



PFAS: EWIGKEITS-CHEMIKALIEN IN KINDER-OUTDOOR-KLEIDUNG

Outdoor-Kleidung soll effektiv vor Wind und Wetter schützen. Doch Vorsicht! Ein Mehr an Funktion, wie sie sogenannte High-Tech-Stoffe versprechen, ist häufig mit umwelt- und gesundheitsschädlichen Fluorchemikalien, kurz PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen), erkaufte.

Das belegt eine neue Studie zum PFAS-Gehalt von Outdoor-Bekleidung, die von IPEN (International Pollutants Elimination Network) und der tschechischen Umweltorganisation Arnika in Zusammenarbeit mit 13 weiteren zivilgesellschaftlichen Gruppen aus ebenso vielen Ländern, darunter auch der BUND, erstellt wurde. Im Test waren vornehmlich wetterfeste Kinderjacken und andere Outdoor-Bekleidung aus 13 Ländern. Ausgesucht wurden Proben mit einer wasserabweisenden Beschichtung (DWR), da bei Membranbeschichtungen mit der Kennzeichnung PTFE (Polytetrafluorethylen) oder Gore-tex klar ist, dass diese auf PFAS-Basis hergestellt sind.



46 der insgesamt 72 Proben (64%) waren mit PFAS belastet, 25 waren PFAS-frei. Aus Deutschland wurden zwei Jacken getestet, in einer davon konnten PFAS nachgewiesen werden.

Rund die Hälfte der weltweit produzierten PFAS werden im Textilbereich genutzt¹. PFAS werden nicht natürlich zersetzt und verbleiben als „Ewigkeits-Chemikalien“ über Jahrhunderte in der Umwelt. Weil sie wasser-, öl- und schmutzabweisend und hoch temperaturbeständig sind, werden sie gerne zur Imprägnierung von Outdoor-Kleidung und Equipment, wie Jacken, Schuhe, Rucksäcke, Zelte und Kletterseile eingesetzt. PFAS kommen auch bei Membranbeschichtungen zum Einsatz. So ist das PFAS-Polymer PTFE der Grundbaustein für das bekannte Gore-tex.

In den meisten Fällen ist eine solche Behandlung überflüssig. Längst gibt es sichere Alternativen, etwa gewebte oder pflanzenbasierten Materialien, die ohne chemische Zusatzstoffe den gewünschten Zweck erfüllen².

Die Studie

Die Studie „Toxics in Our Clothing“ (Schadstoffe in unserer Kleidung) soll die weltweite Verwendung von PFAS in Outdoor-Bekleidung dokumentieren und einen Beitrag zu der Diskussion um eine weltweite Beschränkung von Produktion und Verwendung der gesamten PFAS-Chemikaliengruppe leisten.

Insgesamt 72 Proben, 56 Kinderjacken und 16 weitere Kleidungsstücke aus dem Outdoor-Bereich, wurden zur Analyse in einem unabhängigen Labor in 13 Ländern eingekauft: Tschechische Republik, Niederlande, Polen, Großbritannien, Serbien, Deutschland, Montenegro, Kenia, Bangladesch, Indien, Sri Lanka, Thailand und die USA.

Weil es mehr als 10.000 PFAS auf dem Markt gibt und viele dieser Einzelverbindungen nicht bekannt sind, hat das Labor zwei Messungen vorgenommen: Die 72 Proben wurden auf bekannte PFAS-Verbindungen sowie auf ihren Gehalt an extrahierbarem, organisch gebundenem Fluor (EOF) getestet. EOF ist ein Indikator für das generelle Vorhandensein von PFAS.



Wichtigste Erkenntnisse

Insgesamt konnte das Labor in 46 der 72 analysierten Kleidungsstücke (64%) PFAS direkt oder anhand des EOF-Wertes nachweisen.

In 35 von den insgesamt 56 untersuchten Kinderjacken (62,5%) wurden PFAS direkt nachgewiesen oder EOF-Werte gemessen, die auf eine PFAS-Kontamination hinweisen. Die höchsten EOF-Werte wurden in Second-Hand-Jacken aus Kenia gefunden. Die höchsten Konzentrationen an direkt identifizierbaren PFAS wurden in Jacken mit wasserabweisender Beschichtung (DWR = Durable Water Resistent) aus Tschechien gemessen.



Die EU hat in ihrem PFAS-Beschränkungsvorschlag einen Grenzwert von 25 ng/kg vorgeschlagen. 16 der getesteten Kleidungsstücke enthielten mindestens eine PFAS-Verbindung, die über diesem Grenzwert lag.

Perfluorooctansäure (PFOA), eine hochtoxische und inzwischen über die Stockholm-Konvention für ein weltweites Verbot vorgeschlagene PFAS-Verbindung, wurde in den Jacken am häufigsten nachgewiesen (17 Produkte).

Auch Perfluordecansäure (PFDA), in der EU stark beschränkt und ebenfalls für ein weltweites Verbot vorgeschlagen, wurde in 17 Produkten nachgewiesen, darunter Jacken, Regenmäntel und eine Schürze. Die höchsten Konzentrationen von allen identifizierbaren PFAS wurden für 6:2 FTOH gemessen. Dieser Stoff gehört zu den sog. Fluortelomeralkoholen (FTOH) innerhalb der PFAS-Gruppe. FTOH werden zur Herstellung von kunststoffartigen PFAS, sog. seitenkettenfluorierte Polymere (SCFP) verwendet, welche als Imprägnierung Verwendung finden.

FTOH und ihre Abbauprodukte (Perfluorcarbonsäuren, PFCA), darunter auch das verbotene PFOA (aus 8:2 FTOH), werden mit Diabeteserkrankungen, Brustkrebs sowie Fortpflanzungs- und Entwicklungsstörungen in Verbindung gebracht^{3 4}. Die einzige Möglichkeit, die Belastung von Mensch und Umwelt aufzuhalten, ist eine universelle Beschränkung, die auch alle PFAS-Polymere einschließt. Der BUND unterstützt deshalb den von norwegischen, schwedischen, niederländischen, dänischen und deutschen Fachbehörden ausgearbeiteten Vorschlag zur Beschränkung der gesamten PFAS-Chemikaliengruppe in der EU.

Aus Mangel an geeigneten Analysemethoden sowie fehlender Transparenz über alle relevanten PFAS, die im Textilbereich eingesetzt werden, konnten insgesamt nur 15 Einzelverbindungen aus dieser gefährlichen Chemikaliengruppe identifiziert werden. Sie sind die Spitze des Eisbergs. Welche anderen PFAS sich hinter den teils sehr hohen EOF-Werten verbergen, lässt sich größtenteils nicht bestimmen.

Ein positives Ergebnis der Studie ist, dass 21 der 56 getesteten Kinderjacken PFAS-frei waren - bei ähnlichem funktionellen Design. Ein Beleg dafür, dass die gewünschten Eigenschaften auch ohne gefährliche Chemikalien erzielt werden können.

Ergebnisse für Europa

Von den insgesamt 56 Kinderjacken wurden 32 in sieben EU Ländern eingekauft: Tschechische Republik, Niederlande, Polen, Großbritannien, Serbien, Montenegro und Deutschland.

In 17 der 32 untersuchten Proben (53%) wurden PFAS nachgewiesen oder EOF-Werte gemessen, die eine PFAS-Kontamination belegen. Das weltweit geächtete PFOA fand sich in 11 Jacken. In sieben Kinderjacken wurde das in der EU beschränkte und für ein weltweites Verbot vorgeschlagene PFDA nachgewiesen.

Hier die Ergebnisse des Kinder-Outdoorjacken Tests für Europa (<NG: kleiner Nachweisgrenze)

Land	Marke	Produktname	Material/Kennzeichnung	Summe PFAS ng/g (ppb)	EOF ng/g	6:2 FTOH ng/g	Spezifische PFAS ng/g
Deutschland	CMP	Softshelljacke Junge	Waterproof, 7.000 WP, 3.000, 100% Polyester	6	<NG	<NG	PFOA: 2,6 PFDA: 2,4
Deutschland	Erima	Kinder Softshelljacke Performance	10.000 mm Wassersäule, 6.000 g/m ² /24h Atmungsaktivität, 100% Polyester	<NG	<NG	<NG	<NG
Niederlande	Scotch&Soda	Kids' Unisex Amterdam Proof regenjas	Waterproof, 100% Polyester	7	<NG	<NG	PFOA: 5,7
Niederlande	Columbia (Flash Challenger Windbreaker), Tribord (Sailing 300 Decathlon), Protest (Centro jr Softshell)			<NG	<NG	<NG	
England	Mountain Warehouse	Kids Water Resistant Padded Jacket	Water-resistant - Treated with Durable Water-repellent Waterproof, 100% Polyester	766	<NG	<NG	8:2 FTOH: 765,1
England	Peter Storm (Junior Mini Tornado), Berghaus (Kids' Hybrid Jacket), Regatta (Kid's Charco Waterproof Puddle Suit), John Lewis (Baby Fox Shower Resistant Puddlesuit), George (ASDA, Block Waterproof Jacket), Tu (Sainsbury, Blue&Black Waterproof Jacket)			<NG	<NG	<NG	<NG
Tschechien	AlpinePro	Elsho Girl's Jacket Pink	Teflon Ecolite, 100% Polyester	<NG	109.531	<NG	<NG
Tschechien	Loap	Inucon Boys Jacket Dark blue	DRYTECH (high quality polyurethane coating)	227	36.038	<NG	8:2 FTOH: 226,6
Tschechien	Kilpi	Milo J Blue – Children's Jacket	Technology SIBERIUM 5000 SRC SS. B	54	9.214	<NG	PFHxA: 1,5 / PFHpA: 0,4, PFOA: 2,6 / PFNA: 4,6 PFDA: 2,7 / PFUnDA: 0,8 PFDoDA: 1,4 8:2 FTOH: 39,9

Land	Marke	Produktname	Material/Kennzeichnung	Summe PFAS ng/g (ppb)	EOF ng/g	6:2 FTOH ng/g	Spezifische PFAS ng/g
Tschechien	Husky	Zally Kids Jacket	Extend Pro Softshell Stretch 10.000, DWR, Water Column 10.000 mm H ₂ O, 100%, Polyester	67	4.254	<NG	PFHxA: 1,8 / PFHpA: 1,5, PFOA: 7,6 / PFNA: 1,6, PFDA: 2,4 / PFUnDA: 0,5, PFDoDA: 0,9 8:2 FTOH: 50,4
Tschechien	Husky	Zunat Kids Jacket	Extend Pro Softshell Stretch 10.000, DWR, Water Column 10.000 mm H ₂ O, Polyurethan/ Polyester	378	15.782	<NG	PFxAH: 5,7 / PFHpA: 2,8 PFOA: 29,2 / PFNA: 23,9 PFDA: 17,1 / PFUnDA: 5,4 PFDoDA: 7,1 / PFTrDA: 1,9 8:2 FTOH: 284,7
Tschechien	Hannah	Peeta Junior Children's Jacket	Coating: Drypeak6000, 100% Polyester	442	73.358	<NG	PFHxA: 5,2 / PFHpA: 4,8 PFOA: 49,8 / PFNA: 61,9 PFDA: 63,2 / PFUnDA: 19,0 PFDoDA: 38,8 / PFTrDA: 6,0 8:2 FTOH: 193,2
Tschechien	NordBlanc	Children's Jacket	3-layer Materials with a Membrane SOFTSHIELD® 5000, 95% Polyester, 5% Elastan	825	3.935	793,8	PFOA: 1,9 / PFNA: 2,0 PFUnDA: 0,6 8:2 FTOH: 26,8
Tschechien	Progress	Teenager's Jacket	DWR Coating with longlasting effect, 100% Polyester	1.305	45.129	1070,5	PFOA: 8,9 / PFDoDA: 4,3 8:2 FTOH: 221,0
Tschechien	Woox	Teenager's Jacket	100% Polyester, Water-repellent 8000 mm, Vapour Release 3000g/m ² /24h.	94	5.436	<NG	PFOA: 3,8 / PFDA: 1,1 8:2 FTOH: 63,7 6:2 PAP: 24,9
Tschechien	NorthFinder	Teenager's Jacket	Light water resistant jacket, 100% Polyester	8	5.906	<NG	PFHxA: 7,9
Serbien	LC Waikiki	Children's Jacket for Boys „Start Action“	Water-repellent, Windproof, 100% Polyester	9	<NG	<NG	PFHxA: 9,0

Land	Marke	Produktname	Material/Kennzeichnung	Summe PFAS ng/g (ppb)	EOF ng/g	6:2 FTOH ng/g	Spezifische PFAS ng/g
Serbien	Terranova brand (Children's jacket for girls 14+), Icepeak, A.W.S, Luhta Sportswear Company, Finland („A.W.S Active), PEPCO Baby (Baby's jacket for boys „So Cute“)			<NG	<NG	<NG	<NG
Polen	IGUANA (children's jacket), North Face (women's jacket)			<NG	<NG	<NG	<NG
Montenegro	De Facto	Girls Winter Jacket	Water-repellent, thermal polar lining, 100% Polyester	6	2.908	<NG	PFOA: 6,1
Montenegro	OVS	Girls Winter Jacket	Water resistant, 100% Polyester	24	425	<NG	PFOA: 17,5 PFDA: 6,7
Montenegro	Waikiki	Kids light Jacket	Water-repellent, Windproof, 100% Polyester	<NG	1.779	<NG	<NG



In 15 der 32 Proben fanden sich keine Spuren von PFAS. Darunter waren Jacken der internationalen Marken North Face und Black Diamond, die ihr Versprechen PFAS-frei zu werden offenbar mit Erfolg umgesetzt haben. Andere Hersteller wie Deuter, Jack Wolfskin, Mammut und ORTOVOX Polartec haben bereits ihren Ausstieg angekündigt, der Handelsriese REI will in 2024 PFAS-frei werden. VAUDE verzichtet bereits seit 2010 auf PFAS in wasserdichten Membranen und rüstet seit 2021, bis auf vier Modelle, seine gesamten Bekleidungsstoffe PFAS-frei aus. Mit dem freiwilligen Ausstieg hat das Unternehmen gezeigt, dass PFAS-freie Produktion bei gleicher Funktionalität möglich ist.

Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass die freiwillige Umstellung auf sichere Alternativen von der jeweiligen Nachfrage bestimmt wird. Auf den westeuropäischen Märkten, wo umweltgerechte Produkte stärker gefragt sind, werden offenbar mehr PFAS-freie Produkte angeboten, als in Ländern wo dies nicht der Fall ist.

So wiesen die Kinderjacken aus der Tschechischen Republik mit Abstand die höchsten PFAS-Konzentrationen auf. Weil sie ein Jahr früher als die anderen gekauft worden waren, könnten die höheren FTOH- und PFCA-Gehalte zum Teil darauf zurückzuführen sein. Denn die zur wasserabweisenden Beschichtung eingesetzten seitenkettenfluorierten Polymere (SCFP) können mit der Zeit FTOH freisetzen. FTOH wiederum oxidiert zu Perfluorcarbonsäuren (PFCA), zu denen auch das verbotene PFOA gehört.

Das PFAS-Problem

PFAS sind extrem langlebig. Sie werden in der Umwelt nicht natürlich zersetzt, reichern sich in immer höheren Konzentrationen an und lassen sich nicht mehr zurückholen. PFAS sind überall: im Wasser, im Boden, in Pflanzen und in Tieren.



Abbildung: Der Lebens-Zyklus von PFAS



Auch jede*r von uns trägt sie mittlerweile in sich – Studien wiesen sie im Blut aller Kinder nach. 20 Prozent der Kinder und Teenager in Deutschland haben potentiell gesundheitsschädliche PFAS-Konzentrationen im Blut.⁵ Für die allermeisten der über 10.000 PFAS-Verbindungen fehlen ausreichende toxikologische Daten. Die Belastung mit den wenigen bislang gut untersuchten PFAS wie z.B. PFOA wird mit ernststen Gesundheitsrisiken in Verbindung gebracht⁶; darunter Schilddrüsenerkrankungen, Leberschäden, verringertem Geburtsgewicht, Fettleibigkeit, Diabetes, hohem Cholesterinspiegel, einer verringerten Reaktion auf Routineimpfungen bei Kindern sowie einem erhöhten Risiko für Brust-, Nieren- und Hodenkrebs^{7 8 9}. Es gibt auch immer mehr Hinweise auf einen Zusammenhang mit Fruchtbarkeits-, Entwicklungs- und Verhaltensstörungen¹⁰.

Outdoorkleidung und -Zubehör, aber auch Leder und Haushaltsprodukte wie Teppiche und Tischdecken, werden mit PFAS behandelt. Die meisten Anwendungen sind überflüssig, sichere Alternativen längst verfügbar^{11 12}. Schon bei der Herstellung von Textilien gelangen PFAS über Luft und Abwasser in die Umwelt und belasten die Arbeiter*innen in den Betrieben^{13 14}. Während des Gebrauchs dünsten sie teilweise aus und werden ausgewaschen^{15 16}. In Geschäften für Outdoor-Produkte wurden bis zu 30 Mal höhere FTOH-Konzentrationen gemessen, als in anderen Arbeitsumgebungen¹⁷. Aus herkömmlichen Kläranlagen gelangen PFAS ungefiltert in Flüsse und Bäche¹⁸. Bei der Entsorgung behandelter Produkte gelangen PFAS mit dem Rauch von Verbrennungsanlagen in die Umwelt oder über das Recycling in neue Produkte¹⁹.

Was macht die Politik?

In der EU wird derzeit eine Beschränkung der gesamten PFAS-Chemikaliengruppe diskutiert. Diesen Beschränkungsvorschlag hat Deutschland zusammen mit vier weiteren Ländern im Rahmen der EU-Chemikalienverordnung REACH eingereicht. Noch ist unklar, ob und wann dieser Vorschlag angenommen werden wird. Bisher sind weniger als 20 der über 10.000 Einzelsubstanzen gesetzlich reguliert. Die Verwendung in Alltagsgegenständen wie Kletterseile, Regenjacken, Skiwachs und Pfannen ist also weiterhin erlaubt. Manche EU-Länder haben bereits auf nationaler Ebene Maßnahmen ergriffen. So hat Dänemark PFAS in Lebensmittelverpackungen verboten.

Der BUND fordert:

- die Beschränkung der gesamten PFAS-Gruppe in der EU, einschließlich Seitenketten-fluorierter Polymere und Fluorpolymere, durch Implementierung des vorliegenden Beschränkungsvorschlags im Rahmen der Chemikalienverordnung REACH.
- zeitlich befristete Ausnahmen bis zur Entwicklung geeigneter Alternativen, dürfen nur für essentielle Anwendungen gelten, die gemäß Montreal-Protokoll für Gesundheit, Sicherheit und das Funktionieren der Gesellschaft unverzichtbar sind.
- ein Verbot von PFAS in Alltagsprodukten mit engem Kontakt zu Verbraucher*innen wie z. B. Kosmetik- und Körperpflegeprodukten, Lebensmittelverpackungen, Möbel oder Kleidung bis 2025.
- den Ausstieg aus Produktion und Verwendung der gesamten PFAS-Gruppe in der EU bis 2030 auf den Weg zu bringen.
- die Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts zur Sanierung von kontaminierten Böden und Grundwasser zum Schutz betroffener Gemeinden.
- konsequente Anwendung des Verursacherprinzips, um sicher zu stellen, dass Sanierungskosten nicht zu Lasten der Allgemeinheit gehen.
- gesetzliche Maßnahmen die sicherstellen, dass PFAS-belastete Materialien nicht in den Recyclingkreislauf gelangen.



Empfehlungen für Verbraucher*innen

- Bevorzugen Sie Textilien, die eindeutig mit PFAS-frei, Fluorcarbon-frei oder PFC-frei gekennzeichnet sind. Mit PFOA-frei gekennzeichnete Produkte können mit anderen PFAS behandelt sein.
- Achten Sie bei der Nach-Imprägnierung von Outdoor-Kleidung auf PFAS-freie Imprägnier-Mittel.
- Informieren Sie sich über die PFAS-Politik verschiedener Marken unter www.pfasfree.org oder www.pfascentral.org/pfas-free-products.
- Schicken Sie Giftfragen an die Hersteller über die ToxFox-App. Leider sind die Hersteller noch nicht zur Auskunft über alle PFAS verpflichtet. Doch jede Anfrage zeigt: Wir wollen Produkte ohne Gift! Mehr Infos zum ToxFox finden Sie unter www.bund.net/toxfox.
- Weiterführende Informationen bietet der vollständige Report (auf Englisch) „Toxics in our clothing“: <https://arnika.org/en/publications/toxics-in-our-clothing> und auch unser PFAS-Hintergrundpapier „Fluorchemikalien: Langlebig, gefährlich, vermeidbar“, <https://www.bund.net/service/publikationen/detail/publikation/fluorchemikalien-langlebig-gefaehrlich-vermeidbar>



Alltag ohne Gift – Jetzt spenden! Schon über zwei Millionen Menschen nutzen den ToxFox. Kostenfrei. So soll es bleiben. Unterstützen Sie unsere Arbeit mit einer Spende.

BUND-Spendenkonto: GLS Gemeinschaftsbank eG
IBAN: DE 43 4306 0967 8016 0847 00 BIC: GENODEM1GLS
Stichwort: ToxFox



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit
und Verbraucherschutz

*Dieses Projekt wurde gefördert durch das Umweltbundesamt und das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. Die Mittelbereitstellung erfolgt auf Beschluss des Deutschen Bundestages. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.*



Impressum: Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (BUND) · Friends of the Earth Germany · Kaiserin-Augusta-Allee 5 · 10553 Berlin · info@bund.net · www.bund.net · V. i. S. d. P.: Petra Kirberger · Layout: dieprojektoren.de · Stand: April 2024

Endnoten

- 1 Dänische Umweltschutzbehörde, <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/04/978-87-93352-12-4.pdf>
- 2 <https://pfascentral.org/pfas-free-products/>
- 3 Huang, M.C., et al., Toxicokinetics of 8:2 fluorotelomer alcohol (8:2-FTOH) in male and female Hsd:Sprague Dawley SD rats after intravenous and gavage administration. *Toxicol Rep*, 2019. 6: p. 924–932.
- 4 O'Connor, J.C., et al., Evaluation of the reproductive and developmental toxicity of 6: 2 fluorotelomer alcohol in rats. *Toxicology*, 2014. 317: p. 6–16.
- 5 <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/kinder-jugendliche-haben-zu-viel-pfas-im-blut>
- 6 Szilagyi, J.T., V. Avula, and R.C. Fry, Perfluoroalkyl Substances (PFAS) and Their Effects on the Placenta, Pregnancy, and Child Development: a Potential Mechanistic Role for Placental Peroxisome Proliferator– Activated Receptors (PPARs). *Current Environmental Health Reports*, 2020. 7(3): p. 222–230.
- 7 Kim, M.J., et al., Association between perfluoroalkyl substances exposure and thyroid function in adults: A meta-analysis. *PLoS One*, 2018. 13(5): p. e0197244.
- 8 Caron-Beaudoin, E., et al., Exposure to perfluoroalkyl substances (PFAS) and associations with thyroid parameters in First Nation children and youth from Quebec. *Environ Int*, 2019. 128: p. 13–23.
- 9 Chang, E.T., et al., A critical review of perfluorooctanoate and perfluorooctanesulfonate exposure and immunological health conditions in humans. *Critical Reviews in Toxicology*, 2016. 46(4): p. 279–331.
- 10 Grandjean, P., et al., Estimated exposures to perfluorinated compounds in infancy predict attenuated vaccine antibody concentrations at age 5-years. *J Immunotoxicol*, 2017. 14(1): p. 188–195
- 11 Hill, P.J., et al., Substitution of PFAS chemistry in outdoor apparel and the impact on repellency performance. *Chemosphere*, 2017. 181: p. 500–507.
- 12 Schellenberger, S., et al., Highly fluorinated chemicals in functional textiles can be replaced by re-evaluating liquid repellency and end-user requirements. *Journal of cleaner production*, 2019. 217: p. 134–143.
- 13 Heydebreck, F., et al., Emissions of per- and polyfluoroalkyl substances in a textile manufacturing plant in China and their relevance for workers' exposure. *Environmental science & technology*, 2016. 50(19): p. 10386–10396.
- 14 Lu, C., et al., Perfluorinated compounds in blood of textile workers and barbers. *Chinese Chemical Letters*, 2014. 25(8): p. 1145–1148.
- 15 Schellenberger, S., et al., Release of Side-Chain Fluorinated Polymer-Containing Microplastic Fibers from Functional Textiles During Washing and First Estimates of Perfluoroalkyl Acid Emissions. *Environ Sci Technol*, 2019. 53(24): p. 14329–14338.
- 16 Schellenberger, S., et al., An Outdoor Aging Study to Investigate the Release of Per- And Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) from Functional Textiles. *Environ Sci Technol*, 2022. 56(6): p. 3471–3479.
- 17 Schlummer, M., et al., Detection of fluorotelomer alcohols in indoor environments and their relevance for human exposure. *Environ Int*, 2013. 57–58: p. 42–9.
- 18 Lenka, S.P., M. Kah, and L.P. Padhye, A review of the occurrence, transformation, and removal of poly- and perfluoroalkyl substances (PFAS) in wastewater treatment plants. *Water Research*, 2021. 199: p. 117187.
- 19 Stoiber, T., S. Evans, and O.V. Naidenko, Disposal of products and materials containing per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A cyclical problem. *Chemosphere*, 2020. 260: p. 127659