

Gekommen, um zu bleiben: Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) in Lebensmitteln und der Umwelt

FAQ des BfR vom 16. Juni 2023¹

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind eine große Gruppe von Industriechemikalien, die aufgrund ihrer besonderen technischen Eigenschaften in zahlreichen industriellen Prozessen und Verbraucherprodukten eingesetzt werden.

In der Untergruppe der Perfluoralkylsubstanzen sind die Verbindungen Perfluoroktansäure (PFOA) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) am besten untersucht. Wie viele PFAS sind auch diese beiden Verbindungen schwer abbaubar und in der Umwelt, in der Nahrungskette und im Menschen nachweisbar.

Im September 2020 hat die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) eine Neubewertung der gesundheitlichen Risiken durch PFAS in Lebensmitteln veröffentlicht. Dies ist die erste Stellungnahme der EFSA, in der neben PFOA und PFOS weitere PFAS, nämlich Perfluorononansäure (PFNA) und Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), in die Expositionsschätzung und die gesundheitliche Bewertung einbezogen wurden. <http://www.efsa.europa.eu/de/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake>

Bei der Neubewertung hat sich die EFSA auf die Ergebnisse von Studien bezogen, die auf eine Wirkung bestimmter PFAS auf das Immunsystem hinweisen. Als tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (TWI) wurde ein Wert in Höhe von 4,4 Nanogramm (ng) pro Kilogramm (kg) Körpergewicht pro Woche für die Summe von vier PFAS, nämlich PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS, abgeleitet.

Die Verwendung von PFOS ist bereits seit 2006 und die von PFOA seit Juli 2020 weitgehend verboten. Am 7. Februar 2023 hat die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) den Vorschlag für ein Verbot der Herstellung, der Verwendung und des Inverkehrbringens (einschließlich der Einfuhr) der gesamten Gruppe der per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) veröffentlicht. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/per-und-polyfluorierte-alkylsubstanzen-pfas-veroeffentlichung-des-vorschlags-zur-beschaenkung-nach-der-reach-verordnung-bei-der-europaeischen-chemikalienbehoerde.pdf>

Was sind per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)?

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind industriell hergestellte Stoffe, die nicht in der Natur vorkommen. Chemisch handelt es sich um organische Verbindungen, bei denen die am Kohlenstoff gebundenen Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt sind. Die Stoffgruppe umfasst gegenwärtig mindestens 10.000 verschiedene Verbindungen, 4730 davon mit bekannter chemischer Struktur. Einen Überblick zu dieser großen Stoffgruppe bietet ein Bericht der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) unter <https://www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinated-chemicals/terminology-per-and-polyfluoroalkyl-substances.pdf>.

Die verschiedenen PFAS unterscheiden sich zum einen in der Länge ihrer Kohlenstoffketten und zum anderen durch die im Molekül vorhandenen weiteren Strukturen (funktionelle Gruppen), z. B. einer Carboxylgruppe bei den Perfluoralkylcarbonsäuren (PFCA) oder einer Sulfonatgruppe bei den Perfluoralkylsulfonsäuren (PFSA). Bislang sind Perfluoroktansäure (PFOA) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) die am besten untersuchten Verbindungen.

¹ Redaktionelle Anpassung am 03. August 2023: Erklärung des TWI

Diese beiden Verbindungen gehören (zusammen mit anderen verwandten Verbindungen) zur sogenannten „C8-Fluorchemie“.

Daneben gibt es auch PFAS mit längeren oder kürzeren Kohlenstoffketten. Von einer „kurzkettigen“ Verbindung spricht man mit Blick auf die PFCA bei einer Verbindung mit einer kürzeren Kohlenstoffkette als PFOA. Bei den PFSA wird erst dann von einer „kurzkettigen“ Verbindung gesprochen, wenn die Kohlenstoffkette um mehr als zwei perfluorierte Kohlenstoffatome kürzer ist als bei PFOS. Kurzkettige PFAS werden nach der Aufnahme in den menschlichen und den Säugetier-Organismus schneller ausgeschieden als diejenigen mit längeren Kohlenstoffketten.

Seit man die problematischen Eigenschaften von PFOA und PFOS erkannt hat, werden alternativ andere Verbindungen eingesetzt, darunter auch PFAS mit kürzeren perfluorierten Kohlenstoffketten, wie beispielsweise Perfluorhexansäure (PFHxA). Außerdem sind zahlreiche sogenannte Vorläuferstoffe im Einsatz, zum Beispiel 6:2-Fluortelomeralkohol, das in der Umwelt sowie auch in Organismen in schwer abbaubare PFAS, wie z.B. PFHxA, umgewandelt werden kann. Vorläuferstoffe können somit zusätzlich zur Exposition gegenüber schwer abbaubaren PFAS, beispielsweise PFCA und PFSA, beitragen.

Stehen die Abkürzungen „PFT“ oder „PFC“ ebenfalls für die Stoffgruppe der „PFAS“?

Neben der Bezeichnung „PFAS“ für Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen werden häufig auch die Abkürzungen „PFT“ für Perfluortenside und „PFC“ für Per- und Polyfluorchemikalien genutzt. Diese Bezeichnungen umfassen jedoch die Verbindungen, die zu der Gruppe der PFAS gehören, nicht korrekt und sollten daher vermieden werden.

Welche Produkte enthalten PFAS?

Die Industriechemikalien der PFAS-Gruppe wie PFOS und PFOA werden seit Mitte des 20. Jahrhunderts hergestellt. PFAS sind äußerst stabil und finden aufgrund ihrer besonderen chemischen Eigenschaften weitreichenden Einsatz in zahlreichen industriellen Prozessen und technischen Anwendungen. PFAS werden für die Herstellung wasser-, fett- und schmutzabweisender Ausrüstungen von verschiedenen Verbraucherprodukten wie Papier (z. B. Fast-Food-Verpackungen, Backpapier), Textilien (z.B. Outdoor-Bekleidung, Teppiche) und Kochgeschirr (z. B. antihaft- beschichtete Pfannen) eingesetzt und in Elektronikgeräten, kosmetischen Mitteln, Imprägniermitteln oder Ski-Wachsen verarbeitet. Verbraucherinnen und Verbraucher können nicht immer erkennen, ob Produkte PFAS enthalten.

Zudem werden PFAS zur Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen, in Reinigungs- und Pflanzenschutzmitteln, in der Fahrzeug- und Bauindustrie, im Energiesektor, in Farben und Feuerlöschschäumen sowie in einer Vielzahl weiterer Bereiche verwendet.

Darüber hinaus können diese Verbindungen als Verunreinigungen oder nicht beabsichtigte Nebenprodukte in Verbraucherprodukten vorkommen.

Wie gelangen PFAS in die Nahrungskette?

Aufgrund der starken chemischen Bindung zwischen Kohlenstoff- und Fluoratomen sind PFAS chemisch und physikalisch sehr stabil. Daher können sie durch natürliche Abbaumechanismen wie Sonneneinstrahlung, Mikroorganismen und andere Prozesse kaum gespalten werden. Dies führt dazu, dass PFAS in der Umwelt sehr langlebig sind, wenn sie einmal eingetragen

wurden. Über die Atmosphäre werden einige PFAS bis in entlegene Gebiete transportiert. PFAS sind weltweit in Gewässern, Böden, Pflanzen und Tieren nachweisbar und können damit auch in die Nahrungskette eingetragen werden. Das Umweltbundesamt (UBA) ermittelt und bewertet die Eintragungspfade von PFAS in die Umwelt. Weitere Informationen finden Sie auf der UBA-Internetseite unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/chemikalien/chemikalien-reach/stoffe-ihre-eigenschaften/stoffgruppen/pfc-portal-start>.

Werden PFAS auch im Menschen nachgewiesen?

Weltweit liegen für einige PFAS Daten zum Vorkommen im Menschen (in humanem Blutplasma bzw. -serum und in der Muttermilch) vor. Die im Körper vorhandene Menge an PFAS („interne Exposition“) ist unterschiedlich für jede einzelne Verbindung.

Laut der Stellungnahme der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) vom September 2020 repräsentieren sieben Verbindungen, PFOA, Perfluornonansäure (PFNA), Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS), PFOS, Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS), Perfluordecansäure (PFDA) und Perfluorundecansäure (PFUnDA) bei Erwachsenen rund 97 % der bisher am häufigsten untersuchten PFAS im menschlichen Blut in Europa. Die höchsten Konzentrationen im menschlichen Blutplasma und -serum weisen bei Erwachsenen PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS auf. Etwa 90 % der im menschlichen Blut nachweisbaren PFAS-Gehalte wird durch diese vier PFAS repräsentiert.

Die Höhe der Gehalte an PFAS im menschlichen Blut und die relativen Anteile einzelner PFAS können sich von Person zu Person deutlich unterscheiden. Einflussfaktoren sind die Region, in der man lebt, sowie das Geschlecht und die Ernährungsgewohnheiten. Vorliegende Daten deuten darauf hin, dass in bestimmten Regionen Deutschlands höhere Gehalte an verschiedenen PFAS in der Umwelt vorhanden sind und damit auch eine höhere Exposition des Menschen vorliegt.

Zu Gehalten an PFAS im Blutplasma der erwachsenen Gesamtbevölkerung in Deutschland liegen keine repräsentativen Untersuchungen vor. Messungen der Gehalte an PFOS und PFOA in aktuellen Untersuchungen weisen auf einen Trend zu abnehmenden Gehalten im Blut hin. In Untersuchungen zu Gehalten im Blutserum an 158 Personen aus München im Jahr 2016 lag der Median der Gehalte für PFOS bei 2,1 Mikrogramm (μg) pro Liter (95. Perzentil 6,4 μg pro Liter) und für PFOA bei 1,1 μg pro Liter (95. Perzentil 2,4 μg pro Liter).

Gehalte an PFNA und PFHxS im Blut der erwachsenen Bevölkerung in Deutschland und in Europa sind der aktuellen Datenlage nach niedriger als die Werte für PFOA und PFOS und liegen im Median im Bereich unter 1 μg pro Liter.

Eine Studie zu Gehalten an PFAS im Blutplasma von 3- bis 17-jährigen Kindern und Jugendlichen in Deutschland zeigt Gehalte von 2,4 μg PFOS pro Liter, 1,3 μg PFOA pro Liter und 0,4 μg PFHxS pro Liter im Median. Gehalte der neun weiteren im Rahmen dieser Studie untersuchten PFAS einschließlich PFNA liegen in dieser Studie im Median unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenzen (Vgl. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/deutsche-umweltstudie-zur-gesundheit-von-kindern-0>).

Untersuchungen von Muttermilchproben zeigen, dass einige PFAS auch in der Muttermilch nachweisbar sind. Die darin gemessenen Gehalte von PFOS und PFOA betragen je nach Untersuchung ca. 0,9 bis 2 % bzw. 1,8 bis 9 % der Gehalte im Blut der Mutter.

Was passiert mit PFAS nach der Aufnahme in den Körper?

Viele Fremdstoffe, die aus der Umwelt aufgenommen werden, können durch den tierischen oder menschlichen Stoffwechsel so verändert („verstoffwechselt“) werden, dass sie weniger schädlich für den Organismus und/oder besser ausscheidbar sind. Für PFAS zeigen Studien jedoch, dass sie entweder unverändert ausgeschieden oder zu anderen PFAS, bspw. Perfluoralkylsäuren (PFAA), verstoffwechselt werden. Diese PFAA (inkl. PFCA und PFSA) stellen eine „Endstufe“ des Abbaus von PFAS im Stoffwechsel dar.

Die Ausscheidung von PFAS erfolgt vorrangig über den Urin. Der menschliche Organismus kann insbesondere langkettige PFAS, wie PFOS und PFOA, nur langsam ausscheiden. Daher weisen langkettige PFAS beim Menschen lange Halbwertszeiten von mehreren Jahren auf. Die Halbwertszeit ist die Zeitspanne, in der im Körper der Gehalt von einer Substanz durch biochemische und physiologische Prozesse (Stoffwechsel und Ausscheidung) auf die Hälfte absinkt. Die langsame Ausscheidung langkettiger PFAS kann zu einer Anreicherung im menschlichen Körper führen, wenn im gleichen Zeitraum größere Mengen aufgenommen als ausgeschieden werden.

Tierexperimente zeigen, dass Maus, Ratte, Hund und Affe die Substanzen in Abhängigkeit von der Tierart und dem Geschlecht ausscheiden. Diese Versuchstierarten scheiden PFAS deutlich schneller aus als Menschen. Der Abschätzung der menschlichen Ausscheidungsraten werden daher Daten aus epidemiologischen Studien zugrunde gelegt.

Kurzkettige PFAS werden in allen untersuchten Säugerspezies einschließlich des Menschen schneller ausgeschieden als die langkettigen Verbindungen. So liegt beispielsweise die Halbwertszeit der kurzkettigen Perfluorhexansäure (PFHxA) im Blut beim Menschen im Bereich von Tagen, während sie bei der langkettigen Perfluoroktansäure (PFOA) im Bereich von Jahren liegt.

Wie haben sich die PFAS-Gehalte im Blutserum bzw. -plasma beim Menschen in den vergangenen Jahren entwickelt?

Die Gehalte der vier langkettigen PFAS (PFOA, PFNA, PFOS und PFHxS) im Blutserum bzw. -plasma waren in Deutschland um das Jahr 1990 am höchsten. Seitdem sind die Blutserumkonzentrationen dieser vier Verbindungen in der Bevölkerung in Deutschland deutlich zurückgegangen. Heute liegen die Werte für PFOS bei etwa 10 % und für PFOA, PFNA und PFHxS jeweils bei etwa 30 % im Vergleich zu den damaligen Gehalten. Weitere Informationen finden sich in den FAQs zu PFAS des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) und unter dem darin enthaltenen Link zur Umweltprobenbank des Bundes: <https://www.bmu.de/faqs/per-und-polyfluorierte-chemikalien-pfas/>.

Welche möglichen gesundheitlichen Auswirkungen haben PFAS?

Die folgenden Abschnitte beschreiben das Gefährdungspotential, das möglicherweise von PFAS ausgehen kann. Das von einem Stoff ausgehende Risiko für schädliche Wirkungen hängt von der Menge ab, der Menschen ausgesetzt sind, sowie von der Expositionsdauer (siehe dazu auch die Frage „Gibt es gesundheitsbasierte Richtwerte zur Bewertung von PFAS in Lebensmitteln?“ und die darauffolgenden Fragen).

Bevölkerungsbezogene Studien geben Hinweise auf Zusammenhänge zwischen Gehalten bestimmter PFAS im Blutserum und dem Auftreten möglicherweise gesundheitlich relevanter

Veränderungen. So wurde bei Kindern, die höhere Gehalte der Summe an PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS im Blutserum aufwiesen, eine geringere Konzentration an Antikörpern nach üblichen Impfungen beobachtet. Außerdem wurden bei höheren Gehalten an PFOS oder PFOA höhere Cholesterinspiegel und niedrigere Geburtsgewichte beobachtet. Bei höherer Exposition gegenüber PFOA fanden sich zudem höhere Werte eines Leberenzym.

Aus Tierversuchen ist bekannt, dass viele PFAS, einschließlich PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS, bei einigen untersuchten Tierarten in höherer Dosierung die Leber schädigen. Im Tierversuch wirken einige PFAS wie PFOA und PFOS außerdem entwicklungsstoxisch und können den Fettstoffwechsel, die Schilddrüsenhormonspiegel und das Immunsystem beeinträchtigen. Einige PFAS stehen außerdem im Verdacht, bei Versuchstieren Krebs zu erzeugen. Diese Substanzen verändern jedoch nach derzeitigem Kenntnisstand das Erbgut nicht direkt und wirken im Tierversuch erst bei Dosierungen krebserzeugend, die oberhalb der Mengen liegen, die der Mensch über Lebensmittel zu sich nimmt.

Auch in bevölkerungsbezogenen Studien wurde untersucht, ob ein erhöhtes Krebsrisiko für den Menschen im Zusammenhang mit einer Exposition gegenüber PFOS und PFOA besteht. Laut EFSA (2020) konnte ein Zusammenhang zwischen dieser Exposition und einem erhöhten Krebsrisiko für den Menschen derzeit nicht eindeutig belegt werden. Eine Neubewertung des krebserzeugenden Potentials von PFOA und PFOS für den Menschen erfolgt derzeit durch die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Hinsichtlich anderer PFAS liegen bislang kaum Humandaten zur Kanzerogenität vor.

Gibt es gesundheitsbasierte Richtwerte zur Bewertung von PFAS in Lebensmitteln?

Ein wichtiger gesundheitsbasierter Richtwert ist die tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge“ (engl. „Tolerable Weekly Intake“, TWI). Der TWI Wert stellt die Menge einer Substanz (pro Kilogramm Körpergewicht) dar, die pro Woche bei lebenslanger Aufnahme keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen erwarten lässt.

In ihrer Stellungnahme vom September 2020 hat die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) einen TWI-Wert für die Summe von vier PFAS, nämlich PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS in Höhe von 4,4 Nanogramm (ng) pro Kilogramm (kg) Körpergewicht pro Woche abgeleitet. Für die übrigen im Lebensmittel bisher nachgewiesenen PFAS konnte kein gesundheitsbasierter Richtwert wie ein TWI abgeleitet werden, da dazu die aktuell vorhandene Datenbasis nicht ausreicht.

Die TWI-Ableitung beruht auf Ergebnissen einer Studie bei einjährigen Kindern <https://www.bfr.bund.de/cm/343/neue-studie-zeigt-bei-hohen-pfoa-gehalten-im-blut-weisen-einjaehrige-kinder-geringere-gehalte-von-impfantikoerpern-auf.pdf> .

In dieser und weiteren Studien wurde bei höheren Gehalten der vier PFAS im Blutserum eine geringere Konzentration an Antikörpern nach üblichen Impfungen (niedrigere Antikörpertiter) beobachtet. Dies weist auf eine Wirkung der Stoffe auf das Immunsystem hin. Auch in Tierversuchen traten vergleichbare Wirkungen auf das Immunsystem auf.

Die höchste Exposition gegenüber PFAS haben gestillte Kinder über die Muttermilch. Die Einhaltung des TWI gewährleistet, dass auch bei Kindern, die lange gestillt werden, keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch PFAS zu erwarten sind. Auch die übrigen Bevölkerungsgruppen sind bei Einhaltung des TWI nach derzeitiger Datenlage vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch PFAS geschützt.

Dies gilt sowohl für das mögliche Auftreten niedrigerer Antikörpertiter nach Impfungen als auch für andere beobachtete Veränderungen, für die in epidemiologischen Studien Zusammenhänge mit einer Exposition gegenüber PFOA, PFNA, PFHxA oder PFOS beschrieben wurden.

Für andere PFAS liegen keine gesundheitsbasierten Richtwerte für die Bewertung des Vorkommens in Lebensmitteln vor.

Was bedeutet es, wenn der gesundheitsbasierte Richtwert der EFSA für die Summe aus PFOA, PFNA, PFHxA und PFOS überschritten wird?

Nach der Aufnahme mit der Nahrung, mit Trinkwasser oder über andere Quellen können sich einige PFAS im menschlichen Körper anreichern, weil sie nur langsam ausgeschieden werden. Auch eine kurzfristige Aufnahme dieser Stoffe kann wegen ihrer langsamen Ausscheidung langfristig zu einer höheren Konzentration im Körper beitragen. Ob durch eine TWI-Überschreitung Konzentrationen im Körper erreicht werden, bei denen gesundheitliche Beeinträchtigungen möglich sind, hängt von mehreren Faktoren ab: der Höhe der Überschreitung der tatsächlich aufgenommenen Menge in den Organismus (interne Dosis), der Dauer der Exposition, dem Verhältnis von Zufuhr und Ausscheidung und der bereits im Körper vorhandenen Menge der Stoffe.

In ihrer Stellungnahme nimmt die EFSA (2020) eine verminderte Bildung von Antikörpern nach Impfungen als die erste zu erwartende Reaktion des Körpers an, die bei Kindern mit höheren PFAS-Gehalten im Blutserum auftreten könnte. Seither sind neue Studien zur Toxizität von PFAS veröffentlicht worden. In Bezug auf Kanzerogenität von PFOA und PFOS werden diese zurzeit von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) geprüft.

Was bedeutet eine geringere Bildung von Antikörpern nach Impfungen bei Kindern mit höheren Gehalten an PFAS im Blutserum?

Eine geringere Bildung von Antikörpern nach Impfungen bei Kindern mit höheren PFAS-Gehalten im Blutserum weist auf eine Wirkung der Stoffe auf das Immunsystem hin. Der zugrundeliegende Wirkmechanismus ist bislang noch nicht aufgeklärt.

Diese verminderte Bildung von Impfantikörpern ist grundsätzlich als unerwünscht anzusehen, auch wenn es durch die bestehenden Sicherheitsmargen bei Impfungen bei Beachtung der Impfeempfehlungen der Ständigen Impfkommission nicht unbedingt zu einem verminderten Impfschutz kommen muss. Ob es durch den Einfluss von PFAS auf das Immunsystem auch zu einem häufigeren Auftreten von Infektionen kommen kann, ist derzeit nicht geklärt.

Gibt es gesundheitsbasierte Richtwerte (z. B. TWI) für kurzkettenige PFAS?

Es sind aktuell nur in begrenztem Umfang toxikologische Daten für diese Stoffe verfügbar. Zur Bewertung der gesundheitlichen Risiken von kurzkettenigen PFAS in Lebensmitteln liegen bisher keine gesundheitsbasierten Richtwerte, z. B. Werte für die tolerierbare wöchentliche Aufnahmemenge (TWI), vor.

Im aktuellen Beschränkungsvorschlag für PFHxA und seine Salze wurden DNELs (engl. „Derived No-Effect Level“, das ist die aus toxikologischen Versuchsdaten abgeleitete Höhe der Ex-

Die vorliegende Datenbasis lässt gegenwärtig keine Aussage zu, welche Lebensmittel hauptsächlich zur Aufnahme von PFAS beitragen. Zu konkreten PFAS-Gehalten von Lebensmitteln und Trinkwasser in einzelnen Regionen und zu möglichen regionalen Verzehrempfehlungen informieren die jeweiligen Landesbehörden.

Informationen zu PFAS stellen zum Beispiel in Bayern das Bayerische Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (LGL) unter <https://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/chemie/kontaminanten/pfas/index.htm>, für Baden-Württemberg das Regierungspräsidium Karlsruhe unter <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpk/abt5/ref541/stabsstelle-pfc/pfc-problematik-mittelbaden-mannheim/> sowie das niedersächsische Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) https://www.laves.niedersachsen.de/startseite/lebensmittel/ruckstande_verunreinigungen/perfluorierte-alkylsubstanzen-187637.html bereit.

Wie hoch ist die Aufnahme von PFAS bei Verbraucherinnen und Verbrauchern über Lebensmittel?

Das BfR hat im Jahr 2021 eine gesundheitliche Bewertung zum Vorkommen von PFAS in Lebensmitteln erarbeitet. Die Schätzung des BfR zur Gesamtaufnahme der Summe der vier PFAS (PFOS, PFOA, PFNA und PFHxS) liegt im Mittel (Median) im Bereich des TWI von 4,4 Nanogramm (ng) pro Kilogramm (kg) Körpergewicht und Woche. Das bedeutet, dass die langfristige Exposition gegenüber diesen vier PFAS bei etwa der Hälfte der erwachsenen Bevölkerung über dem TWI liegt. Grundlage dieser Aufnahmeschätzung waren Daten zu Gehalten an PFAS in Lebensmitteln in Deutschland aus dem Lebensmittelüberwachungsprogramm der Bundesländer der Jahre 2007 bis 2020.

Laut einer Berechnung der EFSA aus dem Jahr 2020 beträgt der Mittelwert der wöchentlichen Gesamtaufnahme von PFOA, PFNA, PFHxS und PFOS in der erwachsenen Bevölkerung in Europa 3 bis 22 Nanogramm (ng) pro Kilogramm (kg) Körpergewicht für die Summe dieser vier PFAS. Die auf das Körpergewicht bezogene Aufnahme kann bei Säuglingen, Kleinkindern, Kindern und Jugendlichen deutlich höher sein. Sie liegt damit sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern und Jugendlichen über dem TWI.

Die Datenbasis zu Gehalten an PFAS in Lebensmitteln wurde in den derzeitigen Stellungnahmen des BfR und der EFSA im Vergleich zu früheren Stellungnahmen vergrößert. Auch in den aktuellen Aufnahmeschätzungen lagen jedoch die Gehalte in dem überwiegenden Teil der Lebensmittelproben unterhalb der analytischen Nachweisgrenzen. Auch deswegen bestehen in den aktuellen Schätzungen der Gesamtaufnahme weiterhin erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlichen Aufnahmemenge.

Eine spezifische Optimierung der Analysemethoden und die Verwendung sensitiver Messsysteme kann die Empfindlichkeit der PFAS Analytik in Zukunft weiter erhöhen. Die Etablierung und Fortentwicklung sensitiver Analysemethoden für PFAS in der Lebensmittelüberwachung kann dazu beitragen, die Bestimmungsgrenzen abzusenken und dadurch auch geringe Gehalte an PFAS zu erfassen. Daraus resultiert eine präzisere Schätzung der Gesamtaufnahme.

Gibt es neben dem gesundheitlich abgeleiteten Richtwert TWI andere Kriterien zu Bewertung des gesundheitlichen Risikos von PFAS?

Neben der hier dargestellten Gesamtaufnahme (externe Exposition) bieten die Gehalte an PFAS in Blutserum oder Plasma (interne Exposition, „Body Burden“) eine zweite Beurteilungs-

möglichkeit für die gegenwärtige PFAS-Exposition, die nicht von den zuvor genannten Unsicherheiten betroffen ist. Nach der Stellungnahme der EFSA von 2020 entspricht ein lebenslang ausgeschöpfter TWI-Wert (4,4 Nanogramm (ng) pro Kilogramm (kg) Körpergewicht pro Woche für die Summe von vier PFAS) einer internen Exposition von 6,9 µg/L für die Summe der vier PFAS bei Frauen im gebärfähigen Alter. Wird dieser Wert nicht überschritten, sind auch bei lange gestillten Kindern keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten.

Derzeit liegen zur internen Exposition keine repräsentativen Daten aus Deutschland vor. In aktuellen Untersuchungen der erwachsenen Bevölkerung in drei Städten in Deutschland lagen die Gehalte für die Summe der vier PFAS im Blutserum im Median bei 5,8 µg/L (Münster), 4,1 µg/L (München) und 7,1 µg/L (Berlin). In diesen Studien lagen bei 2 bis 36 % der Frauen im gebärfähigen Alter die Blutserumgehalte oberhalb des dem TWI zugrundeliegenden Wertes von 6,9 µg/L. Aus diesen Daten (überschlägige Annahme: 25 % der Frauen liegen oberhalb des Blutserumgehaltes von 6,9 µg/L) kann unter Nutzung aktueller Daten zum Stillverhalten grob geschätzt werden, dass gegenwärtig in Deutschland ca. 10 % der Säuglinge im Alter von einem Jahr ein kritisches Expositionsniveau für die vier PFAS überschreiten könnten, das mit geringeren Konzentrationen von Impfantikörpern verbunden sein könnte. Die aktuelle epidemiologische Datenlage lässt aus Sicht des BfR noch keine Schlussfolgerung hinsichtlich der Frage zu, ob es hierdurch auch zu einem häufigeren Auftreten und/oder schwerwiegenderen Verläufen von Infektionen kommen kann.

Gibt es Höchstgehalte für PFAS in Lebensmitteln?

Höchstgehalte für Kontaminanten wie z. B. PFAS in Lebensmitteln werden grundsätzlich auf europäischer Ebene festgelegt. Seit dem 01. Januar 2023 gelten in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union gesetzliche Höchstgehalte für PFOS, PFOA, PFNA und PFHxS sowie die Summe dieser vier PFAS in bestimmten Lebensmitteln tierischer Herkunft (Eier, Fischereierzeugnisse und Muscheln, Fleisch und Schlachtnebenerzeugnisse wie Innereien). Lebensmittel, die diese PFAS in einer Konzentration enthalten, welche die festgelegten Höchstgehalte überschreitet, dürfen seitdem nicht mehr in den Verkehr gebracht werden.

Welche PFAS wurden bislang verboten?

Noch vor Inkrafttreten der EU-REACH-Verordnung (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006) wurde ein EU-weites Verbot für PFOS (Perfluorooctansulfonsäure, C8) beschlossen (siehe EG-Richtlinie 2006/122), das kurz darauf in die EU-POP-Verordnung (persistent organic pollutants) übernommen wurde. Damit wurde die entsprechende Regelung aus der internationalen Stockholmer Konvention übernommen (VO (EU) 757/2010).

PFOA ist auf Initiative der deutschen Behörden in Zusammenarbeit mit den norwegischen Behörden zunächst EU-weit reguliert worden. Parallel wurde die Aufnahme von PFOA in die weltweit gültige Verbotliste der Stockholm-Konvention für persistente organische Schadstoffe vorangetrieben und 2019 beschlossen. Darüber hinaus wurde PFHxS (Perfluorhexansulfonsäure, C6) in 2022 in das Stockholmer Übereinkommen als weiteres POP aufgenommen.

Seit dem 25. Februar 2023 sind zudem das Inverkehrbringen, die Herstellung und die Verwendung von perfluorierten Carbonsäuren mit neun bis vierzehn Kohlenstoffatomen (PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA) beschränkt. Derzeit wird zudem von der EU-Kommission ein Vorschlag zur Beschränkung der Herstellung und Verwendung von PFHxA (Perfluorhexansäure, C6) erarbeitet. Eine Entscheidung über diese Regulierung wird vermut-

lich noch 2023 erfolgen. Ein ergänzender Vorschlag zur Regulierung von fluorhaltigen Feuerlöschschäumen wird derzeit von den wissenschaftlichen Ausschüssen bei der Europäischen Chemikalienagentur ECHA bewertet. Mit einer Entscheidung ist vermutlich im Jahr 2024 zu rechnen.

Verschiedene weitere PFAS, wie etwa Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), PFHxS und HFPO-DA (Handelsname "GenX"; Ammonium-2,3,3,3-tetrafluor-2-propanoat), sind bereits als besonders besorgniserregende Stoffe (sogenannte Substances of Very High Concern, SVHC) unter REACH identifiziert worden mit dem Ziel, auch diese zu ersetzen.

Sind weitere Schritte zu einer umfassenden Regulierung von PFAS geplant?

Am 7. Februar 2023 hat die Europäische Chemikalienagentur (ECHA) den Vorschlag für ein Verbot der Herstellung, der Verwendung und des Inverkehrbringens (einschließlich der Einfuhr) der umfangreichen Gruppe der PFAS veröffentlicht. Das vorgeschlagene Verbot wurde im Rahmen der EU-Chemikalienverordnung REACH von behördlichen Expertinnen und Experten aus Deutschland (unter Beteiligung des BfR), den Niederlanden, Dänemark, Norwegen und Schweden ausgearbeitet. Aus Deutschland waren die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), das Umweltbundesamt (UBA) und das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) an der Ausarbeitung beteiligt. Ziel des Verbots ist es, die Freisetzung von PFAS in die Umwelt drastisch zu verringern (siehe auch die Mitteilung des BfR vom 7.2.2023: <https://www.bfr.bund.de/cm/343/per-und-polyfluorierte-alkylsubstanzen-pfas-veroeffentlichung-des-vorschlags-zur-beschaenkung-nach-der-reach-verordnung-bei-der-europaeischen-chemikalienbehoerde.pdf>). Voraussichtlich im Jahr 2025 kann mit einer Entscheidung der Europäischen Kommission über diesen Vorschlag gerechnet werden. Sollte der PFAS-Beschränkungsvorschlag angenommen werden, wäre dies eines der umfangreichsten Verbote chemischer Stoffe seit Inkrafttreten der REACH-Verordnung im Jahr 2007.

Für weitere Informationen zur Regulation von PFAS wird auf das FAQ-Dokument des BMUV unter <https://www.bmuv.de/faqs/per-und-polyfluorierte-chemikalien-pfas/> verwiesen.

Welche kosmetischen Mittel enthalten PFAS?

Suchanfragen in Inhaltsstoff- und Produktdatenbanken gekoppelt mit punktuellen analytischen Untersuchungen weisen PFAS in vereinzelt kosmetischen Mitteln nach. Dem BfR liegen jedoch keine aktuellen repräsentativen Untersuchungen zu PFAS-Gehalten kosmetischer Mittel vor, die sich im Markt befinden.

Chemikalienrechtliche Verbote, die beispielsweise im Rahmen der EU-Chemikalienverordnung (Verordnung (EG) Nr. 1907/2006) erarbeitet werden, gelten auch für kosmetische Mittel. Gleiches gilt für die Vorgaben der Verordnung zu persistierenden organischen Schadstoffen ((EU) 2019/1021). So ist u. a. die Verwendung der gesundheitlich bedenklichen Substanz PFOA in kosmetischen Mitteln verboten.

Werden PFAS in Lebensmittelkontaktmaterialien wie beispielsweise Verpackungen eingesetzt?

PFAS werden in verschiedener Form für Lebensmittelkontaktmaterialien eingesetzt. Beispiele sind Fluorpolymere in antihafbeschichteten Pfannen, Folien oder Küchengegenständen wie Tellern, Tassen oder Aufbewahrungsboxen. Zudem können Polymere mit fluorierten Seitenketten bei der Herstellung von Papierverpackungen verwendet werden, die insbesondere mit

heißen flüssigen oder fetthaltigen Lebensmitteln in Kontakt kommen sollen. Beispiele hierfür sind Fastfood-Verpackungen, Tüten für Mikrowellen-Popcorn, Muffinförmchen oder Backpapier.

Für PFOA, dessen Salze oder Vorläuferverbindungen gelten seit dem 4. Juli 2020 Gehaltsgrenzwerte, sofern sie als unbeabsichtigte Spurenverunreinigung in Erzeugnissen, wie z. B. in Lebensmittelverpackungen enthalten sind. Die Grenzwerte betragen 25 Mikrogramm (μg) pro Kilogramm Erzeugnis für PFOA und deren Salze bzw. 1000 μg pro Kilogramm Erzeugnis für Vorläuferverbindungen. In der Verordnung (EU) Nr. 10/2011 zu Lebensmittelkontaktmaterialien aus Kunststoff ist das Ammoniumsalz von PFOA für die Herstellung von Mehrweggegenständen, die bei hohen Temperaturen hergestellt (gesintert) werden, weiterhin gelistet. Die Freisetzung relevanter Mengen an PFOA aus solchen Gegenständen in Lebensmittel ist nicht zu erwarten.

PFOS darf entsprechend der POP-Verordnung (EU 2019/1021) nicht absichtlich bei der Herstellung von Lebensmittelkontaktmaterialien verwendet werden. Für mögliche ungewollte Verunreinigungen sind niedrige Grenzwerte festgelegt.

Das BfR hat in der BfR Empfehlung XXXVI „Papiere, Kartons und Pappen für den Lebensmittelkontakt“ Richtwerte für die Verwendung bestimmter PFAS festgelegt, bei deren Einhaltung nach aktuellem Kenntnisstand ein gesundheitliches Risiko unwahrscheinlich ist. Seit dem Jahr 2018 werden keine neuen PFAS in die Empfehlungen aufgenommen. Die bereits vorhandenen Einträge werden fortlaufend überprüft und gegebenenfalls an neue Erkenntnisse zur Risikobewertung oder Veränderungen in der europäischen Regulation angepasst.

Werden bei der Herstellung von Outdoor-Kleidung PFAS eingesetzt?

Polymere mit fluorierten Seitenketten, auch Fluorcarbonharze genannt, werden zur Beschichtung von Textilien eingesetzt, um Wasser, Öl und Schmutz abzuweisen. Diese Beschichtung ist fest an das Material gebunden. In älteren Produkten können solche Beschichtungen prozessbedingte Rückstände von PFOA und deren Vorläuferstoffe enthalten. PFOA kann zudem dabei als nicht beabsichtigtes Nebenprodukt im Produktionsprozess entstehen. Aufgrund der PFOA-Beschränkung wird mittlerweile von der Industrie eine alternative Technologie (C6-Technologie) zur Beschichtung eingesetzt, so dass hier dementsprechend Rückstände von z. B. PFHxA enthalten sein können. Darüber hinaus gibt es auch fluorchemiefreie Technologien, um Textilien wie Outdoor-Bekleidung wasserabweisend zu machen, eine Öl- und Schmutzabweisung besteht hier allerdings nicht. Des Weiteren können atmungsaktive Membranen in Outdoor-Textilien aus Fluorpolymeren (PTFE) bestehen. In dem von den Behörden aus fünf europäischen Ländern eingereichten Beschränkungsvorschlag für alle PFAS (s. o.) ist vorgesehen, die Verwendung von PFAS in Textilien für Verbraucher zu verbieten.

Besteht ein gesundheitliches Risiko durch das Tragen von Outdoor-Kleidung mit PFAS-haltigen Beschichtungen?

PFAS-haltige Beschichtungen sind fest an die Outdoor-Kleidung gebunden. Eine Aufnahme über die Haut und damit im Zusammenhang stehende gesundheitliche Beeinträchtigungen durch das Tragen dieser Kleidung sind daher nach dem derzeitigen Stand des Wissens unwahrscheinlich. Neben den fluorchemiefreien Varianten für die wasserabweisende Ausrüstung von Bekleidung ist durch die C6-Technologie (s. o.) der Restgehalt an PFOA reduziert worden, so dass nur noch Spuren davon im Produkt nachgewiesen werden. Rückstände von PFOA sind nicht fest an die Textilfaser gebunden und können beim Gebrauch oder Waschen der

Kleidung freigesetzt werden. Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch das Tragen von Jacken mit PFAS-haltigen Beschichtungen sind nach derzeitigem Wissen jedoch unwahrscheinlich. Die Hauptaufnahmequelle für Verbraucherinnen und Verbraucher von PFOA ist die Nahrung.

Weitere Informationen auf der BfR-Website zum Thema per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen

Veröffentlichungen zu PFAS auf der BfR-Webseite unter https://www.bfr.bund.de/de/a-z_index/per_und_polyfluoralkylsubstanzen_pfas_-8102.html#fragment-2

BfR-Empfehlungen für Materialien im Lebensmittelkontakt, Empfehlung XXXVI „Papiere, Kartons und Pappen für den Lebensmittelkontakt“, Stand 01.02.2023.

<https://www.bfr.bund.de/cm/343/XXXVI-Papiere--Kartons-und-Pappen-fuer-den-Lebensmittelkontakt.pdf>

Über das BfR

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist eine wissenschaftlich unabhängige Einrichtung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Es berät die Bundesregierung und die Bundesländer zu Fragen der Lebensmittel-, Chemikalien- und Produktsicherheit. Das BfR betreibt eigene Forschung zu Themen, die in engem Zusammenhang mit seinen Bewertungsaufgaben stehen.