

Perfluorierte Tenside (PFT)

PFTs haben in den letzten Jahrzehnten vielfältige Anwendungen gefunden, sind aber in der Umwelt lange Zeit nahezu unbemerkt geblieben. Viele aktuelle Studien belegen nun deren weite Verbreitung von der insbesondere Mensch und Tier betroffen sind. Selbst in arktischen und antarktischen Regionen sind sie anzutreffen, z. B. im Blut von Eisbären und Pinguinen. Die Leitverbindungen PFOA und PFOS sind im Tierversuch kanzerogen. Die toxikologischen Eigenschaften der PFTs für den Menschen werden als bedenklich eingestuft.

Verwendung und Vorkommen

Per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFAS) werden seit Jahrzehnten produziert und in vielen Industrie- und Verbraucherprodukten eingesetzt. Die umweltmedizinisch bedenklichste Gruppe innerhalb dieser umfangreichen Stoffklasse sind die perfluorierten Tenside (PFT). PFT zeichnen sich durch eine hohe thermische und chemische Stabilität, schmutz-, fett- und wasserabweisende Eigenschaften aus. Zu ihnen gehören die Perfluorsulfonsäuren (z. B. PFOS) und die Perfluorcarbonsäuren (z. B. PFOA).

Nach einer aktuellen Bewertung der „Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit“ (EFSA 2020) sind die Perfluorooctansäure (PFOA), die Perfluorononansäure (PFNA), die Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und die Perfluorhexansäure (PFHxS) die am häufigsten und in größten Mengen vorkommenden PFT in Lebensmitteln und Humanblut und weisen zudem die längsten biologischen Halbwertszeiten auf. Dementsprechend werden diese 4 langkettigen PFT als Leitverbindungen beim Biomonitoring einer möglichen PFT Belastung empfohlen. Die zulässige wöchentliche Aufnahmemenge (TWI) beträgt 4,4 ng/kg KG als Summe der vier PFT Leitsubstanzen (EFSA 2020).

Vielfältige Anwendungen finden die PFT u. a. in Imprägniersprays, Bodenwachs, als Schutzbeschichtung (Scotchgard, Stainmaster, SilverStone) für Teppichböden, Polstermöbel, Textilien, in Kosmetika, in Lebensmittelverpackungen, Feuerlöschschäumen und als Hilfsstoffe in der Fluorpolymerproduktion. Das bekannteste Polymer ist Teflon, das u. a. in GoreTex Kleidung, Implantaten, Zahnseide und als Antihafbeschichtung in Kochgeschirr verwendet wird. Hieraus ergibt sich eine Vielzahl an potentiellen Expositionsquellen für den Menschen.



Aufgrund der hohen Produktionsmenge (ca. 12000 to/ Jahr), und der Persistenz sind PFTs weltweit in der Umwelt und in tierischem und menschlichem Blut nachweisbar. Die ubiquitäre Verteilung erfolgt sowohl über Meeresströmungen als auch über den atmosphärischen Transport von flüchtigen bei der Produktion und Verarbeitung freigesetzten Vorläuferverbindungen wie die Fluortelomeralkohole und andere. Diese

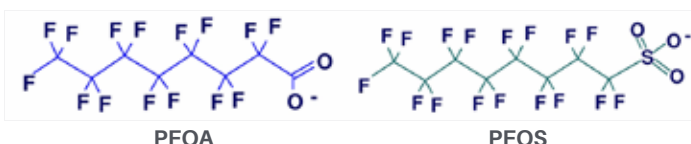
PFOA und PFOS und anderen PFT umgewandelt.



PFTs wurden aufgrund ihrer ausgeprägten Persistenz, Bioakkumulation und Toxizität von der EU als kritischer PBT-Stoff bewertet und ab Juni 2008 bzw. Juli 2020 stufenweise EU-weit, mit Ausnahmen für spezielle Anwendungen, verboten bzw. stark reguliert. Die Stoffklasse der PFAS umfasst mehr als 4700 Stoffe, deren toxikologische Eigenschaften nur teilweise bekannt sind, während Langlebigkeit und Verbreitung in der Umwelt unbestritten ist. Unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips ist ein generelles EU weites Verbot aller PFAS Substanzen in der Diskussion (ECHA 2023).

Aufnahme, Metabolismus und Toxizität

Nach oraler, inhalativer oder dermaler Resorption binden sich PFOA und PFOS hauptsächlich an Proteine in Leber, Niere und Plasma, jedoch nicht in Fettgewebe. Gleiches wird für PFNA und PFHxS angenommen. Besonders kritisch zu bewerten sind deren Weitergabe von der Mutter zum Kind während der Schwan-



Vorläuferverbindungen werden in der Umwelt und im Körper zu

gerschaft und Stillzeit. Langkettige Perfluorsulfonsäuren ebenso wie Perfluorcarbonsäuren werden nicht metabolisiert und zeigen im Menschen lange Halbwertszeiten von mehreren Jahren.

Die gesundheitlichen Auswirkungen von langkettigen PFT wurden in einer Vielzahl von tierexperimentellen und epidemiologischen Studien erforscht, die sich hauptsächlich auf PFOS, PFOA, PFHxS und PFNA beziehen. Aus Tierversuchen ist bekannt, daß diese PFT die Leber schädigen, entwicklungstoxisch sind, den Fettstoffwechsel, den Schilddrüsenhormonspiegel (T3, T4) und das Immunsystem beeinträchtigen. Sie verändern jedoch das Erbgut nicht und wirken erst bei sehr hohen Dosen krebserzeugend (Leber-, Bauchspeicheldrüsen- und Leydigzell- Tumoren). Die Bedeutung dieser Befunde für den Menschen ist noch nicht vollständig geklärt.

In bevölkerungsbezogenen Studien ergab sich ein möglicher Zusammenhang mit erhöhten Cholesterinspiegeln und verringertem Geburtsgewicht. Die US-EPA ordnet PFOA in 2005 als ein „wahrscheinliches Karzinogen“ ein. Die Senatskommission der DFG hat PFOA und PFOS in die Kanzerogenitäts-Kategorie 4 für krebserzeugende Stoffe mit nicht-genotoxischem Mechanismus eingestuft.

PFT werden hauptsächlich über Lebensmittel und Trinkwasser aufgenommen. Insbesondere die langkettigen PFT kumulieren im menschlichen Körper. Nahrungsmittel können durch PFT belastete Böden und Wasser, die zum Anbau genutzt werden, durch Tierfutter und Lebensmittelverpackungen kontaminiert werden. Systematische Untersuchungen zur Belastungssituation verschiedener Lebensmittelgruppen zeigen, dass PFT am häufigsten in Trinkwasser, Fisch, Obst, Eiern und Eiprodukten nachweisbar sind. Der enge Zusammenhang zwischen PFT- Gehalten im Blut von

Kindern und dem Konsum stark kontaminierten Trinkwassers in Arnsberg im Hochsauerlandkreis (Mai 2006) zeigt deutlich, dass der Nahrungspfad eine bedeutende PFT-Quelle sein kann. Gemäß der neuen Trinkwasserverordnung (TrinkwV) gilt ab Januar 2023 ein



PFT's wurden in Ruhr und Möhne nachgewiesen

Grenzwert von 0,1 µg/L für die Summe von 20 PFAS Komponenten (Richtlinie EU 2020/2184). Zusätzlich ist für die Summe der 4 PFT-Leitkomponenten (PFOA, PFNA, PFOA, PFHxS) in Trinkwasser ein Grenzwert von 0,02 µg/l in der Diskussion.

EU-Höchstgehalte für bestimmte tierische Lebensmittel wurden neu festgelegt und gelten ebenfalls ab Januar 2023 (EU Verordnung 2022/2388). Beispielsweise gelten für verschiedene Fischarten Summengrenzwerte der 4 PFT-Leitkomponenten in Höhe von 2 - 45 µg/kg Frischgewicht.

Analytik und Beurteilungswerte für PFT

Die individuelle PFT-Belastung wird anhand der 4 PFT-Leitsubstanzen (PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS) in Plasma oder Serum ermittelt. Diese 4 Komponenten stellen die Hauptlast der PFT Belastung des Menschen. Mit dem anfangs eingesetzten GC-MS Verfahren beschränkte sich die die PFT-Analytik zunächst auf PFOA und PFNA (Hoppe). Erst mit der Umstellung auf LC-MSMS wurde die effektive Messung der relevanten PFT mit Bestimmungsgrenzen von ca. 0,5 bis 1 µg/l möglich. Langjährige Erfahrungen in der Untersuchung von

Humanblutproben liegen vor. Orientierende Referenzwerte (UBA GERES V) für die 4 relevanten PFT von unspezifisch exponierten Personen und gesundheitlich orientierte Beurteilungswerte der HBM-Kommission für PFOA und PFOS (HBM-1 und -2) sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Erläuterung zu den HBM-Werten in Tabelle 1.: HBM-I: Die Konzentration, bei der nicht mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung zu rechnen ist. HBM-II: Die Konzentration, bei deren Überschreitung eine gesundheitliche Beeinträchtigung möglich ist. Werte zwischen HBM-I und HBM-II: Graubereich, gesundheitliche Beeinträchtigungen sind nicht mit Sicherheit auszuschließen.

PFT	REFERENZWERTE (95. PERZ)	HBM-I	HBM-II
	µg/l	µg/l	µg/l
PFOA	3,24	2	5 · / 10**
PFOS	6,00	5	10* / 20**
PFNA	0,66		
PFHxS	1,26		

Tab 1: Orientierende Referenzwerte (95. Perzentile) im Plasma für die deutsche Allgemeinbevölkerung und HBM-Werte des Umweltbundesamt
* Frauen im gebärfähigen Alter
**Übrige Bevölkerungsgruppen

Bei beruflich bedingter Exposition von Personen in der Produktion oder Weiterverarbeitung von PFTs liegen veröffentlichte PFOA Serum-Konzentrationen bei 7-92030 µg/l, die für PFOS zwischen 40-12830 µg/l. Der BAT-Wert (Biologischer Arbeitsstoff-Toleranz-Wert) für PFOA und PFOS wurden auf 5000 µg/l bzw. 15000 µg/l festgelegt.

Untersuchungsmaterial

Für die Messung der PFT-Leitsubstanzen benötigen wir 1 ml Plasma oder Serum. Die PFTs können einzeln oder als Profil (PFAS) angefordert werden.

Literaturhinweise und Bildnachweise auf Anfrage.

