

IMPACT ^{zh}_{aw}

Nº 66 | JUNI 2025

Zürcher Hochschule für Angewandte Sprachen



DOSSIER

Material im Fokus

Alexandra Amacher
Catherina Spitzer
Benyamin Brack

Felix Jauch
Manuel Geier

MIKRO- UND NANOPLASTIK IN UMWELT UND ORGANISMUS

3D-Druck als industrielle Revolution?

Der Architekturstudent war schon lange auf der Suche nach einer geeigneten Abdeckung für seine Kabel und nach einer Alternative, um nicht so viel für seine Modelle selbst herstellen zu müssen.

Er probierte verschiedene Möglichkeiten und Materialien aus, aber nichts davon konnte ihn ganz zufriedenstellen. «Dann mache ich mir die Abdeckung eben selbst», dachte er sich und kaufte sich kurzerhand einen 3D-Drucker. Mittlerweile gibt es günstige Modelle schon ab rund 150 Schweizer Franken. Mit etwas Geschick fand er im Internet Vorlagen, die er nach seinen Wünschen anpassen konnte und heute kreierte er mit Leichtigkeit kleine Alltagshelfer und Objekte für seine Modelle.

ALEXANDRA AMACHER

Wie wurde der 3D-Druck erfunden?

Wie es bei Erfindungen üblich ist, gibt es nicht den einen wahren Erfinder des 3D-Drucks, und es bedurfte mehrerer Ideen, um diese bahnbrechende Technologie zu entwickeln. Als Haupterfinder gelten jedoch Charles Hull und Scott Crump.

Die Geschichte des 3D-Drucks ist noch jung, aber älter als die des ersten Mobiltelefons. Sie begann nämlich in den 1980er Jahren. Damals wurden erstmals Verfahren entwickelt, um Prototypen am Computer herzustellen. 1986 wurde das Verfahren der *Stereolithographie (SLA)* erstmals eingesetzt. Dabei wird flüssiges Harz mit Hilfe von ultraviolettem Licht schichtweise ausgehärtet. So konnten dreidimensionale Objekte hergestellt werden.

Dieses Verfahren war ein Meilenstein in der Entwicklung des 3D-Drucks. Es ermöglichte die Herstellung eines Modells direkt aus einer digitalen Datei.

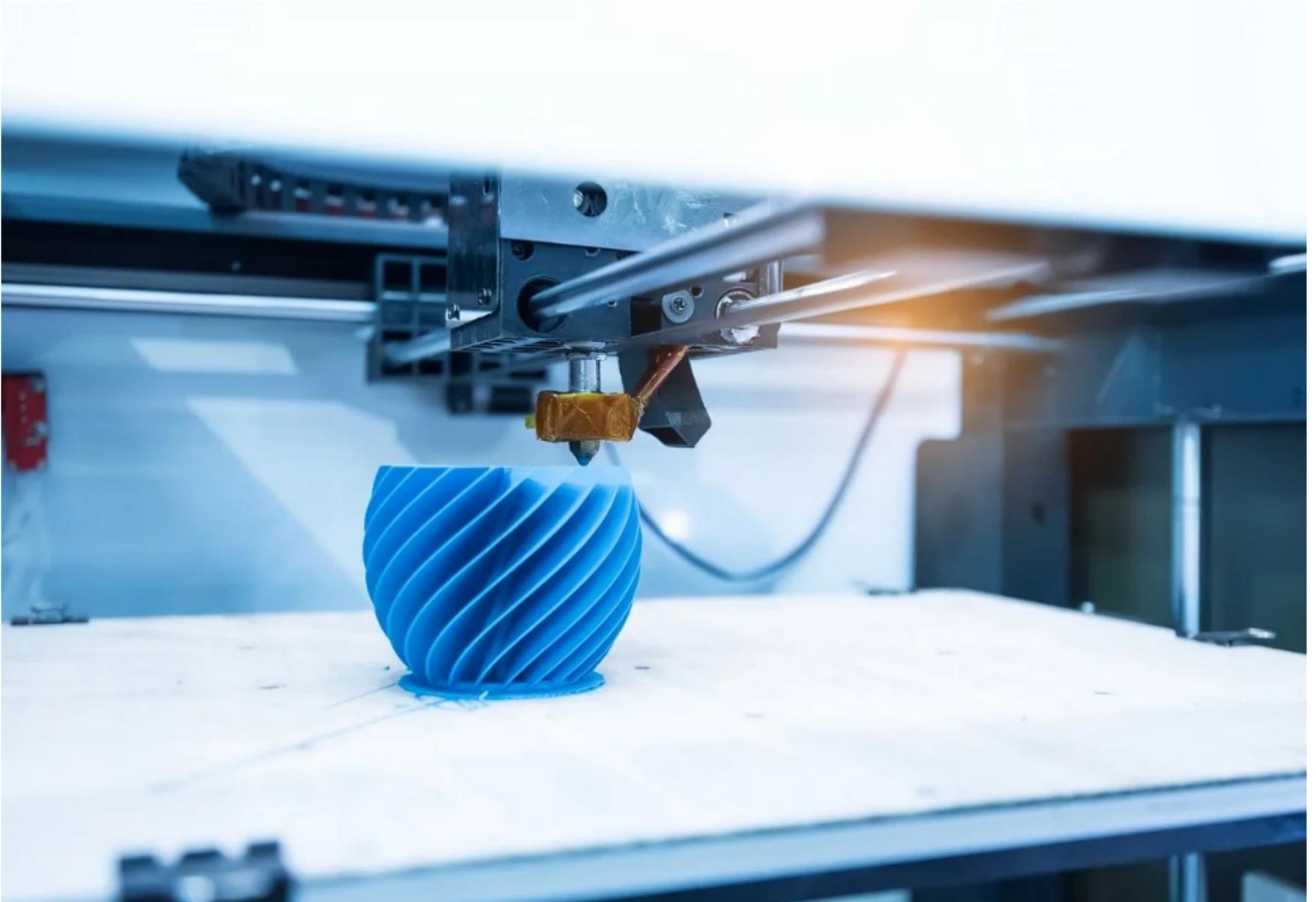
In den folgenden Jahren wurden weitere Verfahren entwickelt, die den 3D-Druck einfacher und vielseitiger machten. Im Jahr 1988 wurde ein 3D-Druckverfahren entwickelt, bei dem Kunststoff schichtweise aufgetragen wird, um ein Objekt zu erzeugen. Dieses Verfahren, welches *Fused Deposition Modeling (FDM)* genannt wird, ist auch heute noch die Grundlage vieler preiswerter 3D-Drucker.

Wie funktioniert der 3D-Druck?

Der 3D-Druck, auch *additive Fertigung* genannt, ist ein Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte, bei dem Material Schicht für Schicht

aufgetragen wird, um das gewünschte Objekt zu erzeugen. Im Gegensatz zu herkömmlichen Fertigungsmethoden, bei denen Material entfernt wird (z. B. durch Fräsen oder Schneiden), wird beim 3D-Druck Material hinzugefügt, wodurch weniger Abfall entsteht und komplexere Objekte hergestellt werden können.

Zunächst wird ein 3D-Modell des gewünschten Objektes erstellt und in ein spezielles Format (STL oder OBJ) umgewandelt. Im diesem neuen Format wird das Modell im sogenannten *Slicing* in horizontale Schichten (Layer) unterteilt. Für jede Schicht wird eine Datei erstellt, die dem Drucker mitteilt, wie er das Material schichtweise auftragen soll. Diese Informationen werden in G-Code umgewandelt, den der 3D-Drucker versteht. Dieser liest den G-Code und startet den Druckvorgang.



Ein Objekt wird mit dem FDM-Verfahren gedruckt.

Plastikmüll und die daraus resultierende Kontamination von Fauna, Flora und, nicht zuletzt, des menschlichen Organismus, hat sich zu einer Krise globalen Ausmasses entwickelt.

Es gibt verschiedene Drucktechnologien: Fused Deposition Modeling, Selektives Lasersintern, Stereolithographie und Material Jetting. Bei den ersten beiden Verfahren wird Kunststoff verwendet. Deswegen werden jene Verfahren genauer beschrieben.

FDM (Fused Deposition Modeling):

Dies ist das gebräuchlichste Verfahren, insbesondere bei preisgünstigeren 3D-Druckern. Ein Kunststofffilament (z. B. PLA) wird erhitzt, bis es schmilzt, und durch eine Düse Schicht für Schicht auf die zu druckende Oberfläche aufgetragen. Dabei schmilzt und haftet jede Schicht auf der vorhergehenden, bis das gesamte Objekt vollständig ist. Manchmal muss das Objekt am Ende noch nachbearbeitet werden.

SLS (Selektives Lasersintern):

Bei diesem Verfahren wird ein pulverförmiges Material (in der Regel Kunststoff oder Metall) durch einen Laser erhitzt und schichtweise gesintert, um das Objekt zu formen. Es handelt sich um ein präzises Verfahren, das häufig in der Industrie und für den 3D-Druck von Metallen eingesetzt wird.

Wo kommt der 3D-Druck zum Einsatz ?

Der 3D-Druck hat heute eine Vielzahl von Anwendungsbereichen, die von der Produktion bis zur Medizin reichen. In der Industrie wird der 3D-Druck vor allem für die Entwicklung von Prototypen und die Produktion massgeschneiderter Bauteile eingesetzt. Unternehmen in der Automobilindustrie beispielsweise nutzen den

3D-Druck, um komplexe Bauteile mit hoher Präzision und Geschwindigkeit herzustellen. In der Luftfahrtindustrie wird der 3D-Druck eingesetzt, um leichte und stabile Bauteile herzustellen, die das Gewicht und die Kosten von Flugzeugen reduzieren.

In der Medizin hat der 3D-Druck das Potenzial, die Behandlung von Patientinnen und Patienten zu revolutionieren. Hier werden 3D-Drucker eingesetzt, um massgeschneiderte Prothesen, Implantate und sogar Organmodelle für die Planung von Operationen herzustellen. Besonders hervorzuheben ist der Einsatz des 3D-Drucks in der Chirurgie, wo der Druck individueller, patientenspezifischer Implantate und Prothesen die Behandlung optimiert. Die Möglichkeit, massgeschneiderte

medizinische Geräte herzustellen, hat die Lebensqualität etlicher Patientinnen und Patienten verbessert.

Der 3D-Druck hat auch das Potenzial, die Bauindustrie zu verändern. Durch den Einsatz von 3D-Druckern in der Architektur können ganze Gebäude oder Bauteile effizienter und kostengünstiger hergestellt werden. In einigen Ländern wurden bereits erste 3D-gedruckte Häuser gebaut. Dies eröffnet die Möglichkeit, den Wohnungsbau zu revolutionieren.

Nachhaltigkeit im 3D-Druck

In puncto Nachhaltigkeit hat der 3D-Druck einiges zu bieten und gilt daher als eine Fertigungsoption der Zukunft. Für die Herstellung der Objekte wird nur so viel Material verwendet, wie benötigt wird. Es entsteht also nur sehr wenig Restmüll, vor allem im Vergleich zur konventionellen Industrie. Die Druckvorlagen werden digital gespeichert und erst dann verwendet, wenn die Nachfrage nach einem Objekt besteht. Mit diesem *Print on demand*-Prinzip können Überproduktionen vermieden und Lagerkosten reduziert werden. Das eingesparte Geld kann dann wiederum für die Wartung der Drucker verwendet werden. In den letzten Jahren sind immer wie mehr nachhaltige und erneuerbare Materialien hinzugekommen, die sich für den 3D-Druck eignen. Derzeit sind dies vor allem Filamente. Das bekannteste und für den 3D-Druck beliebteste ist der Kunststoff PLA (Polymilchsäure), der aus natürlichen Ressourcen wie Maniok, Zuckerrüben, Mais oder Zuckerrohr als Rohstoff hergestellt wird. Unter industriellen Kompostierungsbedingungen ist PLA auch biologisch abbaubar. Auch R-PET (recyceltes PET) eignet sich für den 3D-Druck.

Die derzeitigen Grenzen des 3D-Drucks

Trotz der vielen Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten ist der 3D-Druck nicht frei von Einschränkungen. Eine der grössten Herausforderungen ist die Materialvielfalt. Zwar gibt es mittlerweile eine grosse Auswahl an Materialien, die für den 3D-Druck verwendet werden können, doch die Bandbreite ist bei weitem nicht so gross wie in der traditionellen Fertigung. Viele der verfügbaren Materialien sind noch nicht so robust oder langlebig wie diejenigen, die in herkömmlichen Produktionsprozessen verwendet werden.

Ein weiteres Problem ist die Geschwindigkeit. Obwohl der 3D-Druck schneller geworden ist, dauert das Verfahren im Vergleich zu herkömmlichen Fertigungsmethoden oft länger, insbesondere bei grösseren oder komplexeren Objekten. Dies macht den 3D-Druck weniger geeignet für die Massenproduktion von Produkten mit hoher Nachfrage.

Auch die Kosten für leistungsfähige 3D-Drucker und Materialien können hoch sein, was die Technologie für kleine Unternehmen oder Privatpersonen unerschwinglich macht. Hinzu kommen rechtliche und sicherheitstechnische Bedenken, insbesondere in Bereichen wie der Luftfahrt und der Medizin, wo der Druck sicherheitsrelevanter Bauteile oder Implantate strengen Vorschriften unterliegt.

Während der 3D-Druck in puncto Nachhaltigkeit vielversprechend ist, zeigt sich, dass die Technologie in anderen Bereichen – wie der Materialvielfalt, der Produktionsgeschwindigkeit und den Kosten – noch weiterentwickelt werden muss, um ihr volles Potenzial zu entfalten.

Mikroplastik im Meer

Jährlich gelangen Millionen Tonnen Plastikmüll in die Weltmeere. Ein grosser Teil davon zerfällt in winzige Partikel, das sogenannte Mikroplastik, das für das blosse Auge oft unsichtbar bleibt. Doch die Auswirkungen sind gravierend: *Mikroplastik bedroht nicht nur die Meeresbewohner, sondern könnte auch auf unsere Teller zurückkehren.* In der Schweiz spielt das Thema ebenfalls eine Rolle, da das Land durch seine Flüsse mit dem globalen Wassernetzwerk verbunden ist. Wie entsteht Mikroplastik, welche Folgen hat es für die Umwelt, und was wird dagegen unternommen? *Ein genauer Blick auf diese unsichtbare Gefahr zeigt die Dringlichkeit des Problems.*

BENYAMIN BRACK

Was ist Mikroplastik und woher kommt es?

Mikroplastik entsteht durch zwei verschiedene Arten: Entweder durch den Zerfall grösserer Plastikabfälle, also *sekundäres Mikroplastik*, oder es wird in dieser Form gezielt produziert, was als *primäres Mikroplastik* bezeichnet wird. *Sekundäres Mikroplastik* stammt von Plastikgegenständen wie Tüten, Flaschen und Verpackungen, die durch mechanische Einflüsse, UV-Strahlung und Wellenbewegungen in winzige Partikel zerfallen. Hingegen umfasst winzige Kunststoffpartikel, die in Kosmetikprodukten, Reinigungsmitteln, Farben und sogar in Kleidung verwendet werden. Besonders häufige Quellen von primärem Mikroplastik sind **synthetische Fasern aus Textilien**, die beim Waschen freigesetzt werden, sowie der **Abrieb von Autoreifen**.

Laut dem *Plastikatlas* der Heinrich-Böll-Stiftung machen synthetische Textilfasern und Reifenabrieb einen signifikanten Anteil der globalen **Mikroplastikverschmutzung** aus. Allein durch den Abrieb von Autoreifen gelangen jährlich

Millionen Tonnen Plastikpartikel in die Umwelt, die *über die Kanalisation in Flüsse und Meere gespült werden.*

Transportwege und Verteilung im Meer

Die Verbreitung von Mikroplastik erfolgt vor allem über Flüsse, die das Plastik aus den städtischen Gebieten und der Landwirtschaft in die Ozeane tragen. Eine Studie der Umweltorganisation *Ocean Conservancy* zeigt, dass **etwa 95% des gesamten Plastiks im Meer von zehn Flüssen**, transportiert werden. Diese Flüsse sind vorwiegend in Afrika und Asien. Der *Jangtse* China und der *Ganges* in Indien gehören zu den Hauptquellen dieser Verschmutzung. Diese Flüsse befördern Plastikmüll aus städtischen Ballungsräumen, industriellen Abwässern und landwirtschaftlichen Flächen ins Meer.

Die Situation in Europa ist ebenfalls alarmierend. Untersuchungen an der Donau und am Rhein haben ergeben, dass auch diese Flüsse eine erhebliche Menge an Mikroplastik enthalten. Das zeigt, dass die Verschmutzung nicht nur ein Problem von Entwicklungsländern ist, sondern weltweit auftritt. Der WWF kam 2024 zum Er

gebnis, dass *Mikroplastik aus der Schweiz über den Rhein in die Nordsee* und schliesslich in den Atlantik gelangt.

Senken und „Hotspots“ der Mikroplastikverteilung

Einmal im Meer, verteilt sich Mikroplastik in allen Wasserschichten. Die Partikel treiben auf der Wasseroberfläche, werden von Meeresströmungen in die entlegensten Ecken der Welt transportiert oder sinken bis auf den Meeresgrund ab. Forschungen haben gezeigt, dass der Meeresboden grosse Mengen an Mikroplastikpartikeln beherbergt. Laut einer Studie der australischen Forschungsorganisation *CSIRO* sind **bis zu 14 Millionen Tonnen Plastikpartikel auf dem Meeresgrund** angesammelt. Diese unsichtbare Deponie stellt eine besonders grosse Herausforderung dar, da die Reinigung des Tiefseebodens praktisch unmöglich ist. Obwohl Mikroplastik überall im Meer vorkommt, gibt es bestimmte *Hotspots*, an denen sich besonders grosse Mengen sammeln. Wissenschaftler haben auch in den entle



Alltägliche Strömung am Ciasadana, Indonesien.

Plastikmüll und die daraus resultierende Kontamination von Fauna, Flora und, nicht zuletzt, des menschlichen Organismus, hat sich zu einer Krise globalen Ausmasses entwickelt.

gensten Gegenden der Weltmeere, von der Arktis bis hin zu den tiefsten Tiefseeegräben, Mikroplastik nachgewiesen. Das zeigt, dass die Verschmutzung global und allgegenwärtig ist.

Auswirkungen auf marine Ökosysteme

Die negativen Auswirkungen von Mikroplastik auf die marine Umwelt sind vielfältig. Viele Meerestiere, von winzigen Planktonorganismen bis hin zu grossen Walen, verwechseln Plastikpartikel mit Nahrung und nehmen sie auf. Dies kann zu *Verdauungsproblemen, inneren Verletzungen, Giftstoffanreicherungen und sogar zum Tod* führen. Untersuchungen zeigen, dass Mikroplastik nicht nur physische Blockaden im Verdauungstrakt verursacht, sondern auch die Energieaufnahme und das Wachstum der Tiere beeinträchtigen kann. Dies wirkt sich negativ auf die gesamte

Nahrungsnetzstruktur aus und **bedroht die Biodiversität der Meeresökosysteme.**

Ein weiteres Problem ist die *chemische Belastung*: Mikroplastik fungiert als **Träger toxischer Substanzen**. Schadstoffe wie Pestizide, Schwermetalle und Industriechemikalien haften an den Plastikpartikeln. Diese Chemikalien werden dann von Meerestieren aufgenommen, die Plastik verschlucken und reichern sich in den Geweben der Tiere an. Solche toxischen Substanzen können über die Nahrungskette an grössere Tiere und letztendlich auch an den Menschen weitergegeben werden.

Gesundheitsrisiken für den Menschen

Die Belastung durch Mikroplastik betrifft nicht nur das marine Leben, sondern stellt auch eine potenzielle Gefahr für die menschliche Gesundheit dar. Plastikpartikel wurden bereits in Trinkwasser, Meersalz, Fisch und sogar in der Luft nachgewiesen.

Noch ist unklar, welche langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen dies hat. Es gibt jedoch Hinweise darauf, dass Mikroplastik Entzündungsreaktionen hervorrufen und möglicherweise das menschliche Immunsystem beeinträchtigen kann.

Forschung und Wissenslücken

Trotz zahlreicher Studien gibt es immer noch erhebliche Wissenslücken im Bereich Mikroplastik. Der Bericht „Mikroplastik in der aquatischen Umwelt“ betont, dass wir noch viel zu wenig über die Verteilung, die Zirkulation und die langfristigen Auswirkungen dieser Partikel wissen. *Besonders Langzeitstudien fehlen* weitgehend, die die Effekte auf ganze Ökosysteme und auf die menschliche Gesundheit erfassen. Zudem *erfordert dringend weitere Forschung die Interaktion von Mikroplastik mit anderen Umweltgiften*, wie Pestiziden und Schwermetallen.

Lösungsansätze

Die Lösung des Mikroplastikproblems beansprucht einen umfassenden Ansatz, der sowohl politische als auch technologische Massnahmen umfasst. Auf internationaler Ebene haben sich **Vertreter im Jahr 2024** aus über 170 Ländern bei einer UN-Klimakonferenz in Busan getroffen, um über ein globales Plastikabkommen zu verhandeln. Ziel ist es, den Plastikverbrauch weltweit zu reduzieren, die Entsorgung besser zu regulieren und die Entwicklung umweltfreundlicher Alternativen zu fördern.

Umgesetzte Lösungsansätze zur Bekämpfung des Mikroplastiks, wie das Projekt *The Ocean Cleanup*, gibt es schon. Dieses Projekt verspricht, Plastik aus den Ozeanen zu entfernen. Trotz einiger Fortschritte wird es *aufgrund technischer Probleme und begrenzter Wirkung hinterfragt*. Kritiker argumentieren, dass das System nur einen kleinen Teil des Mülls erreicht und bessere Alternativen wie die Vermeidung von Plastikmüll und effektive Flussreinigungen existieren.

Es gibt weitere umgesetzte Lösungsansätze gegen Mikroplastik in Gewässern, die kritisiert werden. Eines davon sind *Filteranlagen* in den Ozeanen, die nur kleine Bereiche abdecken und auch *Meeresorganismen schädigen können*. Ein weiteres sind *Plastikaufsammlerboote*, welche *nur sichtbaren Müll erfassen*, da Mikroplastik zu klein ist und deshalb nicht effektiv entfernt wird. Desweiteren ist der *Einsatz von Chemikalien zur Zersetzung* kritisiert, da diese Methoden *schädliche Nebenprodukte* freisetzen und schwer zu kontrollieren sind.

Zukunft

Das Problem von Plastik und Mikroplastik im Meer ist längst bekannt: Bereits 1972 berichteten Carpenter und Smith über Mikroplastik in den Meeren. Diverse internationale Abkommen, wie die Londoner Konvention (1972), das Basler Übereinkommen (1989) oder die Honolulu-Strategie (2011), haben erste Schritte zur Bekämpfung der Meeresverschmutzung unternommen. *Doch solche Abkommen bleiben oft unverbindlich und daher wirkungslos.*

Um die Plastikverschmutzung nachhaltig zu reduzieren, sind klare und international verbindliche Regelungen erforderlich, die durchgesetzt werden müssen. Gesetzliche Rahmenbedingungen, die den Einsatz von Plastik stark einschränken und Recycling fördern, sind unverzichtbar. Technologische Innovationen allein reichen nicht aus. Nur eine Kombination aus politischem Willen und strengeren Gesetzen kann einem veränderten Konsumverhalten sowie eine langfristige Verbesserung für unsere Umwelt bewirken.

MIKRO- UND NANOPLASTIK IN UMWELT UND ORGANISMUS

Kleine Partikel, grosse Wirkung

Kunststoffe haben das moderne Leben in vielen Bereichen revolutioniert und sind aus unserem Alltag kaum mehr wegzudenken. Von Laptop und Smartphone, über Sneaker, Freizeitbekleidung und Sportequipment, bis zu Küchenutensilien, Werkzeugen und Verpackungen jeglicher Art: Kunststoff ist allgegenwärtig. Was Plastik so attraktiv für Industrie und Konsumenten macht sind seine Vielseitigkeit, Robustheit und die vergleichsweise tiefen Herstellungskosten. All diese Faktoren haben dazu beigetragen, dass die Produktions- und Verbrauchsvolumina im 21. Jahrhundert explosionsartig angestiegen sind; und mit ihnen die Abfallberge. Plastikmüll und die daraus resultierende Kontamination von Fauna, Flora und, nicht zuletzt, des menschlichen Organismus, hat sich zu einer Krise globalen Ausmasses entwickelt.

MANUEL GEIER

Besonders besorgniserregend sind dabei die gigantischen Mengen an Mikro- und Nanoplastikpartikeln (MNP). Diese winzigen Kunststofffragmente, die durch Zersetzung grösserer Plastikstücke (*sog. Makroplastik*), durch Reifenabrieb, als Inhaltsstoff von Kosmetika, oder durch das Waschen von synthetischen Materialien freigesetzt werden, sind längst kein Problem mehr, welches "nur" marine Ökosysteme betrifft; MNP dringen auch ins terrestrische System und damit in Böden, Grundwasser und die Luft ein und gelangen so unweigerlich in die Nahrungskette. Bei Zersetzung und Abrieb spricht man von *sekundärem*-, bei Kosmetika und synthetischen Stoffen von *primärem Mikroplastik*.

Wege in den menschlichen Organismus

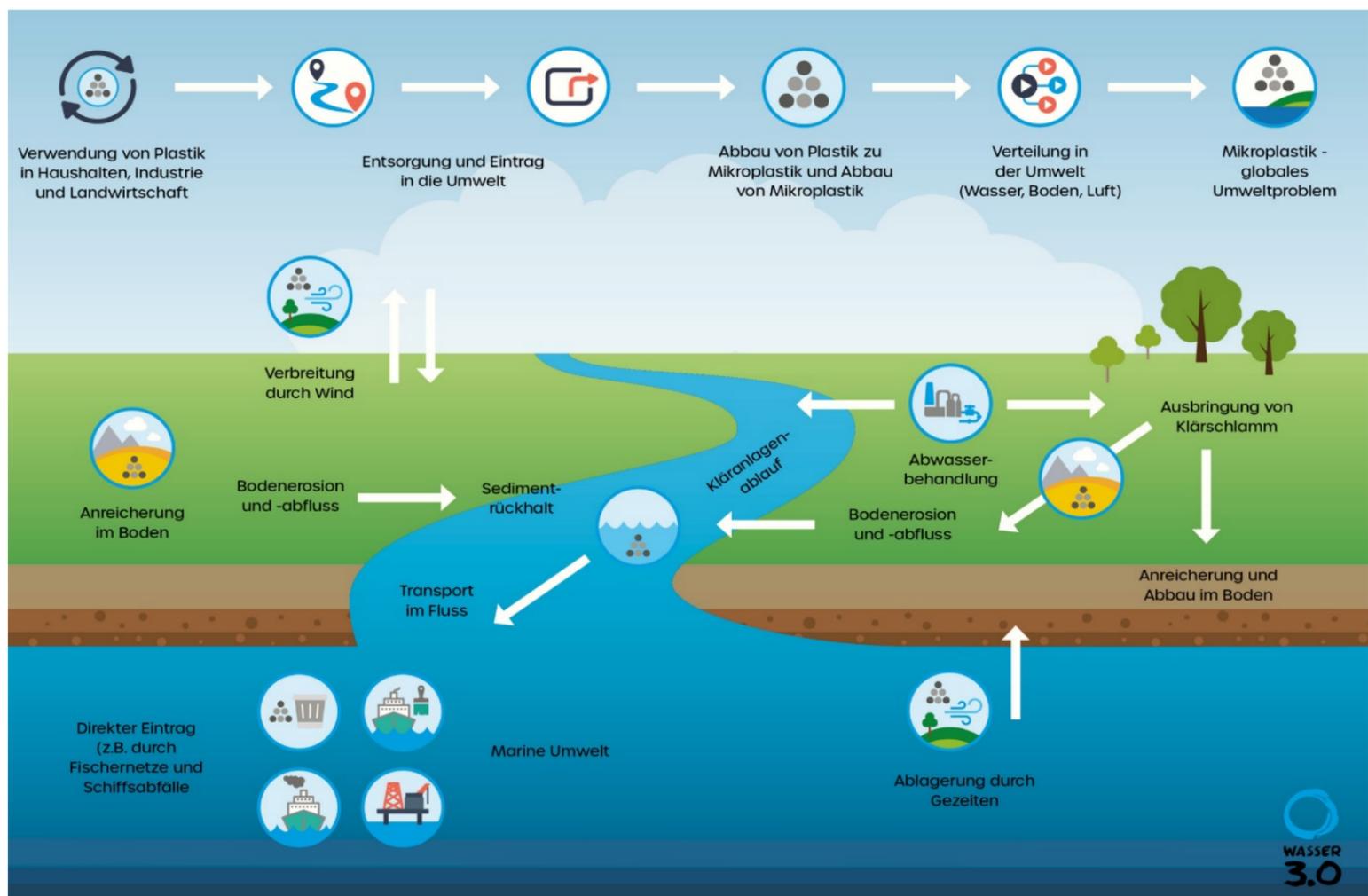
Aufnahme durch Nahrung und Wasser

Mikroplastik ist zu einem omnipräsenten Schadstoff in sämtlichen Ökosystemen unseres Planeten geworden und hat sich als fixer Bestandteil der Nahrungskette etabliert. on MNP-Kontamination besonders betroffen sind Meeresorganismen wie Zooplankton, Muscheln und Garnelen, die Partikel aus verschmutzten Gewässern filtern und aufnehmen.

Diese Kleinstlebewesen und Krustentiere bilden einen essenziellen Teil des aquatischen Ökosystems und dienen ihrerseits einer Vielzahl von Meeresorganismen als Existenzgrundlage. Und ganz am Ende dieser Nahrungskette steht, bekanntermassen, der Mensch. Lässt sich das Problem auf individueller Ebene, also mit einem Verzicht auf den Konsum von Meeresfrüchten und Fisch lösen? – Die Antwort lautet nein; denn auch unser Trinkwasser enthält Kunststoffpartikel. Wie aus mehreren Studien zweifelsfrei hervorgeht, sind weltweit mittlerweile 83 % aller Leitungswasserproben mit Mikroplastik kontaminiert. Wer nun denkt, mit einem Umstieg auf sogenanntes *Bottled Water*, welches nicht nur deutlich teurer ist, sondern durch die globalen Transportwege auch viel höhere Co2-Emissionen verursacht, dem Problem aus dem Weg zu gehen, liegt erneut falsch.



Percentage of drinking water contaminated with microplastic fibres. (ORB Media)



Eintragswege und Aufnahmepunkte von Mikroplastik in terrestrische und aquatische Umgebungen.

Denn sowohl PET-Behälter als auch Mehrweg- Glasflaschen sind überdurchschnittlich kontaminiert und tragen damit zur Belastung bei. Aber auch Grundnahrungsmittel wie Salz und Honig weisen Rückstände auf: In Meersalzproben aus über dreissig Ländern wurden bis zu 600 Kunststoffpartikel (z.B. *Polyethylen (PE)*) pro Kilogramm gefunden.

Inhalation durch die Luft

Neben der Nahrung spielt die Luft eine zentrale Rolle bei der Aufnahme von MNP. Allein durch Reifenabrieb gelangen jährlich etwa 1,3 Millionen Tonnen Mikro- und Nanopartikel in die Umwelt. Diese vermischen sich mit Staub, werden durch Luftzirkulation aufgewirbelt und schliesslich eingeatmet. Textilien aus synthetischen Materialien wie *Polyester* oder *Nylon*, welche primär bei der Herstellung moderner Sport- und Lifestyle-Bekleidung verwendet werden, tragen ebenfalls zur Belastung bei, da sie bei jedem Waschvorgang Mikrofasern freisetzen, die durch Verdunstung in die Luft und schliesslich in unsere Lungen gelangen. Eingeatmetes Mikroplastik kann durch *mukoziliäre Clearance* (i.e. der Selbstreinigungsmechanismus der Bronchien, bei dem Schleim und andere Materialien aus den Atemwegen durch die Zilien der Epithelzellen entfernt werden) teilweise wieder ausgeschieden werden. Es kann sich jedoch auch in der Lunge akkumulieren und dadurch in den Blutkreislauf eindringen, wie dies bei Polymerpartikeln bereits mehrfach nachgewiesen wurde. Die Forschungsergebnisse deuten darauf hin,

dass Nanopartikel von der Lunge in den Blutkreislauf *translozieren* und so anfällige Stellen im kardiovaskulären System erreichen, wo sie die Wahrscheinlichkeit eines Herzinfarkts oder Schlaganfalls erhöhen können.

Translokation

Aufgrund ihrer winzigen Grösse sind diese Mikro- und Nanopartikel also in der Lage, wichtige humanbiologische Barrieren wie die Darmwand und die Blut-Luft-Schranke zu überwinden und in den menschlichen Blutkreislauf und damit auch in unsere Organe zu gelangen. Dieser Prozess wird als *Translokation* bezeichnet. In einer niederländischen Studie konnte 2022 erstmals Mikroplastik im menschlichen Blut nachgewiesen werden, wobei die Proben verschiedene Polymere wie *PET* und *Polystyrol* enthielten, und dies in Konzentrationen von bis zu 1,6 Mikrogramm pro Milliliter Blut.

Gesundheitliche Folgen

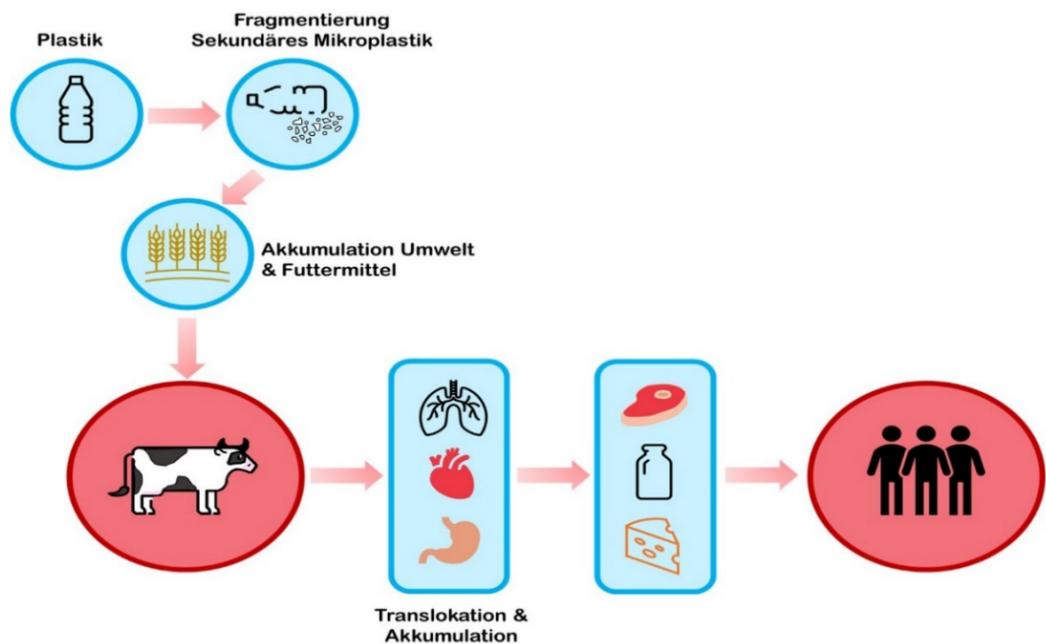
Zelluläre Effekte, Entzündungsreaktionen und Bioakkumulation

Die Langzeitfolgen für die menschliche Gesundheit sind noch nicht abschliessend erforscht, doch erste Studien zeigen alarmierende Ergebnisse. MNP, sowie diverse Chemikalien, die bei der Produktion von Kunststoffen verwendet oder bei deren graduellen Zerfall freigesetzt werden, sind in menschlichem Blut,

dem Lungengewebe und sogar in der Plazenta nachgewiesen worden. Wenn MNP in menschliche Zellen eindringen, können sie Entzündungen und oxidativen Stress auslösen. Besonders gefährlich sind Nanoplastikpartikel (i.e. 0.001-0.1 µm), denn sie können nachweislich die Zellstruktur stören. Laborexperimente haben gezeigt, dass Polystyrol-Nanopartikel die Produktion reaktive Sauerstoffspezies (ROS) fördern, welche wiederum für DNA-Schäden und potenziell krebserregende Effekte verantwortlich sind. Studien an Tieren legen nahe, dass sich Kunststoffpartikel primär in Organen, wie der Leber und den Nieren, akkumulieren und chronische Entzündungen fördern, die mit Erkrankungen wie Diabetes und neurodegenerativen Störungen in Verbindung gebracht werden. MNP wirken oft auch als Träger für andere Schadstoffe: Schwermetalle, Pestizide und organische Schadstoffe haften an ihrer Oberfläche. Gelangen diese «beladenen» Partikel in den Körper, können sie die toxische Wirkung potenzieren. Insbesondere im Verdauungstrakt kann die Freisetzung solcher Substanzen zusätzliche Schäden verursachen.

Massnahmen und Lösungsansätze

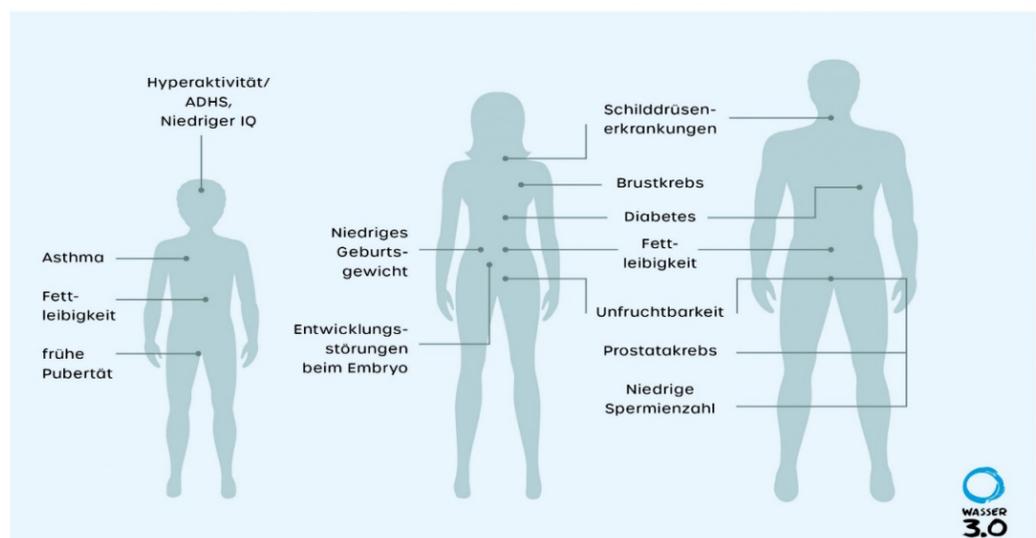
Politische Initiativen sind entscheidend, um die Mikroplastikbelastung zu reduzieren. Die Europäische Union hat 2023 ein Verbot von Mikroplastik in Kosmetika und Reinigungsmitteln erlassen. Ergänzend dazu wurde 2021 die *Single-Use Plastics Directive* eingeführt, die die Verwendung von Einwegplastikprodukten wie Strohhalmen und Besteck stark einschränkt. Weltweit haben sich Organisationen wie die G20 und UNEP verpflichtet, die Plastikverschmutzung durch internationale Abkommen zu bekämpfen; bei einem so übermächtigen Gegner wie der Erdölindustrie ist zu bezweifeln, dass den Worten tatsächlich auch Taten folgen. Ein viel grösserer Effekt könnte durch Fortschritte in der Filtertechnologie erzielt werden. Moderne Kläranlagen sind in der Lage, bis zu 90 % der Mikroplastikpartikel aus dem Abwasser zu entfernen. Waschmaschinenfilter, die Mikrofasern aus synthetischen Textilien auffangen, sind ebenfalls ein vielversprechender Ansatz.



Aufnahme und Transfer von Mikroplastik aus Produkten von Nutztieren. © Wasser 3.0.

DIE UNSICHTBARE GEFAHR

Mögliche gesundheitliche Folgen des alltäglichen Kontakts mit hormonell wirksamen Substanzen in Kunststoffen

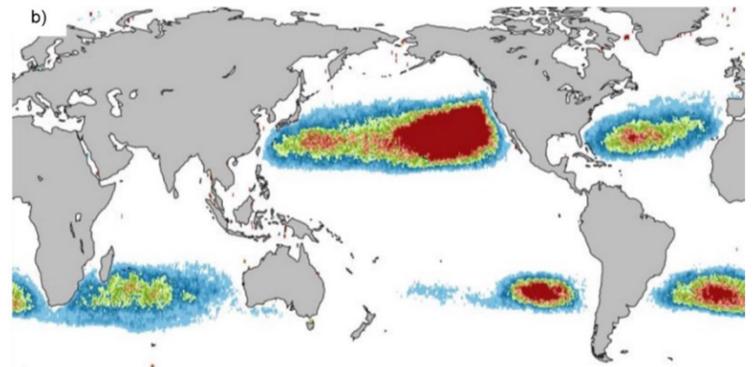


Potentielle gesundheitliche Folgen von MNP-Akkumulation im menschlichen Organismus.

Verbraucherinnen und Verbraucher können durch den Verzicht auf Einwegplastik, den Kauf von Produkten ohne Mikroplastik und die Verwendung von Naturtextilien einen Beitrag leisten.

Ein Blick in die Zukunft

Mikroplastik ist nicht nur ein Umweltproblem, sondern auch eine Herausforderung für die öffentliche Gesundheit. Die Forschung liefert wertvolle Erkenntnisse, doch viele Fragen bleiben offen. Eine plastikfreie Zukunft erfordert globale Kooperation, technologische Innovationen und ein Umdenken in unserem Konsumverhalten. Die gute Nachricht: Jeder Schritt zählt. Ob durch politische Massnahmen, wissenschaftliche Durchbrüche oder bewusster Entscheidungen im Alltag – gemeinsam können wir den Weg zu einem nachhaltigeren Umgang mit Kunststoffen, und damit zu einem auch in Zukunft bewohnbaren Planeten, ebnen.



Der Plastik-Fakten- check: Was stimmt wirklich?

FELIX JAUCH

In den Medien und im Alltag stösst man immer wieder auf eine Vielzahl an Informationen zum Thema Plastik. Diese Informationen sind oft widersprüchlich, nur teilweise richtig oder sogar falsch. Wer sich gegen die globale Plastikverschmutzung einsetzt, läuft Gefahr, irreführende oder falsche Informationen zu verbreiten, die nicht nur der Glaubwürdigkeit der Umweltbewegung schaden, sondern im schlimmsten Fall auch politische Massnahmen erschweren oder vereiteln können. Die Redaktion hat daher das bekannte «Mythbusters quiz» ins Deutsche übersetzt, das sich mit den gängigen Mythen rund um Plastik auseinandersetzt und verlässliche Informationen aus der aktuellen Forschung liefert. Die folgenden zehn Thesen bieten Anlass zur Überlegung, ob ihnen zugestimmt werden kann oder nicht.

These 1: Mikroben können das Plastik auflösen und die Plastikabfälle beseitigen.

Unsicher! Die Rolle, die Mikroben bei der Bekämpfung von Plastikverschmutzung spielen, ist unsicher und wird weiterhin untersucht. Ihre Rolle bei der Lösung von Plastikverschmutzung ist wahrscheinlich limitiert. Forschende haben in Labor-Untersuchungen Bakterien und Pilze identifiziert, die die Fähigkeit zum Abbau bestimmter Arten von Plastik in bestimmten Umgebungen haben. Das bedeutet jedoch nicht, dass Mikroorganismen jede Art von Plastik und in jeder natürlichen Umgebung abbauen können. Angesichts der Masse an Plastik, die jedes Jahr in die Umwelt gelangt, werden Mikroben nicht in der Lage sein, mit der riesigen Menge schrittzuhalten. Sie könnten nur einen kleinen Beitrag zur Problemlösung leisten.

These 2: Säuberungen im offenen Ozean ist ein effektiver Weg zur Bekämpfung von Plastikverschmutzung.

Unsicher! Es ist unsicher, ob die Reinigung des offenen Ozeans eine gute Idee ist oder nicht. Die Vor- und Nachteile für jede Technologie und jedes Standorts müssen sorgfältig von Fall zu Fall ermittelt werden. Reinigungsarbeiten könnten Vorteile bringen. Das Entfernen grösserer Plastikteile vom Ozean, bevor sie zu Mikro- oder Nanoplastik abgebaut werden, reduziert die Gefahr für Meeresleben. Jedoch dürften Reinigungstechnologien ebenso ihre eigenen Probleme verursachen, indem sie das Ökosystem schädigen, zum Klimawandel beitragen oder das Nutzen-/Kostenverhältnis sprengen.

Bei sorgfältiger Betrachtung könnten Reinigungsarbeiten an einigen Standorten Vorteile bringen. Dennoch wird sie die Verschmutzung auf einer globalen Ebene nicht beenden können, wenn Tag für Tag neues Plastik in den Ozean fließt.

These 3: Im Jahr 2050 wird vom Gewicht her mehr Plastik als Fisch im Ozean schwimmen.

Unsicher! Der Verfasser dieser Aussage hat bestehende Forschungen in einer irreführenden Weise extrapoliert und interpretiert. Wir wissen zum einen nicht, wieviel Plastik aktuell im Ozean ist. Auch gibt es keine wissenschaftliche Schätzung darüber, wieviel Plastik in 2050 im Ozean sein wird. Zum anderen ist auch unklar, wieviele Fische im Jahr 2050 die Ozeane bevölkern werden. Diese Behauptung bleibt daher hochspekulativ.

These 4: Jede Woche verschlucken und inhalieren wir den Plastikgehalt einer Kreditkarte.

Falsch! Es stimmt, dass Plastik im menschlichen Körper gefunden wurde. Mikroplastik kann über Nahrung oder Getränke aufgenommen und aus der Luft inhaliert werden. Trotzdem ist die Menge an Plastik, die in den Körper gelangt, unklar. Schätzungen von Forschenden unterscheiden sich stark voneinander, obwohl es keine Zweifel darüber gibt, dass eine **Kreditkarte pro Woche** eine grobe Überschätzung ist..

These 5: Im Ozean liegt eine feste Plastik-Insel, die vom Weltraum aus sichtbar ist

Falsch! Die Behauptung von «Plastik-Inseln» im Ozean, die die Grösse von Ländern oder gar Kontinenten aufweisen, ist falsch. Es gibt zwar keine Zweifel darüber, dass Plastik die Ozeane verschmutzt, so wie die Flüsse, Seen, Böden und die Luft.

SEYCHELLES OCEAN FESTIVAL

PROGRAMME SAFEGUARDING OUR OCEANS

Launch of the Seychelles Ocean Festival 2024 (SOF)

Venue: National History Museum
Time: 0900hrs to 1000hrs

Opening of the Digital Underwater Photography Exhibition.

Ocean Clean-Up

Start Time: 11:30hrs
Locations:

- * Mahé - Ports and Marine Charter Area including Belombre Port
- * Praslin, La Digue, Alphonse, and other IDC islands (supported by ICS).

Clean ups include: Victoria Fishing Port (Isle Hodoul), Marine Charter, Ferry Terminal, Silhouette Cruises, Coast Guard, and Belombre Jetty, as well as Praslin and La Digue with the Seychelles Coast Guard, focusing on floating waste.

Coastal Clean up:

- **D'Aros Island (28-29 November):** Coastal Clean-up led by SOSF and D'Aros Research Center.
- **Alphonse Island:** Coastal & Ocean Clean-up & FAD (Fish Aggregating Device) removal.
- **Dive site Clean up:** Local Dive Centres
- **Beach Clean up:** Constance Ephelia and Port Gland Eco School.
- **Coastal Rehabilitation:** Initiatives at Anse Bazarca, Mahé, with MCSS and Slow Turtle.
- **SFA Aquaculture Exhibition:** Collaboration with SFA from 28th-30th November, 0900 hrs to 1400 hrs.

(Public Activity)

www.seychelles.com

Thursday 28th November 2024

save our seas foundation

the Seychelles Islands Another world

Dennoch ist Plastik auf der Ozeanoberfläche nicht genug stark konzentriert, um grosse Inseln zu bilden. Plastische Anhäufungszonen auf der Meeresoberfläche sind denn auch nicht einfach sichtbar. Fortschrittliche Satellitendaten und maschinelles Lernen können Forschende dabei helfen, Gebiete zu identifizieren, die von erhöhter Plastikverschmutzung betroffen ist.

These 6: Es ist nicht schlimm, viel Plastik zu verwenden, da die meisten Plastikabfälle recycelt werden.

Falsch! Diese Aussage ist weit weg von der Realität. Nur ein kleiner Prozentsatz an Plastikabfall wird wiederverwendet und in Material von neuen Produkten eingesetzt. Das meiste an Plastikabfällen wird deponiert, verbrannt oder landet in der Umwelt. Das ist auch einer der Gründe, weshalb das aktuelle Niveau an Plastikverbrauch so problematisch ist.

These 7: Ist es wahr, dass Bioplastik wegen ihres schnellen Abbaus in der Natur eine nachhaltige Alternative zu Plastik darstellt?

Falsch! Einige Materialien, die als «Bioplastik» bezeichnet werden, sind nur biobasiert (hergestellt aus erneuerbaren Ressourcen) und nicht biologisch abbaubar. Andere als «Bioplastik» bezeichnete Materialien sind biologisch abbaubar, benötigen aber ganz spezifische Bedingungen, um sich schnell aufzulösen. Wobei diese Bedingungen oft in der Natur nicht vorkommen. Wenn biologisch abbaubares Plastik am falschen Ort landet, wird es nicht schnell und vollständig abbauen können.

These 8: 80% des Ozean-Plastiks stammt aus dem Festland, und 20% vom Meer?

Unsicher! Wir konnten keine glaubwürdige wissenschaftliche Quelle finden, die diese Behauptung stützt. Der prozentuale Anteil des Festland- und Meerplastiks in den Ozeanen wurde noch nicht auf globaler Ebene berechnet und bleibt deshalb unbekannt. Wissenschaftliche Studien zeigen, dass das Verhältnis Festland versus Ozean basiertes Plastik sich stark unterscheiden kann, abhängig vom spezifischen Standort und der verwendeten wissenschaftlichen Metrik.

These 9: 90% des Plastiks stammen von 10 Flüssen in Asien und Afrika.

Falsch! Sie zitiert die Ergebnisse der im Jahr 2017 veröffentlichten Forschung falsch. Die Forschenden schätzen in dieser Studie, wieviel Plastik von Flüssen ins Meer gelangen. Zehn dieser Flusssysteme trugen den grössten Teil des Plastiks. Doch Plastik gelangt nicht nur durch Flüsse, sondern auch durch andere Wege ins Meer. So beträgt die Gesamtmenge des Plastiks, die in den Ozean gelangt, grösser als die dieser Flüsse. Neue Forschungen deuten darauf hin, dass das Plastikaufkommen aus Flüssen kleiner ist als angenommen. Wobei eine grössere Anzahl an Flüssen für das Plastik im Meer verantwortlich sein dürfte.

These 10: Mikroplastik ist im Trinkwasser.

Stimmt! Diese Aussage ist definitiv wahr. Mikroplastik wurde in der Tat im Trinkwasser gefunden. Das Wissen über die Menge und die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit ist jedoch begrenzt. Den wenigen verfügbaren Studien zufolge ist das Grundwasser relativ gut geschützt und enthält nur wenige Kunststoffpartikel. Wasser aus porösem Gestein, Flüssen oder Staudämmen enthält mehr Mikroplastik, das mit teuren Kläranlagen entfernt werden muss. Noch ist nicht bekannt, mit welchen technischen Verfahren alles Mikroplastik entfernt werden kann. Um die Entstehung und die Auswirkungen von Mikro- und Nanoplastik im Trinkwasser auf die menschliche Gesundheit vollständig zu verstehen, bedarf es weiterer Forschung und methodischer Harmonisierung.

Diese Erkenntnisse gilt es zunächst zu verarbeiten. Auch wenn die obigen zehn Thesen nicht bekannt waren und/oder nicht richtig eingeschätzt wurden, ist das nicht weiter schlimm. Das neu erworbene Wissen sollte genutzt werden, um Mitstudierende, ZHAW-Angehörige und andere Personen über die Problematik der Plastikverschmutzung fundiert aufzuklären, sodass ein verbindliches globales Plastikabkommen schon bald Realität werden kann.

Nachhaltige Alternativen zu Kunststoffen: Beat Karrer von FluidSolids erzählt

Kunststoffe sind allgegenwärtig - in Verpackungen, in der Elektronik oder in der Automobilindustrie. Ihr Einsatz birgt aber auch grosse Herausforderungen für Umwelt und Gesundheit. Während herkömmliche Kunststoffe oft auf erdölbasierten, schwer abbaubaren Rohstoffen beruhen, setzen innovative Lösungen neue Massstäbe. Das Schweizer Unternehmen FluidSolids entwickelt Materialien aus Reststoffen und bietet damit eine nachhaltige Alternative. Beat Karrer, Gründer von FluidSolids, gibt im Interview Einblick in die Herausforderungen bei der Entwicklung solcher Materialien und die Zukunftsaussichten dieser Technologie.

CATHERINA SPITZER

Wie ist die Gründungsidee von FluidSolids entstanden?

Beat Karrer: Mein Name ist Beat Karrer und ich bin ursprünglich Industriedesigner. Bereits 2007/2008 haben wir in Workshops mit Studierenden überlegt, wie wir Reststoffe sinnvoll als Rohstoffe nutzen können. Die Idee war, Materialien zu entwickeln, die nicht nur funktional sind, sondern auch eine nachhaltige Wertschöpfung ermöglichen. Dabei war uns immer bewusst, dass Kunststoffe in einigen Bereichen unverzichtbar sind. Ihr kurzlebiger Einsatz - zum Beispiel für Verpackungen - ist jedoch äusserst problematisch.

Welche Aspekte spielten bei der Entwicklung des Materials eine zentrale Rolle?

Karrer: Ich habe zwei Söhne, die damals noch Kinder waren. Das hat mich natürlich zum Nachdenken gebracht: Wie kann man als Designer Verantwortung übernehmen? Wenn man am Anfang einer Wertschöpfungskette steht, hat man einen grossen Einfluss. Für mich war klar, dass Materialien der Schlüssel sind, um Produkte nachhaltiger zu gestalten. Ausserdem habe ich mich schon immer dafür interessiert, Ästhetik und Funktionalität von Materialien miteinander zu verbinden und etwas zu schaffen, das sowohl innovativ als auch nachhaltig ist.

Welche Herausforderungen gab es bei der Umsetzung der Idee?

Karrer: Besonders schwierig war es, Investoren und Partner zu überzeugen, da das Thema Kreislaufwirtschaft damals kaum bekannt war. Viele haben unsere Idee anfangs belächelt. Aber wir sind dran geblieben und haben uns Schritt für Schritt weiterentwickelt. Es gab technische Hürden, aber auch die Notwendigkeit, überzeugte Mitstreiterinnen und Mitstreiter zu finden. Unsere Chemikerin Francesca war eine der ersten, die das Potenzial erkannte, und sie ist bis heute ein wichtiger Teil des Teams. Technologisch war es eine Herausforderung, ein Material zu entwickeln, das einerseits nachhaltig und andererseits vielseitig einsetzbar ist. Es war ein langer Prozess, dieses Gleichgewicht zu finden.

Welche Eigenschaften zeichnen FluidSolids aus?

Karrer: Zwei Dinge: Erstens ist es heimkompostierbar, das heisst, es kann im heimischen Kompost entsorgt werden. Zweitens hat es einen bis zu 80 Prozent geringeren CO₂-Fussabdruck, weil wir ausschliesslich Reststoffe verwenden. Das reduziert nicht nur den Ressourcenverbrauch, sondern gibt den Materialien einen zweiten Lebenszyklus. Ausserdem benötigt unsere Produktion weniger Energie als herkömmliche Verfahren, was die

Nachhaltigkeit weiter erhöht. Interessant ist auch, dass unser Material chemisch mit herkömmlichen Kunststoffen vergleichbar ist, da es aus Polymeren besteht. Der Unterschied liegt jedoch in der Herkunft der Rohstoffe und in der Entsorgung.

Wo wird FluidSolids derzeit eingesetzt und wo liegen weitere Potenziale?

Karrer: Ein Beispiel ist unser kompostierbares Einwegbesteck, das wir speziell für den Lebensmitteleinzelhandel entwickelt haben. Dieses Produkt entspricht den EU-Anforderungen und bietet dem Verbraucher eine umweltfreundliche Alternative. Wir haben auch Kaffeekapseln entwickelt, die zu Hause kompostiert werden können. Wir arbeiten auch an technischen Teilen für die Beleuchtungsindustrie und haben in der Vergangenheit Lautsprechergehäuse und Schaufensterpuppen hergestellt. Es gibt also ein breites Anwendungsspektrum, das wir ständig erweitern.

Welche Einschränkungen gibt es bei der Verwendung von FluidSolids und wie können diese überwunden werden?

Karrer: Unser Material ist weniger wasserbeständig und eignet sich nicht für Anwendungen, die eine hohe Beständigkeit unter extremen Bedingungen erfordern, wie zum Beispiel Automobilteile. Das ist aber auch nicht unser Ziel. Wir konzentrieren uns auf kurzlebige Anwendungen, bei denen herkömmliche Kunststoffe einfach ersetzt werden können. Ein weiterer Punkt ist die Skalierbarkeit: Um den Preis zu senken, müssen wir grössere Produktionsmengen erreichen. Technologisch arbeiten wir ständig daran, die Eigenschaften unseres Materials zu verbessern, ohne die Nachhaltigkeit zu gefährden.

Welche Marktchancen hat FluidSolids in den nächsten Jahren?

Nachhaltigkeit wird immer wichtiger und viele grosse Unternehmen sind an innovativen Materialien interessiert. Allerdings stehen wir oft vor der Herausforderung, dass Nachhaltigkeit nicht immer oberste Priorität hat, wenn die Kosten ins Spiel kommen. Durch neue gesetzliche Vorgaben und steigende Steuern auf konventionelle Kunststoffe verbessern sich unsere Marktchancen jedoch stetig. Für uns ist es wichtig, mit den richtigen Partnern zusammenzuarbeiten, um die Technologie weltweit voranzutreiben. Eine weitere spannende Entwicklung ist die steigende Nachfrage nach Materialien, die nicht nur umweltfreundlich sind, sondern auch regional produziert werden. Das bietet uns Chancen, unsere Marktstrategie weiter anzupassen.

Welche Rolle spielt Innovation bei FluidSolids?

Karrer: Innovation wird bei FluidSolids grossgeschrieben. Es geht darum, immer wieder neue Formulierungen zu entwickeln, um den Kundenwünschen gerecht zu werden. Beispiele sind die Entwicklung spezieller Farbpigmente oder die Anpassung der mechanischen Eigenschaften für bestimmte Anwendungen. Innovation bedeutet auch, nachhaltig zu denken und wettbewerbsfähig zu bleiben. Unsere Patente und das gesammelte Know-how sind wichtige Pfeiler, um in diesem Bereich führend zu bleiben.

Was ist ein guter Rat für junge Menschen, die innovative Ideen umsetzen wollen, aber nicht genau wissen, wo, wann und wie sie anfangen sollen?

Karrer: Das Erstellen von Prototypen ist ein zentraler Schritt. Erst in der Umsetzung werden Ideen sichtbar. Dabei gibt es immer wieder Herausforderungen, die aber Teil des Prozesses sind. Wichtig ist, an der eigenen Vision festzuhalten und offen für Veränderungen zu bleiben. Oft entwickeln sich Dinge ganz anders, als man es sich vorgestellt hat, und das kann auch positive Auswirkungen haben.

Ein herzliches Dankeschön an Beat Karrer für seine Zeit und die umfassende Einführung in die Thematik der nachwachsenden Rohstoffe. Das angenehme und interessante Gespräch hat zu einem tieferen Verständnis der komplexen Prozesse und Herausforderungen geführt, die sich hinter einer innovativen Technologie wie der von FluidSolids verbergen. Das Interview war nicht nur ein wertvoller Input für diesen Beitrag, sondern hat auch die Relevanz nachhaltiger Lösungen und die Notwendigkeit kontinuierlicher Innovation verdeutlicht.

Einmal mehr zeigt sich, dass grosse Veränderungen oft mit einer mutigen Idee beginnen und die Umsetzung von Visionen viel Ausdauer, Kreativität und ein klares Ziel erfordert. Hoffentlich ist dieses Interview auch für die Leserschaft eine Motivation, eigene Ideen voranzutreiben und sich für eine nachhaltigere Zukunft einzusetzen.