

RAWPIXEL / ISTOCK / GETTY



Alleskönner, doch auf natürlichem Weg kaum abbaubar: PFAS halten die Outdoorjacke dicht.

# Auch ewig wird relativ

Sogenannte «Ewigkeitschemikalien» weisen Flüssigkeit und Schmutz ab und finden sich in Regenjacken und Pfannen – belasten aber das Wasser. Ein Zürcher Startup hat für das Problem nun eine Lösung. Von Markus Wanzeck

Ein Gewerbegebiet in Schlieren, zwei Tramstationen vor den Toren Zürichs. Ein kleines Labor in einem gesichtslosen Gebäude. Ein paar schwarze Pellets, klein wie Lakritz-Dragees, purzeln in einen Plastikkolben, Luftbläschen lassen sie im Wasser tanzen, es blubbert und klackert ein bisschen, sonst passiert: nichts. So unscheinbar können Innovationssprünge daher kommen.

In den kleinen Pellets steckt grosses Potenzial. Sie können entscheidend dazu beitragen, ein Umwelt- und Gesundheitsproblem von globalem Ausmass in den Griff zu bekommen – die Verschmutzung von Böden, Nahrungsmitteln und Trinkwasser durch Chemikalien. «Die Pellets sind unsere Technologie», sagt Antoine Brison. Der 32-Jährige ist Verfahrenstechnik-Ingenieur bei Oxyle, einem 2020 gegründeten ETH-Spin-off für Wasserreinigung, das seitdem eine bemerkenswerte Menge an Auszeichnungen und Risikokapital eingehemst hat.

In den blubbernden Kolben des Oxyle-Labors testen Brison und sein Team, wie die «Technologie» sich verbessern lässt und wie zuverlässig sie über längere Zeiträume – manche Versuche dau-

ern Wochen – funktioniert. Die Pellets sind Samples patentierter Katalysatoren, die kleinste Schadstoffe im Wasser zerstören und damit unschädlich machen – und zwar solche, die als nahezu unzerstörbar galten.

Auch wenn die Schadstoffkonzentrationen im Labor sehr gering sind, trägt Brison Gummihandschuhe, wenn er mit den Flüssigkeiten hantiert. «Die Substanzen sind extrem langlebig», sagt er. «Wenn sie einmal im Körper sind, dann bleiben sie da auch. Und reichern sich über die Jahre an.»

## Extrem potent

Die Substanzen, denen Oxyle den Kampf angesagt hat, nennen sich PFAS, das steht für «per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen». Die Industrie hat Tausende Varianten davon entwickelt, die ganz verschiedene Funktionen erfüllen: PFAS helfen der Outdoorjacke, bei Regen dicht zu halten. Sie sorgen dafür, dass die Teflonpfanne nichts anbrennen lässt, und dafür, dass Löschschaum Brände beendet. Ohne PFAS-Beschichtung wür-

## Der Katalysator spaltet PFAS auf und zerlegt sie in unbedenkliche Mineralien – direkt im Wasser.

de der Kaffee durch den Pappbecher sickern. Flüssigkeit und Schmutz abweisende PFAS machen unseren Alltag bequemer. Doch wenn sie die ihnen zugeordnete Funktion erfüllt haben, werden sie von der Lösung zum Problem. Denn PFAS sind Kunststoffe, die in der Natur nicht vorkommen und auf natürlichem Weg so gut wie nicht abbaubar sind. Das hat ihnen den Spitznamen «Ewigkeitschemikalien» eingebracht.

«PFAS reichern sich mehr und mehr in der Umwelt an – so lange, bis sie bestimmte Grenzwerte überschreiten und zur Gefahr werden», sagt Zhanyun Wang von der Gruppe für Umweltrisikobewertung und -management an der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa). In vielen Fällen, so Wang, sei das bereits passiert. «In vielen Regionen der Welt ist selbst Regenwasser schon so PFAS-haltig, dass man es nicht mehr bedenkenlos trinken kann.» Im Kanton St. Gallen sorgten mit PFAS belastete Weiden kürzlich für ein Verkaufsverbot für Fleisch.

Da es so viele verschiedene Ewigkeitschemikalien gibt, lässt sich über ihre Giftigkeit nichts Generelles sagen. Von manchen PFAS weiss man, dass sie zu erhöhten Cholesterinwerten führen, andere beeinträchtigen das Immunsystem oder vermindern die Wirkung von Impfungen – auch bei Babys, die PFAS über die Muttermilch aufnehmen. «Nicht alle sind gleich toxisch», so Wang. «Aber Studien legen nahe, dass alle PFAS einen gewissen Grad an Giftigkeit oder Potenzial zur Schädigung der Umwelt aufweisen.»

Mit Oxyle wächst nun ein Startup heran, das für die Lösung, die zum Problem geworden ist, eine Lösung gefunden hat. Denn bis jetzt gebräuchliche Anti-PFAS-Methoden verlagern das Problem nur: Man versucht, die Ewigkeitschemikalien per Aktivkohle oder Filtration aus dem Boden oder dem Wasser herauszubekommen – hat im Erfolgsfall aber hochkonzentrierten Giftmüll, der deponiert oder verbrannt werden muss. Beides ist aufwendig, teuer und birgt die Gefahr, dass die extrem langlebigen Chemikalien zurück in den Wasserkreislauf gelangen.

Oxyle hat nun einen Katalysator entwickelt, der PFAS aufspaltet und in unbedenkliche Mineralien zerlegt – direkt im Wasser, ohne energieintensiven Umweg über Verbrennungsöfen. Auch kurzkettige PFAS, die als besonders widerspenstig gelten, werden durch den Katalysator zerstört. «Aus ewig wird endlich», sagt Fajer Mushtaq, die Chefin und Mitgründerin von Oxyle.

Ausgangspunkt war Mushtaq's Doktorarbeit an der ETH Zürich. «Mein Professor stellte mir das Thema der Arbeit frei», erzählt die 33-Jährige, die schon ihren Masterabschluss an der ETH zum Thema Mikro- und Nanosysteme machte. «Er sagte lediglich: Widme dich einem Thema, das dir wirklich etwas bedeutet.» Diese Freiheit nutzte sie, um sich einen Kindheitstraum zu erfüllen: verschmutztes Wasser zu reinigen.

Mushtaq wurde im indischen Teil von Kaschmir geboren, jener Region im Himalaja, die reich an politischen Konflikten, aber auch an intakter Natur ist. Ihre Familie zog, als sie noch ein Kind war, nach Delhi. Der Mangel an Trinkwasser in der Metropole prägte sie: «Auf einmal begriff ich, dass sauberes Wasser nicht selbstverständlich ist. Es ist etwas Kostbares, das wir schützen müssen.»

Ein Nebenprodukt von Mushtaq's Doktorarbeit war das Patent für einen neuartigen Nano-Katalysator – das Herzstück von Oxyle. Die Firma gründete sie im Mai 2020 zusammen mit Silvan Staufert, der für seine Dissertation in einem benachbarten ETH-Labor forschte. Noch im ersten Jahr erhielt das Startup mehr als 2 Millionen Euro aus einem Innovationsförderprogramm der EU. Inzwischen hat Oxyle etwa 12 Millionen Franken an Fördergeldern und Risikokapital eingesammelt und wurde mehrfach ausgezeichnet, jüngst mit dem Swiss Technology Award 2024 in der Kategorie Startups.

## Seit Oktober im Einsatz

Dass so viele Menschen grosse Hoffnungen in eine so junge, kleine Firma setzen – Oxyle zählt erst gut zwei Dutzend Mitarbeitende aus fast ebenso vielen Nationen –, wundert das Gründerteam nicht. «Was wir anbieten können, verändert die Spielregeln der Branche», sagt Mushtaq selbstbewusst. Denn Oxyle kann PFAS nicht nur an Ort und Stelle zuverlässig zerstören. Das Verfahren ist 15-mal energieeffizienter – und damit weit kosteneffizienter als bisherige Technologien.

Der Schlüssel dafür ist der Katalysator, der aus nanoporösem Material besteht und damit über eine riesige Oberfläche verfügt, an der die PFAS andocken. Aktiviert wird er allein durch die Turbulenzen des Wassers – und zersetzt die Problemchemikalien dann in unproblematische Nebenprodukte wie Fluorid- und Sulfat-Ionen sowie Kohlendioxid. «Einen Kubikmeter mit PFAS-verunreinigtem Wasser in einer gängigen Verbrennungsanlage zu entsorgen, kostet Tausende Franken», sagt Silvan Staufert, Oxyles technischer Direktor. «Mit unserer Technologie hingegen bewegen wir uns in der Grössenordnung von ein paar Franken.»

Ein zweiter Game-Changer, mit dem Oxyle punkten kann, geht auf Staufert's Forschungsarbeit an der ETH zurück: ein Analysegerät, das es ermöglicht, den Fortschritt bei der PFAS-Reinigung fast in Echtzeit zu messen. Ein deutlicher Zeitvorteil gegenüber dem bisher üblichen Verfahren, Proben zu nehmen und an ein Labor zu senden – Ergebnisse liegen dann erst Tage oder Wochen später vor.

Nachdem Oxyle in den vergangenen Jahren im Labor unter Beweis gestellt hatte, dass seine Anti-PFAS-Technologie funktioniert, ging vor ein paar Wochen die erste Grossanlage in Betrieb: in einem Schweizer Chemiepark, wo bei Brandschutzübungen eingesetzter PFAS-haltiger Feuerlöschschaum das Grundwasser verunreinigt hat. Seit Ende Oktober verrichtet in einem rund sieben Meter langen Container ein Oxyle-Katalysator seinen Dienst und reinigt bis zu zehn Kubikmeter kontaminiertes Wasser pro Stunde. Auch Grössenordnungen von 100 oder 200 Kubikmetern pro Stunde sind damit schon jetzt in Reichweite, indem 10 oder 20 dieser Module kombiniert werden.

«Ein Meilenstein», sagt Fajer Mushtaq: Ihre Idee funktioniert auch im industriellen Massstab. Was sie mit ihrer Doktorarbeit angestossen hat, wird immer weniger unscheinbar.



In winzigen Pellets steckt grosses Potenzial: Sie zerstören kleinste Schadstoffe im Wasser.

ISABELLA FINHOLDT