



Plastik

Um uns her und in uns drin



Kunststoffchemikalien
Ein Problem in der Medizin?



Stadtentwicklung im Basler Klybeck
Durch Chemikalien aus der Bodenluft gefährdet?



Editorial	3
Stadtentwicklung im Basler Klybeck: Neue Fragen Dr. Martin Forter, Geschäftsleiter AefU	4
Gesundheitliche Effekte von Lebensmittelverpackungen Tomáš Hraško, Facharzt FMH für Endokrinologie und Diabetologie, Zürich	8
Kunststoffchemikalien – ein Problem in der Medizin? Dr. Helene Wiesinger, ETH Zürich und Food Packaging Forum, Zürich	12
Risiken von Mikro- und Nanoplastik für die Gesundheit Dr. Patricia Taladriz-Blanco, Adolphe Merkle Institute, Université de Fribourg	15
Mikroplastik aus Reifenabrieb in der Landwirtschaft Dr. Dominika Kundel und Dr. Andreas Fliessbach et al., FiBL, Frick AG	19
Trojan Horse Award – 7. AefU-Förderpreis Oliver F. Bischof, Awards Chair der ETH-Nanopartikelkonferenz	22
Bestellen: Terminkärtchen und Rezeptblätter	23
Die Letzte	24

Titelbild:

© iStock/Rawpixel/Shutterstock

Montage: Christoph Heer

20. September 2024

Liebe Leserin

Lieber Leser

Seit den 1950er-Jahren erobert Plastik quasi in einer grossen «Tupperware-Party» die Welt. Die globale jährliche Plastikproduktion wuchs von damals 1.5 Millionen Tonnen auf heute schwindelerregende 400 Millionen.

Die Eigenschaften von Kunststoff sind unbestritten genial, auch um Lebensmittel zu verpacken. Aber es sind die chemischen Zusatzstoffe, welche die «Alleskönnerei» ermöglichen. Wir erhalten unser Essen also wissentlich in Chemie verpackt. Über viele gesundheitsschädliche Auswirkungen der Kunststoffchemikalien besteht inzwischen wissenschaftlicher Konsens. Als gut informierte Konsument:innen bleibt uns aber vorerst nur die Macht des Verzichts (Beitrag Hraško, S. 8).

Trotz der Recyclingversprechen der Industrie wirft sie weiterhin immer mehr neuen Plastik auf die Welt. Tatsächlich ist das Recycling meist problematisch. Etwa bei Medizinprodukten. Und ausgerechnet diese sind – man denke an Schläuche und Infusionsbeutel – fast alternativlos auf Kunststoff angewiesen. Darum «überdauern» in der Medizin sogar Zusatzstoffe, die aus anderen Einsatzbereichen bereits verbannt wurden. Was ist zu tun? (Beitrag Wiesinger, S. 12)

Plastik setzt nicht nur Chemikalien frei, er zerfällt auch in kleine und kleinste Partikel. Wie die sogenannten «Ewigkeitschemikalien» PFAS, ist auch Mikro- und Nanoplastik persistent und überall verteilt – in der Umwelt und im Menschen, bis in seine Zellen. Was die Teilchen anrichten, ist wenig erforscht. Nach 75 Jahren «Plastikwelt» fehlt nach wie vor eine standardisierte Analyseverfahren, um Plastikpartikel im Menschen nachzuweisen (Beitrag Taladriz-Blanco, S. 15).

Der Reifenabrieb im Strassenverkehr verursacht 90% des gesamten Mikroplastiks in der Umwelt. Die Pneuartikel gelangen auch auf die landwirtschaftlichen Böden. Sie beeinflussen die Bodengesundheit und damit das Boden-Pflanzen-System (Beitrag Kundel und Fließbach et al., S. 19). Das bisherige Wissen liefert Gründe genug, die Plastikverschmutzung der Wiesen und Äcker zu stoppen.

Apropos Bodenverschmutzung: Im ehemaligen Basler Chemieareal Klybeck stellen sich dank einer Recherche der AefU dringlich neue Fragen. Hier soll ein neuer Stadtteil entstehen. Doch aus der Luft der Bodenporen könnten toxische Chemikalien in die Innenräume der bestehenden und künftigen Gebäude aufsteigen. Das dürfte nicht zuletzt auch schweflig stinken (Beitrag Forter, S. 4).

Wieder um Partikel geht es im letzten Artikel dieses Heftes: Zum siebten Mal verliehen die AefU ihren Förderpreis «Trojan Horse Award» für herausragende Forschung über Ultrafeinpartikel aus Verbrennungsprozessen (Beitrag Bischof, S. 22). Die Auszeichnung ging an eine Studie zur Atemluft am Flughafen Thessaloniki (Griechenland).



Stephanie Fuchs, leitende Redaktorin

PS: Es lässt sich nicht früh genug über Weihnachtswünsche sinnieren. Unser Tipp: ein schickes Set von Bechern und Boxen aus Metall gegen den Wegwerfplastik in der Unterwegsverpflegung. Mit einer Juteschleife drumherum.



Gelangen Chemikalien aus der Bodenluft in Innenräume?

Martin Forter, Geschäftsleiter AefU

Im stillgelegten Basler Chemieareal Klybeck drohen Schadstoffe aus dem Untergrund in Gebäude eines dort geplanten Stadtteils einzudringen. Das legen Untersuchungsberichte nahe, die OEKOSKOP vorliegen.

Das ehemalige Chemiegelände Klybeck in Basel ist mit Schadstoffen verschmutzt. Bis heute ist nicht systematisch geklärt, wie stark der Boden und das Grundwasser mit hochproblematischen Substanzen wie dem Krebsauslöser Benzidin verseucht sind.¹ Deshalb kritisieren die Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU) und besorgte Politiker:innen seit Jahren das kantonale Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt. Erst kürzlich rückte auch die Kontamination von Wänden und Böden der stillgelegten Produktionsgebäude in den Fokus. Denn die AefU machten publik, dass Swiss Life als eine der Arealbesitzerinnen den Zutritt zu Gebäuden aufgrund gesundheitlicher Risiken sperrte. Darin aber hatten zuvor zum Teil Anlässe mit viel Publikum stattgefunden.²

Kontamination der Porenluft bisher kein Thema

Hingegen war es bisher keine öffentlich diskutierte Frage, womit und wie stark die Luft in den Poren des Bodens, also die sogenannte Poren- bzw. Bodenluft unter dem Klybeck-

gelände chemisch verschmutzt ist. Dabei ist dies höchst relevant. Denn bei Chemiearealen ist es wahrscheinlich, dass die Bodenluft flüchtige und halbflüchtige Schadstoffe enthält. Sie gelangen aus dem kontaminierten Bodenmaterial und teils auch aus dem verschmutzten Grundwasser in die Porenluft. Von dort können die Schadstoffe durch Beton und Mauerwerk sowie via Risse, Fugen und entlang von Abwasser- und anderen Leitungen in die Gebäude eindringen, welche hier bereits stehen oder neu gebaut werden sollen. Diese Schadstoffe können so die Innenraumluft belasten. Sie können die Gesundheit der Menschen gefährden, die bereits jetzt dort arbeiten oder – gemäss Plänen von Kanton und Arealbesitzerinnen – dereinst in neuen sowie alten Gebäuden des neuen Basler Stadtteils arbeiten und gar wohnen werden. Schadstoffe aus der Bodenluft könnten teils sogar ihr Trinkwasser kontaminieren (vgl. Kasten).

Das Risiko, dass im Klybeck Schadstoffe aus dem verschmutzten Untergrund in die Gebäude eindringen, besteht tatsächlich.

Verdächtige Gerüche

OEKOSKOP liegen bisher unveröffentlichte Berichte vor, die belegen: 2009 kam im Areal 3 des Chemiegeländes eine starke Kontamination der Porenluft zum Vorschein. Zudem haben die Bohrmeister in den Jahren 2014 und 2015 bei 58 von total 118 Bohrungen (49 %) verdächtige Gerüche wahrgenommen. Trotzdem ging – soweit uns bekannt – niemand der verschmutzten Bodenluft weiter nach. Wie das Benzidin könnte auch die belastete Porenluft die Stadtentwicklung auf dem Klybeckareal in Frage stellen, sollte die Verschmutzung nicht tiefgreifend beseitigt werden.

Porenluft verschmutzt

Als die Firma HPC 2009 im Untergrund von Areal 3 die Porenluftverschmutzung unter-

Risiko Trinkwasserleitungen

Ein weiteres Gefährdungspotenzial bedeutet belastete Bodenluft für die Trinkwasserqualität in den Gebäuden des Klybeckareals. Schadstoffe aus der Bodenluft können in Kunststoffleitungen hinein diffundieren, falls sie mit keinem Inliner aus Metall ausgekleidet sind.³ OEKOSKOP ist nicht bekannt, wie die Trinkwasserleitungen im Chemieareal Klybeck und dort insbesondere in den Arealen 1 und 3 aufgebaut sind.

¹ Martin Forter: Benzidin: Wie Kantone das Ultragift aus den Augen verlieren, im Auftrag der AefU, Basel, 22.03.2023, S. 42ff, www.aefu.ch/Benzidin-Studie. Martin Forter: Im Basler Klybeck kommt immer mehr Benzidin zum Vorschein, www.aefu.ch/oekoskop_24_2.

² Verseuchte Gebäude, vgl. www.aefu.ch/oekoskop_24_2.

³ Glaza, E. C. et al.: Permeation of Organic Contaminants through gasketed pipe joints, Water Works Assoc. 84 (1992) 92–100; CityChlor/Ineris: State of the art of contaminated site management: Policy framework and human health risk assessment tools, 11.04.2013, S. 3.

⁴ Harress Pickel Consult (HPC): Bodenluftekundung eines Chlorbenzolschadens mittels Passivsammlern, Werk Klybeck, im Auftrag v. Ciba u. Novartis, Lörrach, 9.2009, Appendix A3.

⁵ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Untersuchung und Bewertung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen. Wirkungspfad Boden-Mensch (direkter Kontakt) und Expositionsszenario Boden-Bodenluft-Innenraumluft. Merkblatt Nr. 3.8/8. Stand 05/2023, S. 17.

⁶ Ciba SC/Novartis: Historischer Bericht Klybeck, 2000, Beilage 2, S. 1.

⁷ Vgl. Fussnote 14.

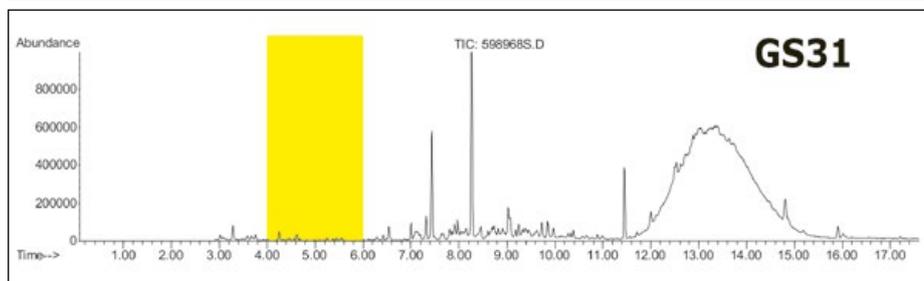
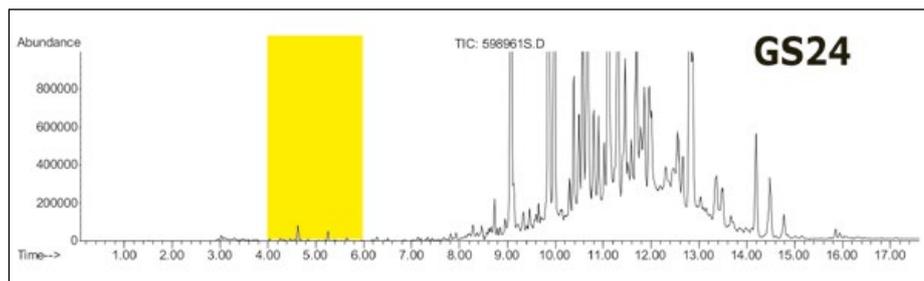
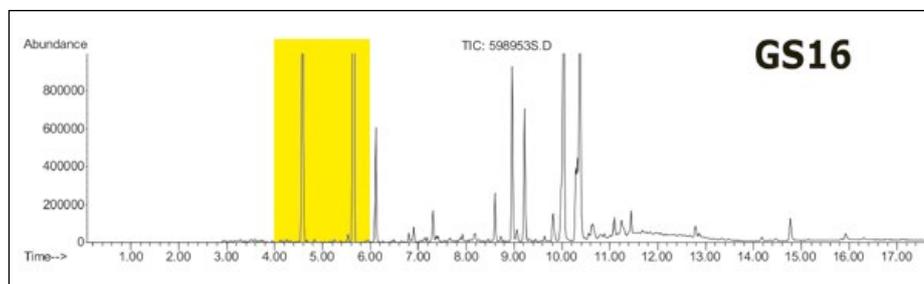
⁸ Martin Forter: Viel mehr Benzidin und andere Kanzerogene in Basler Quartier, www.aefu.ch/oekoskop_20_1.

⁹ Dies geschieht bei sauerstoffarmen, reduktiven Bedingungen, die u. a. im Grundwasser vorherrschen (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Merkblatt Nr. 3.8/3, 5.11.2004, S. 1 u. Anhang 2, S. 2; Merkblatt 3.8/1, 31.10.2001, S. 43).

¹⁰ Geotechnisches Institut (GI): Basel Werk Klybeck, Areal 3 BASF, ergänzenden technische Untersuchung, Basel, 2015, Beilage 2a.

¹¹ Ciba SC/Novartis, 2000, Beilage 2, S. 4–7.

¹² Wikipedia: Schwefelwasserstoff <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoff>



Im Areal 3 des Basler Chemiegeländes Klybeck verschmutzen zahlreiche Schadstoffe die Bodenluft. Das zeigen die vielen Peaks in den Chromatogrammen der GC/MS-Analysen von 2009. Die Substanzen ausserhalb der gelben Markierung (= Trichlorbenzole) wurden jedoch nie bestimmt.
Quelle: Vgl. Fussnote 4.

suchte, hatte sie von den damaligen Arealbesitzern Ciba SC (heute BASF) und Novartis nur den Auftrag, der Substanzgruppe der Chlorbenzole nachzugehen. Neben den Ausschlägen (Peaks), welche den Trichlorbenzolen entsprechen (vgl. gelbe Markierung in Abb.), findet sich in den Chromatogrammen

aber oft noch ein ganzer «Wald» zusätzlicher Peaks. Sie stammen von weiteren Substanzen, welche die Porenluft belasten (vgl. Abbildung). Zu sehen sind zudem auch breite Signale, die auf ein komplexes Gemisch vieler ähnlicher Einzelsubstanzen hinweisen, wie sie zum Beispiel für Mineralöl

typisch sind.⁴ Die Analysen brachten neben Chlorbenzolen also auch andere Schadstoffe in der Bodenluft zum Vorschein. Um welche konkreten Substanzen es sich handelt, interessierte die Auftraggeber gemäss den uns vorliegenden Dokumenten nicht. Darum ist heute nur bekannt, dass die Luft im Boden unter Areal 3 mit einer Vielzahl flüchtiger Substanzen belastet ist. Angesichts der Geschichte der chemischen Produktion im Klybeck könnten darunter sehr giftige, kanzerogene und anderweitig schädliche Schadstoffe sein. Allgemein wird geschätzt, dass ein Tausendstel der Schadstoffkonzentration der Porenluft in die Innenräume gelangen kann.⁵

Chemisch süsslicher Gestank

Doch damit nicht genug: In den Jahren 2014 und 2015 führte die Firma Geotechnisches Institut bzw. eine Bohrfirma wiederum im Auftrag von BASF (ex. Ciba SC) und Novartis im Areal 3 des Chemieareals Klybeck Bohrungen in den Untergrund durch. Dabei berichteten die Bohrmeister bei mindestens

Stinkender Schwefelwasserstoff in Gebäuden?

Der bei den Bohrungen durch die Firma ERM 2015 eingesetzte Photoionisationsdetektor (PID) erfasst als Summe nicht nur flüchtige organische Stoffe, sondern auch Schwefelwasserstoff (H₂S). Erstaunlicherweise aber wurde ausgerechnet dieses giftige Gas in den uns bekannten Untersuchungen nicht separat gemessen. Dabei haben die Bohrmeister 2015 im Areal 3 in 40 von 118 Bohrungen (34 %) «Schwefelwasserstoff», «Schwefelgeruch», «Fäulnis» oder den Geruch nach «faulen Eiern» wahrgenommen.

Die Herkunft des Schwefelwasserstoffs bzw. des Schwefelgeruchs liegt auf der Hand: Während 100 Jahren haben die Ciba bzw. die Ciba-Geigy im Klybeck aus tausenden von Tonnen Schwefelsäure Chemieprodukte und insbesondere Farbstoffe hergestellt.⁶ Mit dieser

Säure wurde die Basler Chemie gross. Bei Unfällen, Leckagen und insbesondere via die undichten Abwasserrohre gelangte sie im Chemiegelände in grossen Mengen in den Untergrund.⁷ Die Säure frass dermassen grosse Hohlräume in den Untergrund, dass einige Produktionsgebäude abzusacken drohten.⁸ Im Boden bildet sich aus der Schwefelsäure teils stinkender und giftiger Schwefelwasserstoff.⁹ Er scheint im gesamten Grundwasserbereich von Areal 3 vorhanden zu sein, als Sulfid gebunden oder auch als freies Gas, wie dunkel gefärbte bzw. faulig riechende Abschnitte der Bohrkerne zeigen.¹⁰

Im Areal 1 wurden mit dem PID bis zu 22 Milliliter pro Kubikmeter Bodenluft (ml/m³) flüchtige Substanzen gemessen (vgl. Haupttext). Wieviel davon Schwefelwasserstoff war, ist nicht bekannt,

da gemäss den uns vorliegenden Dokumenten auch im Areal 1 dieses Gas nicht gemessen wurde. Dabei hatte die Ciba AG auch im Areal 1 grossen Menge Schwefelsäure verarbeitet und hier auch Schwefelfarbstoffe hergestellt.¹¹

Die Altlastenverordnung nennt für Schwefelwasserstoff in Porenluft den Grenzwert von 10 ml/m³. Dieser Grenzwert ist allerdings viel zu hoch, um die Innenräume alter und neuer Gebäude auf dem Areal vor Geruchsproblemen zu schützen. Denn Schwefelwasserstoff stinkt schon ab 0.0005 ml/m³ (Geruchsschwelle)¹², also schon ab einer Konzentration in der Luft, die 20000-mal tiefer liegt als der Grenzwert gemäss Altlastenverordnung. Weil man sich an den Geruch gewöhnen kann, ist er allerdings nicht immer ein zuverlässiges Warnsignal.



Nicht nur 2024 (Bild), sondern auch schon 2014 und 2015 wurde auf dem Chemiegelände Klybeck ohne Atemschutz gebohrt. Das gefährdet die Gesundheit und ist nicht erlaubt.

© AefU

41 von total 118 Bohrungen (35 %) von «muffigen», «chemischen», «aromatischen» und «süsslichen» Gerüchen, die dem Material aus dem Untergrund entwichen. Die Bohrmeister rochen also ohne Atemschutz an den Bodenproben, was bei unbekannter chemischer Verschmutzung riskant und unzulässig ist. Auch von giftigem «Schwefelwasserstoff» war die Rede (vgl. Kasten S. 5).

Besonders stark war der Gestank bei den Bohrungen im Umfeld von Bau K-322. Diese Farbenfabrik war von 1927 bis 1980 in Betrieb. Darin verarbeiteten Arbeiter grosse Mengen an Nitrobenzol, ein Blutgift, das zudem wahrscheinlich reproduktionstoxisch ist. Dabei gab es 1954 eine heftige Explosion, die wohl auch diese toxische Substanz freisetzte.¹³ Ausserdem gelangten grosse Mengen Nitrobenzol und andere Schadstoffe aus der leckgeschlagenen Abwasserröhre dieses Baus in den Untergrund.¹⁴

Feldmessungen heruntergespielt

Aber ausgerechnet das mittelflüchtige Nitrobenzol und die meisten anderen Schadstoffe, die zu Produktionszeiten in die Umwelt gelangten, suchte man bei den Porenluftanalysen von 2014 und 2015 nicht.

Risiko für bestehende Gebäude und künftige Bauarbeiten

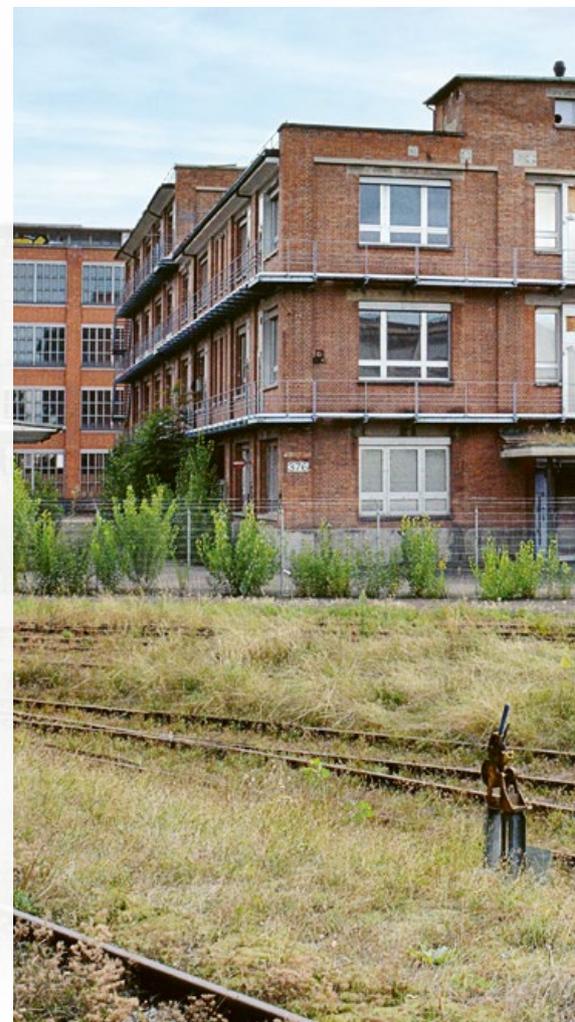
Besonders heikel ist das Risiko verschmutzter Innenraumluft in Räumen des Klybeckareals, die heute zwischengenutzt werden, etwa für Kleingewerbe wie im Areal 3 und Areal 6. Dort gehen Menschen ihrer täglichen Arbeit nach und halten sich viele Stunden darin auf. Soweit den AefU bekannt ist, wurde die Baustoff- und die Innenraumluft dieser Räume bisher nicht umfassend auf Schadstoffe untersucht.

Eine dringende Analyse der Innenraumluft ist für Gebäude angezeigt, in deren Umgebung

in der Porenluft unbekannt Substanzen aufgetaucht sind. Dasselbe sollte bei den Bohrkernen geschehen, die chemisch gerochen haben.

Belastete Bodenluft könnte auch Arbeiter:innen betreffen, die auf den Arealen beispielsweise Tiefbauarbeiten ausführen. Auch sie könnten unbekannt, (mittel)flüchtige Substanzen einatmen. Dies gilt ebenso für Bohrequispen, die – wie noch kürzlich – ohne Atemschutz arbeiten²⁰ (vgl. Foto) – und erst noch an den kontaminierten Bohrkernen riechen könnten. (vgl. Haupttext).

Es wurden hauptsächlich Routineanalysen auf Standardsubstanzen durchgeführt.¹⁵ Diese aber liessen sich nur in Spuren nachweisen. Deshalb gab das Geotechnische Institut Entwarnung.¹⁶ Dieser Entwarnung widersprechen die in einem Bericht von 2015 erwähnten Untersuchungen von Bohrkernen. Die Firma ERM hatte dabei mit einem sogenannten Photoionisationsdetektor (PID) vor Ort an den Bohrkernen summenmässig nach flüchtigen Substanzen gesucht. Tatsächlich zeigten sich teilweise hohe Konzentrationen. Das wurde aber mit



Im Chemieareal Klybeck dürften auch unter den Eisenbahngleisen des

Derzeit nutzen die Basler Verkehrsbetriebe (BVB) das Areal 3 im Klybeck als Busdepot.

© AefU

Feuchtigkeit oder mit Kalibrierungsschwierigkeiten des Geräts kleingeredet und auf die Resultate der Laboranalytik verwiesen. Diese aber bestanden grösstenteils erneut bloss aus Routineanalysen.¹⁷ Deshalb waren die Labor-Resultate gar nicht geeignet aufzuschlüsseln, welche flüchtigen Schadstoffe das PID-Gerät hervorgebracht hatte.

Hohe Messwerte im Areal 1

Im Areal 1 des Klybeckgeländes von BASF und Novartis detektierte das PID-Gerät in fast allen Bohrungen flüchtige Substanzen



in Konzentrationen zwischen 10 und 22 Milliliter pro Kubikmeter (ml/m^3). Welche Schadstoffe diese Werte verursacht haben, ist unklar. Die gemessene Gesamtkonzentration liegt aber deutlich über den Grenzwerten für Porenluft jener Substanzen, die in der Altlastenverordnung aufgeführt sind.¹⁸ Darum hätte die Porenluft zumindest detaillierter untersucht werden müssen. Wären dabei Schadstoffe zum Vorschein gekommen, für die noch gar keine Grenzwerte bestehen, hätten solche laut Altlastenverordnung hergeleitet und der Boden gegebenenfalls saniert werden müssen. Doch die hohen PID-Werte wurden ignoriert.

Neuer Stadtteil mit altem Gift in Innenräumen?

Weil nicht systematisch untersucht, könnte im Klybeckareal also kontaminierte Bodenluft unbekannter Giftigkeit in bestehende sowie zukünftige Gebäude eindringen.

Falls ehemalige Produktionsbauten und Lagerräume umgenutzt werden sollten, sind in deren Innenräumen zusätzlich Giftstoffe möglich, die aus Wänden, Böden¹⁹ und/oder Decken ausgasen.

Es ist nicht ratsam, erste Geruchsbelästigungen und/oder Gesundheitsbeschwerden zukünftiger Bewohner:innen oder aktueller Nutzer:innen abzuwarten (vgl. Kasten, S. 4). Es gilt jetzt zu handeln. Denn: Viele Schadstoffe haben keinen Geruch und entziehen sich damit der Wahrnehmung. Die AefU fordern deshalb fürs Basler Klybeckareal:

- Die systematische Untersuchung
 - der Porenluft im Untergrund, u. a. auch auf Schwefelwasserstoff;
 - der Luft der Innenräume der aktuell genutzten Bauten auf Substanzen aus dem verschmutzten Untergrund im Umfeld der Gebäude sowie aus der Bausubstanz.
- Eine proaktive, transparente Information über die potentiellen Risiken gegenüber den Menschen, die hier aktuell Gebäude nutzen.
- Die systematische Untersuchung des Grundwassers und des Bodenmaterials auf Benzidin und andere hochproblematische Substanzen. Denn: Wohnen und Benzidin geht gar nicht. ■

¹⁵ Ciba SC/Novartis, 2000, Beilage 2, S. 11 u. Beilage 4, S. 1.

¹⁴ Martin Forter: Klybeck: Stand der Untersuchungen, im Auftrag der AefU, Basel, 21.5.2019, S. 32-34, www.aefu.ch/klybeck-studie.

¹⁵ Gesucht wurden meist nur Standardsubstanzen wie Benzol, Alkylbenzole (BTEX) sowie leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe (LCKW).

¹⁶ GI, 2015, S. 29.

¹⁷ ERM: Basel-Klybeck: Soil & Groundwater Investigation Final Phase II Report, im Auftrag v. BASF u. Huntsman, Sierre, 2015, S. 22, 36 u. Annexe E.

¹⁸ ERM, 2015, Annex D; Altlastenverordnung, Stand 1.5.2017, Anhang 2, S. 16.

¹⁹ Martin Forter: Basel: Wird ein neuer Stadtteil auf Chemie gebaut? www.aefu.ch/oekoskop_17_4.

²⁰ Vgl. www.aefu.ch/oekoskop_24_2.

Dr. Martin Forter ist Altlastenexperte und seit 2011 Geschäftsführer der AefU. info@aefu.ch, www.aefu.ch

Areal 3 Schadstoffe liegen.

© AefU

Auswirkungen von Lebensmittel-Verpackungen auf die Gesundheit

Tomáš Hraško, Facharzt FMH, Zürich

Aus Gewohnheit trinken wir den Kaffee aus dem Kunststoffbecher. Im Wissen um die Konsequenzen der enthaltenen Schadstoffe auf die Gesundheit und die Natur, können wir uns kompetent dagegen entscheiden.

Wenn es mir mit diesem Artikel gelingt, Sie und in der Folge sogar Ihr Umfeld zu überzeugen, für die Unterwegsverpflegung Flaschen, Geschirr, Becher und Mahlzeitenbehälter aus Edelstahl oder Glas zu beschaffen und soweit es immer geht auf Einwegverpackungen zu verzichten, hat er sein Ziel schon erreicht. Dies zu Gunsten Ihrer Gesundheit sowie der ganzen Erde, die diese Thematik auch betrifft. Denn der Plastikverbrauch steigt ständig.

Chronischen Krankheiten nehmen global zu

In den letzten 40 Jahren stieg weltweit die Inzidenz (Betroffene pro Jahr) und damit auch die Prävalenz (Betroffene in der Population) von vielen chronischen sogenannten «Zivilisationskrankheiten» – und zwar dramatisch. Ich erwähne hier einige, die mit Chemikalien in Lebensmittelverpackungen ursächlich zusammenhängen könnten. Zu betonen ist jedoch, dass diese Zusammenhänge noch ungenügend erforscht und damit weder widerlegt noch abschliessend nachgewiesen sind.

Dazu zählen Krankheiten, die durch sogenannte endokrine Disruptoren (Hormongifte) mitbegünstigt sein können, etwa das metabolische Syndrom, das sich aus Diabetes mellitus Typ 2 (erworbene Zuckerkrankheit), Adipositas (Fettleibigkeit)

sowie Dyslipidämie (erhöhte Cholesterinwerte) und arterieller Hypertonie (hoher Blutdruck) zusammensetzt. In China betrug die Prävalenz von Diabetes mellitus Typ 2 in den 1980er-Jahren zirka 1%. Aktuell ist diese Häufigkeit auf 15% gestiegen. In Europa ist die Situation ähnlich (aktuelle Prävalenz rund 10%) [1]¹.

Hormongifte sind ebenfalls relevant für die – wie ich es nenne – «stille globale Pandemie». Ich meine damit die Infertilität. Die Menschheit hat ein riesiges Problem mit der Fruchtbarkeit. Laut der neuesten WHO-Statistik aus dem Jahr 2023 ist jedes sechste Paar (zirka 16%) unfruchtbar [2,3]. Diese ungünstige Entwicklung hat ihre Entsprechung in der Tatsache, dass sich die Spermienkonzentration im Ejakulat in den letzten 50 Jahren halbiert hat! Heutige durchschnittliche Spermienkonzentrationen von «gesunden»

Männern gälten gemessen an den Referenzen aus den 1960er-Jahren als bedenklich. Das aktuelle Tempo bei der Reduktion der Spermienkonzentration beträgt 2.6% jährlich. Setzt sich diese Reduktion linear fort, würde die aktuelle von der WHO als gerade noch fruchtbar gesetzte Untergrenze in 44 Jahren erreicht [4,5]. Dieser Trend widerspiegelt sich auch in den steigenden Zahlen von IVF-Eingriffen [6].

Die Natur im Plastikstrudel

Auch die Natur leidet unter chronischen Krankheiten. Laut dem Living Planet Report 2022 des World Wildlife Fund (WWF) sind die beobachteten Populationen von Wirbeltieren (Säugetiere, Vögel, Amphibien, Reptilien und Fische) seit 1970 im Durchschnitt um 69% zurückgegangen. Am schlimmsten hat es die Populationen in Lateinamerika



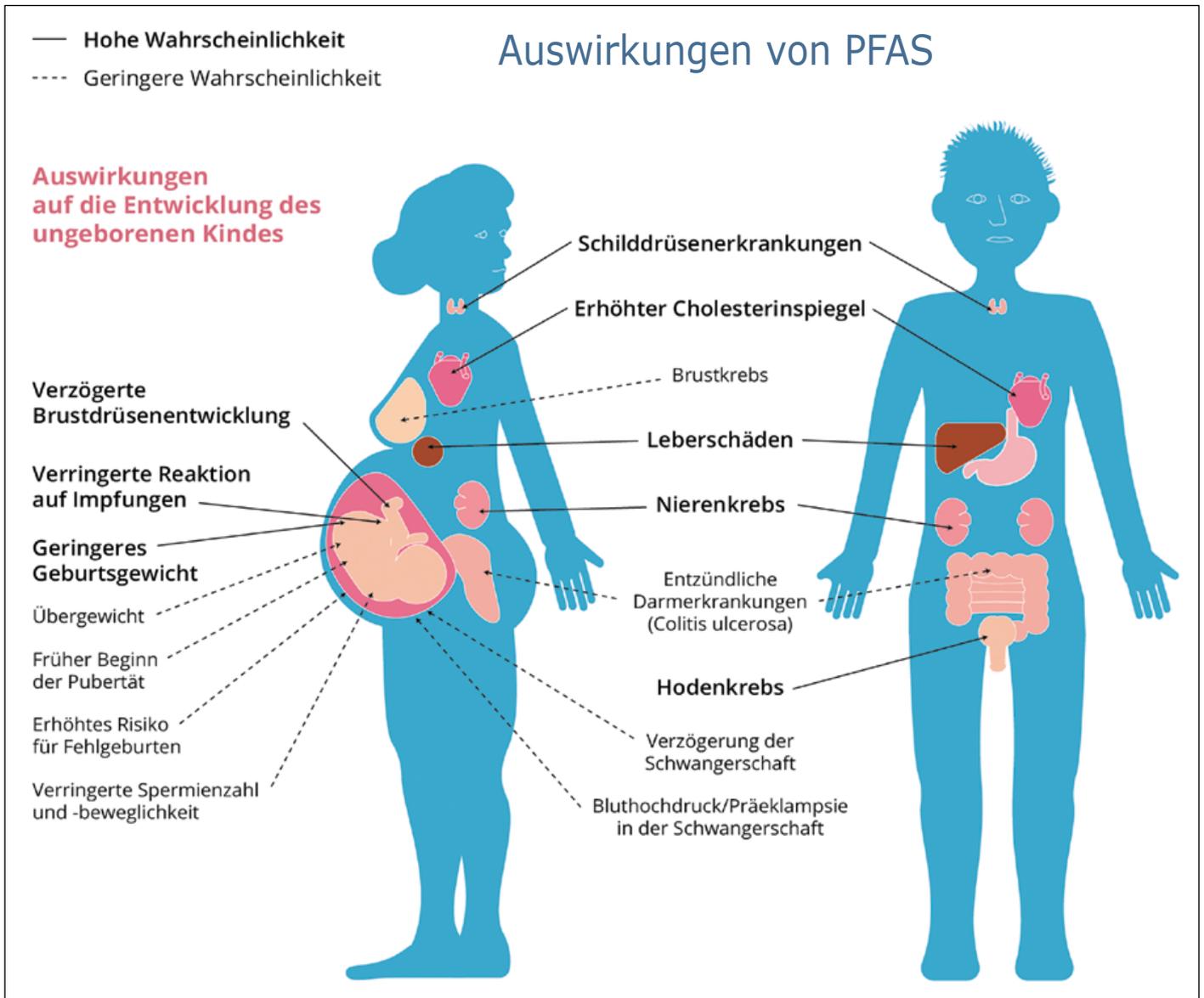
Die Plastikteppiche auf den Ozeanen reichen tief hinunter.

© Rich Carey/Shutterstock

¹ Referenzen unter www.aefu.ch/oekoskop/hrasko_referenzen

² <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

³ Letzteres hat auch Auswirkungen auf das Recycling von Plastikverpackungen. Das Recyclat kann Stoffe aus den ursprünglich damit verpackten Lebensmitteln enthalten, etwa Pestizide. <https://www.foodpackagingforum.org/resources/background-articles/migration>



Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) schaden der menschlichen Gesundheit auf vielfältige Weise. Das ist wissenschaftlicher Konsens. © European Environment Agency (EEA)

und der Karibik getroffen, wo der Rückgang durchschnittlich 94% betrug. Auch die weltweiten Süswasserarten sind mit einem durchschnittlichen Populationsrückgang von 83% unverhältnismässig stark betroffen [7]. In anderen Worten: Wie die Menschheit ist auch die Natur in den letzten Jahrzehnten dramatisch kränker geworden.

Im Zusammenhang mit den Lebensmittelverpackungen stehen die Ozeane. In den Weltmeeren schwimmen sechs grosse Müllstrudel, die enormen Mengen Plastik enthalten. Der bekannteste und grösste dieser Müllinseln ist der sogenannte «Grosse Pazifikmüllteppich» («Great Pacific Garbage Patch, GPGP»). Er befindet sich seit 1997 zwischen Hawaii und Kalifornien. Sein Kern ist vier Mal so gross wie Deutschland und

seine ganze Ausdehnung ist vierzig Mal so gross wie die Schweiz! In diesem Wirbel befindet sich so viel Plastik wie 500 Flugzeuge Boeing 747 wiegen (80 000 Tonnen). Es gibt Gebiete im Pazifik, die bis zu 45 Mal mehr Mikroplastik enthalten als Plankton [8,9].

Es erstaunt nicht, dass so viel Plastik in den Ozeanen und in den sie bevölkernden Tieren zu finden ist. Denn weltweit werden jährlich knapp 450 Millionen Tonnen neuer Plastik produziert.² Zirka zwei Millionen Tonnen davon landen ungenutzt direkt in den Ozeanen [10]. Pro Kopf verursacht die Weltbevölkerung durchschnittlich 35 Kilogramm Plastikmüll pro Jahr. In der Schweiz sind es sogar 120 Kilogramm [11,12]. Es ist relativ schwierig, sich diese enormen Mengen bildlich vorzustellen. Grob umgerechnet auf Lastwa-

gen-Ladungen, kippen wir jede Minute eine volle LKW-Ladung Plastikmüll in die Ozeane.

Es ist offensichtlich, dass wir handeln müssen, um die Biodiversität und die Gesundheit für uns und die zukünftigen Generationen zu schützen. Im Privatleben ist es banal und einfach: Den Konsum von Plastikprodukten reduzieren, das senkt den Bedarf und so schliesslich die Plastikproduktion.

Unzählige Chemikalien in Lebensmittelverpackungen

Mit unserer Ernährung essen wir die Lebensmittelverpackungen quasi gleich mit. Die chemischen Schadstoffe migrieren aus der Verpackung in den Inhalt und aus dem Inhalt migrieren Stoffe in die Verpackung.³ Zwischen der Lebensmittelverpackung und



Die isolierende Eigenschaft von Polystyren ist unbestritten praktisch. Das aber hat seinen Gesundheits- und Umweltpreis.

© Anna Efetova/Shutterstock

dem Inhalt erfolgt ein ständiger Austausch. Hohe Temperatur, lange Lagezeiten, fettige oder saure Nahrungsmittel erhöhen die Migrationseffizienz und führen damit zu höheren Belastungen der Konsument:innen.

Auf diese vielseitige Thematik hat mich die Forscherin Dr. Jane Muncke vom Food Packaging Forum (FPF) aufmerksam gemacht [13–18]. Die Realität ist nicht schwarz-weiss. Natürlich haben Lebensmittelverpackungen mehrere positive Aspekte, die zu anerkennen sind. Zu diesen gehören beispielsweise eine längere Haltbarkeit (vermeiden von Food Waste), die Platzierung der Produktinformation, bessere Hygiene und Transportierbarkeit. Hingegen wurden in den sogenannten «Materialien mit Lebensmittelkontakt» (Food Contact Materials) über 14 000 chemische Substanzen festgestellt (vgl. Beitrag Wiesinger S. 12). Nur bei zirka 30% davon wurden die gesundheitliche Auswirkungen geprüft. Wir sehen also nur die Spitze des Eisbergs. Studien fanden in Lebensmittelverpackungen 352 verschiedene Substanzen, die krebserregend oder reproduktionstoxisch wirken können sowie 22 hormonaktive Substanzen. Und die Mehrheit dieser Substanzen gelangt in die verpackten Lebensmittel [13–18].

Vier Chemikalien aus der «Spitze des Eisbergs»

Nachstehend präsentiere ich vier häufige chemische Substanzen in Lebensmittelverpackungen: ihre Eigenschaften, wo sie Vorkommen und welche ihrer Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit gemäss Tier- und epidemiologischen Studien bekannt sind.

1. Phthalate

Phthalate werden seit den 1930er-Jahren produziert. Die Weichmacher kommen in der Plastikindustrie in grossen Mengen zum Einsatz. Sie haben sehr praktische Eigenschaften. Sie sind farblos, flexibel, geschmacklos. Und –leider– lipophil (fettlöslich), das heisst, sie migrieren in fetthaltige Lebensmittel wie Milch, Butter, Fleisch etc. und akkumulieren dann im Fettgewebe der Konsument:innen. Phthalate finden sich in PVC (Polyvinylchlorid) und in den PET-Flaschen (Polyethylenterephthalat), in Milchflaschen, in Teebeuteln und Kaffee-Pads oder in den weichen Folien für die Fleischverpackung. Um sich ein Bild von der Menge verwendeter Phthalate zu machen: Im Jahr 2017 berechnete man, dass weltweit jede Minute mehr als eine Million PET Flaschen gekauft werden! Und die sehr grosse Mehrheit dieser PET Flaschen werden nach Konsum des Inhalts gleich entsorgt. Es ist eine unvorstellbare Verschwendung von Ressourcen [19].

In Europa finden sich gemäss Studien Phthalate im Urin von zirka 95% der Bevölkerung. Sie können das Risiko folgender Krankheiten erhöhen:

- Übergewicht, erhöhte Cholesterinwerte, Zuckerkrankheit und Fettleber (Steatosis hepatis);
- bei Frauen: Endometriose, frühzeitige Pubertät und frühzeitiges Eierstockversagen, unregelmässige Periode, polyzystische Ovarien, Brust-, Gebärmutter- und Eierstockkrebs;
- bei Männern: Brustvergrösserung, Fehlbildung der Harnröhre (Hypospadie), Hodenhochstand, Störung der Spermien-

produktion, Hoden-, Prostata- und Brustkrebs;

- Autoimmunerkrankungen, Asthma und Allergien;
- Schilddrüsenerkrankungen;
- direkte toxische Auswirkung auf Herz, Niere und Leber sowie Gehirn (IQ-Senkung, Hyperaktivität) [20–23].

2. Styren

Polystyren wird seit 1931 in einer radikalischen Polymerisation aus Styren produziert.⁴ Es ist eine lipophile Substanz, die sehr persistent ist und hervorragende Isolationseigenschaften hat. Aus aufgeschäumtem Polystyren werden Schaumstofflebensmittelverpackungen (Stichwort Styropor; für Take-Away, z. B. Suppen, Kaffeebecher und -deckel), Trink- und Joghurtbecher wie auch Plastikschaalen für Fleischhergestellt.

Styren ist gesundheitlich problematisch. Nachstehende Risiken sind bekannt:

- Krebserkrankungen: Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) hat diese Substanz als wahrscheinlich krebserregend eingestuft, dies aufgrund des erhöhten Risikos von Leukämie und Lymphomen, das schon seit den 1980er-Jahren bekannt ist;
- Neurotoxizität: depressive Störung, Koordinations-, Kurzzeitgedächtnis- und Konzentrationsstörungen;
- Verdacht auf Reproduktions- und Entwicklungstoxizität [24–29].

3. Bisphenol A (BPA)

Bisphenol A (BPA) ist ein lipophiler Weichmacher, produziert seit 1891. BPA ist eines der am besten untersuchten Hormongiften. Es wird für Epoxidharz verwendet, womit Alu-Konserven- und Alu-Getränkedosen innenbeschichtet werden. BPA kommt auch bei der PVC-Herstellung zum Einsatz und für PC (Polycarbonat), woraus beispielsweise durchsichtige Lebensmittel-Boxen oder PC-Flaschen (PC «Mehrweggeschirr») und die Twist-Off-Deckel entstehen.

Weiche Verpackungsfolien
«dank» Weichmacher.
© Bernd Jürgens/Alamy



BPA eignet sich, um Ihnen die aktuelle Lage der gesetzlichen Regulation näher zu bringen. Die European Food Safety Authority (EFSA) hat das TDI-Limit (Total Daily Intake) für BPA im April 2023 unter dem Druck der neusten wissenschaftlichen Daten deutlich reduziert. Im Vergleich zum täglichen Grenzwert aus dem Jahr 2015 liegt er nun 20 000-fach tiefer bei 0.2 Nanogramm pro Kilogramm Körpergewicht (ng/kg) [30]!

Grundsätzlich gilt jedoch: Bei der absoluten Mehrheit der hormonaktiven Substanzen kann kein Grenzwert eine im Sinne des Vorsorgeprinzips gesundheitliche Langzeitsicherheit garantieren. Das hat uns die Geschichte schon mehrmals gezeigt. BPA findet sich laut Studien wie die Phthalate im Urin bei zirka 95% der europäischen Bevölkerung. Die Substanz kann das Risiko dieser Krankheiten erhöhen:

- Krebserkrankungen: Darm, Brust und Eierstöcke;
- bei Frauen: polyzystische Ovarien, Fehlgeburten, Endometriose;
- bei Männern: Störung der Spermienproduktion, Libido-Senkung und Erektionsstörung;
- Erworbene Zuckerkrankheit, Fettleibigkeit und kardiovaskuläre Erkrankungen inkl. Hypertonie
- Depressive- und Angst-Störung [21,30–34]

4. Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS)

PFAS sind eine Gruppe von über 12 000 in der Regel lipophilen und daher wasserabweisenden Substanzen. Aufgrund ihrer Langlebigkeit und Persistenz in der Umwelt sowie in den Organismen, sind sie auch als «Ewigkeitschemikalien» bekannt.

Produziert werden sie seit 1938. Die PFAS finden so viele Anwendungen, dass sie bereits ubiquitär sind. Betreffend die Lebensmittelverpackungen werden sie etwa eingesetzt in beschichteten Papier- und Kartonboxen für Pizza, Popcorn, Burger, Muffins, Butter, Pommes, Salate und andere Mahlzeiten. PFAS finden sich gemäss Studien im Blut von über 90% der europäischen Bevölkerung. Diese Chemikalien können das Risiko von nachstehend aufgelisteten Krankheiten erhöhen:

- Krebserkrankungen: Brust, Hoden, Leber und Nieren;
- bei Frauen: Reduktion der Fertilität, erhöhtes Risiko für eine Frühgeburt und Schwangerschaftsabbruch, Endometriose;
- bei Exposition im Mutterleib: tieferes Geburtsgewicht, frühzeitige Pubertät, Fettleibigkeit, Störung der Spermienproduktion im Erwachsenenalter, reduzierte Reaktion auf Vakzine;
- Schilddrüsenenerkrankungen;
- erworbene Zuckerkrankheit, Fettleber und erhöhte Cholesterinwerte;
- direkte toxische Auswirkung auf Leber und Nieren (Nierenversagen) [21,35–38].

Fazit

Wollen wir Krankheiten heilen oder wollen wir ihnen vorbeugen? Prävention ist das erste Gebot, um die Anzahl chronischer Krankheiten zu senken. Auch bei den Lebensmittelverpackungen. Sie sind durch unbedenkliche Alternativen zu ersetzen.

Es ist höchste Zeit, dass wir alle handeln. Es genügt nicht, wenn die «erlaubten» Grenzwerte für einige dieser Substanzen x-fach reduziert werden. Es genügt nicht,

wenn viele von diesen Substanzen auf der REACH⁵-Kandidatenliste (schon seit Jahren) als besonders besorgniserregenden Stoffe⁶ gelistet sind oder wenn sie der POP-Verordnung (persistente organische Schadstoffe) unterliegen (Stockholm Convention⁷). Es ist Zeit, dass wir die Verwendung von Lebensmittel-Kunststoffverpackungen auf das absolut notwendige Minimum reduzieren. Anstatt Plastik können wir in vielen Situationen Glas oder Metall verwenden.

Wir wirken damit präventiv. Einerseits egoistisch, um Krankheiten bei uns selbst zu vermeiden, respektive als Frau auch bei der nächsten Generation. Andererseits helfen wir mit dem Verzicht auf unnötige Lebensmittelverpackungen der Natur. Wir entlasten sie vom Müll, zu dem Lebensmittelverpackungen werden, kaum sind sie leer. Jeder Einkauf zählt: Entscheiden Sie sich für eine gesündere Lebensmittelwelt! ■

Referenzen unter www.aefu.ch/oekoskop/hrasko_referenzen

Dipl. Arzt Tomáš Hraško ist Facharzt FMH für Endokrinologie und Diabetologie an der Seegarten Klinik in Kilchberg ZH und Oberarzt im Notfallzentrum der Hirslanden Klinik Linde in Biel BE. Er ist ärztlicher Leiter der internationalen Fortbildung Klinische Umweltmedizin SCOPRO und zertifizierter Waldtherapie-Guide ANFT. Mit seiner Ehefrau ist er Mitgründer des Projekts Phoenix-Health⁸, das sich mit Umweltgesundheit und Gesundheitsförderung beschäftigt. info@phoenixhealth.ch, www.scopro.de/en/clinical-environmental-medicine-2

⁴ https://de.wikipedia.org/wiki/I.G._Farben

⁵ REACH ist die Chemikalienverordnung der EU.

⁶ Substances of very high concern (SVHC); <https://echa.europa.eu/candidate-list-table>

⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Stockholm_Convention_on_Persistent_Organic_Pollutants

⁸ www.phoenixhealth.ch

Kunststoffe enthalten unzählige Chemikalien

– ein Problem in der Medizin?

Helene Wiesinger, ETH Zürich
und Food Packaging Forum, Zürich

Kunststoffe setzen verschiedenste Chemikalien frei – auch bei der Verwendung im Medizinbereich.

Recycling löst die Problematik nicht. Stattdessen braucht es Transparenz und einen reduzierten Einsatz.

Kunststoffe sind aus der modernen Medizin nicht mehr wegzudenken. Sie finden sich in einer Vielzahl von Produkten und Anwendungen, die von Vinylhandschuhen und Blutbeutel bis hin zu sterilen Verpackungen und Masken reichen. Ihre Vielseitigkeit, Leichtigkeit, Flexibilität und Widerstandsfähigkeit machen Kunststoffe in der Medizin unverzichtbar. Sie ermöglichen steriles Arbeiten und vereinfachen zahlreiche Abläufe. Ausserdem machen sie die Herstellung der komplexen Formen möglich, die für zahlreiche medizinische Geräte notwendig sind.

Vielfalt der Kunststoffe

Für die Herstellung von Medizinprodukten kommen verschiedene Kunststoffe zum Einsatz wie:

- Polyvinylchlorid (PVC) für Vinylhandschuhe und Infusionsbeutel;
- Polypropylen (PP) für Einwegspritzen und OP-Masken;
- Polyamid (PA) für Kompressionsstrümpfe;
- Polystyrol (PS) für Reagenzgläser und Petrischalen;
- Polyethylenterephthalat (PET) und Polyethylen (PE) für Medikamentenverpackungen [1] ¹

In der Schweiz wurden 2017 im medizinischen Bereich etwa 14 000 Tonnen Kunststoffe verwendet, was rund 1.7 % des gesamten Kunststoffverbrauchs hierzulande ausmacht. Es handelte sich hauptsächlich um PE, PP, PVC und PS [2].

Recycling gestaltet sich schwierig

Die Verwendung von Einwegkunststoffen im medizinischen Bereich bringt erhebliche

Herausforderungen mit sich, da sie nach einmaligem Gebrauch entsorgt werden müssen. Diese Kunststoffabfälle tragen wesentlich zur Umweltverschmutzung durch Makro- und Mikroplastik bei (vgl. Beitrag Taladriz, S. 15) [3]. Die Produktion erfordert zudem grosse Mengen an nicht erneuer-

baren Ressourcen und verursacht hohe CO₂-Emissionen [4]. Recycling wird häufig als Lösung für genau diese Probleme angepriesen, um Ressourcen zu schonen, Abfall zu vermeiden und den CO₂-Ausstoss zu verringern. Allerdings ist Recycling insbesondere im medizinischen Bereich mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden (Abb. 2).

Kontamination: Nach Gebrauch sind medizinische Kunststoffe oft mit Blut, Körperflüssigkeiten, Bakterien, Viren, anderen biologischen Materialien oder Medikamenten kontaminiert. Diese Kontamination erschwert oder verhindert eine sichere Handhabung in Recyclingbetrieben [5].

Vielzahl an Kunststoffen und Verbundmaterialien: In der Medizin kommen viele unterschiedliche Kunststofftypen zum Einsatz, die sich in der Regel nicht gemeinsam recyceln lassen. Darüber hinaus bestehen viele Medizinprodukte aus sogenannten Verbundmaterialien. Sie kombinieren verschiedene Komponenten miteinander, die sich kaum wieder trennen lassen, weshalb sie nicht recycelbar sind.

Hohe Qualitätsanforderungen: Neuware im medizinischen Bereich muss strenge Qualitätsanforderungen erfüllen. Diese Anforderungen sind durch Recyclingmaterialien kaum zu erfüllen, weil die erforderliche Reinheit des Kunststoffes in heutigen Recyclingprozessen nicht wirtschaftlich sichergestellt werden kann. Um das Recycling dennoch umweltfreundlich zu gestalten, müssen alternative Verwendungen für das Rezyklat gefunden werden [6].

Chemische Vielfalt: Auch innerhalb der gleichen Kunststoffgruppe enthalten medizinische Kunststoffe eine Vielzahl von



© Bob Turner/Alamy

Ausgerechnet im Gesundheitswesen «überdauern» schädliche Kunststoff-Chemikalien in Medizinprodukten, während für andere Anwendungen bereits restriktivere Regeln gelten. Symbolbild: Infusionsbeutel.



© Helene Wiesinger

In der Medizin kommen Produkte aus unterschiedlichsten Kunststoffen mit alle ihren Additiven in unmittelbaren Körperkontakt.

© Bicanski/Pixnio

Chemikalien, welche ihre jeweiligen Eigenschaften für den spezifischen Einsatz optimieren. Teilweise sind auch gesundheitsschädliche Chemikalien im Gebrauch, was das Recycling zusätzlich erschwert. Aufgrund der komplexen und zeitaufwändigen Zertifizierungsverfahren im Medizinbereich dauert es teilweise sehr lange, bis Alternativen verwendet werden. Dadurch sind hier paradoxerweise gesundheitsschädliche Chemikalien länger in Gebrauch als in anderen Produkten. Diese Faktoren verdeutlichen, dass Recycling im medizinischen Bereich keine einfache Lösung ist und alternative Ansätze notwendig sind, um auch hier die

Umweltbelastung durch Kunststoffe zu verringern.

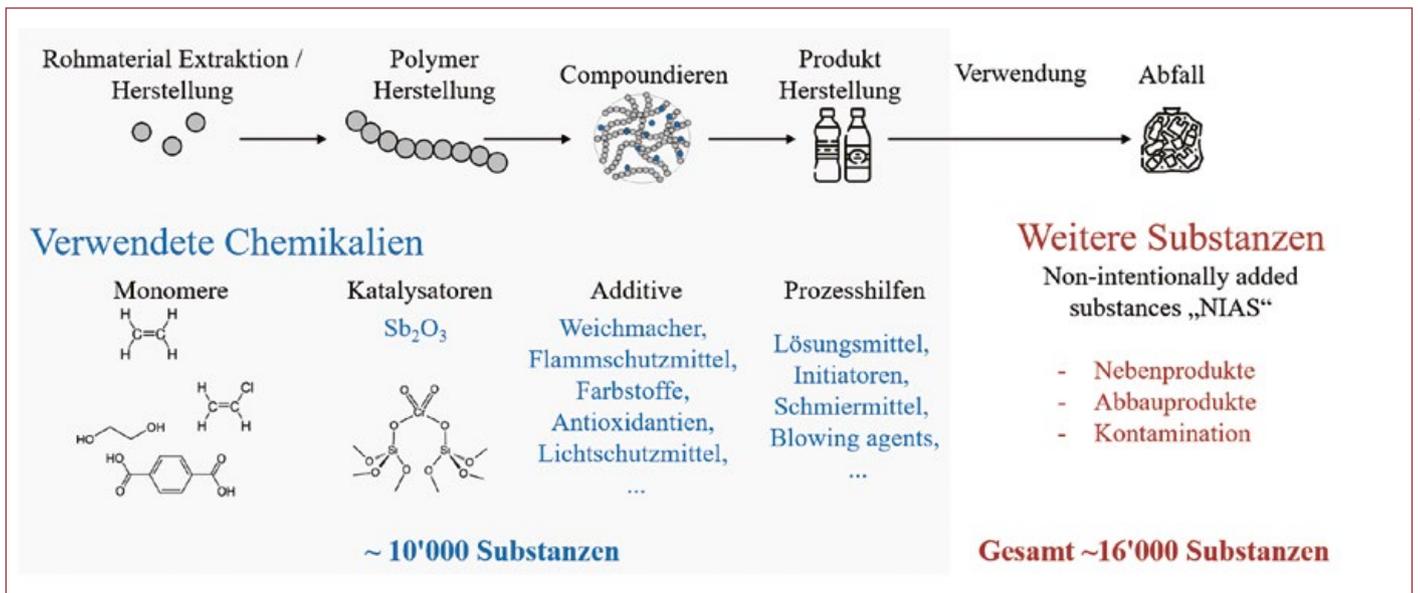
Gesundheitsschädliche Chemikalien

Kunststoffe enthalten verschiedenste chemische Substanzen, von denen einige potenziell gesundheitsschädlich sind. Bei der Herstellung von Kunststoffprodukten kommen Monomere, Additive und Prozesshilfsmittel zum Einsatz (vgl. Grafik). Es werden mehr als 10 000 verschiedene Substanzen verwendet, darunter Weichmacher, Flammenschutzmittel, Antioxidantien, Farbstoffe, Lösungsmittel und Schmiermittel [7].

Zusätzlich können durch Abbau, Nebenreaktionen und Kontamination weitere Chemikalien vorkommen, sodass die Palette an Kunststoffchemikalien derzeit auf etwa 16 000 geschätzt wird [8]. Ein Viertel dieser Substanzen gilt als umwelt- oder gesundheitsschädlich, etwa weil sie persistent, krebserregend oder reproduktionstoxisch sind. Für viele weitere Chemikalien fehlen jedoch ausreichende Daten, um Umwelt- und Gesundheitsrisiken sicher ausschliessen zu können.

¹ Referenzen unter www.aefu.ch/oekoskop/wiesinger_referenzen

Riesige Palette an Chemikalien in der Kunststoffherstellung



© Helene Wiesinger

Über 10 000 Chemikalien kommen bei der Kunststoffproduktion gezielt zum Einsatz, weitere 6000 Substanzen gelangen wahrscheinlich unbeabsichtigt ins Material (NIAS).

Trotz der intensiven Exposition gegenüber Medizinprodukten sind kaum Daten über die Zusammensetzung der dafür verwendeten Kunststoffe zugänglich.

© Tryna Inshyna/Shutterstock

Besorgniserregende Weichmacher

Unter den besorgniserregenden Substanzen sind beispielsweise einige ortho-Phthalate, die vor allem als Weichmacher in PVC-Produkten eingesetzt werden. Einige dieser Phthalate, wie DEHP (Diethylhexylphthalat), sind gut untersucht und bekannt dafür, reproduktionstoxisch zu wirken und den Hormonhaushalt zu stören (endokrine Disruptoren, vgl. Beitrag Hraško S. 8).

Besonders problematisch ist der Einsatz von DEHP in vielen medizinischen Kunststoffprodukten wie Infusionsbeuteln oder Schläuchen. Während DEHP in nicht-medizinischen Produkten aufgrund seiner umweltschädlichen Eigenschaften seit einigen Jahren verboten ist (in der Schweiz und der EU seit 2015), ist seine Verwendung im Medizinbereich durch eine spezifische Zulassung erlaubt. Gerade die Zulassung im medizinischen Bereich ist jedoch besonders kritisch, da hier beispielsweise durch den direkten Kontakt und Stoffaustausch mit Körperflüssigkeiten oder Schleimhäuten eine intensive Exposition stattfindet, die sogar gesetzliche Grenzwerte überschreiten kann [9].

Fehlende Transparenz

Neben DEHP können medizinische Kunststoffe auch viele weitere Chemikalien enthalten. Obwohl der Medizinbereich grundsätzlich stärker reguliert ist und Chemikalien in diesen Produkten häufig eine spezifische Konformitätsbewertung bzw. Zertifizierung erfordern, sind detaillierte Informationen über die chemische Zusammensetzung der verwendeten Materialien meist nicht öffentlich zugänglich. Ohne Kenntnis der chemischen Zusammensetzung lassen sich Exposition und Risiken nicht ausreichend bewerten. Daten zur Zusammensetzung stammen vor allem aus chemischen Analysen der Produkte. In der kürzlich veröffentlichten LitChemPlast-Datenbank



haben wir in einem grossen Team von Wissenschaftler:innen Messdaten aus vergangenen Studien zusammengetragen [10]. Weniger als 50 aktuelle Studien haben sich bislang mit Kunststoffen im Medizinbereich beschäftigt, hauptsächlich mit ortho-Phthalaten und alternativen Weichmachern. Es bleiben also viele Fragen zu den Chemikalien in medizinischen Kunststoffen offen.

Was nun?

Produkte aus Kunststoffen werden auch in der Medizin wegen ihrer Vielseitigkeit und der Effizienzsteigerung geschätzt. Doch die Abhängigkeit von Einwegprodukten sollte dringend verringert werden.

Recycling allein wird das Problem der Einwegkunststoffe nicht lösen, da es mit erheblichen Herausforderungen wie kontaminiertem Abfall, geringen Materialmengen, vielfältigen Kunststoffarten und dem Fortbestand bereits verbotener Chemikalien konfrontiert ist. Diese Faktoren machen ein umfassendes Recycling in naher Zukunft nahezu unmöglich. Weitere Ansätze aus der Kreislaufwirtschaft, insbesondere die Wiederverwendung, bieten hier mehr Potenzial. Allerdings erfordert die Wiederverwendung oft aufwändige Prozesse wie Reinigung und Sterilisation, die den Arbeitsablauf verlangsamten können.

Gleichzeitig sollte verstärkt auf die Entwicklung sicherer und umweltfreundlicher Alternativen geachtet werden, sowohl im Hinblick auf Materialien als auch auf Chemikalien. Für einige problematische Substanzen wie die ortho-Phthalate, existieren bereits Alternativen, wie Diethylhexyladipat (DEHA) oder Diethylhexylterephthalat (DEHT). Eine gründliche Bewertung, grössere Transparenz und kontinuierliche Überwachung dieser Ersatzstoffe sind jedoch unerlässlich. Dies soll sicherstellen, dass sie langfristig keine neuen Risiken hervorbringen.

Referenzen unter www.aefu.ch/oekoskop/wiesinger_referenzen

Dr. Helene Wiesinger schrieb ihre Doktorarbeit über gesundheitsschädliche Chemikalien in Kunststoffen an der ETH Zürich. Inzwischen arbeitet sie beim Food Packaging Forum² als Scientific Communication Officer, entwickelt und pflegt chemische Datenbanken und kommuniziert neueste Forschungsergebnisse zu Lebensmittelverpackungen und -materialien.

helene.wiesinger@fp-forum.org
<https://esd.ifu.ethz.ch/research/research-projects/research-and-theses/clean-cycle.html>

² www.foodpackagingforum.org

Welche Risiken bergen Mikro- und Nanoplastik für die menschliche Gesundheit?

Patricia Taladriz-Blanco,
Adolphe Merkle Institute, Fribourg FR

Plastik ist überall. Kleinste Partikel scheinen bis in unsere Zellen vorzudringen. Der Forschungsbedarf ist riesig. Für Datenvergleich und Langzeitstudien fehlt es aber an standardisierten Methoden.

Die Begriffe Plastik und Polymere werden oft synonym verwendet, obwohl sie unterschiedliche Konzepte in der Materialwissenschaft und -technik beschreiben. Beide spielen zwar gleichermaßen eine wichtige Rolle als alltäglichen Werkstoffe, dennoch ist eine klare Unterscheidung notwendig, um ihre Bedeutung vollständig zu verstehen. Dies ist besonders wichtig, wenn es um Umwelt- und Gesundheitsfragen im Zusammenhang mit Mikro- und Nanoplastik geht.

Definition des Unterschieds

Polymere sind grosse Moleküle (Makromoleküle), die sich aus wiederholenden Untereinheiten, den sogenannten Monomeren, zusammensetzen. Diese können entweder natürlich vorkommen oder synthetisch hergestellt sein. Die Grösse der Polymere kann von nur wenigen Monomeren bis hin zu hunderten oder gar tausenden variieren.

Plastik ist dabei eine spezifische Kategorie von Polymeren, mit der besonderen Eigenschaft, sich unter Anwendung von Hitze und Druck zu verformen. Zudem zeichnet sich Plastik dadurch aus, dass durch Beimischung von verschiedenen Zusatzstoffen, bestimmte Eigenschaften beeinflusst werden. Dadurch ist Plastik besonders vielseitig einsetzbar. Zu diesen Zusatzstoffen gehören Weichmacher, Stabilisatoren, Füll- und Farbstoffe, die zur Flexibilität und Haltbarkeit des Materials beitragen. Heutzutage ist Plastik in fast allen Lebens-

bereichen allgegenwärtig und wird für Verpackungen, Haushaltsgegenstände und bis hin für medizinische Geräte sowie Autoteile verwendet.¹ Allerdings hat die weit verbreitete Nutzung von Plastik vor allem in den letzten Jahren zu wachsender Besorgnis hinsichtlich Umweltverschmutzung geführt, insbesondere im Zusammenhang mit Mikro- und Nanoplastik.

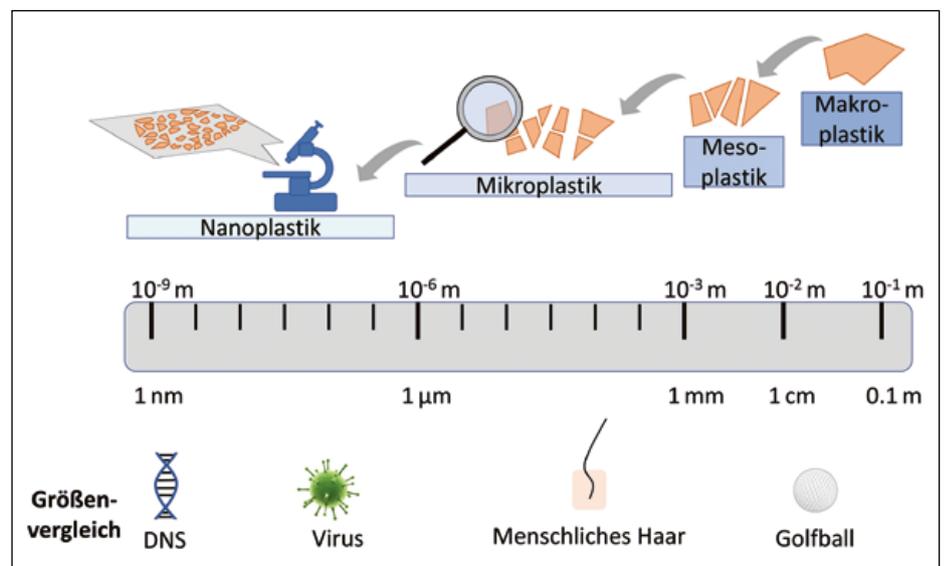
Grössenabhängige Klassifizierung

Die Klassifizierung von Plastikpartikeln anhand ihrer Grösse ist ein entscheidender Aspekt für das Verständnis ihrer Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit. Trotz anhaltendem Diskurs innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft hat sich ein allge-

meiner Konsens über die Definitionen von Mikro- und Nanoplastik gebildet. Mikroplastik wird in der Regel als Plastikpartikel definiert, welche kleiner als 5 Millimeter (mm) und grösser als 1 Mikrometer (μm) sind. Innerhalb dieser Kategorie wird Mikroplastik weiter unterteilt in grosses Mikroplastik, d. h. Partikel mit einer Grösse von 5 mm bis 100 μm und kleines Mikroplastik, d. h. Partikel mit einer Grösse von 100 bis 1 μm . Nanoplastik wiederum ist definiert als Plastikpartikel, welche kleiner als 1 μm ist.

Diese sehr kleinen Nanoplastikpartikel stehen besonders im Fokus, da sie im Verdacht stehen, biologische Barrieren zu durchdringen und somit in Zellen eindringen zu können. Die Quellen von Mikro-

Grösseneinteilung von Plastikteilchen



Kategorisierung von Plastikpartikeln mit Grössenvergleich.

© Andreas Mattern / Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)

¹ ISO/TR 21960:2020. Plastics – Environmental aspects – State of knowledge and methodologies; IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the «Gold Book»); Science for Environment Policy (2023) Nanoplastics.

und Nanoplastik sind vielfältig. Sie können primär sein, d. h. sie werden absichtlich in dieser Grösse hergestellt (z. B. Mikroperlen in Kosmetika) oder sekundär, d. h. sie entstehen bei der Zersetzung grösserer Plastikteile durch Umwelteinflüsse wie UV-Strahlung oder Prozesse wie mechanischer Abrieb und biologische Zersetzung.²

Exposition des Menschen

Die Exposition des Menschen gegenüber Mikro- und Nanoplastik ist ein vielschichtiges Problem. Es gibt mehrere Wege, über welche diese Partikel in den Körper gelangen können. Mikro- und Nanoplastik können Lebensmittel und Wasserquellen verunreinigen, wodurch sie leicht aufgenommen werden. In verschiedenen Studien wurde Mikroplastik in einer Reihe von Lebensmitteln nachgewiesen, darunter Meeresfrüchte, Salz, Honig sowie in Trinkwasser. Des Weiteren gibt es Hinweise, dass in der Luft befindliches Mikro- und Nanoplastik eingeatmet werden kann. Und trotz der allgemein wirksamen Hautbarriere scheint Mikro- und Nanoplastik unter bestimmten Bedingungen die Haut durchdringen zu können. Diese potenziellen Expositionswege sind bisher wenig erforscht und es sind weitere Studien erforderlich. Etwa um festzustellen,

inwieweit die Absorption über die Haut zur Gesamtexposition gegenüber Plastikpartikeln beiträgt.³

Herausfordernde Bewertung der potenziellen Toxizität

Die genaue Bewertung der mit Mikro- und Nanokunststoffen verbundenen Gesundheitsrisiken ist eine komplexe Aufgabe. Sie wird durch mehrere wissenschaftliche und technische Herausforderungen beeinflusst. So ist der Nachweis und die Quantifizierung von Mikro- und Nanoplastik in Umwelt- und biologischen Proben aufgrund ihrer geringen Grösse und der enormen Vielfalt von Plastikarten schwierig. Darüber hinaus ist die Unterscheidung von Mikro- und Nanoplastik von anderen natürlichen organischen Stoffen aufgrund ihrer ähnlichen chemischen Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften eine Herausforderung. Ausserdem sind Mikro- und Nanoplastik sehr polydispers, d. h. sie variieren stark in Grösse, Form und chemischer Struktur. Diese Heterogenität erschwert ihre Charakterisierung und die Interpretation von Toxizitätsdaten.

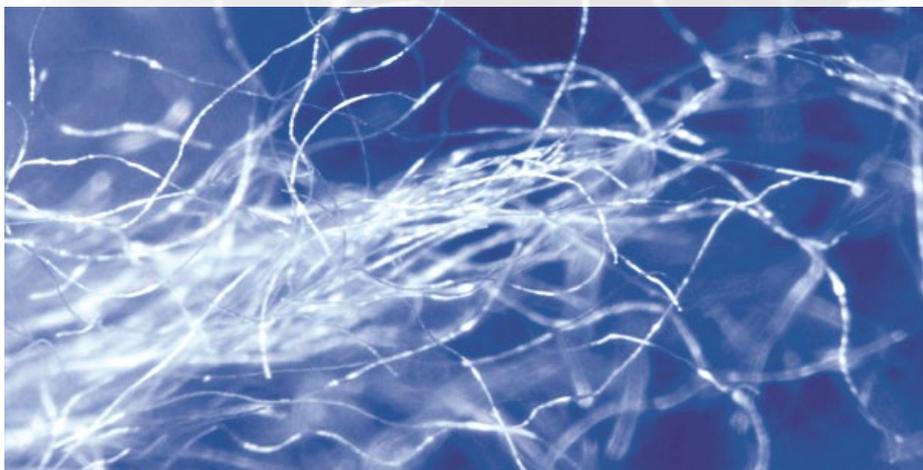
Die Entwicklung standardisierter Methoden zur Probenentnahme von Mikro- und Nanoplastik aus verschiedenen Umgebun-



gen, einschliesslich Wasser, Luft, Boden und biologischen Proben, ist daher eine wichtige Aufgabe.

Zu diesen Umgebungen gehören vor allem Süsswasser, Meerwasser, Atmosphäre und terrestrische Systeme. Aktuelle Methoden leiden häufig unter Kontaminationsproblemen und erfassen möglicherweise nicht die gesamte Grössenverteilung der vorhandenen Partikel. Die in der Umwelt zu erwartenden Konzentrationen von Mikro- und Nanokunststoffen reichen von Milligramm pro Liter (mg/l) bis zu Nanogramm pro Liter (ng/l).

Es fehlt jedoch an Methoden mit erforderlicher Empfindlichkeit, um diese niedrigen Konzentrationen genau zu bestimmen. Zudem enthalten Kunststoffe eine Vielzahl von Zusatzstoffen, darunter Weichmacher, Flammschutzmittel und Pigmente, die mit der Zeit austreten und zur Toxizität des Materials beitragen können. Die Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen dieser Zusatzstoffe ist ein weiterer komplexer Aspekt. Darüber hinaus können Alterungsprozesse in der Umwelt, wie beispielsweise UV-Zersetzung und Oxidation, die chemische Zusammensetzung von Kunststoffen verändern, was sich ebenfalls auf ihre Toxizität auswirken könnte.⁴



Mikro- und Nanoplastik aus Textilien, hier Fleece-Fasern.

© Fraunhofer UMSICHT



Die Welt ist voll davon:
Mikroplastikpartikel.
© press609/iStock

umfasst sowohl die Probenahme, verbesserte Analysemethoden und die Herstellung von Referenzproben. Dadurch können Studien wesentlich einfacher miteinander verglichen und gleichzeitig die menschliche Mikro- und Nanoplastikexposition genauer bestimmt werden. Darüber hinaus sollten sich Richtlinien auf die Reduzierung von Plastikmüll, die Verbesserung des Plastikrecyclings und die Entwicklung von Techniken zur Entfernung von Plastikmüll aus der Umwelt – einschliesslich Mikro- und Nanoplastik – konzentrieren.⁵

Aktuelle Bedenken und zukünftige Forschung

Die weitverbreitete Präsenz von Mikro- und Nanoplastik in der Umwelt und im menschlichen Körper ist ein wachsendes Problem mit potenziellen Auswirkungen auf Ökosysteme, öffentliche Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. Es sind jedoch noch erhebliche Anstrengungen erforderlich, um die Nachweismethoden zu verbessern, potenzielle gesundheitliche Auswirkungen zu verstehen und die vielen wissenschaftlichen Unsicherheiten in diesem Bereich zu klären. Um die Erkennung und Quantifizierung von Mikro- und Nanoplastik zu verbessern, braucht es vor allem Fortschritte bei analytischen Techniken. Dazu gehört die Entwicklung von Methoden mit höherer Sensitivität und Spezifität sowie die Weiterentwicklung bestehender Instrumente, um Grösse, Form und chemische Zusammensetzung dieser Partikel besser charakterisieren zu können.

Weitere Forschung ist erforderlich, um die toxikologischen Mechanismen aufzuklären, die den potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen von Mikro- und Nanoplastik

² Science for Environment Policy (2023) Nanoplastics.

³ Environmental Science and Technology, 2019, 53, 1748; NanoImpact, 2023, 29, 100441.

⁴ Chemosphere, 2022, 293, 133514; Chemical Reviews, 2021, 121, 11886; Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2023, 415, 3007.

⁵ NanoImpact, 2023, 29, 100441.

Aktueller Diskurs in der Mikro- und Nanoplastikforschung

Die wissenschaftliche Gemeinschaft diskutiert weiterhin über mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Mikro- und Nanoplastik. Eine der drängendsten Fragen ist, ob Mikro- und Nanoplastik aus dem Magen-Darm-Trakt oder der Lunge in andere Organe gelangen und so im Körper akkumuliert werden könnten. Die langfristigen gesundheitlichen Auswirkungen einer chronischen Exposition gegenüber Mikro- und Nanoplastik sind noch weitgehend unbekannt. Studien zur akuten Toxizität geben zwar einen gewissen Einblick, erfassen aber oft nicht die unscheinbaren, langfristigen Auswirkungen, die sich aus einer geringen, aber chronischen Exposition ergeben könnten.

Zudem wächst die Besorgnis, dass Mikro- und Nanoplastik toxische Wirkungen auf zellulärer Ebene haben könnten. Denn es gibt Hinweise, dass sie Immunreaktionen, Entzündungen und möglicherweise sogar allergische Reaktionen auslösen könnten. Die spezifischen Mechanismen, die dem zugrunde liegen, sind jedoch nur unzureichend bekannt. Es braucht weitere Forschung, um die beteiligten Stoffwechselvorgänge im Detail zu verstehen. Die geringe Datengrundlage und der Mangel an langfristigen epi-

demologischen Studien erschweren somit die Festlegung sicherer Expositionswerte für Mikro- und Nanoplastik. Dies ist auch der Grund, warum die derzeitigen rechtlichen Rahmenbedingungen noch keine spezifischen Grenzwerte für die Exposition gegenüber Mikro- und Nanoplastik enthalten. Das unterstreicht den Bedarf an weiterer Forschung für die politische Entscheidungsfindung.

Bedarf an standardisierten Methoden

Die primären Expositionswege von Mikro- und Nanoplastik für den Menschen, sei es durch Nahrungsaufnahme, Inhalation oder dermale Absorption, sind noch nicht im Detail verstanden. Wichtig wäre ebenfalls die Bestimmung der relativen Beiträge der verschiedenen Expositionswege an die Gesamtexposition. Zu untersuchen ist auch, inwieweit Mikro- und Nanoplastik das Potenzial haben, genetische Mutationen oder Krebs zu verursachen. Um diese Fragen zu beantworten, wird es vor allem Langzeitstudien brauchen.

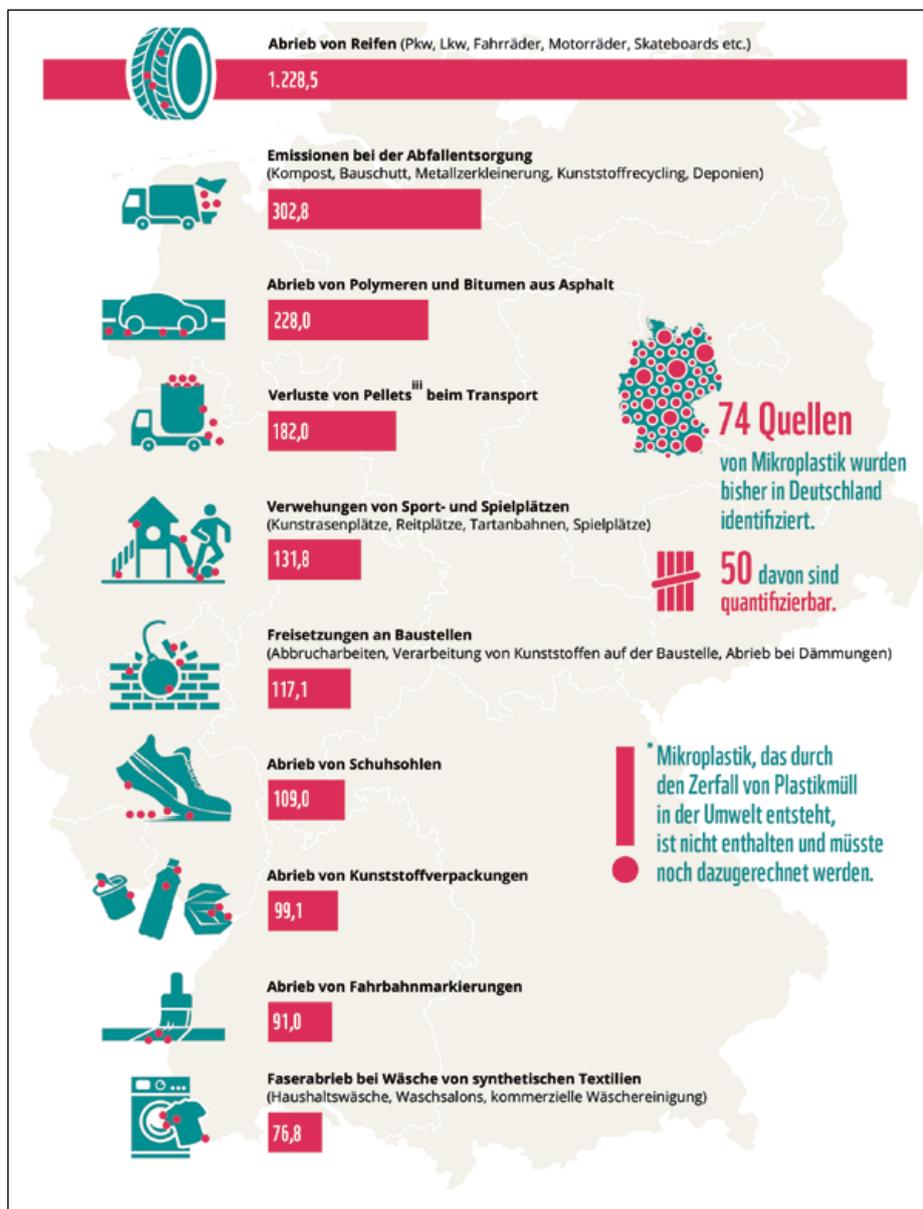
Als erster Schritt dafür gilt es, standardisierte und leicht zugängliche Methoden für die Detektion und Quantifizierung von Mikro- und Nanoplastik zu etablieren. Dies

zugrunde liegen. Dazu gehört die Untersuchung, wie diese Partikel auf molekularer und zellulärer Ebene mit biologischen Systemen interagieren, sowie die Untersuchung

potenzieller Bioakkumulation und langfristige Auswirkungen bei chronischer Exposition. Weiterhin ist es wichtig hervorzuheben, dass hinsichtlich der Quellen, des Lebens-

zyklus und den Auswirkungen von Mikro- und Nanoplastik noch erhebliche Wissenslücken bestehen. Künftige Forschung sollten sich darauf konzentrieren, die Umweltpfade dieser Partikel zu verstehen, wichtige Expositionsquellen zu ermitteln und ihre Konzentrationen in verschiedenen Umweltbereichen zu quantifizieren.

Top-Ten-Quellen von Mikroplastik



Wissensbedarf bei Umweltpfad und Wechselwirkungen

Darüber hinaus ist Forschung erforderlich, um die Wirksamkeit aktueller Plastikvermeidungsstrategien zu bewerten und neue Ansätze zur Reduzierung der Mikro- und Nanoplastikverschmutzung zu entwickeln. Schliesslich bestehen trotz der zunehmenden Forschung zu Mikro- und Nanoplastik weiterhin viele wissenschaftliche Unsicherheiten. Daher sind erhebliche Investitionen in die Forschung erforderlich, um die Quellen, den Verbleib und die Auswirkungen von Mikro- und Nanoplastik zu verstehen. Dazu gehört die Untersuchung der Umweltpfade, über die diese Partikel entstehen, transportiert und abgelagert werden, sowie die Untersuchung ihrer Wechselwirkungen mit anderen Schadstoffen wie Schwermetallen und organischen Schadstoffen. Nicht zuletzt sollte sich die Forschung auf das Verständnis der toxikologischen Mechanismen konzentrieren, die durch Mikro- und Nanoplastik verursacht werden könnten, sowie auf die Identifizierung von Biomarkern spezifisch für Plastikexposition.

Übersetzung: Moritz Friedrich Häffner

Dr. Patricia Taladriz-Blanco ist Chemikerin und Gruppenleiterin am Adolphe Merkle Institute der Universität de Fribourg. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt auf der Entwicklung von Analysestrategien zum Nachweis von Mikro- und Nanoplastik.

patricia.taladrizblanco@unifr.ch
 www.ami.swiss

Quellen der jährlich freigesetzten Mengen an Mikroplastik in Gramm pro Person am Beispiel Deutschlands, insgesamt ca. 4 Kilogramm (ohne Zerfallsprodukte von Plastikmüll in der Umwelt). © WWF Deutschland

Mikroplastik aus Reifenabrieb

entlang Solothurner Strassen

Dominika Kundel, Andreas Fliessbach et al.¹,
Forschungsinstitut für biologischen Landbau
(FiBL), Frick AG

Landwirtschaftliche Böden sind mit abgeriebenen Reifenpartikeln belastet. Das ist bekannt und doch kaum untersucht. Experimente zeigen: Das Wissen genügt, um den Boden bereits jetzt davor zu schützen.

Mikroplastik ist in aller Munde: Die winzigen Kunststoffpartikel mit einem Durchmesser von weniger als 5 Millimetern werden zunehmend als eine bedeutende Ursache der Bodenverschmutzung angesehen. Mikroplastik ist mittlerweile in allen Böden der Schweiz nachweisbar, selbst in Böden abgelegener Naturschutzgebiete [1]². Neben Quellen wie Kosmetika, Kunststoffabfällen und der Zersetzung grosser Plastikteile stellt der im Strassenverkehr entstehende Reifenabrieb einen der grössten Eintrittspfade für Mikroplastik in die Umwelt dar.

Reifen bestehen aus synthetischen Kunststoffen wie Polybutadien und Styrol-Butadien-Kautschuk. Darüber hinaus enthalten Reifen eine Vielzahl von Schwermetallen wie Zink, Kupfer, Blei und Cadmium als Zusatzstoffe sowie eine Reihe organischer Verbindungen, darunter Kohlenwasserstoffe Weichmacher und Stabilisatoren. Im Verlauf ihrer Nutzung verschleissen Reifen beim Kontakt mit der Strasse und setzen dabei winzige Kunststoffpartikel frei. Faktoren, wie die Art und das Alter des Fahrbahnbelags, die Fahrgeschwindigkeit, häufiges Bremsen und Beschleunigen sowie der Typ der Reifen und Fahrzeuge, beeinflussen die Menge des beim Fahren entstehenden Reifenabriebs. Schätzungen gehen davon aus, dass jeder Mensch weltweit jährlich zwischen 0,23 und 4,5 kg Reifenabrieb erzeugt [2]. Wagner et al. [3] schätzten den jährlichen Reifenabrieb pro Einwohner in Deutschland auf 1,7 Kilo-

gramm. In der Schweiz wurde der jährliche Eintrag von Reifenabrieb auf etwa 8900 Tonnen geschätzt, was mehr als 60% der gesamten Mikroplastikmenge entspricht, die in der Schweiz erzeugt wird. Dies entspricht etwa 1 Kilogramm Reifenabrieb pro Einwohner:in im Jahr 2020.

Dünne Datenbasis

Der im Verkehr generierte Reifenabrieb kann mit dem Wind oder mit den Strassenabwässern in die angrenzenden Böden gelangen, wobei letzteres insbesondere entlang von Strassen, die nicht an ein geeignetes Abwässersystem angeschlossen sind, zu erheblichen Einträgen führen kann und Böden somit zu einer zentralen Senke für Reifenabrieb werden können. Aktuell gibt es allerdings nur sehr wenige direkte Messungen zur Belastung von Böden durch Reifenabrieb. Dieser Mangel an Daten ist zum Teil auf die begrenzte Verfügbarkeit allgemein

zugänglicher und kostengünstiger Extraktions- und Analysemethoden beziehungsweise auf das Fehlen einer allgemein anerkannten Standardmethode zurückzuführen. Dies führt dazu, dass die wissenschaftliche Gemeinschaft in Bezug auf präzise Werte zur Bodenbelastung durch Reifenabrieb noch auf unsicherem Terrain agiert.

Zusätzlich fehlt es auch an Untersuchungen zu den Auswirkungen von Reifenabrieb auf das Pflanzen-Bodensystem und die Nahrungsmittelproduktion in angrenzenden landwirtschaftlichen Anbaugeländen. Eine der wenigen veröffentlichten Studien zeigt, dass die Zugabe von Reifenabrieb mehrere biogeochemische Bodenparameter beeinflusst und sich negativ auf das Pflanzenwachstum auswirken kann [4]. Insbesondere Zink, das aus den Reifenpartikeln freigesetzt wird [5-7], könnte hier eine Rolle spielen. Aber auch andere Chemikalien wie polyzyklische aromatische Kohlen-

Plastik und Bodengesundheit

Das EU-finanzierte Forschungsprojekt MINAGRIS (Micro- and Nanoplastics in Agricultural Soils) analysiert die Auswirkungen von Mikro- und Nanoplastik im landwirtschaftlichen Kontext.

Zwanzig europäische Institutionen aus zwölf europäischen Ländern untersuchen in elf Fallstudien, davon zwei in Österreich und eine in der Schweiz, den Einsatz von Plastik (Mulchfolien und andere landwirtschaftliche Plastikmaterialien) in verschiedenen landwirtschaftlichen Systemen und deren Aus-

wirkungen auf die Bodengesundheit. An jeder Fallstudie ist ein regionales Netzwerk von landwirtschaftlichen Betrieben beteiligt.

Ziel des Projekts ist es, Landwirt:innen und ihren Interessenvertreter:innen Instrumente und Anleitungen an die Hand zu geben, um die Verschmutzung ihrer Böden zu bewerten. Ausserdem soll es Praktiker:innen dabei unterstützen, den Einsatz von Kunststoffen zu reduzieren, um deren Eintrag in die Umwelt zu verringern.

Mehr Informationen: www.minagris.eu

¹ Vgl. Informationen am Schluss des Artikels.

² Referenzen unter www.aefu.ch/oekoskop/referenzen_kundel

wasserstoffe können z.B. die enzymatische Aktivität von Bodenmikroben beeinflussen, was Nährstoffkreisläufe in Ökosystemen stören kann [8].

Direkte Messungen zwingend und dringend nötig

Um eine umfassende wissenschaftliche Risikobewertung durchzuführen, ist es dringend notwendig und entscheidend, die Datenlage zur Bodenkontamination durch Reifenabrieb zu erweitern und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen zu bewerten. Dies erfordert dringend weitere Forschungsprojekte. Ein solches Forschungsprojekt, das durch Mittel des Bundesamts für Landwirtschaft (BLW) finanziert wird und in Zusammenarbeit zwischen dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), der Universität Bern und der Technischen Universität (TU) Darmstadt durchgeführt wird, zielt darauf ab, die Datengrundlage zur Bodenkontamination durch Reifenabrieb anhand realer Messdaten zu erweitern und potenzielle Auswirkungen auf das Boden-Pflanzensystem zu identifizieren.

Teilprojekt 1: Feld- bzw. «Strassenexperiment»

In Zusammenarbeit mit dem Amt für Umwelt (AfU) des Kantons Solothurn haben Forschende des FiBL, der Universität Bern und der TU Darmstadt 15 Strassen mit angrenzendem Grünland für eine Beprobung und eine Analyse der Belastung mit Reifenabrieb ausgewählt. In Abständen von 1, 2, 5 und 10 Metern von der Strasse wurden Bodenproben entnommen. Die ausgewählten Abschnitte der Strasse wiesen keine bauliche Abtrennung zum Grünland auf,



es gab keine Kurven oder Gefälle. Im Rahmen des EU-Projekts MINAGRIS (vgl. Kasten) wurde basierend auf wissenschaftlichen Arbeiten [1,9,10] eine Methode zur Extraktion und Quantifizierung von Mikroplastik und Reifenabrieb entwickelt. Diese Methode umfasst aufeinanderfolgende Schritte der

Dichtefraktionierung und Filtration, die spezifische Oxidation des organischen Materials sowie die Analyse der extrahierten Partikel unter einem Stereomikroskop. Die Partikel werden vergrößert fotografiert und mithilfe eines Algorithmus zur Pixelsegmentierung quantifiziert.



Produktion von Reifenabrieb für die Gewächshausstudie.

© FiBL

Erste Resultate bestätigen Belastung

Die Extraktion und Quantifizierung des Reifenabriebs aus den insgesamt 60 Proben ist abgeschlossen. Die bereits vorliegenden Daten aus dieser Studie stammen von vier der insgesamt 15 Standorte. Es wurde festgestellt, dass an allen Standorten bis zu einer Entfernung von 5 Metern vom Strassenrand erhöhte Mengen an Reifenabrieb zu finden sind, wobei die Anzahl der Partikel in den ersten zwei Metern deutlich abnimmt. Auch zwischen den verschiedenen Standorten wurden Unterschiede in der Menge des gefundenen Reifenabriebs gefunden, jedoch handelt es sich bisher nur um statistisch nicht signifikante Trends. Die genaue Quantifizierung dieser Unterschiede und die Möglichkeit,



Der Pflanzerte wurde Reifenabrieb beigemischt. Das Gewächshausexperiment untersuchte seine Auswirkungen auf das Boden-Pflanzen-System.

© FiBL

Kopfsalat sowie wichtige Bodenfunktionen über mehrere Wochen untersucht. Der Fokus der Studie lag darauf, zu untersuchen, wie sich die Aktivität von Mikroorganismen verhält, und ob sich die Qualität und Quantität der Ernteerträge verändert.

Die Studie zeigte, dass Reifenabrieb sich sowohl auf das oberirdische als auch das unterirdische Pflanzenwachstum negativ auswirken kann und dass es vor allem zu einer Zunahme der Zink- und Kupfergehalte in der Pflanze kam, die allerdings nicht in einem für Pflanze toxischen Bereich waren. Ausserdem zeigten sich durch hohe Reifenabriebkonzentrationen auch Veränderungen in der mikrobiellen Gemeinschaft, was sich durch eine Verschiebung in der Substratnutzung der Mikroben zeigte, wenn sie hohen Reifenabriebkonzentrationen ausgesetzt wurden.

Zusätzlich zeigte sich eine Veränderung in der Aktivität verschiedener Bodenzymen. Während die Aktivität von Enzymen, die am Kohlenstoffkreislauf beteiligt sind, tendenziell abnahm, beobachtete man ein entgegengesetztes Muster bei Enzymen, die in den Stickstoffkreislauf eingebunden sind.

Weitere Details sollen noch dieses Jahr in einer Fachzeitschrift publiziert werden.

Man weiss genug, um zu handeln

Es steht mittlerweile ausser Frage, dass Böden im Zentrum der Fragestellungen zu möglichen Umweltauswirkungen von Mikroplastik und Reifenabrieb stehen müssen. Dennoch bestehen erhebliche Wissenslücken bezüglich der Konzentrationen von Reifenabrieb im Boden sowie möglicher Strategien zur Vermeidung weiterer Einträge und den Auswirkungen dieser Einträge. Obwohl weitere Untersuchungen erforderlich sind, um im Detail zu verstehen, wie und wo Reifenabrieb in das Bodensystem eingreift, unterstreichen die ersten Daten die dringende Notwendigkeit von Massnahmen zur Reduzierung der Einträge von Reifenabrieb aus dem Strassenverkehr. Diese Massnahmen sind entscheidend, um die Bodenqualität zu schützen.

Referenzen unter www.aefu.ch/oekoskop/kundel_referenzen

Dieser Artikel erschien erstmals im VBBio-Bulletin 21/2024 der Fachgruppe Vollzug Bodenbiologie (VBBio). Die Fachgruppe besteht seit 1995 und wurde gebildet vom Bundesamt für Umwelt BAFU und den kantonalen Bodenschutzfachstellen (Cercle Sol).

Schlussfolgerungen aus begleitenden Daten wie der Verkehrsfrequenz oder dem Alter der Strassen zu ziehen, werden im Detail untersucht, sobald der vollständige Datensatz vorliegt.

Teilprojekt 2: Gewächshausexperiment

In einem Gewächshausexperiment am FiBL wurde ein landwirtschaftlicher Boden mit künstlich hergestelltem Reifenabrieb (vgl. Foto) in Konzentrationen von 0 bis 3% kontaminiert. Anschliessend wurden die Auswirkungen des Reifenabriebs auf Lauch und



© OEKOSKOP

Der Pneuabrieb dieser Altreifen ist in der Umwelt zurückgeblieben. Beispielsweise in landwirtschaftlichen Böden.

Dr. Dominika Kundel ist Hauptautorin dieses Artikels. Dr. Andreas Fließbach ist Mitautor und war Referent zum Thema an der AefU-Tagung «Plastik – Partikel und Chemikalien bis ins Herz». Beide arbeiten am Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL) in Frick AG im Departement für Bodenwissenschaften.

Weitere Autor:innen des Artikels sind M. Bigalke (TU Darmstadt), A. Grunder (Universität Bern), G. von Rohr (AFU Kanton Solothurn) und A. Wiget (FiBL).
dominika.kundel@fibl.org
www.fibl.org/de/themen/boden

Verleihung des siebten Trojan Horse Award

Förderpreis 2024 der AefU

Oliver F. Bischof,
Awards Chair der ETH-NPC

Die AefU zeichnen dieses Jahr die Forschung von Georgios Tsakonas aus. Sie danken ihm für seinen Beitrag an die so wichtige Umweltforschung über Ultrafeinpartikel in der Luft und gratulieren ihm herzlich.

An der 27. ETH Nanoparticles Conference 2024 (NPC-24)¹, die dieses Jahr gemeinsam mit der Workplace and Indoor Aerosols Conference stattfand, wurde am 14. Juni 2024 der diesjährige «Trojan Horse Award» der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU) überreicht.² Der Preis zeichnet jeweils eine herausragende Forschungsarbeit aus, die das wissenschaftliche Verständnis über die komplexen Vorgänge beim sogenannten «Trojanischen Pferd»-Phänomen voranbringt. Darunter versteht die Wissenschaft die Transportmechanismen und (photo-)chemischen Veränderungen insbesondere von bei Verbrennungsprozessen erzeugter Partikel in der Atmosphäre. Auf der Oberfläche dieser Partikel adsorbierte karzinogene Substanzen können über Translokation durch die Lunge in den menschlichen Organismus gelangen



Georgios Tsakonas mit dem «Trojan Horse Award» 2024.

© AefU und Auswirkungen auf unsere Zellen und den gesamten Organismus haben.

Der Trojan Horse Award 2024 ging an Herrn Georgios Tsakonas für seine Forschungsarbeit «Nanoparticle profiling: a comprehensive assessment of physical, chemical, and toxicological characteristics at Thessaloniki airport.» Herr Tsakonas ist Doktorand am Labor für Angewandte Thermodynamik (LAT) der Aristoteles Universität in Thessaloniki (Griechenland). In seiner Arbeit befasst er sich mit ultrafeinen Partikeln in der Nähe der Startbahn des Flughafens von Thessaloniki und deren negativen Einflüssen auf die Gesundheit von Flughafenpersonal, Reisenden und Anwohner:innen des Flughafens. Die dort vorhandenen Partikel analysierte er sowohl physikalisch auf Anzahl und Grösse, chemisch auf PAKs als auch toxikologisch. Im Rahmen der toxikologischen Untersuchung beobachtete er Effekte wie eine reduzierte Lebensfähigkeit von exponierten Lungenzellen bis hin zu deren Zelltod. ■

¹ ETH Nanoparticles Conference 2024 (NPC-24)

² https://www.nanoparticles.ch/2024_ETH-NPC-27_Trojan_horse_awards.html

Trojan Horse Award, der AefU-Förderpreis seit 2017

Der «Trojan Horse Award» der Ärztinnen und Ärzten für Umweltschutz (AefU) wird als Förderpreis für besonders aufschlussreiche Studien zur Toxizität von Emissionen auf Zellebene verliehen. Ultrafeine Partikel (UFP) als Träger von Giftstoffen aus Verbrennungsprozessen dringen wie trojanische Pferde in den Organismus ein. Daher der Name des Awards. Seine Vergabe findet jeweils im Rahmen der «ETH Nanoparticles Conference» statt. Dieses Jahr schon zum siebten Mal.

Das Preisgeld beträgt 2000 Franken und ist gestiftet vom AefU-Mitglied Dr. med. Jacques Schiltknecht aus Luzern. Nach seinem diesjährigen Besuch der Konferenz sagte er zu OEKOSKOP: «Die vorbildliche Arbeit von Georgios Tsakonas berücksichtigt adäquat die physikalischen und chemischen Aspekte der Luftverschmutzung in einem klaren Kontext. Möge dies zum Standard für die Forschung auf diesem Gebiet werden! Die wenig differenzierten, massenbezogenen Korrelationen sind überholt. Seit Jahr-

zehnten wissen wir, dass die Schwebepartikel/Aerosole im Nanobereich in den menschlichen und tierischen Organismus bis in die Zellen eindringen können. Je kleiner die Partikel sind, umso grösser ist der prozentuale Anteil an hochreaktiven Oberflächenatomen mit freien Bindungen. Um ihr Schädigungspotential zu verstehen, muss also sowohl ihre Anzahl bzw. Oberfläche gemessen werden wie auch deren chemische Zusammensetzung, besonders diejenige der Partikeloberfläche.»

Terminkärtchen und Rezeptblätter für Mitglieder: Jetzt bestellen!



Liebe Mitglieder

Sie haben Tradition und viele von Ihnen verwenden sie: unsere Terminkärtchen und Rezeptblätter. Wir geben viermal jährlich Sammelbestellungen auf.

Jetzt oder bis spätestens 31. Oktober 2024 bestellen. Die Lieferung erfolgt Mitte November 2024. Mindestbestellmenge pro Sorte: 1000 Stk.

Preise Terminkärtchen: 1000 Stk. CHF 200.-; je weitere 500 Stk. CHF 50.-
Rezeptblätter: 1000 Stk. CHF 110.-; je weitere 500 Stk. CHF 30.-
Zuzüglich Porto und Verpackung. Musterkärtchen: www.aefu.ch

Dr. med. Petra Muster-Gültig
Fachärztin für Allgemeine Medizin FMH
Beispielstrasse 345
CH-6789 Himmels
Tel. 099 123 45 67

ÄRZTINNEN UND ÄRZTE FÜR UMWELTSCHUTZ
MEDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT
MEDICI PER L'AMBIENTE

Ihre nächste Konsultation: _____
Am Anrufungstag (bis 24 Std. vorher) _____

	Datum	Zeit
Montag	_____	_____
Dienstag	_____	_____
Mittwoch	_____	_____
Donnerstag	_____	_____
Freitag	_____	_____
Samstag	_____	_____

Leben in Bewegung
Rückseite beachten!

Das beste Rezept für Ihre Gesundheit und eine intakte Umwelt!

Bewegen Sie sich eine halbe Stunde im Tag: zu Fuss oder mit dem Velo auf dem Weg zur Arbeit, zum Einkaufen, in der Freizeit.

So können Sie Ihr Risiko vor Herzinfarkt, hohem Blutdruck, Zuckerkrankheit, Schlaganfall, Darmkrebs, Osteoporose und vielem mehr wirksam verkleinern und die Umwelt schützen.

Eine Empfehlung für Ihre Gesundheit

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz
Postfach 620, 4019 Basel
Tel. 061 322 49 49 www.aefu.ch, info@aefu.ch

Dr. med. Petra Muster-Gültig
Fachärztin für Allgemeine Medizin FMH
Beispielstrasse 345
CH-6789 Himmels
Tel. 099 123 45 67

ÄRZTINNEN UND ÄRZTE FÜR UMWELTSCHUTZ
MEDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT
MEDICI PER L'AMBIENTE

Ihre nächste Konsultation: _____
Am Anrufungstag (bis 24 Std. vorher) _____

	Datum	Zeit
Montag	_____	_____
Dienstag	_____	_____
Mittwoch	_____	_____
Donnerstag	_____	_____
Freitag	_____	_____
Samstag	_____	_____

Luft ist Leben!
Rückseite beachten!

Stopp dem Feinstaub! (PM 10)

Feinstaub macht krank
Feinstaub setzt sich in der Lunge fest
Feinstaub entsteht vor allem durch den motorisierten Verkehr

Zu Fuss, mit dem Velo oder öffentlichen Verkehr unterwegs:
Ihr Beitrag für gesunde Luft!

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz
Postfach 620, 4019 Basel

Dr. med. Petra Muster-Gültig
Fachärztin für Allgemeine Medizin FMH
Beispielstrasse 345
CH-6789 Himmels
Tel. 099 123 45 67

ÄRZTINNEN UND ÄRZTE FÜR UMWELTSCHUTZ
MEDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT
MEDICI PER L'AMBIENTE

Ihre nächste Konsultation: _____
Am Anrufungstag (bis 24 Std. vorher) _____

	Datum	Zeit
Montag	_____	_____
Dienstag	_____	_____
Mittwoch	_____	_____
Donnerstag	_____	_____
Freitag	_____	_____
Samstag	_____	_____

für weniger Elektromog
Rückseite beachten!

Weniger Elektromog beim Telefonieren und Surfen

- ☺ Festnetz und Schnurtelefon
- ☺ Internetzugang übers Kabel
- ☺ nur kurz am Handy – SMS bevorzugt
- ☺ strahlenarmes Handy
- ☺ Head-Set
- ☺ Handy für Kinder erst ab 12

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz
Postfach 620, 4019 Basel
Tel. 061 322 49 49
info@aefu.ch
www.aefu.ch

Bestell-Talon

Einsenden an: Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz,
Postfach 620, 4019 Basel oder info@aefu.ch

Ich bestelle:

- _____ Terminkärtchen «Leben in Bewegung»
- _____ Terminkärtchen «Luft ist Leben!»
- _____ Terminkärtchen «für weniger Elektromog»
- _____ Rezeptblätter mit AefU-Logo

Folgende Adresse à 5 Zeilen soll eingedruckt werden (max. 6 Zeilen möglich):

Name / Praxis _____

Bezeichnung, SpezialistIn für... _____

Strasse und Nr. _____

Postleitzahl / Ort _____

Telefon _____

Name: _____

Adresse: _____

KSK.Nr.: _____

EAN-Nr.: _____

Ort / Datum: _____

Unterschrift: _____



oekoskop

Fachzeitschrift der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU)

Postfach 620, 4019 Basel, PC 40-19771-2
Telefon 061 322 49 49
E-Mail info@aefu.ch
Homepage www.aefu.ch

ÄRZTINNEN
UND ÄRZTE FÜR
UMWELTSCHUTZ
MEDECINS EN FAVEUR DE
L'ENVIRONNEMENT
MEDICI PER
L'AMBIENTE



Impressum

Redaktion:

- Stephanie Fuchs, leitende Redaktorin
AefU, Postfach 620, 4019 Basel, oekoskop@aefu.ch
- Dr. Martin Forter, Redaktor/Geschäftsführer AefU, Postfach 620, 4019 Basel

Papier: 100% Recycling

Artwork: christoph-heer.ch

Druck/Versand: Gremper AG, Basel/Pratteln

Abo: CHF 50 / erscheint viermal jährlich > auch für Nichtmediziner:innen

Die veröffentlichten Beiträge widerspiegeln die Meinung der Verfasser:innen und decken sich nicht notwendigerweise mit der Ansicht der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz (AefU). Die Redaktion behält sich Kürzungen der Manuskripte vor. © AefU

OEKOSKOP-Ausgaben ab 2012: online unter www.aefu.ch/oekoskop