



Das grosse Aufräumen

Umwelt Abfall findet sich von der Tiefsee bis in den Orbit. Mit innovativen Ansätzen soll unser toxisches Erbe nun eingesammelt werden. Forscherinnen und Forscher der **EPFL** sind beim planetarischen Grossputz ganz vorne mit dabei.

SUSANNE WEDLICH

Der Countdown läuft: Im Jahr 2026 soll eine bislang einzigartige Weltraummission starten und möglichst Schule machen. Läuft alles wie geplant, wird der Satellit ClearSpace-1 in den Orbit geschickt und dort mit vier Greifarmen kräftig zupacken – als überdimensionaler Müllsammelr. Seine erste Aufgabe wird sein, einen Überrest der ESA-Rakete Vega einzufangen.

Abfälle im All sind eine stete Gefahr. Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) schätzt, dass es derzeit etwa 34000 Trümmer im Weltraum gibt, die mehr als 10 Zentimeter messen. Zählt man auch die kleinsten Schrotteile hinzu, kommen sogar mehr als 150 Millionen Fragmente zusammen. Diese Objekte umkreisen die Erde mit einer Geschwindigkeit von 28000 Stundenkilometern und verwandeln sich in wahre Geschosse, die eine Bedrohung für Raumstationen, Satelliten und Astronauten darstellen.

Die ESA hat das Problem erkannt und der menschengemachten Müllwolke im Weltraum den Kampf angesagt. Der Zuschlag für das erste ausgeschriebene Projekt dieser Art ging an ein internationales Konsortium unter der Leitung von ClearSpace, einem Startup der **EPFL**. Eine der grossen Herausforderungen der Mission ist die Technik. Der von ClearSpace entwickelte Jäger muss das jeweilige Zielobjekt mit Hilfe von Sensoren orten, präzise ansteuern und sich so weit nähern, dass die Greifarme das Trümmerteil oder den ausgedienten Satelliten einfangen können, ohne jedoch mit ihm zu kollidieren. Zum Einsatz kommen dabei auch Verfahren, die auf künstlicher Intelligenz beruhen.



Materialforschung im Labor: EPFL-Professorin Wendy Lee Queen.

EPFL

Dramatische Folgen

Nicht nur im Weltraum, sondern auch auf der Erde ist die **EPFL** beim grossen Aufräumen ganz vorne mit dabei. Die Aufgabe, vor der die Forscherteams aus unterschiedlichsten Disziplinen weltweit stehen, ist gewaltig. Wir leben im Anthropozän, dem Zeitalter, in dem der Mensch die Erde von Grund auf und unwiderruflich umgestaltet. Die dramatischen Folgen bedingen und verschärfen einander, darunter die Erderwärmung, das rasante Artensterben und der Müll, der vom Marianengraben in der Tiefsee über den Mount Everest bis in den Weltraum zu finden ist. Dieses toxische Erbe vergiftet unsere Böden, fliesst in die Flüsse und sickert ins Grundwasser. Es gelangt in die Ozeane und stellt eine Bedrohung für eine Vielzahl von Mee-

ressäuern und Ökosystemen dar. Bei der Verrottung von Müll in Deponien entsteht Methan, das schätzungsweise mehr als fünf Prozent der weltweiten Treibhausgasemissionen pro Jahr ausmacht und in den nächsten Jahrzehnten um eine Milliarde Tonnen CO₂-Äquivalent ansteigen dürfte.

Giftige Fluten

Dazu ein paar Zahlen: Pro Jahr entstehen weltweit mehr als zwei Milliarden Tonnen fester Abfall, wobei dieser Müllberg nach Schätzungen in weniger als drei Jahrzehnten auf 3,4 Milliarden Tonnen anwachsen könnte. Diesem Problem und auch den Abfalllasten können wir nur mit angepasstem Verhalten und neuer Technologie begegnen. Jeder von uns kann zum planetaren Grossputz beitragen, den eigenen Konsum dros-



seln und der in westlichen Ländern verbreiteten Wegwerfmentalität widerstehen. Das bedeutet ganz konkret, Alltagsgegenstände nicht vorschnell auszurangieren und durch immer neue Modelle zu ersetzen.

Ausrangierte Elektrogeräte zum Beispiel sind kein Müll, sondern enthalten wertvolle Edelmetalle. In jedem Smartphone zum Beispiel schlummert ein wahrer Schatz aus Gold, Silber, Kupfer, Aluminium, Nickel und Seltenen Erden. Trotzdem landen Schätzungen zufolge pro Jahr Goldmengen im Wert von mehr als zehn Milliarden Euro auf dem Abfallhaufen – eine unglaubliche Verschwendung. Ein EPFL-Projekt unter der Leitung von Professorin Wendy Lee Queen will das ändern. Ihr Team hat ein extrem poriges, durchlässiges Nanomaterial entwickelt, das «spezifische Moleküle aus flüssigen Mischungen extrahieren kann», erklärt Queen. «Es kann je nach Zusammensetzung Gold und andere wertvolle Metalle, aber auch Kohlendioxid, hochselektiv herausfiltrieren.»

«Der Genfersee enthält, anteilig gerechnet, in etwa so viel Mikroplastik wie die Ozeane.»

Schwerpunkt Nahrungsmittel

Noch eine andere wertvolle Ressource landet allzu oft in der Mülltonne: Nahrung. Nach Schätzungen werden mehr als 900 Milliarden Tonnen an Essbarem pro Jahr weggeworfen, vor allem in privaten Haushalten. Das entspricht fast einem Fünftel der weltweit produzierten Lebensmittel. Oft ist die Ware noch einwandfrei, aber ihr Verfallsdatum abgelaufen. Ein EPFL-Team im Bereich Nanobiotechnologie unter der Leitung von Professor Ardemis Boghossian hat deshalb neuartige Sensoren entwickelt, die die Frische von Lebensmitteln in Echtzeit überwachen.

Wer innovative Lösungen für komplexe Umweltprobleme entwickeln will,

muss früh anfangen. Deshalb bietet die EPFL Kurse zu «Global Issues» mit Themenbereichen wie Nahrung, Energie, Klima und Transport, die für Bachelor-Studenten sogar vorgeschrieben sind, an. Das zahlt sich aus, wie ein junges EPFL-Team im Rahmen eines internationalen Wettbewerbs kürzlich unter Beweis stellte.

Dazu muss man wissen: In Weinbergen, aber auch in Teeplantagen werden oft Fungizide versprüht, um die Pflanzen vor Pilzinfektionen zu schützen. Darin ist Kupfer enthalten, das in den Boden sickern und dort Jungpflanzen schädigen kann. Das Team entwickelte nun aber unter der Leitung des EPFL-Neurowissenschaftlers Brian McCabe ein auf Hefe basierendes System namens CuRe, das überschüssiges Kupfer aus dem Boden entfernen kann.

Gefährliche Partikel im Wasser

Ebenso engagiert war eine Segelexpedition auf dem Mittelmeer, organisiert von der Non-Profit-Organisation SEA Plastics. Fünf junge Wissenschaftlerinnen waren dabei, darunter eine EPFL-Studentin als wissenschaftliche Leiterin. Ein reines Vergnügen war die Forschungsreise nicht, schliesslich mussten in einem engen Zeitplan Wasserproben genommen werden, um später auch an Land den Gehalt und die Varianten von Mikroplastik darin auszuwerten. Eine entscheidende Frage ist, wie sich die gefährlichen, meist kaum sichtbaren Partikel ausbreiten und wie sie mit ihrer Umwelt interagieren.

Neben Mikroplastik kommen auch Schwermetalle, Arzneimittel, Pestizide und krank machende Mikroben in unseren Gewässern vor. «Ich will nicht sagen, dass alle Mikroverunreinigungen im Wasser vom Menschen stammen», sagt Professor Florian Breider, Leiter des Zentralen Umweltlabors der EPFL, das den Mittelmeertrip wissenschaftlich unterstützte. «Aber 99,99 Prozent sind es schon.»

Sie alle können schaden, ob nun eine Chemikalie direkt toxisch wirkt, ein Vi-

rus Infektionen auslöst oder ein medizinischer Wirkstoff den Hormonhaushalt von Tieren stört. Die Probleme beginnen gleich vor unserer Haustür: «Unsere Forschung hat gezeigt», so Breider, «dass der Genfersee, anteilig gerechnet, in etwa so viel Mikroplastik enthält wie die Ozeane.»

CO₂ unterirdisch lagern

Auch zukünftig wird sich der Einsatz von Kunststoff nicht ganz vermeiden lassen, vielleicht gelingt es aber, das Allzweckmaterial besser wiederzuverwerten. Der Haken an der Sache: Im Abfall sind die verschiedenen Kunststoffarten gemischt – bisher eine Herausforderung für das PET-Recycling. Das EPFL-Spinoff DePoly hat deshalb ein umweltfreundliches Verfahren entwickelt, der selektiv PET-Plastik zerlegt und recycelt, selbst wenn es mit anderen Kunststoffen gemischt ist. Ein wichtiger Schritt in Richtung einer fast müllfreien Kreislaufwirtschaft. Das würde Ressourcen und Energie sparen, also das Klima schonen. Nach Angaben von DePoly bedeutet jede Tonne recycelten Kunststoffes nicht nur weniger Kunststoffverschmutzung auf Deponien und in den Ozeanen, sondern es spart auch eine Energiemenge ein, die dem Jahresstromverbrauch von vier europäischen Haushalten, 18 Barrel verbranntem Öl oder zehn Passagieren auf einem Flug von London nach New York entspricht.

Der Umwelt wäre auch sehr geholfen, wenn es gelänge, bereits emittiertes Kohlendioxid aus der Atmosphäre herauszufiltern und zu speichern. «Unterirdische Lager gelten weltweit als die beste Lösung», sagt Professor Lyse Laloui, der an der EPFL das Labor für Bodenmechanik leitet. «Wir arbeiten an einem Ansatz, der das Volumen von Kohlendioxid um das 500-Fache reduziert. Und das ist auch nötig: Wir müssten jedes Jahr Millionen Tonnen einlagern.»



Mit seinen Greifarmen soll ClearSpace-1 defekte Satelliten und grössere Trümmerteile einsammeln und aus der Erdumlaufbahn entfernen.

CLEARSPACE