheidsglas voor bijvoorbeeld autoruiten, maar ook aan de productie van medicijnen, waarbij de fragmentatiegrootte een belangrijke rol speelt in de snelheid waarmee het medicijn in het lichaam wordt opgenomen.

Publicatie

Explosive fragmentation of Prince Rupert's drops leads to well-defined fragment sizes, Stefan Kooij, Gerard van Dalen, Jean-François Molinari en Daniel Bonn. Nature Communications **12** (2021), 2521.