



Raphael Bos und Marzio Giamboni

PFAS in Konsumentenprodukten

Kampagne der Kantone Basel-Stadt, Genf und Zürich mit Unterstützung durch das Bundesamt für Umwelt

Anzahl untersuchte Proben: 76

Anzahl beanstandete Proben: 13

Beanstandungsgründe: verbotene Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS)



Bildquelle: A waterdrop on umbrella.jpg - Wikimedia Commons

Ausgangslage

Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) stellen eine sehr heterogene Gruppe von mehreren Tausend Chemikalien dar, die in der Industrie sowie in Alltagsprodukten Anwendung finden. PFAS weisen eine Reihe vorteilhafter Eigenschaften auf. Dazu zählen eine hohe Stabilität gegenüber Chemikalien und Hitze. Die Substanzen sind daher in diversen Anwendungen zu finden, darunter wasser- und schmutzabweisenden Textilien, Feuerlöschschäume, Kältemittel in Kühlanlagen, beschichtete Papiere und Kartons für Lebensmittelverpackungen. Auch gewisse medizinische Geräte und nicht zuletzt Skiwachse enthalten PFAS, da sie dort für bessere Gleiteigenschaften sorgen.

Die Stabilität von PFAS ist jedoch ökologisch problematisch: die meisten PFAS sind extrem persistent und kaum biologisch abbaubar, weshalb sie auch als «Ewigkeitschemikalien» bezeichnet werden. Sie konnten mittlerweile in der Luft, im Boden, im Wasser, im Hausstaub und an abgelegenen Orten wie der Arktis nachgewiesen werden. Viele PFAS reichern sich ausserdem im menschlichen Körper, in Tieren sowie in Pflanzen an. Bei bestimmten PFAS konnten gesundheitsschädliche Wirkungen nachgewiesen werden: PFAS können beispielsweise Probleme mit der Fruchtbarkeit, Entwicklungsstörungen bei Un- und Neugeborenen, eine Schwächung des Immunsystems und verschiedene Arten von Krebs verursachen oder begünstigen.

Untersuchungsziele

Ziel dieser Untersuchung war es, einen ersten Überblick über den Einsatz von PFAS in ausgewählten Alltagsprodukten zu erhalten und die zum Nachweis nötige Analytik weiterzuentwickeln. Zu diesem Zweck wurden amtliche Proben aus den Produktkategorien Textilien, Produkte zur Imprägnierung von Textilien, Skiwachs und Lebensmittelbehälter in den Kantonen Basel-Stadt, Genf, Uri und Zürich und in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) erhoben. Die Proben wurden dann im Labor des Office cantonal de l'environnement (OCEV) in Genf auf verbotene PFAS inkl. deren Vorläuferverbindungen hin analytisch untersucht.

Gesetzliche Grundlagen

In der Schweiz sind Verbote und Einschränkungen zu besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen in den Anhängen der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) geregelt. PFAS sind in Anhang 1.16 ChemRRV reguliert. Davon sind nicht nur die Verbindungen selbst, sondern auch deren Vorläuferverbindungen betroffen. Vorläuferverbindungen werden z. B. durch Oxidation in Böden oder Gewässern zu regulierten Einzel-PFAS umgewandelt und tragen ebenfalls zum Eintrag in die Umwelt bei. Aktuell ist die Verwendung in Zubereitungen und Gegenständen für folgende PFAS-Gruppen und ihre Vorläuferverbindungen bzw. Derivate reguliert:

- Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und ihre Derivate
- Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) und ihre Vorläuferverbindungen
- Perfluorooctansäure (PFOA), längerkettige (C9–C14) Perfluorcarbonsäuren (PFCA) und ihre Vorläuferverbindungen
- Fluoroalkylsilanole und ihre Derivate

Über ein zusätzliches Verbot von Perfluorhexansäure (PFHxA) inkl. deren Vorläuferstoffe wird der Bundesrat im Herbst 2025 entscheiden. Die Europäische Chemikalienagentur ECHA prüft zudem die Einführung eines Totalverbots der PFAS-Verbindungen.

Durchführung und Prüfverfahren

Das Prüfverfahren im Rahmen der vorliegenden Untersuchung umfasste drei Schritte:

1. Bestimmung des Gesamtfluorgehalts

Zu diesem Zweck wurden die Proben mittels Verbrennung und Ionenchromatographie (C-IC) analysiert. Der Gesamtfluorgehalt ist ein wichtiger Indikator für das Vorhandensein von Fluorverbindungen. Die Methode fand Anwendung als Screening-Methode, bevor in den nachfolgenden Schritten eine gezielte Suche nach den regulierten PFAS inkl. deren Vorläuferverbindungen erfolgte.

2. Bestimmung verbotener PFAS

War der Gesamtfluorgehalt in einer Probe grösser als 100 ppm, wurde diese durch Flüssigkeitschromatographie gekoppelt mit Elektrospray-Ionisation und Massenspektroskopie (LC-ESI-MS/MS) gezielt auf PFHxS, PFCA, PFOS, PFOA und PFHxA hin untersucht. Bei Gesamtfluorgehalten grösser als 100 ppm gilt es mit dieser Methode als sicher, dass die PFAS absichtlich dem Produkt zugefügt wurden.

3. Bestimmung der Vorläuferverbindungen

Im dritten Schritt wurde der sogenannte TOP-Assay (Total Oxidizable Precursors) eingesetzt, um auch PFAS-Vorläuferverbindungen zu bestimmen, die mittels herkömmlicher Methoden nicht direkt nachweisbar sind. Durch eine chemische Umwandlung entstehen aus den Vorläuferverbindungen messbare Perfluorcarbonsäuren (PFCA), die anschliessend mit den oben genannten Analyseverfahren erfasst wurden. Dieses Verfahren wurde erstmals 2012 zur Bestimmung des PFAS-Gehalts in Löschschaum beschrieben und im Rahmen dieser Untersuchung für anders geartetes Probenmaterial weiterentwickelt.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 76 Produkte analysiert. Von den untersuchten Proben wiesen 13 (17 %) einen über dem definierten Grenzwert liegenden PFAS-Gehalt auf und wurden in der Folge beanstandet.

| | Total | Nicht beanstandet | | Beanstandet | |
|-------------------------------------|-----------|-------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | | Fluorfrei | Fluorhaltig ¹ | ohne Vorläuferverbindungen | mit Vorläuferverbindungen |
| Skiwachse | 18 | 7 | 1 | 8 | 8 |
| Imprägniermittel | 25 | 12 | 1 | 0 | 1 |
| Textilien | 15 | 3 | 2 | 0 | 3 |
| Gegenstände mit Lebensmittelkontakt | 18 | 7 | 2 | 1 | 1 |
| TOTAL | 76 | 29 | 6 | 9 | 13 |

¹ Bei diesen Proben handelt es sich um fluorhaltige Produkte, die entweder keine PFAS enthalten oder die darin enthaltene PFAS nicht reguliert sind.

28 Produkte (37 %) enthielten zudem PFHxA, welches voraussichtlich ab November 2026 verboten sein wird.

| | Total | Proben mit PFHxA ² | |
|-------------------------------------|-----------|-------------------------------|---------------------------|
| | | ohne Vorläuferverbindungen | mit Vorläuferverbindungen |
| Skiwachse | 18 | 2 | 2 |
| Imprägniermittel | 25 | 3 | 11 |
| Textilien | 15 | 2 | 7 |
| Gegenstände mit Lebensmittelkontakt | 18 | 1 | 8 |
| TOTAL | 76 | 8 | 28 |

Skiwachse

Mit acht beanstandeten Proben (44 %) wurde die Produktkategorie Skiwachse am häufigsten bemängelt, dies hauptsächlich bei Proben aus dem Online-Handel. Die Beanstandungsquote sowohl mit als auch ohne TOP-Assay zeigt keine signifikanten Unterschiede. In zwei Proben konnte jedoch PFHxA nachgewiesen werden. Erfreulicherweise wurde in sieben Proben (39 %) kein Fluor nachgewiesen und in einer Probe wurde zwar Fluor, jedoch keine verbotenen PFAS inkl. deren Vorläuferverbindungen nachgewiesen.

Imprägniermittel

Von den 25 untersuchten Imprägniermitteln zeigte der TOP-Assay das Vorhandensein von verbotenen Vorläuferverbindungen in einem Produkt (4 %). Die Verbindungen PFHxS, PFCA, PFOS und PFOA waren in diesen Produkten nicht vorhanden. Bei der Erweiterung der untersuchten PFAS auf PFHxA zeigte sich, dass 11 (44 %) Proben PFHxA und dessen Vorläuferverbindungen enthielten. In 12 der untersuchten Produkte (48 %) wurde kein Fluor nachgewiesen, während in einem Produkt zwar Fluor, jedoch kein nachweisbares, verbotenes PFAS (inkl. Vorläuferverbindungen) enthalten war.

Textilien

Ein vergleichbares Bild zeigt sich bei den Textilien. Drei von 15 Proben (20 %) wurden aufgrund des Vorhandenseins von Vorläuferverbindungen beanstandet. Zusätzlich wurden in sieben Proben (47 %) PFHxA und dessen Vorläuferverbindungen nachgewiesen. In drei Fällen (20 %) wurde kein Fluor nachgewiesen, während in zwei Produkten (13 %) zwar Fluor, jedoch kein nachweisbares, verbotenes PFAS oder dessen Vorläuferverbindungen festgestellt wurde.

Gegenstände mit Lebensmittelkontakt

PFAS werden in Gegenständen mit Lebensmittelkontakt verwendet, weil sie wasser- und fettabweisende Eigenschaften haben. Dadurch lassen sich fettige oder feuchte Speisen besser vom Gegenstand abtrennen. Bei Kontakt mit Fett, Säuren oder Hitze können jedoch PFAS herausgelöst und in die Lebensmittel übergehen. Von den 18 untersuchten Gegenständen mit Lebensmittelkontakt wies ein Produkt (6 %) verbotene PFAS (inkl. Vorläuferverbindungen) auf. In acht Proben (44 %) wurde PFHxA und dessen Vorläuferverbindungen in Mengen oberhalb des ab 2026 geltenden gesetzlichen Grenzwerts nachgewiesen. 50 % der Proben waren nicht zu beanstanden, sei es, weil sie kein Fluor enthielten (7 Produkte, 38 %) oder weil sie keine der regulierten PFAS (inkl. Vorläuferverbindungen) enthielten (2 Produkte, 11 %).

Grenzen der Analytik

Die Wiederfindungsrate von Fluor ist entscheidend für die Zuverlässigkeit und die Aussagekraft der Analyseergebnisse. Sie ist das Verhältnis zwischen dem Gesamtfluorgehalt einer Probe (Analyseschritt 1: CIC) und der gemessenen Fluormenge nach der Analyse (Analyseschritte 2 und 3), ausgedrückt in Prozent. Wenn die Wiederfindungsrate niedrig ist, bedeutet das, dass ein Teil des Fluors – und damit potenziell ein Teil der PFAS – nicht nachgewiesen werden konnte. Ohne die Berücksichtigung der Wiederfindungsrate besteht somit die Gefahr, dass man nur die Verbindungen findet, nach denen gesucht wird, und dass die tatsächliche Belastung durch PFAS unterschätzt wird. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass heutige Analyseverfahren viele PFAS nicht oder nur unvollständig erfassen können, was zu Unsicherheiten führt.

² Für das Verbot von PFHxA und seine Vorläuferverbindungen ab 01.01.2026 gelten folgende Übergangsbestimmungen:

- kosmetische Mittel und Lebensmittelkontaktmaterialien: ab dem 1. November 2026
- Textil-, Leder-, Pelz-, Haut- und Schuhwaren zu Bekleidungszecken für die breite Öffentlichkeit: ab dem 1. November 2026
- Waren, die für andere Zwecke bestimmt sind: ab dem 1. November 2027

| Beispiele von Proben | Gesamtgehalt Fluor (ClC) | Fluorgehalt ohne Vorläuferverbindungen | Wiederfindungsrate | Fluorgehalt mit Vorläuferverbindungen | Wiederfindungsrate |
|--|--------------------------|--|--------------------|---------------------------------------|--------------------|
| Imprägniermittel Beispiel 1 | 1'100 mg/kg | 0.056 mg/kg | 0% | 761 mg/kg | 69% |
| Imprägniermittel Beispiel 2 | 4'400 mg/kg | 0.002 mg/kg | 0% | 187 mg/kg | 4% |
| Textilien Beispiel 1 | 450 mg/kg | 0.003 mg/kg | 0% | 134 mg/kg | 30% |
| Textilien Beispiel 2 | 2'100 mg/kg | 0.009 mg/kg | 0% | 0.21 mg/kg | 0% |
| Gegenstände mit Lebensmittelkontakt Beispiel 1 | 1'200 mg/kg | 0.002 mg/kg | 0% | 81 mg/kg | 7% |
| Gegenstände mit Lebensmittelkontakt Beispiel 2 | 2'500 mg/kg | 0 mg/kg | 0% | 0.03 mg/kg | 0% |

Ohne genaue Messung bleibt das reale Ausmass der Belastung ungeklärt und umfassende Verbote von PFAS kaum durchführbar. Die Weiterentwicklung der Analytik ist somit eine grundlegende Voraussetzung für eine wirksame Regulierung und Durchsetzung eines allfälligen Totalverbots von PFAS.

Schlussfolgerungen

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass verbotene PFAS weiterhin in einer Vielzahl von Alltagsprodukten enthalten sind. Hervorzuheben ist die hohe Beanstandungsquote bei Skiwachsen und insbesondere bei Produkten aus Online-Shops, die alle beanstandet werden mussten. Seit Beginn der Skisaison 2024/2025 wendet die Fédération Internationale de Ski (FIS) ein Fluorverbot für sämtliche Wettkampfdisziplinen an, mit dem Ziel, Umwelt und Gesundheit zu schützen. Es besteht demnach Grund zur Annahme, dass die Verwendung von fluorhaltigen Skiwachsen auch im Amateurbereich zurück gehen wird und der Umwelteintrag reduziert wird.

Der Nachweis von PFAS erfordert einen grossen analytischen Aufwand. Die eingesetzte Analysemethode konnte im Rahmen dieser Untersuchung erfolgreich weiterentwickelt und an neue Matrizes angepasst werden. Dadurch lassen sich Nichtkonformitäten künftig noch gezielter und zuverlässiger erkennen, was eine effektivere Marktüberwachung ermöglicht.

Mit dem für 2026 vorgesehenen Verbot von PFHxA ist eine signifikante Zunahme von Nichtkonformitäten zu erwarten. Dies zeigt sich deutlich an den Resultaten bei Textilien, Gegenständen mit Lebensmittelkontakt und Imprägniermitteln. Aus diesem Grund werden die Kantone in den kommenden Jahren umfassende Marktkontrollen durchführen.