

Chemie für jedes Wetter

Greenpeace untersucht Outdoor-Kleidung
auf perfluorierte Schadstoffe

GREENPEACE





Inhalt

1	Zusammenfassung	05
2	Probennahme und Methode	07
2.1	Was wurde getestet?	07
2.2	Wie wurde getestet?	08
3	Ergebnisse: Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC)	13
3.1	Perfluorierte Carboxylate (PFCA) mit Perfluoroktansäure (PFOA)	14
3.2	Polyfluorierte Telomere (FTOH)	15
3.3	Perfluorierte Sulfonate (PFOS)	16
4	Ergebnisse: Weitere Schadstoffe	19
4.1	Alkylphenoethoxylate	20
4.2	Weichmacher Phthalate	20
4.3	Azofarbstoffe	21
4.4	Organozinnverbindungen	21
4.5	Antimon	21
4.6	Isocyanate	21
5	Alternativen zur Fluorcarbon-Ausrüstung	25
6	Schlussfolgerungen und Forderungen	29
7	Anhang	31
7.1	Glossar	42
7.2	Quellen	43

1. Zusammenfassung

Greenpeace findet umweltschädliche Schadstoffe in Outdoor-Kleidung. Untersucht wurden 14 Regenjacken und Regenhosen. In jeder Probe sind perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) enthalten.

Für Outdoor-Bekleidung wird oft mit unberührter Natur geworben. Doch von der Chemie in wind- und wetterfesten Textilien bleibt die Natur nicht unberührt. Überall auf der Welt, von abgelegenen Gebirgsseen über das arktische Polareis bis in die Tiefsee, finden sich Spuren von perfluorierten und polyfluorierten Chemikalien (PFC), Schadstoffe mit umwelt- und gesundheitsschädlichen Eigenschaften.

Outdoor-Textilien gehen mit einer ganzen Reihe von Chemikalien auf Tuchfühlung, bevor sie beim Wandern oder Skifahren zum Einsatz kommen. Garne, Stoffe und auch bereits konfektionierte Kleidungsstücke werden mit chemischen Substanzen behandelt, um Ansprüchen an Funktionalität und Pflegekomfort gerecht zu werden. Damit wir in Outdoor-Kleidung von außen und innen trocken bleiben, setzen die meisten Markenhersteller PFC ein. Die künstlichen Bindungen aus Kohlenstoff und Fluor sind so stabil, dass sie sich kaum oder gar nicht mehr aus der Umwelt entfernen lassen.

Für den Verbraucher ist nicht erkennbar, welche Chemikalien bei der Herstellung seiner Kleidung eingesetzt werden und welche Schadstoffe möglicherweise noch enthalten sind. In Trinkwasser, Lebensmittel und letztendlich ins menschliche Blut und in die Muttermilch gelangen PFC und andere Chemikalien durch Produktions- und Haushaltsabwasser, Hausstaub und die Entsorgung von Textilien. Auch die Aufnahme mit der Atemluft ist möglich.

Detox für eine bessere Umweltbilanz von Textilien

Im Rahmen der internationalen Kampagne Detox („Entgiften“) fordert Greenpeace Textilhersteller auf, schädliche Produktionschemikalien durch ungefährliche Alternativen zu ersetzen. PFC gehören zu den elf prioritären Substanzgruppen¹⁾ auf der Detox-Liste: Sie sind als reproduktionstoxisch und hormonell wirksam bekannt.

Bereits im Jahr 2011 hat Greenpeace nachgewiesen, dass PFC aus der Textilproduktion der großen Textilmarken in chinesische Flüsse gelangen.²⁾ Die vorliegende Untersuchung belegt die Rückstände von PFC und weiteren Chemikalien in Outdoor-Produkten bekannter Hersteller.

Zwei unabhängige Labore haben im Auftrag von Greenpeace zwischen Juni und September 2012 Funktionsjacken- und hosen untersucht. In allen 14 Proben wurden PFC³⁾ gefunden. In fünf Produkten wurde die umwelt- und gesundheitsschädliche Perfluoroktansäure (PFOA) in erhöhten Konzentrationen festgestellt. In sechs Proben wurden außerdem Fluortelomeralkohole (FTOH) in hoher Konzentration gefunden.

Gefährliche Chemikalien müssen aus der Outdoor-Produktion verschwinden

Die Ergebnisse dieses neuen Produkttests unterstreichen die Notwendigkeit, PFC aus der Outdoor-Herstellung zu verbannen. Bereits heute sind PFC-freie Materialien erhältlich. Die Outdoor-Industrie muss diese Alternativen weiterentwickeln und für die Ausrüstung ihrer Produkte einsetzen.

Die gefährlichen Eigenschaften gut untersuchter PFC wie PFOS und PFOA und die unzureichende Datenlage zu weiteren PFC erfordern zum Schutz von Umwelt und Gesundheit eine deutlich strengere Regulierung. Greenpeace unterstützt die Initiative des Umweltbundesamtes, PFOA in die Kandidatenliste der besonders bedenklichen Substanzen (SVHC) aufzunehmen und damit in das REACH-Zulassungsverfahren⁴⁾ einzubringen.

Angesichts der gefährlichen Eigenschaften vieler PFC reicht es jedoch nicht aus, nur einzelne Substanzen wie PFOA zu regulieren. Greenpeace fordert, die gesamte Gruppe der PFC auf den Prüfstand zu stellen.

¹⁾ Siehe Anhang, 7.1 Glossar

²⁾ http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/chemie/GP_2011_Dirty_Laundry_Brochure_D_02.pdf

³⁾ PFC werden unterschieden in per- und polyfluorierte Chemikalien. Zu der Untergruppe der Perfluorierten gehören Carbonsäuren und Sulfonsäuren (PFCA und PFCS), zu den Polyfluorierten die Telomeralkohole (FTOH).

Zu jeder dieser Untergruppen zählen eine Vielzahl einzelner Substanzen, so gehört die Perfluoroktansäure PFOA zu den PFCA, Perfluoroktansulfonsäure PFOS zu den PFCS. Zu den Telomeralkoholen gehören polyfluorierte Substanzen wie 8:2 FTOH (exakter: 1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-decanol).

⁴⁾ REACH steht für eine EG-Verordnung zur Registration, Evaluation, Authorisation of Chemicals (Registrierung, Bewertung und Zulassung von Chemikalien). Siehe zum Beispiel <http://www.reach-info.de>

2. Probennahme und Methode

2.1 Was wurde getestet?

Greenpeace hat im Frühjahr 2012 dreizehn Outdoorprodukte namhafter Outdoor-Marken eingekauft: vier Kinderjacken, eine Kinderhose und acht Damenjacken.⁵⁾ Neun Jacken wurden in Deutschland gekauft, zwei in der Schweiz und zwei in Österreich. Die Produkte wurden aus Flagship Stores und spezialisierten Kaufhäusern bezogen oder online geordert. Zusätzlich zu den gekauften Produkten wurde eine originalverpackte Regenjacke für Greenpeace-Aktivisten untersucht.

Zwei Jacken, von von Zimtstern (produziert für Greenpeace) und Fjällräven, sind als PFC-frei deklariert. Elf der 14 Produkte wurden laut Etikett in China produziert, je eines in Indonesien, Vietnam und der Ukraine.

Die Produkte wurden entweder originalverpackt gekauft oder unmittelbar nach dem Kauf in kontaminationsfreie PE-Beutel verpackt. Die Proben wurden bei Greenpeace registriert und fotografisch dokumentiert. Von jedem Produkt wurden circa 20x20 cm große Gewebeproben aus dem Rückenteil ohne Aufdruck und Marken-Label entnommen. Die Einzelproben wurden dicht in Aluminiumfolie verpackt und in zwei unabhängigen Laboren untersucht.

Tabelle 1: Die untersuchten Outdoor-Proben

Marke	Produktionsland	Produktbezeichnung	Technologie / Beschichtung	Siegel	Geschäft
In Deutschland gekauft					
Zimtstern / Greenpeace	China	Leichte Regenjacke, Frauen	Membran: Polyester (Sympatex), Dendrimer Finish (Bionic finish ECO)	Bluesign	Eigenprodukt
Jack Wolfskin	Indonesien	Cloud Stream Jacket (Kinder/Boys)	Membran: Texapore AIR, Oberstoff 100% Polyamid		Globetrotter
Vaude	China	Kids Escape Jacket	Membran: Ceplex advanced, 100% PU Außen Polyamid, PU-Beschichtung	GreenShape Bluesign	Vaude.de
Vaude	Vietnam	Escape Bike Jacket III (Frauen)	Membran: Ceplex advanced, 100% PU Außen Polyamid, PU-Beschichtung		globetrotter.de
North Face	China	Sutherland Jacket (Frauen)	PTFE-Membran (Gore-Tex), 100% 100% PES laminiert		globetrotter.de
Mountain Equipment	Ukraine	WMNS Firefox-Jacket	PTFE-Membran (Gore-Tex)		Globetrotter
Marmot	China	Boy's Torrey Pant #64310	UPF / UV40: 96% Nylon, 4% Elastan		Globetrotter
Fjällräven	China	Eco-Trail Jacket Women (Trekking)	Membran: Ecoshell 100% recyc. Polyester	Fluorcarbon-free	Amazon.de Sportausstatter Meinunger
Patagonia	China	Piolet Jacket Lady Black (Modell 2012)	PTFE-Membran (Gore-Tex), Obermaterial: 100% Nylon	Common Threats Initiative	Backpacking ForEver
Adidas	China	Terrex Feather Jacket Women	PTFE-Membran (Gore-Tex), 100% Polyamid		Adidas.de
In Österreich gekauft					
Northland	China	Basic Child Rain Poncho	Membran: 100% Polyester		Northland Store Wien Westbahnhof
Seven Summits	China	Tamina Kinder-Regenjacke	Membran: Ice Tech 5000 MM 5000 MVP / Polyamid		Intersport Eybl Megastore
In der Schweiz gekauft					
Mammut	China	Fujiyama Jacket Women	PTFE-Membran (Gore Tex)		Mammut Store Zürich
Kaikkialla	China	Annuka Jacket Womens XS	Membran: Toray DermizaxEV		Transa Zürich

5) Es wurden nur Damenjacken gekauft, da diese in kleinen Größen auch von Jugendlichen getragen werden können.

2.2 Wie wurde getestet?

Die Proben wurden in zwei Labore gegeben und auf per- und polyfluorierte Chemikalien sowie weitere gefährliche Chemikalien wie Weichmacher (Phthalate), Tenside (Nonylphenoethoxylate), Organozinnverbindungen und kanzerogene Amine, die aus Azofarbstoffen freigesetzt werden können, untersucht.

Das erste Labor untersuchte eine umfangreiche Liste von per- und polyfluorierten Verbindungen, darunter Perfluorcarbonsäuren wie PFOA und -sulfonsäuren wie PFOS. Die Liste wurde unter anderem erweitert durch die Fluortelomeralkohole (FTOH).⁶⁾ Diese sind heutzutage Hauptausgangsprодукt in der Herstellung fluorierter Polymere.⁷⁾ Sie gewährleisten die wasserabweisenden und/oder schmutzabweisenden Eigenschaften der PFC-Ausrüstung in Outdoor-Textilien.⁸⁾ Unseres Wissens gibt es bisher nur wenige Studien,⁹⁾ die eine so umfassende Liste an PFC in Outdoor-Bekleidung untersucht haben.



Das Bremer Umweltinstitut untersuchte im Auftrag von Greenpeace Outdoor-Textilien

Die Untersuchung erfasste die mit Lösungsmitteln herauslösbaren PFC. Die Analyse der mit Methanol extrahierbaren PFCA erfolgte durch Flüssigchromatographie mit gekoppeltem Massenspektrometer (HPLC-MS/MS). Die Analyse der mit Methyl-Tertiär-Butylether (MTBE) extrahierbaren FTOH erfolgte gaschromatographisch mit Massenspektrometer (GC-MS).

In einem zweiten Labor wurden die Kleidungsstücke auf weitere Schadstoffe untersucht. Die Auswahl der untersuchten Substanzen erfolgte je nach Beschaffenheit der Materialien. Mit GC-MS wurden unter anderem Alkylphenoethoxylate, Weichmacher (Phthalate), Aromatische Amine aus Azofarbstoffen, Isocyanate und Organozinnverbindungen gemessen. Zu den Alkylphenoethoxylaten gehören zum Beispiel Nonylphenoethoxylate (NPE), die in früheren Greenpeace-Berichten intensiv besprochen wurden.¹⁰⁾ Einige Proben wurden auch auf Antimon getestet.

Zudem wurden mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) qualitative Untersuchungen auf Vorhandensein von Fluor durchgeführt. Diese Untersuchung zeigt an, ob eine Membran oder ein Stoff Fluor enthält oder nicht. Fluor ist nicht deklarationspflichtig. Bei Goretex oder Teflon ist ohnehin bekannt, dass diese Membranen Fluor enthalten in Form von Tetrafluorethylen (PTFE). Bei anderen Membranen kann die REM-Untersuchung wertvolle Hinweise auf die Produktionsweise liefern.

PFC

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC)¹¹⁾ sind chemische Verbindungen, in denen die Wasserstoffatome am Kohlenstoffgerüst vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt wurden. PFC kommen in der Natur nicht vor, sie werden seit über 50 Jahren von fluorchemischen Unternehmen hergestellt. Insgesamt listet die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) 853 verschiedene Fluorverbindungen.

Im Bekleidungsbereich spielen vor allem die Perfluorcarbonsäuren (PFCA, zum Beispiel Perfluorooctansäure PFOA) und die Fluortelomeralkohole (FTOH) eine Rolle. Weil es sich bei der Kohlenstoff-Fluor-Bindung um die stabilste Bindung in der organischen Chemie handelt, sind PFC sehr persistent. Sind sie also erst mal in der Umwelt, werden sie kaum abgebaut und bleiben dort über lange Zeiträume. Es ist daher nicht verwunderlich, dass diese Chemikalien mittlerweile weltweit nachgewiesen werden: vom Schnee in den Alpen bis in die Tiefsee. Auch das Blut von arktischen Eisbären und der Dung von Pinguinen aus Feuerland ist mit PFC belastet.

PFC reichern sich vor allem im Blut an. Über die Nahrung, die Luft und das Trinkwasser gelangen die Chemikalien in den menschlichen Körper. Die Aufnahme über die Haut ist nach bisherigen Erkenntnissen eher gering. Fakt ist: PFC sind weltweit im menschlichen Blut nachweisbar (Bonfeld-Jorgensen 2011).

Sogar im Nabelschnurblut und im Blut von Neugeborenen findet man sie wieder (Fromme 2010). Dies ist besonders besorgniserregend, da PFC vergleichsweise lange im menschlichen Körper zirkulieren. Die Verweildauer der Perfluorooctansäure PFOA beträgt im Schnitt mehr als drei Jahre. Auch in der Muttermilch wurden PFC nachgewiesen (Fromme 2010). Die Konzentrationen sind zwar geringer als im Blut. Sie sind aber dennoch problematisch, weil Säuglinge sich noch in der Entwicklung befinden und daher besonders empfindlich reagieren. In einer deutschen Studie waren die Säuglinge sogar stärker belastet als ihre Mütter (Fromme 2010).

Im Tierversuch erweisen sich einige PFC als schädlich für die Fortpflanzung. Darüber hinaus können sie das Wachstum von Tumoren fördern (UBA 2009). Besonders für PFOA häufen sich die Hinweise auf weitere mögliche Schädigungen. So steht PFOA im Verdacht, den Hormonhaushalt

zu stören. Jüngste epidemiologische Studien vermuten einen Zusammenhang zwischen PFOA-Belastungen und Übergewicht (Thorhallur 2012), verminderter Fruchtbarkeit (Fei 2009), Immunstörungen (Grandjean 2012) und Schilddrüsenerkrankungen (Melzer 2010). PFOA unterliegt derzeit keiner gesetzlichen Regelung. Das Umweltbundesamt setzt sich aber dafür ein, dass PFOA auf die REACH-Kandidatenliste für besonders besorgniserregende Stoffe (SVHC-Liste) gesetzt wird (Vierke 2012).

In die Umwelt gelangen PFC entweder auf direktem Wege – während der Produktion – oder indirekt durch die Verwendung und Entsorgung PFC-haltiger Produkte. Die Bekleidungsbranche nutzt PFC vor allem für die Beschichtung von Outdoor- oder Sportartikeln (1) und für die Herstellung von atmungsaktiven Membranen (2).

Beispiele für einige PFC und ihre chemischen Strukturen

Art ¹²⁾	Beispiel einer Verbindung	Chemische Struktur
Perfluorsulfonsäuren	PFOS	$\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{O} \\ & & & & & & & & // \\ \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{S} \\ & & & & & & & & \backslash \\ \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{O} \end{array}$
Perfluorcarbonsäuren	PFOA	$\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{O} \\ & & & & & & & & // \\ \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C} \\ & & & & & & & & \backslash \\ \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{O} \end{array}$
Fluortelomeralkohole	8:2 FTOH	$\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & & & \\ \text{F}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ & & & & & & & & \\ \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{H} & \text{H} \end{array}$
Fluorpolymere	Polytetrafluorethylen (PTFE) (z. B. in atmungsaktiven Membranen wie Goretex)	$\begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} \text{F} & \text{F} \\ & \\ -\text{C}- & -\text{C}- \\ & \\ \text{F} & \text{F} \end{array} \right]_n$
Fluorierte Polymere	Perfluoralkylmonomer (Ausgangssubstanz für die wasser- und schmutzabweisende Behandlung von Textilien)	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{R} & \text{O} & & \text{H} & \text{H} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} \\ & & & & & & & & & & & & & & & & & \\ \text{C}=\text{C}-\text{C}-\text{O}- & \text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{F} \\ & & & & & & & & & & & & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} & \text{F} \end{array}$

1. Beschichtungen

Um Textilien wasser-, fett- oder schmutzabweisend zu beschichten, werden Fluortelomeralkohole (FTOH) in großem Maßstab zu sogenannten fluorierten Polymeren weiterverarbeitet. Auch viele imprägnierende Pflegemittel enthalten fluorisierte Polymere. Die fertigen Produkte wie Outdoorjacken oder Imprägniersprays können FTOH als Rückstände enthalten. Die jährliche FTOH-Produktion wird weltweit auf 11.000 bis 14.000 Tonnen geschätzt. Mit Luftströmungen können die flüchtigen Verbindungen in abgeschiedene Gebiete (Weinberg 2011), über die Lunge auch in den Körper gelangen. Problematisch sind die Stoffe, weil sie in der Umwelt und im Organismus zu Perfluorcarbonsäuren (wie etwa PFOA) umgewandelt werden. Es gibt Hinweise, dass bei diesem Umwandlungsprozess Zwischenprodukte im Körper entstehen, die wesentlich schädlicher sein können als die fertigen Perfluorcarbonsäuren (Rand und Mabury 2012). Schon die Produktion von FTOH ist ein Problem, da hier ebenfalls PFOA als Verunreinigung entstehen kann.

2. Membrane

Für die Produktion von Outdoor-Membranen werden ebenfalls fluorhaltige Verbindungen eingesetzt (Goretex, Teflon). Viele dieser Membrane bestehen aus PTFE (Polytetrafluorethylen). Bei der Herstellung wird PFOA als Prozesshilfsstoff verwendet. Dieser kann sich als Verunreinigung im fertigen Produkt wiederfinden. Einige Hersteller sind daher mittlerweile auf andere fluorhaltige Hilfsstoffe umgestiegen, die aber ebenfalls persistent und somit nicht umweltverträglich sind.

6) X:Y-FTOH: Telomere leiten sich ab von Alkoholen (-OH). Die Anzahl X steht für die Anzahl der fluorierten Kohlenstoffatome, Y für die Anzahl nicht fluorierter C-Atome. Weil im Telomer immer einige C-Atome nicht fluoriert sind, nennt man sie polyfluoriert und nicht perfluoriert. FTOH sind flüchtiger (volatiler) als die ionischen PFCA.

7) Walters A, Santillo D.: Uses of Perfluorinated Substances. Greenpeace Research Laboratories Technical Note 06/2006 (<http://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2011/05/uses-of-perfluorinated-chemicals.pdf>) und Walters A, Santillo D, Johnston P.: An Overview of Textiles Processing and Related Environmental Concerns (<http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2008/5/textile-processing.pdf>)

8) Fluortelomeralkohole werden in anderen Überprüfungen auf schädliche Rückstände in Textilien meist nicht berücksichtigt oder es werden hohe Bestimmungsgrenzen angelegt. Ein Mangel, denn die leicht flüchtigen Verbindungen sind häufig die Hauptverunreinigung in Textilien. Im Körper und in der Luft werden sie zudem zu PFOA und anderen Carboxylaten abgebaut.

9) Friends of the Earth Norway (2006): Fluorinated pollutants in all-weather clothing: <http://www.snf.se/pdf/rap-hmv-allvadersklader-eng.pdf>

10) <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/Dirty-Laundry-2/>

11) Quellen zum Text im Anhang, 7.2

Bei der Produktion und Verarbeitung PFC-haltiger Textilien gelangen die Chemikalien ins Abwasser. Auch Privathaushalte kommen als Quelle in Frage (UBA 2009), etwa durch das Waschen beschichteter Textilien. Wie viel PFC beim Waschen freigesetzt wird, wurde bisher nicht untersucht. Die meisten PFC werden in Kläranlagen nicht abgebaut. Ein Teil der Chemikalien sammelt sich im Klärschlamm. Der Rest gelangt mit dem „sauberen“ Klärwasser in Flüsse und Seen (UBA 2009) und verbreitet sich über Wasserwege rund um den Globus. Klärschlamm wird wegen seines hohen Nährstoffgehaltes auch als landwirtschaftlicher Dünger verwendet. So kommen PFC auch in den Boden und ins Grundwasser oder reichern sich in Pflanzen an, die zu Lebensmitteln verarbeitet werden. Die Nutzung von PFC-verseuchtem Klärschlamm hat vor einigen Jahren in der Region um Arnsberg (Hochsauerlandkreis) dazu geführt, dass das Trinkwasser hochgradig belastet war. Untersuchungen in Arnsberg ergaben bis zu acht Mal höhere PFOA-Konzentrationen im Blut von Personen, die nachweislich kontaminiertes Trinkwasser konsumiert hatten (UBA 2009).

Wissenschaftler fanden PFC in Fisch, Fleisch, Milchprodukten und Pflanzen, darunter auch in Getreide, das auf kontaminierten Böden gewachsen ist. Auch im Hausstaub und in der Innenraumluft sind PFC enthalten. Dabei ist die Luft in Häusern, Wohnungen und Büros 30- bis 570-fach mehr belastet als die Außenluft (UBA 2009). Bei Luftmessungen in zwei deutschen Outdoor-Geschäften fanden sich besonders hohe Konzentrationen an FTOH (Langer 2010). Die Wissenschaft

vermutet Ausdünstungen aus PFC-haltigen Produkten wie etwa imprägnierter Kleidung als Quelle dieser Belastung. Bei der Untersuchung von Regenkleidung aus Norwegen und Schweden auf PFC wurden ebenfalls Rückstände von FTOH und Perfluorcarbonsäuren festgestellt (Berger 2006).

Was mit der Outdoorjacke passiert, wenn sie am Ende ihres Lebensweges im Müll landet, ist unklar. Vereinzelte Messungen an Mülldeponien zeigen eine erhöhte PFC-Belastung in der Luft (Weinberg 2011). Zum Verhalten von PFC-haltigen Materialien in der Müllverbrennung liegen hingegen keine Daten vor. Denkbar wäre etwa, dass bei unvollständiger Verbrennung Dioxin-ähnliche Substanzen entstehen. Hier besteht dringender Forschungsbedarf.

Da die öffentliche Diskussion um PFOA (acht Kohlenstoffatome) anhält, setzt die Industrie seit kurzem verstärkt auch kurzkettige PFC als Alternativen ein (Fluortelomerkohole mit einer Kettenlänge von vier bis sechs Kohlenstoffatomen). Bereits 2006 verpflichteten sich acht große Fluorchemiehersteller, die PFOA-Emissionen und Rückstände in Produkten bis 2010 um 95 Prozent zu senken. Umweltproben zeigen seitdem eine steigende Belastung mit kürzerkettigen PFC im Wasser (Möller 2010) und in der Luft (Weinberg 2011). Auch in der Antarktis (Llorca 2012), in Schnee (Cai 2012), in Trinkwasser (Dauchy 2012) und in Regenwasser (Eschauzier 2010) wurden die kurzkettigen Alternativen bereits nachgewiesen.

Das Anreicherungspotenzial dieser Stoffe im Körper ist zwar geringer als von PFOA. Eine Studie aus Norwegen zeigt allerdings, dass die Blutbelastung der norwegischen Bevölkerung mit diesen Stoffen in den letzten Jahren deutlich angestiegen ist (Berger 2012, Vortrag). Muttermilchproben aus China und Schweden waren ebenfalls belastet (Jensen 2008). Kurzkettige PFC sind ebenso persistent wie PFOA. Beunruhigend ist auch, dass die kurzkettigen PFC leichter ins Grundwasser gelangen können, da sie weniger schlecht an Partikel binden. Im Vergleich zu PFOA sind die kurzkettigen PFC bisher nur wenig untersucht, was angesichts ihrer zunehmenden Verwendung und Verbreitung dringend geändert werden muss. Wegen ihrer hohen Stabilität und möglichen Trinkwasserverunreinigungen bewertet das Umweltbundesamt diese Chemikalien nicht als umweltverträgliche Ersatzstoffe (UBA 2009).



3. Ergebnisse: Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC)

In allen Proben der 14 Kleidungsstücke wurden extrahierbare PFC nachgewiesen. Und zwar unabhängig davon, ob auf dem Etikett vermerkt ist, dass das Produkt aus einer Fluormembran wie Goretex oder Teflon besteht oder mit einer fluorhaltigen Beschichtung versehen ist.

Auch die Kleidungsstücke, bei deren Produktion auf den bewussten Einsatz von Fluorchemie verzichtet wird – wie die Jacke von Fjällräven oder die von Zimtstern für Greenpeace produzierte Jacke – enthalten eine geringe Menge von Fluorchemikalien (siehe Tabelle 3 und 4 im Anhang).¹³⁾

Die Quellen für diese niedrigen Konzentrationen sind unbekannt. Kontaminationen lassen sich bei der gegenwärtigen Produktionspraxis offenbar nur schwer vermeiden. PFC sind persistent und in Folge der industriellen Anwendung möglicherweise so weit verbreitet, dass eine saubere Produktion ohne PFC-kontaminierte Chemikalien oder Produktionsstätten eine Herausforderung darstellt.¹⁴⁾

► In fünf der 14 Proben wurden auffällige PFOA-Werte ($> 1 \mu\text{g}/\text{m}^2$)¹⁵⁾ nachgewiesen: In den Jacken von Jack Wolfskin, North Face, Patagonia und Kaikkialla, sowie in der Kinderhose von Marmot (siehe Abbildung 1).

► Die geringsten Konzentrationen an PFOA wurden in den Jacken von Mountain Equipment, Vaude Women und Greenpeace (Hersteller Zimtstern) gefunden. In sechs von 14 Proben lagen die PFOA-Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze und unterhalb von $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^2$. Neben den bereits genannten sind das Adidas, Fjällräven und Seven Summits.

► Die höchsten Summen aller Perfluorcarbonsäuren (PFCA) fanden sich in den Jacken von Kaikkialla ($11 \mu\text{g}/\text{m}^2$) und Patagonia ($8,5 \mu\text{g}/\text{m}^2$) sowie in der Kinderhose von Marmot ($6,3 \mu\text{g}/\text{m}^2$). In den Proben von Mountain Equipment, Seven Summits und Greenpeace (Zimtstern) war die Summe am geringsten (siehe Abbildung 1).

► Fluortelomeralkohole wurden in acht von 14 Proben gemessen. Wenn FTOH nachgewiesen wurden, waren die Konzentrationen deutlich höher als die der Carbonsäuren wie PFOA. Die höchsten FTOH-Konzentrationen ($> 400 \mu\text{g}/\text{m}^2$) wurden in den Jacken von Mammot und Vaude Kids gefunden. Ebenfalls hohe FTOH-Konzentrationen ($> 100 \mu\text{g}/\text{m}^2$) wurden in den Proben von Kaikkialla und Patagonia festgestellt (siehe Abbildung 2).

► Perfluorooctansulfonsäure PFOS wurde in keiner Probe nachgewiesen. Der 2008 eingeleitete Bann dieser Substanz ist offenbar wirksam.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der PFC-Untersuchung nach Stoffklasse getrennt besprochen. Die Messergebnisse der Untersuchungen sind detailliert im Anhang, Tabellen 1–4, aufgeführt.

¹³⁾ Die Greenpeace-Jacke von Zimtstern aus Sympatex mit einem Bionic-Finish ECO® hat die geringsten Rückstände von PFOA in der Testreihe. Dass PFC überhaupt nachweisbar sind, kann unterschiedliche Gründe haben (siehe Kapitel 3.1).

¹⁴⁾ Dieser Herausforderung stellt sich Greenpeace und wird in Zusammenarbeit mit dem Hersteller versuchen, die Quellen der Verunreinigungen ausfindig zu machen und die eigenen Jacken fluorcarbonfrei herzustellen.

¹⁵⁾ Auffällig hoch: Als Vergleichswert wird der in der EU für PFOS (Perfluorooctansulfonsäure) gültige Grenzwert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (Mikrogramm PFOS pro Quadratmeter Stoff) herangezogen. PFOA hat ähnlich gefährliche Eigenschaften wie PFOS, es schädigt die Fortpflanzung (reproduktionstoxisch) und steht im Verdacht, das Hormonsystem zu beeinflussen.

3.1 Perfluorierte Carboxylate (PFCA) mit Perfluoroktansäure (PFOA)

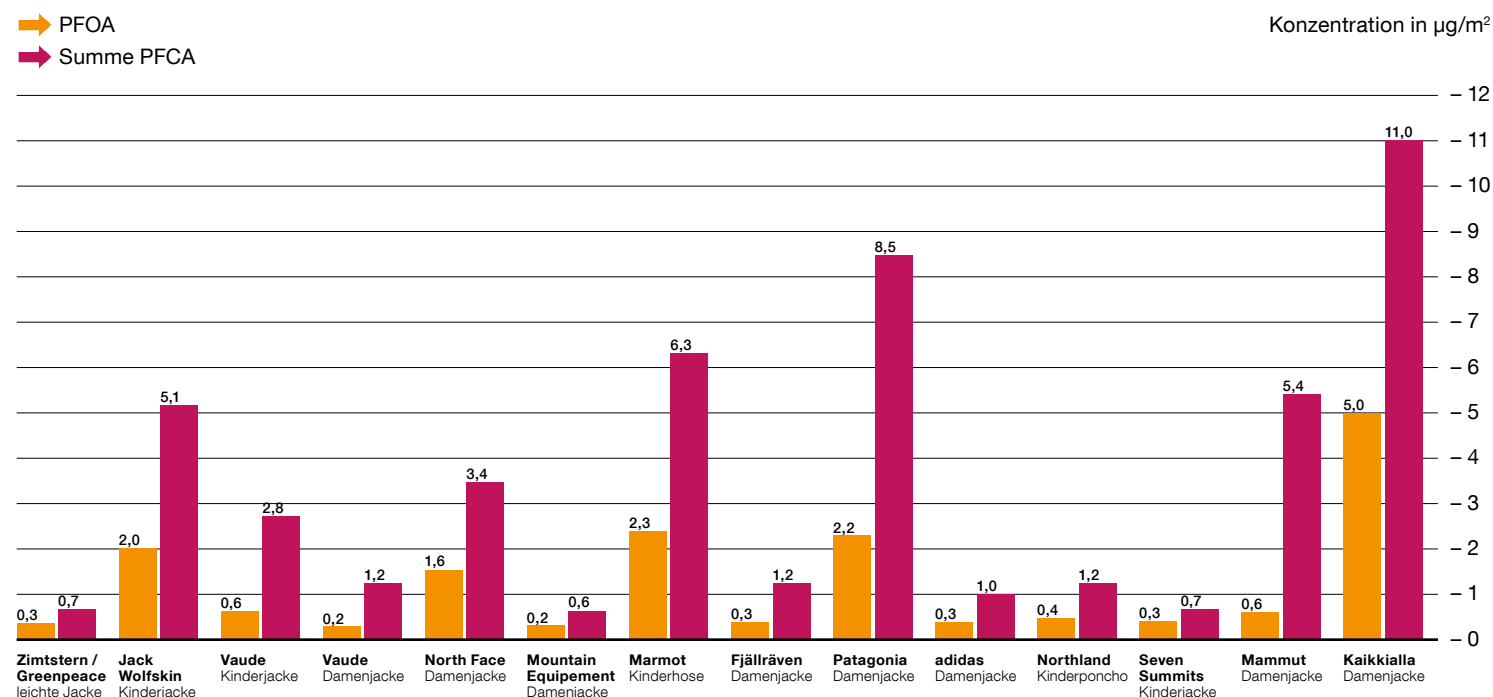
Unter den in jeder Probe gefundenen PFC befindet sich auch Perfluoroktansäure (PFOA), eine Substanz mit gefährlichen Eigenschaften. PFOA-Konzentrationen von mehr als $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ sollten vermieden werden. Den Wert überschritten fünf Proben: Jack Wolfskin Kids Jacket, North Face Women Jacket, Marmot Kids pants, Patagonia Women Jacket und Kaikkialla Women Jacket (Siehe Abbildung 1).

Da für PFOA keine Regelungen existieren, wurde als Vergleichswert der gültige EU-Grenzwert für PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (Mikrogramm PFOS pro Quadratmeter Stoff) herangezogen. PFOA hat ähnlich gefährliche Eigenschaften wie PFOS, es schädigt die Fortpflanzung (reproduktionstoxisch) und steht im Verdacht, das Hormonsystem zu beeinflussen.

In sechs von 14 Proben lagen die PFOA-Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze und unterhalb von $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^2$. Die geringsten Konzentrationen an PFOA wurden in den Jacken von Mountain Equipment, Vaude Women, Greenpeace (Hersteller Zimtstern), Adidas, Fjällräven und Seven Summits gemessen. Unklar bleibt, woher diese Verunreinigungen stammen. Möglicherweise lassen sich in Fabriken, die auch fluorhaltige Textilien produzieren, keine 100 Prozent PFC-freien Chemikalien herstellen. Hierfür müssten Textilien in Anlagen gefertigt werden, die perfluorierte Chemikalien völlig ausschließen. Denkbar ist aber auch, dass Verunreinigungen auf dem Transportweg, in der Lagerung oder im Geschäft auftreten. Selbst die Probenbearbeitung kann zu Kontaminationen führen.

Nach Auffassung von Greenpeace müssen auch geringfügige Kontaminationen bei der Herstellung vermieden werden. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen Outdoor-Firmen sowohl mit Materiallieferanten, als auch mit der chemischen Industrie zusammenarbeiten und genau kontrollieren, welche Substanzen in der Produktion eingesetzt werden.

Abbildung 1: Konzentration an Perfluorcarbonsäuren (PFCA) in 14 Outdoor-Artikeln



3.2 Polyfluorierte Telomere (FTOH)

FTOH wurden in acht der 14 Proben gefunden. Die höchste Konzentration an Fluortelomeralkoholen beträgt $464 \mu\text{g}/\text{m}^2$ und wurde in der Jacke von Mammut gefunden, auch die Vaude-Kinderjacke enthält mit $419 \mu\text{g}/\text{m}^2$ eine hohe Konzentration an FTOH (siehe Abbildung 2).

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass einige Hersteller bereits auf C6-Telomeralkohole setzen, in den Jacken von Adidas und Fjällräven sind sie dominierend. In dem Produkt von Adidas fanden sich $99 \mu\text{g}/\text{m}^2$ des 6:2 FTOH. Obwohl die Fjällräven-Jacke explizit als PFC-frei deklariert ist, fanden sich $52 \mu\text{g}/\text{m}^2$ dieser Substanz.

C6-Telomere wurden auch in dem in Österreich gekauften Kinder-Poncho von Northland (6:2 FTOH: $17,6 \mu\text{g}/\text{m}^2$) und in den Schweizer Jacken von Kaikkialla (6:2 FTOH: $27 \mu\text{g}/\text{m}^2$) und Mammut

(6:2 FTOH: $352 \mu\text{g}/\text{m}^2$) gefunden. Langkettige C10-Telomere wurden in den Produkten von Vaude, Patagonia, Mammut und Kaikkialla eingesetzt.

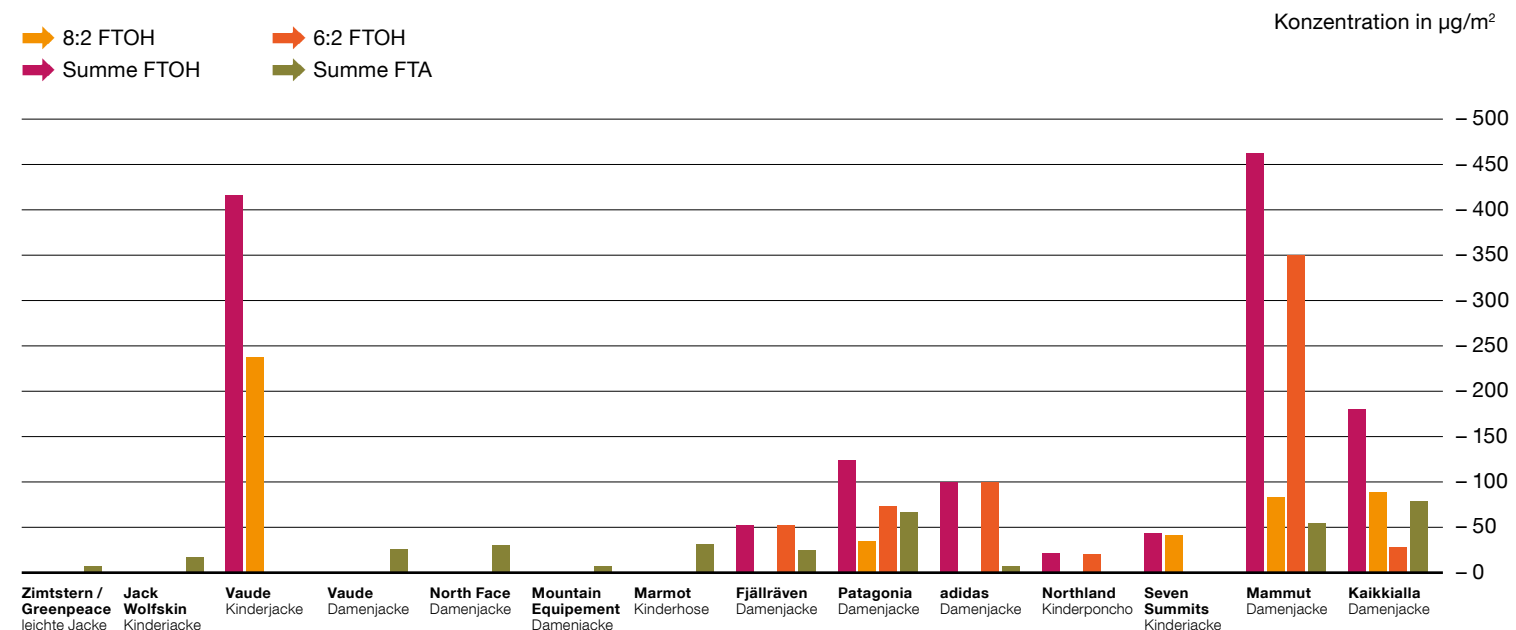
Neben den Fluortelomeralkoholen wurden in einigen Proben auch Fluortelomeracrylate (FTA) nachgewiesen. Die Acrylate sind Zwischenprodukte bei der Herstellung fluorierter Polymere. Sie können wie die C8-Telomere durch Oxidation zu PFOA umgewandelt werden. Signifikante C8-FTA-Konzentrationen wurden in Produkten von Vaude und North Face, Marmot und Patagonia sowie in den Outdoor-Jacken von Mammut und Kaikkialla gemessen. In der Adidas-Jacke und in der Greenpeace-Jacke wurden die geringsten C8-FTA-Konzentrationen festgestellt.

Fluortelomeralkohole sollen beim Einsatz für wasser- und schmutzabweisende Out-

door-Ausrüstung unter anderem dafür sorgen, dass weniger PFC-Zwischenprodukte wie PFOS entstehen. Sie werden unterschieden in langkettige und kurzkettige Verbindungen. Grundsätzlich gilt: Je länger die Ketten, desto stärker reichern sich Schadstoffe im Organismus an. Das 8:2 FTOH ist kritisch zu bewerten, da es durch Oxidation in der Atmosphäre oder im Körper in PFOA umgewandelt wird. Einige Hersteller wollen daher von C8 auf kurzkettige Substanzen umstellen, wie zum Beispiel 6:2 FTOH. Doch die alternativ verwendeten C6- und C4-PFC sind ebenfalls persistent und werden weltweit in Umwelt- und Humanproben gefunden. Auch sie können zu den jeweiligen, möglicherweise gesundheitsschädigenden Carbonsäuren oxidieren.

Für die Fluortelomeralkohole wurden bisher keine gesetzlichen Grenzwerte festgelegt.

Abbildung 2: Konzentration an Fluortelomeralkoholen (FTOH) in 14 Outdoor-Artikeln



3.3 Perfluorierte Sulfonate (PFOS)

In dieser Untersuchung wurden keine Perfluorsulfonsäuren (PFOS) gefunden. PFOS gilt als PBT-Stoff (persistent, bioakkumulativ, toxisch). Die Verwendung und Vermarktung von PFOS ist in der EU – mit einigen Ausnahmen – seit 2008 verboten. Offenbar funktioniert der Ausstieg aus PFOS.

Seit 2009 fällt PFOS auch unter die Stockholm Konvention. Für Textilien und Beschichtungen wurde ein PFOS-Grenzwert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^2$ (1 Mikrogramm PFOS auf 1 Quadratmeter Stoff) festgelegt. Der Grenzwert gilt auch für Importprodukte wie Textilien.



4. Ergebnisse: Weitere Schadstoffe

Alle Proben der Outdoor-Jacken- und hosen wurden auf Alkylphenoethoxylate, die als Tenside in Nassprozessen der Textilproduktion im Einsatz sind, und auf Weichmacher aus der Stoffgruppe Phthalate untersucht.

Je nach Beschaffenheit der Materialien wurden die Proben einem zusätzlichen Schadstoff-Screening unterzogen. Getestet wurden unter anderem aromatische Verbindungen aus Azofarbstoffen, Organozinnverbindungen und Antimon. Das Fachlabor traf die Auswahl, in welchen Produkten diese Schadstoffe untersucht wurden.

Weitere Chemikalien, die in der Textilproduktion verwendet werden und die Greenpeace in seiner Detox-Liste ¹⁶⁾ aufführt, wurden nicht untersucht, wenn kein unmittelbarer Verdacht auf Vorhandensein bestand.

Die Ergebnisse der Untersuchungen und die angewendeten Untersuchungsverfahren sind detailliert im Anhang, Tabellen 5 und 6, aufgeführt. Hier ein Überblick über die wichtigsten Ergebnisse.

Tabelle 2: Ergebnisse weitere Schadstoffe

Marke	Produktionsland	Produktbezeichnung	Nonylphenol-ethoxylate ¹⁷⁾	Phthalate (Summe) ¹⁸⁾	Organozinn	Antimon	Isocyanate
			mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
In Deutschland gekauft							
Zimtstern / Greenpeace	China	Leichte Regenjacke, Frauen		15		3	
Jack Wolfskin	Indonesien	Cloud Stream Jacket (Kinder/Boys)		9			
Vaude	China	Kids Escape Jacket	13	3		30	23 (TDI ²²⁾)
Vaude	Vietnam	Escape Bike Jacket III (Frauen)		10	13 (MOT ¹⁹⁾) 4,8 (DOT ²⁰⁾)	10	16
North Face	China	Sutherland Jacket (Frauen)		5		40	
Mountain Equipment	Ukraine	WMNS Firefox-Jacket		11			
Marmot	China	Boy's Torrey Pant #64310		5			
Fjällräven	China	Eco-Trail Jacket Women (Trekking)	19 (NP; 8)	16		120	
Patagonia	China	Piolet Jacket Lady Black (Modell 2012)		4		35	
Adidas	China	Terrex Feather Jacket Women	20 (NP; 8)	16*			
In Österreich gekauft							
Northland	China	Basic Child Rain Poncho		5700		10	
Seven Summits	China	Tamina Kinder Regenjacke	320	270			
In der Schweiz gekauft							
Mammut	China	Fujiyama Jacket Women		88*		1	
Kaikkialla	China	Annuka Jacket Womens XS	9	22*	2,3/0,55/5,8/ 5,6/0,18 ²¹⁾	2	

16) Siehe Anhang, 7.1 Glossar
17) Die Bestimmungsgrenze für Nonylphenoethoxylate (NPE) liegt mit der angewendeten Methode bei 5 mg/kg, für Nonylphenol (NP) bei 3 mg/kg.
18) In den mit * gekennzeichneten Proben wurde der Plastisolauddruck untersucht.
19) Monooktylzinn
20) Dioctylzinn
21) Monobutyltin MBT, Monooctyltin MOT, Dibutyltin DBT, Dioctyltin DOT, Tetraethyltin TeEtT
22) Toluylenisocyanat

4.1 Alkylphenoethoxylate

Nonylphenoethoxylate (NPE) wurden in 5 von 14 Proben gefunden. NPE zählen zu den Alkylphenoethoxylaten, sind stark umweltgefährdend und sollten nicht nachweisbar sein, da sie zu Nonylphenol (NP) abgebaut werden. NP ist persistent, bioakkumulativ und toxisch (PBT) und kann in das Hormonsystem von Tieren und Menschen eingreifen.

Die höchste Konzentration an NPE wurde in der Kinder-Regenjacke von Seven Summits gefunden. Die Jacke wurde in

Österreich gekauft. In dieser Probe sind NPE mit 320 mg/kg enthalten. Weitere deutliche Konzentrationen wurden gefunden in den Jacken von Vaude (NPE 13 mg/kg), Fjällräven (NPE 19 mg/kg, zusätzlich NP 8 mg/kg) und Adidas (NPE 20 mg/kg, zusätzlich NP 8 mg/kg). Die in der Schweiz verkaufte Jacke von Kaikkialla enthält NPE in einer Konzentration von 9 mg/kg.²³⁾

Alle genannten Produkte wurden in China hergestellt. Greenpeace hat 2011 nachgewiesen, dass Nonylphenol aus der Textil-

industrie ein ernstes Problem in der Gewässerverschmutzung Chinas darstellt.²⁴⁾ NPE werden in der Textilindustrie vor allem zum Waschen während des Färbens genutzt. Sie wirken ähnlich wie Östrogene und können die Entwicklung der Geschlechtsorgane von Fischen und anderen Wassertieren stören. In der EU dürfen Textilien, die mehr als 0,1 Prozent (1000 mg/kg) an NP oder NPE enthalten, seit Januar 2005 nicht mehr auf den Markt gelangen.



4.2 Weichmacher (Phthalate)

Weichmacher aus der Stoffgruppe Phthalate wurden in jeder Probe nachgewiesen. Der Maximalwert in dem Northland Kinder-Regenponcho beträgt 5700 mg/kg. Das gefundene Diethylhexylphthalat (DEHP) gilt als besonders schädlich.

Zum Vergleich: Für Spielzeuge oder Gegenstände, die von Kindern in den Mund genommen werden können, schreibt die aktuell gültige EU-Spielzeugrichtlinie einen Grenzwert von 1000 mg/kg (entspricht 0,1 Massen-%) vor. Da es sich um einen Kinder-Regenponcho handelt, ist die gefundene Konzentration nicht akzeptabel.

Northland ist eine österreichische Outdoor-Marke mit hohen Marktanteilen vor allem in China und Südamerika.

Die Seven Summits Kinderjacke enthält ebenfalls eine deutlich erhöhte Konzentration von Phthalaten (270 mg/kg, dominiert von DiNP mit 260 mg/kg). Zum Vergleich: Die Summe der Phthalate darf in den nach GOTS-Standard²⁵⁾ produzierten Textilien maximal 100 mg/kg betragen.

In den zwölf anderen Proben liegt der Phthalat-Gehalt unter 100 mg/kg, in fünf Proben unter 10 mg/kg. Diese Konzentra-

tionen sprechen nicht dafür, dass Phthalate absichtlich in der Funktion als Weichmacher eingesetzt wurden. Vermutlich handelt es sich um Verunreinigungen.²⁶⁾

Phthalate dienen als Weichmacher, zum Beispiel für das Hartplastik PVC. In der Textilindustrie werden sie für Kunstleder, Gummi sowie für Aufdrucke (Plastisol oder Farbstoffe) genutzt. Phthalate können das Hormonsystem stark beeinflussen und zu Unfruchtbarkeit oder Übergewicht führen. Nach EU-Chemikalienrecht REACH sind einige Vertreter dieser Gruppe ab 2015 verboten.

4.3 Azofarbstoffe

Untersucht wurden krebserregende aromatische Amine, die aus Azofarbstoffen freigesetzt werden können. Sie sind in keiner der untersuchten Proben nachweisbar. Untersucht wurden die Proben von Vaude, North Face, Adidas, Seven Summits, Mammut und Kaikkialla. Einige Azofarbstoffe, die in der Textilindustrie eingesetzt werden, können Krebs auslösen.



4.5 Antimon

Antimon wird in der Herstellung von Polyester eingesetzt, seine Giftigkeit wird häufig verglichen mit der von Arsen. Antimon findet in der Herstellung von Polyester Verwendung, deshalb wurden alle Jacken mit Polyester-Membran untersucht. Dazu zählen die Proben von Vaude, North Face, Fjällräven, Northland, Patagonia, Mammut und Kaikkialla.

Der höchste Wert wurde mit 120 mg/kg in der Jacke von Fjällräven gefunden, die Jacke von North Face enthält 40 mg/kg, die Jacke von Patagonia 35 mg/kg Antimon. Deutlich geringere Konzentrationen sind in den Jacken von Northland (10 mg/kg), Mammut (1 mg/kg), Kaikkialla (2 mg/kg) und Zimtstern (3 mg/kg) nachweisbar.

4.4 Organozinnverbindungen

Die Verwendung von Organozinnverbindungen ist wegen der Giftigkeit dieser Verbindungen bereits stark eingeschränkt. So lässt der GOTS-Standard nur 0,05 mg/kg Tributylzinn (TBT) zu, auch Ökotex hat eine Beschränkung für Textilien von 0,5 mg/kg für TBT und 1,0 mg/kg für Dioctylzinn (DOT) festgelegt. Untersucht wurden die Proben von Vaude, Mammut und Kaikkialla. Die genannten Werte werden deutlich überschritten in der Vaude Frauenjacke (DOT 4,8 mg/kg und MOT 13 mg/kg) sowie in der Jacke von Kaikkialla (DOT 5,6 mg/kg,



TeET 18 mg/kg, MBT 2,3 mg/kg, MOT 0,55 mg/kg, DBT 5,8 mg/kg).

Zinnorganische Verbindungen werden als Biozide und Antipilzmittel eingesetzt. Bei Socken, Schuhen und Sportbekleidung wirken sie antibakteriell und sollen Schweißgeruch verhindern. Wenn TBT in die Umwelt gelangt, kann es sich im Körper anreichern und das Immunsystem sowie die Fortpflanzungsfähigkeit schädigen.



Bild 1: Soxhlet-Lösungsmittelextraktion

Bild 2: Textilextrakt im Scheidetrichter

Bild 3: Untersuchung im Gas-Chromatograph (GC-MS)

Bild 4: Einlegen der Proben ins Raster-Elektronenmikroskop (REM)

Bild 5: Analyse der Kleidungsproben im REM

Bild 6: Analyse der Polyestermembran bei 70facher Vergrößerung

4.6 Isocyanate

Isocyanate werden bei der Polyurethan (PU)-Herstellung eingesetzt. Sie können Allergien auslösen und eine starke Reizwirkung auf die Atemwege sowie Schäden in der Lunge und Asthma verursachen. Einige stehen im Verdacht, Krebs zu verursachen, darunter Toluyldiisocyanat (TDI).

Als Isocyanatquelle kommen Polyurethan-Wärmeisolierungen wie Organozinnverbindungen und PU-Membranen in Frage. Die Membranen der beiden Vaude-Jacken bestehen aus PU oder aus mit PU laminiertem Polyester, Isocyanate sind in beiden nachweisbar. Die Kinderjacke (Kids Escape Jacket) enthält 23 mg/kg Toluyldiisocyanat, die Frauenjacke (Escape Bike Jacket) 16 mg/kg. Die Untersuchung erfolgte im VOC-Screening-Verfahren.

23) Auch wenn sich keine Rückstände in Textilien finden, kann NPE in der Produktion eingesetzt worden sein. Fertige Kleidungsstücke werden vor dem Vertrieb mehrfach gewaschen, um Rückstände zu entfernen. Das Auswaschen der Chemikalien führt zum vermehrten Eintrag von NPE/NP in die Umwelt während des Herstellungsprozesses.
24) http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/chemie/Dirty_LaundryHung_Out_to_Dry_WEB_FINAL2.pdf und http://www.greenpeace.de/fileadmin/gpd/user_upload/themen/chemie/20110826_FS_Nonylphenol_FINAL2.pdf
25) GOTS: Global Organic Textile Standard: <http://tilth.org/files/certification/GOTSStandard.pdf>
26) Entweder wurden in den Fabriken an anderen Stellen Phthalate eingesetzt oder die Verunreinigungen resultieren aus dem Kontakt mit anderen phthalathaltigen Gegenständen.

Die Outdoor-Branche: Noch kein Gipfelsturm beim Umweltschutz

Die Outdoor-Branche steht für Freiheit und Naturverbundenheit. Dieses positive Image hat den Anbietern von Wetterkleidung in den vergangenen Jahren ein starkes zweistelliges Wachstum beschert. Rund 4,5 Milliarden Euro war der europäische Markt 2010 schwer. Deutschland ist mit einem Umsatz von über einer Milliarde Euro die Nummer eins innerhalb Europas, gefolgt von Großbritannien, Irland und Frankreich.

Am beliebtesten sind Jacken und Hosen (50 Prozent), auf Platz zwei und drei folgen Schuhe (25 Prozent) und Rucksäcke (6 Prozent). Oft zahlen Verbraucher mehrere hundert Euro für einen extrawarmen Superanorak und feilschen – anders als im Fast-Fashion-Bereich – nicht um jeden Cent. Der Gewinn der VF Corporation, zu dem der weltweit größte Outdoor-Anbieter North Face gehört, stieg von 2007 bis 2011 von 24 auf 36 Millionen US-Dollar.

Längst sind Marken wie North Face oder Patagonia, Vaude oder Jack Wolfskin nicht mehr nur Bergsteigern oder Skifahrern ein Begriff. Die Branche hat sich vom Spezialanbieter zum Hersteller angesagter Alltagskleidung entwickelt, Läden fehlen in keiner Innenstadt. Allein Jack Wolfskin aus Idstein hat zwischen Nordsee und Alpen rund 200 eigene Läden, in China vertreibt Jack Wolfskin seine Produkte bereits in über 300 Geschäften.

Geworben wird mit Bildern von waghalsigen Tiefschneefahrern oder todesmutigen Kletterern – obwohl die meisten Kunden keine Ausnahmeathleten sind, sondern Großstädter, die bei einer Radtour oder Herbstwanderung warm und trocken bleiben wollen. Auch Kinder tragen die „High-Performance“-Ausrüstung – allerdings oft nur bei Regen und Matsch im Sandkasten oder auf dem Spielplatz. Dennoch hat die Branche ein regelrechtes Wettrüsten begonnen, damit die Kleidung immer extremeren Wetterbedingungen trotzen kann – was mit einer steigenden Last an Chemie, vor allem der umstrittenen PFC einhergeht.

Zu bewundern sind die hochgetunten Neuheiten etwa auf der Outdoor-Messe in Friedrichshafen, wo sich im Juli 2012 über 900 Unternehmen und Hersteller präsentierten. Wie gefährlich die eingesetzten Substanzen sind, wird der naturbewussten Klientel jedoch verschwiegen. Stattdessen werden Geschichten von Naturfasern wie Mais, Kokosnuss, Hanf oder Merinowolle erzählt. Die Branche hat in puncto Umweltschutz tatsächlich Fortschritte gemacht. Sträflich vernachlässigt wurde jedoch der Ersatz der problematischen Chemikalien, die in Membranen und Beschichtungen stecken. Die Greenpeace-Detox-Kampagne rüttelt die Branche jetzt auf.

China

China ist Deutschlands größter Importhandelspartner für Textilien. 30 Prozent der jährlichen Gesamtimporte von Textilien und Bekleidungserzeugnissen stammen aus der Volksrepublik. Bei 95 Prozent der auf dem deutschen Markt verfügbaren Textilien sind die Produktionsschritte teilweise oder ganz ins Ausland ausgelagert. Dadurch ist der Einsatz von umwelt- und gesundheitsschädlichen Substanzen schwerer kontrollierbar.



5. Alternativen zur Fluorcarbon-Ausrüstung

Es sind zunehmend fluorfreie Technologien auf dem Markt verfügbar, die sich in einer Untersuchung der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin als funktionale Alternativen zu den fluorhaltigen Produkten erwiesen haben.²⁷⁾

Bei Bekleidung für Wind- und Wetterschutz sind die Stoffe in der Regel von außen imprägniert und an der Innenseite mit einer Membran versehen. Als Alternative zur fluorhaltigen Membran auf Basis von PTFE (z. B. Gore-Tex®) gibt es Membrane aus Polyester (z. B. Sympatex®) oder Polyurethan. Als Alternative zur Fluorcarbon-Ausrüstung (Beschichtung) eignen sich Wachse, Paraffine (z. B. ecorepel®), Polyurethane (z. B. Purtex®), Dendrimere (z. B. Bionic Finish Eco®) oder Silikone.

Drei fluorfreie Ausrüstungen und eine fluorfreie Membran wurden im Vergleich zur klassischen Fluorcarbonausrüstung auf Gebrauchstauglichkeit im Labor geprüft: Ölabweisung, Wasserabweisung, Wasserdichtheit, Scheuerbeständigkeit, Winddichtheit und Atmungsaktivität.

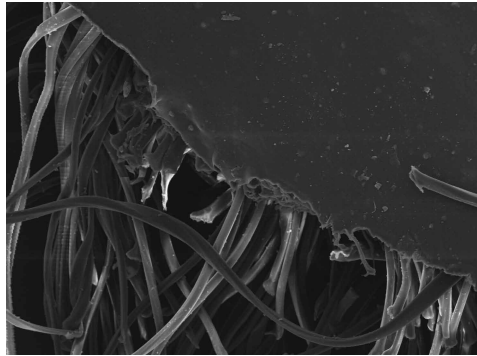
Ob die Kleidung wasserdicht ist und auch einem starken Wolkenbruch standhält, wird nicht nur durch die Ausrüstung (Beschichtung) beeinflusst. Wasser- und Winddichtheit, Luftdurchlässigkeit und Atmungsaktivität hängen vor allem von der Membran auf der Innenseite der Jacke ab. Hier zeigt sich, dass auch die fluorfreie Sympatex-Membran hohem Wasserdruck standhält. Die Leistung steht einer Goretex-Membran in nichts nach. Darüber hinaus sind die fluorfreien Membrane sehr atmungsaktiv – der Schweiß kann nach außen verdampfen. Als weiteren Pluspunkt wertet der Test die Winddichte der Alternativen, die die gleichen Werte wie Fluormembrane erreichen.

Die zusätzliche Ausrüstung der Outdoor-Kleidung ist für die Abweisung von Wasser, Schmutz und öligen Substanzen verantwortlich. Der Test zeigt, dass fluorfreie Alternativen genauso wasserdicht sind und Wasser vergleichbar gut abperlt. Lediglich die PU-Ausrüstung zeigt einen weniger guten Abperleffekt, aber der Nutzer bleibt trocken. Der Schutz der fluorfreien Ausrüstungen lässt sich reaktivieren durch Nachimprägnieren mit PFC-freien Mitteln. Für die Langlebigkeit der Outdoor-Kleidung ist auch wichtig, wie scheuerfest die Beschichtung ist. Die Scheuerbeständigkeit ist auch nach 10.000 Scheuertouren beim Bionic Finish Eco besonders hoch. Hier wird die Leistung der konventionellen fluorhaltigen Mittel sogar übertroffen.

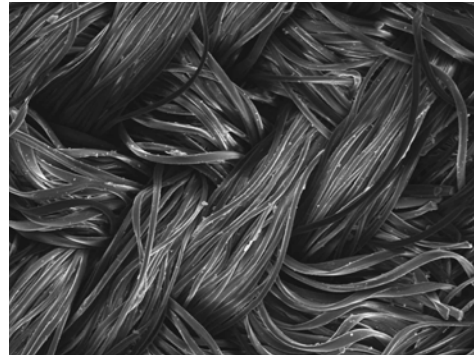
Bei der Ölabweisung sind die umstrittenen PFC-haltigen Produkte den fluorfreien Alternativen allerdings überlegen. Bisher gibt es jedoch noch kein Ersatzprodukt mit ölabweisenden Eigenschaften. Hier ist noch Forschung nötig. Die Erfahrung zeigt aber, dass gleichwertige Produkte sehr schnell marktreif und verfügbar sind, sobald die Outdoor-Hersteller einen Zeitpunkt festlegen, wann sie aus gefährlichen Chemikalien aussteigen wollen.

Für den Verbraucher ist die Ölabweisung oft kein relevantes Kriterium – hier steht optimaler Nässeschutz im Vordergrund. Die Funktionskleidung soll von innen und außen trocken halten. Zusätzlich erklärt die Untersuchung, dass auch eine gute Verarbeitung der Jacken und Hosen für den Gebrauchskomfort essenziell ist. Hierzu zählt die Abdeckung der Reißverschlüsse oder das Verkleben der Nähte, so dass weder Wasser noch Luft durchdringen kann. Die Untersuchungsergebnisse von Marijke Schöttmer liefern den Beweis, dass Outdoor-Hersteller auf PFC verzichten und trotzdem viele vom Verbraucher geforderte Funktionalitäten erzielen können. Auch die Alternativen müssen vor ihrem Einsatz auf Umweltverträglichkeit geprüft werden.

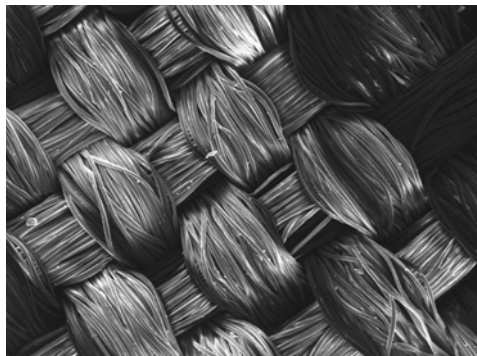
Abbildung 3: Fluorfreie Alternativen im Elektronenmikroskop



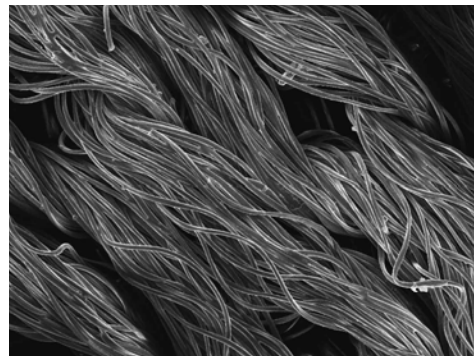
Probe 1:
Sympatex®: Membran 220fache Vergrößerung
Bild 1 – Membran



Probe 1:
Sympatex®: Ausrüstung 130fache Vergrößerung
Bild 2 – Ausrüstung



Probe 2:
Schoeller Ecorepel®: 130fache Vergrößerung
Bild 1 – Ausrüstung



Probe 4:
Freudenberg: 130fache Vergrößerung
Bild 1 – Ausrüstung

Tipps für Verbraucher

► Bedarf oder Bedürfnis?

Prüfen Sie, für welche Zwecke Sie Outdoor-Kleidung benötigen. Für eine Arktisexpedition oder einen Herbstspaziergang? Für normales Regen- und Matschwetter braucht es keine Jacke, die einer 50.000 mm Wassersäule standhält. Damit helfen Sie auch den Outdoor-Herstellern aus ihrem „High-Performance“-Hamsterrad.

► Vorsicht bei Textillabeln:

Zertifizierungen und Textil-Label signalisieren Schadstoff-Freiheit – was nicht immer stimmt. Mit Fluor beschichtete Produkte können trotz der bekannten Risiken für Umwelt und Gesundheit mit dem Öko-Tex-Standard 100 oder dem Bluesign-Standard ausgelobt werden. Eine Anhebung dieser Standards ist dringend erforderlich.

► Secondhand kaufen:

In Secondhand-Läden, auf Flohmärkten oder im Internet gibt es Massen von Kleidung, die andere nicht mehr wollen. Man selbst kann aber gerade dort Lieblingsstücke finden, die jahrelanger Wegbegleiter werden.

► Klassiker kaufen:

Bevorzugen Sie Teile, die nicht nach einer Saison out sind. Wahrhaft ökologisch ist Kleidung, die lange getragen wird.

► Grün kaufen:

Falls Sie neue Funktionsbekleidung benötigen, entscheiden Sie sich für einen weitestgehend PFC-freien Artikel. Es gibt bereits Outdoor-Marken, die auf fluorfreie Membrane setzen. Preislich gibt es kaum einen Unterschied.

► Qualität kaufen:

Prüfen Sie beim Kauf auch die handwerkliche Qualität der Kleidung. Besser alles hängen lassen, was der kritischen Prüfung von Nähten und Reißverschlüssen nicht standhält.

► Umweltfreundlicher waschen:

Ein großer Teil der Ökobilanz von Kleidung wird beim Waschen verursacht. Wird die Waschmaschine angestellt, sollte die Füllmenge immer ausgelastet sein. Der meiste Strom wird beim Aufheizen der Maschine gebraucht. Also runter mit den Temperaturen, für normal verschmutzte Wäsche sind 30 Grad ausreichend.

► Kleiderschrank befreien:

Sind bei Ihnen Klamotten im Kleiderschrank eingesperrt, die nie getragen werden? Befreien Sie sie! Geben Sie die Kleider an Freunde weiter, spenden Sie sie an karitative Einrichtungen, verkaufen oder versteigern sie, oder organisieren Sie eine Kleidertausch-Party.

► Zurückgeben:

Einige Hersteller wie Patagonia nehmen Altkleider und Schuhe in ihren Läden zurück.

► Aktiv werden:

Fragen Sie bei Ihrer Lieblingsmarke oder Ihrer bevorzugten Ladenkette nach, ob dort ökologische oder sozialverträgliche Strategien umgesetzt werden und wie das Chemikalienmanagement gehandhabt wird.

► Bei Kampagnen mitmachen:

Berichten Sie Familie, Freunden und Kollegen von den Problemen der Textilindustrie. Damit helfen Sie Greenpeace, die Öffentlichkeit für das Thema zu sensibilisieren und Druck auf die Textilindustrie auszuüben.

6. Schlussfolgerungen und Forderungen

In zahlreichen Publikationen und Werbeanzeigen bekennt sich die Outdoor-Branche zum Umweltschutz. Der vorliegende Greenpeace-Test zeigt jedoch ein Missverhältnis zwischen Einsicht und Handeln auf. Die Branche ist noch weit davon entfernt, gefährliche Chemikalien zu verbannen und so vor allem die Verschmutzung von Gewässern und Trinkwasser weltweit zu stoppen. Wasser ist in vielen Regionen der Welt eine knappe und bedrohte Ressource.

Seit dem Jahr 2011 engagieren sich Greenpeace-Aktivisten in der Kampagne Detox weltweit für schadstofffreie Textilien. Mit Untersuchungen von Abwasserproben und Textilien hat Greenpeace die Freisetzung umwelt- und gesundheitsschädlicher Chemikalien durch die Textilindustrie aufgedeckt. Elf prioritäre Substanzgruppen sind benannt, die aufgrund ihrer gefährlichen Eigenschaften aus der Textilproduktion verschwinden müssen. Zu diesen Substanzgruppen zählen die perfluorierten Chemikalien (PFC). Einige PFC sind als reproduktionstoxisch oder hormonell wirksam bekannt.

Die vorliegende Studie identifiziert per- und polyfluorierte Chemikalien in Outdoor-Artikeln großer Markenhersteller. Es werden Rückschlüsse zu Umweltrisiken und Verbrauchersicherheit gezogen. Obwohl einige Outdoor-Hersteller auf kurzzeitige Alternativen umgestellt haben, zeigt der Greenpeace-Test, dass der Einsatz der C8-Fluortelomeralkohole nach wie vor gängige Praxis ist. Die Textilien sind zwar PFOS-frei, enthalten aber PFOA als Verunreinigung oder Abbauprodukt. Darüber hinaus werden weitere gesundheitsschädliche Schadstoffe wie Weichmacher und

Alkylphenolethoxylate eingesetzt. Die Ergebnisse unserer Untersuchung unterstreichen die Notwendigkeit, gefährliche Chemikalien aus der Outdoor-Produktion zu verbannen.

Outdoor-Marken machen die Konsumenten ihrer Produkte unwissentlich zu Mitwirkenden bei der Freisetzung von PFC in die Umwelt. Selbst wenn die Menge an PFC in einzelnen getesteten Bekleidungsartikeln gering ist, kann die insgesamt freigesetzte Menge bei der Masse an verkauften Textilien beachtlich sein. Greenpeace setzt sich dafür ein, dass beispielsweise in China ein Schadstoffemissionsregister eingerichtet wird. Nur so können sich Anwohner informieren, mit welchen Chemikalien das Abwasser „ihrer“ Textilfabrik belastet ist.

Parallel zur vorliegenden analytischen Schadstoff-Untersuchung hat Greenpeace eine Studie zum Thema „Alternativen zur Fluorcarbonausrüstung bei Textilien“ der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Berlin (2012) mit betreut. In diesem Zusammenhang wurden fluorfreie Alternativen physikalisch auf ihre Tauglichkeit und chemisch auf bedenkliche Stoffe geprüft. Es zeigte sich, dass bereits fluorfreie Materialien auf dem Markt erhältlich sind, die einen großen Anteil der von Outdoor-Kleidung erwarteten Funktionen erfüllen und in der Produktion eingesetzt werden könnten.

Forderungen

Die Outdoor-Industrie ist aufgefordert, besonders gefährliche Substanzen wie PFC aus der Produktion zu verbannen. Sie muss Alternativen zur Fluorchemie weiter entwickeln und für die Ausrüstung ihrer Produkte einsetzen. Greenpeace fordert alle Hersteller von Outdoor-Bekleidung auf, den Ausstieg aus der Fluorchemie sofort in Angriff zu nehmen.

Eine Schlüsselrolle auf dem Weg zu einer giftfreien Zukunft spielen:

► Vorsorge:

Angesichts der gefährlichen Eigenschaften vieler PFC reicht es nicht aus, nur einzelne Substanzen wie PFOA zu regulieren. Greenpeace fordert den Gesetzgeber auf, die gesamte Gruppe der PFC zu verbieten.

► Transparenz:

Die Branche muss sofort und regelmäßig offenlegen, welche Chemikalien in der Herstellung von Produkten verwendet und in Abwässer eingeleitet werden. Diese Transparenz gegenüber der lokalen Bevölkerung sollte eine Selbstverständlichkeit sein. Dafür können auch lokale und nationale Informationsplattformen genutzt werden, mit denen Greenpeace kooperiert.²⁸⁾

► Meilensteine:

Es müssen klare und ehrgeizige Schlusspunkte festgelegt werden, wann besonders gefährliche Substanzen wie Alkylphenole oder perfluorierte Chemikalien (PFC) völlig eliminiert sind und wie dieser Verzicht sichergestellt wird.

Es ist jetzt an der Zeit zu handeln.
www.greenpeace.de/detox



7. Anhang

Ergebnisse: Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC)

Tabelle 1: PFC in Outdoor-Kleidung, die in Deutschland gekauft wurde

Material	Produktionsland	PFOA	PFCA (Summe)	PFS (Summe)	FTA (Summe)	8:2 FTOH	FTOH (Summe)
		µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²
Greenpeace Jacket, Germany	China	0,27	0,70	n.d.	1,4	n.d.	n.d.
Jack Wolfskin, Boys Jacket	Indonesien	2,01	5,11	n.d.	10,1	n.d.	n.d.
Vaude, Outdoor Jacket, Kids	China	0,58	2,78	n.d.	n.d.	230	418,5
Vaude, Jacket Women	Vietnam	0,24	1,21	n.d.	19,5	n.d.	n.d.
The North Face, Women Jacket	China	1,58	3,37	n.d.	23,8	n.d.	n.d.
Mountain Equipment, Women Jacket	Ukraine	0,20	0,58	n.d.	6,1	n.d.	n.d.
Marmot, Boys rain Pants	China	2,31	6,29	n.d.	25,6	n.d.	n.d.
Fjällräven, Women Jacket	China	0,29	1,17	n.d.	20,8	n.d.	52,0
Patagonia, Outdoor-Jacket	China	2,16	8,48	n.d.	65,0	30	123,0
Adidas, Outdoor-Jacket	China	0,29	1,04	n.d.	5,6	n.d.	99,0

Tabelle 2: PFC in Outdoor-Kleidung, die in Österreich (AT) und der Schweiz (CH) gekauft wurde

Material	Produktionsland	PFOA	PFCA (Summe)	PFS (Summe)	FTA (Summe)	8:2 FTOH	FTOH (Summe)
		µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²
Northland, Child Poncho	China	0,45	1,20	n.d.	n.d.	n.d.	17,6
Seven Summits, Children Jacket	China	0,30	0,66	n.d.	n.d.	40,6	40,6
Mammut, Women Jacket	China	0,65	5,39	n.d.	57,2	78,1	464,2
Kaikkialla, Women Jacket	China	4,98	10,96	n.d.	78,3	87,8	175,5

Tabelle 3: PFC-Konzentrationen (Carbonsäuren PFCA und Sulfonsäuren PFCS) in Outdoor-Kleidung

	Zimstern / Greenpeace	Jack Wolfskin	Vaude	North Face	Mountain Equipment	Marmot	Fjällräven	Patagonia	adidas	North-land	Seven Summits	Mammut Fujiyama	Kaikkialla
	Aktivisten Jackie	Boys Jacket	Kids Jacket	Women Jacket	Women Jacket	Kids pants	Women Jacket	Women Jacket	Women Jacket	Child Poncho	Kids Jacket	Women Jacket	Women Jacket
	Polyester Sympatex, Bionic Eco Finish	Texapore Air, 100% Polyesteramid	Ceplex ad, 100% PU, Polyamid + PU Besch	PTFE- (GoreTex) PES laminiert	GoreTex, Außen: 100% Polyamid	96% Nylon, 4% Elastan	Eco Shell, PFC-free, 100% Rec.PES	GoreTex, Obermaterial: 100% Nylon	GoreTex, proShell, 100% Polyamid	100% Polyester	Ice Tech 5000 100% Polyamid	PTFE (Gore Tex)	Membran: Toray Dermizax EV
	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²
conc.													
Perfluorobutane sulfonate	<0.064	<0.090	<0.201	<0.096	<0.148	<1.207	<0.178	<0.145	<0.208	<0.115	<0.168	<0.161	<0.170
Perfluorohexane sulfonate	<0.064	<0.090	<0.201	<0.096	<0.148	<1.207	<0.178	<0.145	<0.208	<0.115	<0.168	<0.161	<0.170
Perfluoroheptane sulfonate	<0.064	<0.090	<0.201	<0.096	<0.148	<1.207	<0.178	<0.145	<0.208	<0.115	<0.168	<0.161	<0.170
Perfluorooctane sulfonate	<0.042	<0.060	<0.134	<0.064	<0.098	<0.804	<0.118	<0.096	<0.138	<0.077	<0.112	<0.108	<0.112
Perfluorodecane sulfonate	<0.064	<0.090	<0.201	<0.096	<0.148	<1.207	<0.178	<0.145	<0.208	<0.115	<0.168	<0.161	<0.170
Perfluorooctane sulfonamide 1H,1H,2H,2H-	<0.042	<0.060	<0.134	<0.064	<0.098	<0.804	<0.118	<0.096	<0.138	<0.077	<0.112	<0.108	<0.112
Perfluorooctane sulfonate	<0.064	<0.090	<0.268	<0.096	<0.198	<1.609	<0.237	<0.194	<0.277	<0.153	<0.224	<0.161	<0.170
Perfluorobutane carboxylate	0.273	0.218	0.909	0.200	0.373	2.261	0.581	0.891	0.543	0.280	0.363	0.530	0.559
Perfluoropentane carboxylate	<0.042	0.177	0.366	<0.064	<0.098	<0.804	<0.118	0.554	<0.138	<0.077	<0.112	1.342	0.173
Perfluorohexane carboxylate	0.084	0.470	0.359	<0.064	<0.098	<0.804	0.295	3.211	0.204	<0.077	<0.112	0.576	1.485
Perfluoroheptane carboxylate	0.077	0.244	0.232	<0.064	<0.098	0.842	<0.118	0.644	<0.138	<0.077	<0.112	0.925	0.475
Perfluorooctane carboxylate	0.266	2.014	0.576	0.242	0.202	2.312	0.294	2.157	0.293	0.446	0.296	0.647	4.982
Perfluorononane carboxylate	<0.042	0.255	<0.134	<0.064	<0.098	<0.804	<0.118	0.098	<0.138	0.094	<0.112	0.618	0.446
Perfluorodecane carboxylate	<0.042	1.015	0.197	0.082	<0.098	0.877	<0.118	0.667	<0.138	0.200	<0.112	0.360	1.958
Perfluoroundecane carboxylate	<0.042	0.081	0.142	<0.064	<0.098	<0.804	<0.118	0.103	<0.138	0.083	<0.112	0.233	0.238
Perfluorododecane carboxylate	<0.042	0.462	<0.134	<0.064	<0.098	<0.804	<0.118	0.155	<0.138	0.097	<0.112	0.156	0.647
Perfluorotridecane carboxylate	<0.042	<0.060	<0.134	<0.064	<0.098	<0.804	<0.118	<0.096	<0.138	<0.077	<0.112	<0.108	<0.112
Perfluorotetradecane carboxylate	<0.042	<0.060	<0.134	<0.064	<0.098	<0.804	<0.118	<0.096	<0.138	<0.077	<0.112	<0.108	<0.112

Die Konzentrationsangabe erfolgt in Mikrogramm PFC pro Quadratmeter Textil / Gewebe (µg/m²)

Prüfverfahren zur Untersuchung auf PFCA und PFSA: Extraktion mit Methanol im Soxhlet, Trennung, Identifizierung und Quantifizierung mit internem Standard mittels HPLC-MS/MS (Hochdruckflüssigkeits-Chromatografie gekoppelt Triple-Quadrupol-Massenspektrometer)

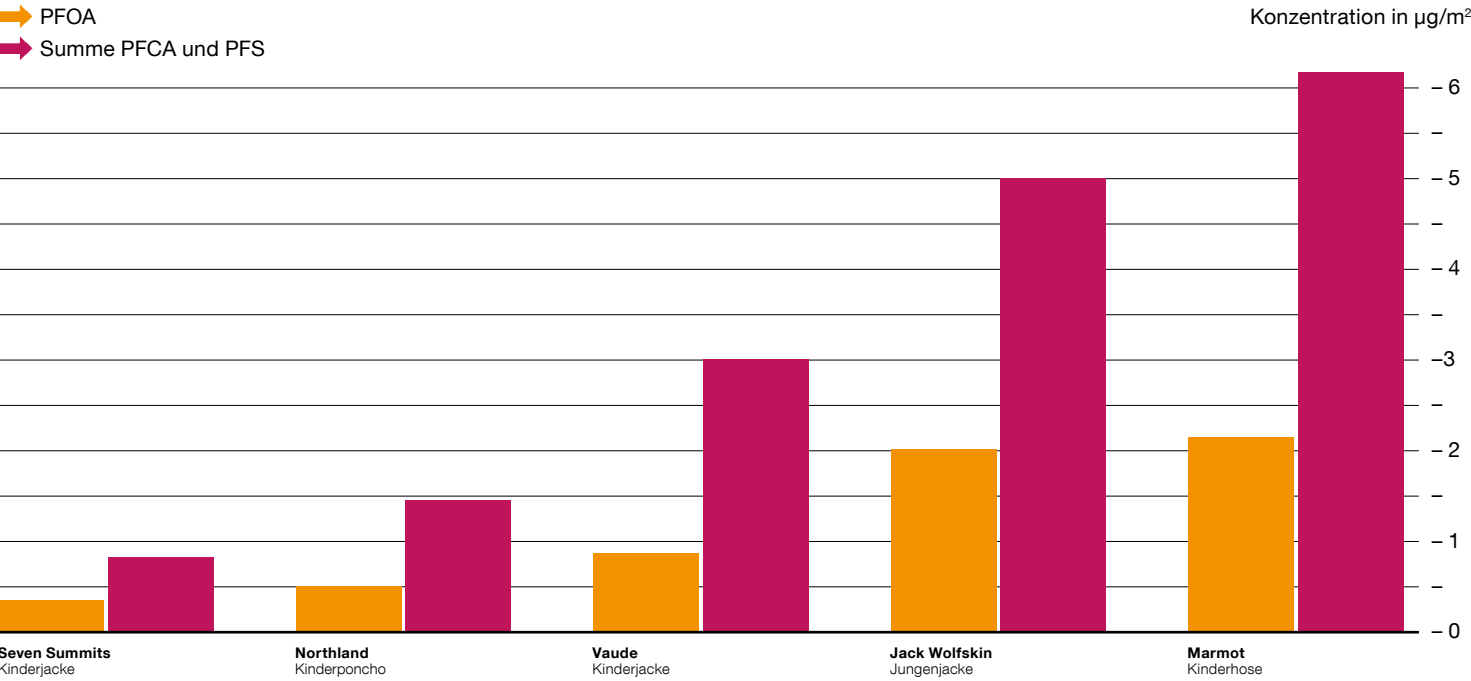
Tabelle 4: Fortsetzung PFC-Konzentrationen (Carbonsäuren PFCA und Sulfonsäuren PFCS) und polyfluorierte Telomerkohole in Outdoor-Kleidung

	Zimstern / Greenpeace	Jack Wolfskin	Vaude	Vaude	North Face	Mountain Equipment	Marmot	Fjällräven	Patagonia	adidas	North-land	Seven Summits	Mammut Fujiyama	Kaikkialla
	Aktivisten Jackie	Boys Jacket	Kids Jacket	Women Jacket	Women Jacket	Women Jacket	Kids pants	Women Jacket	Women Jacket	Women Jacket	Child Poncho	Kids Jacket	Women Jacket	Women Jacket
	Polyester Sympatex, Bionic Eco Finish	Texapore Air, 100% Polyesteramid	Ceplex ad, 100% PU, Polyamid + PU Besch	Ceplex ad, 100% PU, Polyamid + PU Besch	PTFE- (GoreTex) PES laminiert	GoreTex, Außen: 100% Polyamid	96% Nylon, 4% Elastan	Eco Shell, PFC-free, 100% Rec.PES	GoreTex, Obermaterial: 100% Nylon	GoreTex, proShell, 100% Polyamid	100% Polyester	Ice Tech 5000 100% Polyamid	PTFE (Gore Tex)	Membran: Toray Dermizax EV
	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²
Perfluoro-3,7-dimethylotane carboxylate	<0.085	<0.121	<0.268	<0.128	<0.103	<0.198	<1.609	<0.237	<0.194	<0.277	<0.153	<0.224	<0.216	<0.225
7H-Dodecanefluoroheptane carboxylate	<0.064	<0.090	<0.268	<0.096	<0.077	<0.198	<1.609	<0.237	<0.194	<0.277	<0.153	<0.224	<0.216	<0.225
2H,2H-Perfluorodecane carboxylate	<0.064	<0.090	<0.268	<0.096	<0.077	<0.198	<1.609	<0.237	<0.194	<0.277	<0.153	<0.224	<0.216	<0.225
2H,2H,3H,3H-Perfluoroundecane carboxylate	<0.064	0.170	<0.268	0.684	0.138	<0.198	<1.609	<0.237	<0.194	<0.277	<0.153	<0.224	<0.216	<0.225
1H,1H,2H,2H-Perfluorooctylacrylat	<0.85	<2.53	<29,7	<3,9	<4,75	<3,15	<11,2	20.80	<4	<5,4	<1,59	<5,6	<5,5	<4,05
1H,1H,2H,2H-Perfluorooctylacrylat	1,36	10,13	<29,7	19,50	23,75	6,09	25,60	<6,5	35,00	5,58	<1,59	<5,6	39,6	58,1
1H,1H,2H,2H-Perfluorooctylacrylat	<0.85	<2.53	<29,7	<3,9	<4,75	<3,15	<11,2	<6,5	30,00	<5,4	<1,59	<5,6	17,6	20,3
1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-hexanol	<2.55	<5.06	<59.4	<7.8	<10.4	<7.35	<22.4	<14.3	<8	<9.9	<3.19	<11.9	<11	<6.75
1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-oktanol	<6.8	<15.2	<179	<22.1	<30.4	<21	<65.6	52.00	72.00	99.00	17.60	<35	352	27.0
1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-decanol	<6.8	<15.2	229.50	<22.1	<30.4	<21	<65.6	<42.9	30.00	<29.7	<8.79	40.60	78.1	87.8
1H,1H,2H,2H-Perfluoro-1-dodecanol	<4.25	<10.1	189.00	<14.3	<20.9	<13.6	<44.8	<28.6	21.00	<19.8	<5.59	<23.8	34.1	60.8
2-(N-methylperfluoro-FASE 1-octanesulfonamidol)-ethanol	<0.85	<2.53	<29.7	<3.9	<4.75	<3.15	<11.2	<6.5	<4	<5.4	<1.59	<5.6	<5.5	<4.05
2-(N-ethylperfluoro-1-octanesulfonamidol)-ethanol	<0.85	<2.53	<29.7	<3.9	<4.75	<3.15	<11.2	<6.5	<4	<5.4	<1.59	<5.6	<5.5	<4.05
N-methylperfluoro-1-octansulfonamide	<0.85	<2.53	<29.7	<3.9	<4.75	<3.15	<11.2	<6.5	<4	<5.4	<1.59	<5.6	<5.5	<4.05
N-ethylperfluoro-1-octansulfonamide	<0.85	<2.53	<29.7	<3.9	<4.75	<3.15	<11.2	<6.5	<4	<5.4	<1.59	<5.6	<5.5	<4.05

Die Konzentrationsangabe erfolgt in Mikrogramm PFC pro Quadratmeter Textil / Gewebe (µg/m²)

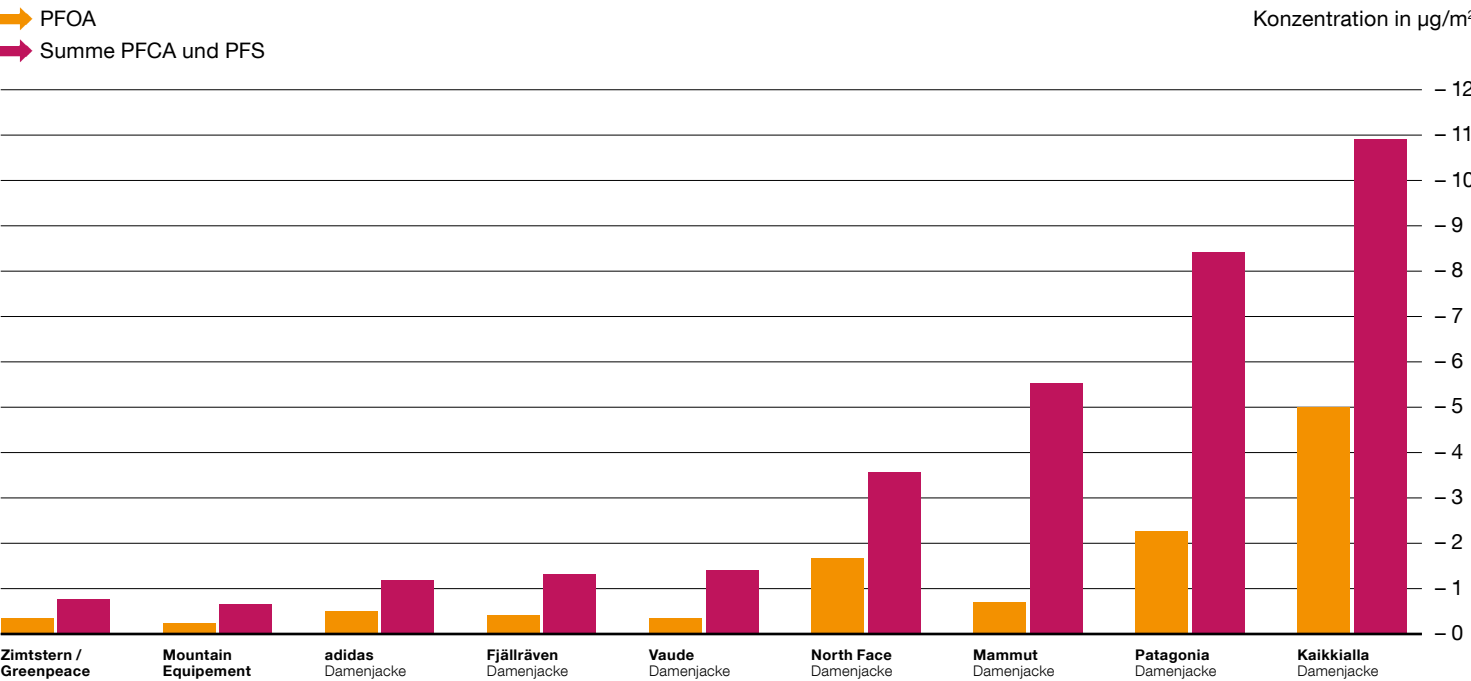
Prüfverfahren zur Untersuchung auf FTOH: Extraktion mit MTBE im Ultraschallbad, Trennung, Identifizierung und Quantifizierung mit internem Standard mittels GC-MS (Gaschromatografie gekoppelt mit Massenspektrometer), Verifizierung mit HPLC-MS/MS

Kinderbekleidung (Summe PFCA in µg/m²)



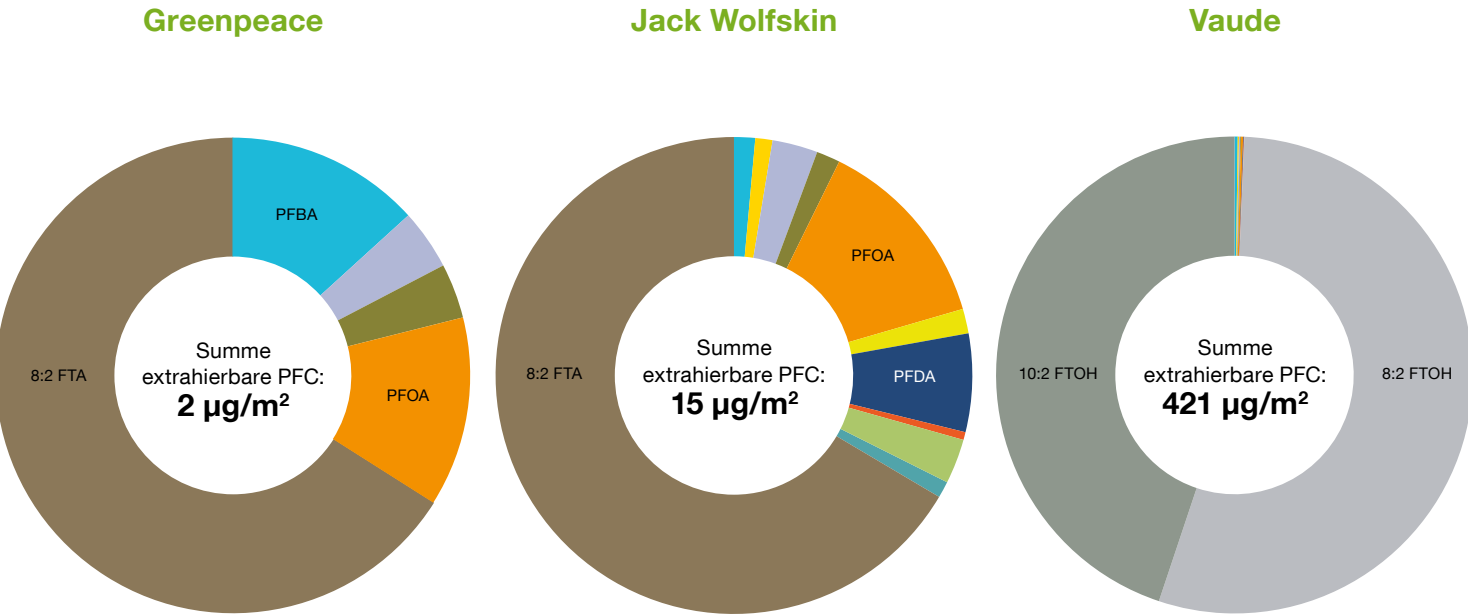
Perfluorierte Carbonsäuren PFCA in Kinderbekleidung

Damenjacke (Summe PFCA in µg/m²)



Perfluorierte Carbonsäuren PFCA in Damenjacken

Ergebnisse: Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) der einzelnen Marken



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
PFBA	0,3	13
PFHxA	0,1	4
PFHpA	0,1	4
PFOA	0,3	13
8:2 FTA	1,4	66

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
PFBA	0,2	1
PFPA	0,2	1
PFHxA	0,5	3
PFHpA	0,2	2
PFOA	2,0	13
PFNA	0,3	2
PFDA	1,0	7
PFUnA	0,1	1
PFDoA	0,5	3
H4PFUnA	0,2	1
8:2 FTA	10,1	66

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
PFBA	0,9	0
PFPA	0,4	0
PFHxA	0,4	0
PFHpA	0,2	0
PFOA	0,6	0
PFDA	0,2	0
PFUnA	0,1	0
8:2 FTOH	229,5	54
10:2 FTOH	189,0	45

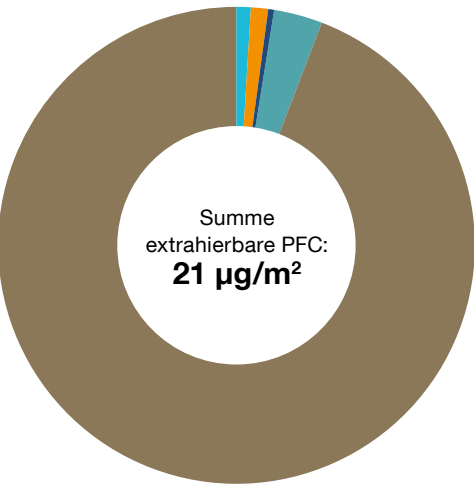
Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

Zimtstern / Greenpeace | Aktivistenjacke

Jack Wolfskin | Kids Jacket

Vaude | Kids Jacket

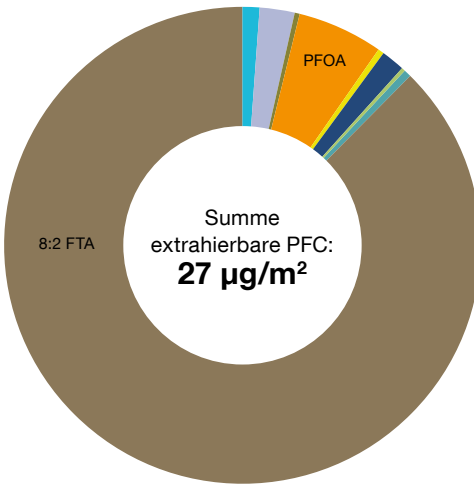
Vaude



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
→ PFBA	0,2	1
→ PFOA	0,2	1
→ PFDA	0,1	0
→ H4PFUnA	0,7	3
→ 8:2 FTA	19,5	94

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

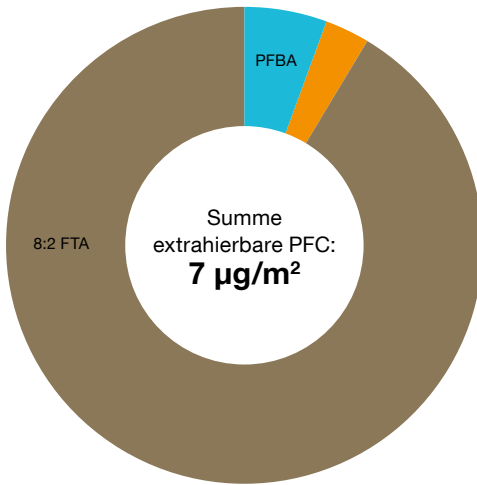
North Face



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
→ PFBA	0,3	1
→ PFHxA	0,6	2
→ PFHpA	0,1	0
→ PFOA	1,6	6
→ PFNA	0,1	0
→ PFDA	0,4	2
→ PFDoA	0,1	0
→ H4PFUnA	0,1	1
→ 8:2 FTA	23,8	88

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

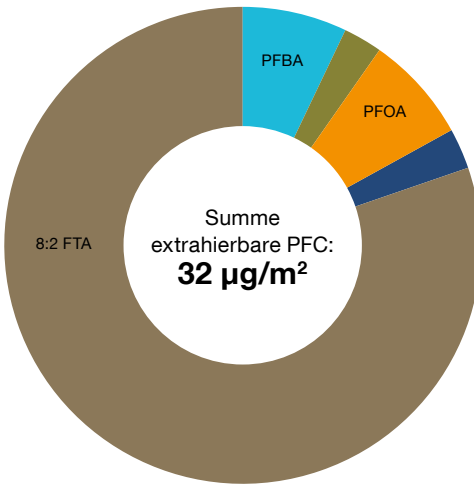
Mountain Equipment



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
→ PFBA	0,4	6
→ PFOA	0,2	3
→ 8:2 FTA	6,1	91

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

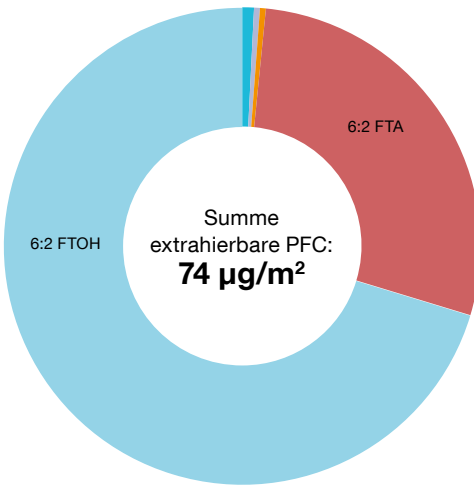
Marmot



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
→ PFBA	2,3	7
→ PFHpA	0,8	3
→ PFOA	2,3	7
→ PFDA	0,9	3
→ 8:2 FTA	25,6	80

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

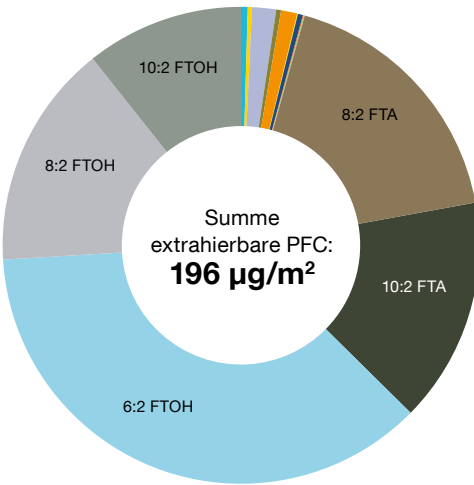
Fjällräven



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
→ PFBA	0,6	1
→ PFHxA	0,3	0
→ PFOA	0,3	0
→ 6:2 FTA	20,8	28
→ 6:2 FTOH	52,0	70

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

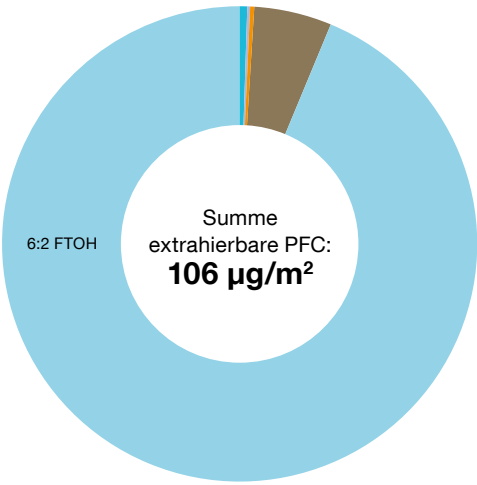
Patagonia



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
→ PFBA	0,9	0
→ PFPA	0,6	0
→ PFHxA	3,2	2
→ PFHpA	0,6	0
→ PFOA	2,2	1
→ PFNA	0,1	0
→ PFDA	0,7	0
→ PFUnA	0,1	0
→ PFDoA	0,2	0
→ 8:2 FTA	35,0	18
→ 10:2 FTA	30,0	15
→ 6:2 FTOH	72,0	37
→ 8:2 FTOH	30,0	15
→ 10:2 FTOH	21,0	11

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

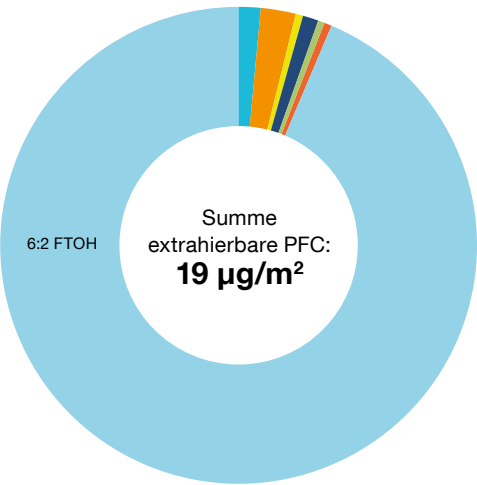
Adidas



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
PFBA	0,5	1
PFHxA	0,2	0
PFOA	0,3	0
8:2 FTA	5,6	5
6:2 FTOH	99,0	94

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

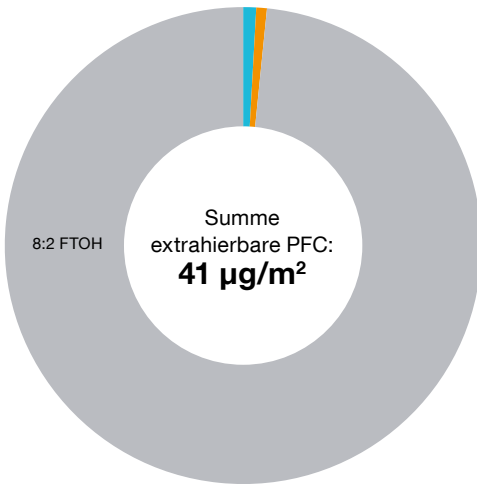
Northland



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
PFBA	0,3	1
PFOA	0,4	2
PFNA	0,1	0
PFDA	0,2	1
PFUnA	0,1	0
PFDaA	0,1	1
6:2 FTOH	17,6	94

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

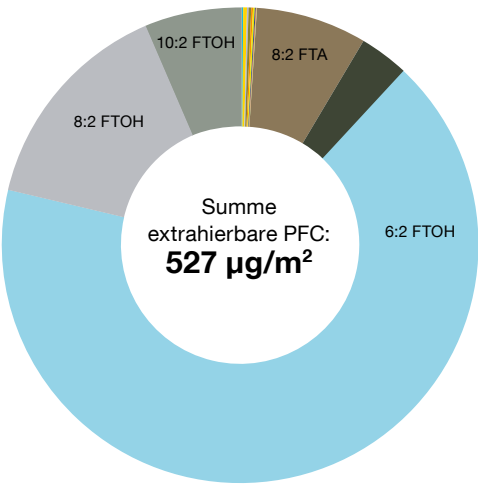
Seven Summits



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
PFBA	0,4	1
PFOA	0,3	1
8:2 FTOH	40,6	98

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

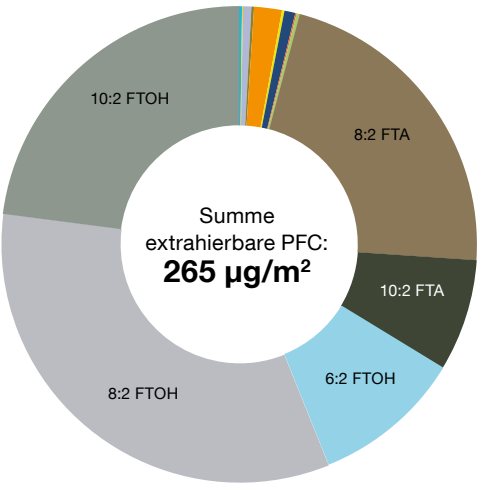
Mammut Fujiyama



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
PFBA	0,5	0
PFPA	1,3	0
PFHxA	0,6	0
PFHpA	0,9	0
PFOA	0,6	0
PFNA	0,6	0
PFDA	0,4	0
PFUnA	0,2	0
PFDaA	0,2	0
8:2 FTA	39,6	8
10:2 FTA	17,6	3
6:2 FTOH	352,0	67
8:2 FTOH	78,1	15
10:2 FTOH	34,1	6

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

Kaikkialla



PFC		
Konzentration/Anteil	µg/m²	%
PFBA	0,6	0
PFPA	0,2	0
PFHxA	1,5	1
PFHpA	0,5	0
PFOA	5,0	2
PFNA	0,4	0
PFDA	2,0	1
PFUnA	0,2	0
PFDaA	0,6	0
8:2 FTA	58,1	22
10:2 FTA	20,3	8
6:2 FTOH	27,0	10
8:2 FTOH	87,8	33
10:2 FTOH	60,8	23

Konzentrationsangabe in µg/m²
Anteil an Gesamt PFC in %

Tabelle 5: Konzentrationen von Phthalaten, Alkylphenolen und Alkylphenoethoxylaten in Outdoor-Kleidung

	Zimstern / Greenpeace Aktivisten Jacke	Jack Wolfskin Boys Jacket	Vaude Kids Jacket	Vaude Women Jacket	North Face Women Jacket	Mountain Equipment Women Jacket	Marmot Kids pants	Fjällräven Women Jacket	Patagonia Women Jacket	adidas Women Jacket	North-land Child Poncho	Seven Summits Kids Jacket	Mammut Fujiyama Women Jacket	Kaikkialla Women Jacket
	Polyester Sympatex, Bionic Eco Finish	Texapore Air, 100% Polyamid	Ceplex ad, 100% PU, Polyamid + PU Besch	Ceplex ad, 100% PU, Polyamid + PU Besch	PTFE- (GoreTex) PES laminiert	GoreTex, Außen: 100% Polyamid	96% Nylon, 4% Elastan	Eco Shell, PFC-free, 100% Rec.PES	GoreTex, Obermaterial: 100% Nylon	GoreTex, proShell, 100% Polyamid	100% Polyester	Ice Tech 5000 100% Polyamid	PTFE (Gore Tex)	Membran: Toray Dermizax EV
	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²	µg/m²
Phthalate														
Benzylbutylphthalat	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Di-iso-butylphthalat	8	3	3	3	4	3	1	4	2	7	4	4	2	3
Di-n-butylphthalat	<1	1	<1	2	1	4	1	2	1	2	2	<1	1	2
Di-(2-ethylhexyl)-phthalat	7	5	<1	5	<1	4	3	10	1	7	5700	6	85	17
Di-(2-ethylhexyl)-iso-phthalat	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Di-sio-decylphthalat	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Di-sio-nonylphthalat	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	260	<15	<15
Di-n-octylphthalat	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Bis-(2-methoxyethyl)-phthalat	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Di-n-nonylphthalat	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Di-n-decylphthalat	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Diethylphthalat	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Dimethylphthalat	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Summe Phthalate	15*	9	3	10	5	11	5	16	4	16*	5706	270	88*	22*
Alkylphenole und Alkylphenoethoxylate														
Nonylphenole	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	8	<3	8	<3	<3	<3	<3
Octylphenole	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Nonylphenol-ethoxylate	<5	<5	13	<5	<5	<5	<5	19	<5	20	<5	320	<5	9
Octylphenol-ethoxylate	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5

Die Konzentrationsangabe erfolgt in Milligramm Schadstoff pro Kilogramm Textil (mg/kg = ppm), Werte <x:

Die Konzentrationen liegen unterhalb der Bestimmungsgrenze von xmg/kg

In den mit * gekennzeichneten Proben erfolgte die Phthalatuntersuchung im Plastisoleil mit Aufdruck

Prüfverfahren zur Untersuchung auf Phthalate: Extraktion mit: Toluol im Ultraschallbad, Trennung, Identifizierung und Quantifizierung mittels GC-MS und/oder GC-EOD,

Prüfverfahren zur Untersuchung auf Nonylphenole und Oktylphenole: Extraktion mit Acetonitril im Ultraschallbad, Quantitative Bestimmung mit GC-MS,

Prüfverfahren zur Untersuchung auf Nonylphenoethoxylate und Oktylphenoethoxylate: Extraktion mit Acetonitril im Ultraschallbad, Spaltung zu den Alkylphenolen mit Aluminiumtrilodid, Bestimmung mit GC-MS, Quantifizierung basierend auf Ethylan 77 und Triton X 100 nach Spaltung

GC: Gaschromatographie; MS-Massenspektrometrie; EOD-Elektreneneinfangdetektion

7.1 Glossar

Gefährliche Substanzen in der Textilindustrie – elf priorisierte Chemikaliengruppen

Rund 7000 Chemikalien kommen in der Textilproduktion zum Einsatz. Einmal freigesetzt, reichern sich viele von ihnen in der Umwelt an – in Flüssen, Meeren, im Boden und in Pflanzen. Zum Teil werden die Substanzen um die halbe Welt transportiert und kontaminieren Ökosysteme weit entfernt von ihrer Einleitungsquelle. Man bezeichnet sie als persistent. Einige Stoffe sind bioakkumulativ und können sich in Blut, Organen oder im Gewebe von Lebewesen anreichern und der Gesundheit schaden. Diese elf Chemikaliengruppen müssen in der Textilproduktion verboten werden.

► Alkylphenole:
Zu den Alkylphenolen zählen Nonylphenol und Octylphenol. Sie werden freigesetzt aus ihren Ethoxylaten. So entstehen Nonylphenole (NP) aus Nonylphenol-ethoxylaten (NPE). NPE werden in der Textilindustrie viel genutzt, etwa zum Waschen der Textilien während des Färbens. Die im Abwasser aus NPE gebildeten NP wirken ähnlich wie Östrogene und können die Entwicklung der Geschlechtsorgane von Fischen und anderen Wassertieren stören. Seit 2005 ist der Verkauf von Produkten mit mehr als 0,1% Nonylphenolen/Nonylphenolethoxylaten in der EU stark eingeschränkt.

► Phthalate:
Phthalate dienen als Weichmacher, zum Beispiel für das Hartplastik PVC. In der Textilindustrie werden sie für Kunstleder, Gummi sowie in Farbstoffen genutzt. Als gefährlich gelten speziell Diethylhexylphthalat (DEHP) und Dibutylphthalat (DBP), da sie die Entwicklung der Geschlechtsorgane bei Säugetieren hemmen. Seit 2005 sind vier Phthalate (DBP, BBP und DEHP und DiBP) in der Kandidatenliste der „besonders bedenklichen Substanzen“ (Substances of very high concern) nach EU-Chemikalienrecht REACH enthalten. Damit unterliegen sie strengen Zulassungskriterien.

► Bromierte und chlorierte Flammschutzmittel:
Viele bromierte Flammschutzmittel (BFR) reichern sich in der Umwelt an und sind mittlerweile überall zu finden. Diese Ausrüstungschemikalien dienen zum Brandschutz – auch bei Textilien. Speziell Polybromierte Diphenylether (PBDE) gelten laut EU-Wasserrecht als „besonders gefährlich“. Sie sind hormonell wirksam und können Wachstum und Entwicklung der Geschlechtsorgane schädigen. Ihrer Verwendung sind in der EU enge Grenzen gesetzt, um die Oberflächen-gewässer zu schützen.

► Azofarben:
Azofarbstoffe sind in der Textilindustrie verbreitet. Aus einigen Azofarbstoffen können Aromatische Amine freigesetzt werden, von denen wiederum einige bei Hautkontakt Krebs auslösen können, so z.B. 3,3'-dimethoxybenzidin (o-Dianisidin). Laut EU dürfen 22 Azofarbstoffe nicht mehr für Textilien verwendet werden, die direkt auf der Haut getragen werden. Eine ähnliche Regulierung existiert auch in China.

► Zinnorganische Verbindungen:
Zinnorganika werden als Biozide und Antipilzmittel bei vielen Produkten eingesetzt. Bei Socken, Schuhen und Sportbekleidung wirken sie antibakteriell und sollen Schweißgeruch verhindern. Wenn Tributylzinn (TBT) in die Umwelt gelangt, kann es sich im Körper von Mensch und Tier anreichern und das Immunsystem und die Fortpflanzungsfähigkeit schädigen.

► Perfluorierte Chemikalien (PFC):
PFC dienen dazu, Textil- und Lederprodukte wasser- und schmutzabweisend auszurüsten. Sie sind langlebig und einige PFC reichern sich im menschlichen Gewebe und im Blut an. Sie können die Leberfunktion schädigen und das körpereigene Hormonsystem stören. Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) ist durch die Stockholm Konvention global beschränkt und befindet sich auf der Kandidatenliste für „besonders bedenkliche Substanzen“ (Substances of very high concern, SVHC) und ist in Europa für bestimmte Anwendungen verboten. Das Umweltbundesamt hat vorgeschlagen, auch Perfluorooctancarbonsäure (PFOA) auf die SVHC-Liste zu setzen.

► Chlorbenzole:
Chlorbenzole sind als Biozide und Lösungsmittel in der Textilproduktion im Einsatz. Einige schädigen Leber, Schilddrüse und zentrales Nervensystem. Hexachlorbenzol (HCB) ist persistent und hormonell wirksam und wie die Polychlorierten Biphenyle (PCB) in der Anwendung durch die Stockholm Konvention stark beschränkt.

► Chlorierte Lösungsmittel:
Chlorierte Lösungsmittel wie Trichlor-ethan (TCE) dienen dazu, Chemikalienrückstände von Textilien zu entfernen und sie zu reinigen. TCE schädigt die Ozonschicht. Außerdem kann es bei Mensch und Tier das zentrale Nervensystem sowie Leber und Nieren schädigen. Seit 2008 ist TCE in der EU nur noch begrenzt erlaubt.

► Chlorphenole:
Chlorphenole werden als Biozide in der Textilindustrie eingesetzt, speziell Pentachlorphenol (PCP) ist für Wasserorganismen hochgiftig und kann beim Menschen Organe und das zentrale Nervensystem schädigen. Die Produktion und Verwendung von PCP ist in der EU seit 1991 verboten.

► Kurzkettige Chlorparaffine (SCCPs):
Kurzkettige Chlorparaffine werden in der Textilindustrie als Flammschutz und für die Veredelung von Textilien und Leder verwendet. Sie gelten als giftig für Wasserorganismen und reichern sich im lebenden Organismus an. Sie sind seit 2004 EU-weit in ihrem Einsatz beschränkt.

► Schwermetalle:
Schwermetalle wie Cadmium, Blei und Kupfer stecken in Farbstoffen und Pigmenten. Sie können sich im Körper anreichern und Organe sowie das zentrale Nervensystem schädigen. Chrom nutzt man zum Gerben von Leder. Als Chrom VI ist es bereits in niedrigen Konzentrationen ein potentes Umweltgift. Chrom VI, Quecksilber und Cadmium können Krebs erzeugen. Der Einsatz dieser Schwermetalle ist in der EU mit strikten Auflagen versehen.

7.2 Quellen

Berger U, Herzke D (2006). Per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) extracted from textile samples. Poster presentation

Berger U (Oral Präsentation). Perfluoroalkyl acids in blood serum from first time mothers from Uppsala, Sweden: temporal trends 1996-2010 and serial samples during pregnancy and nursing, 6th SETAC World Congress / SETAC Europe 22nd Annual Meeting, Berlin, 20-24 Mai 2012

Bonefeld-Jorgensen EC, Long M, Bossi R, Ayotte P, Asmund G, Krüger T, Ghisari M, Mulvad G, Kern P, Nzulumiki P, Dewailly E (2011). Perfluorinated compounds are related to breast cancer risk in greenlandic inuit: A case control study Environ Health. 10:88

Cai M, Yang H, Xie Z, Zhao Z, Wang F, Lu Z, Sturm R, Ebinghaus R (2012). Per- and polyfluoroalkyl substances in snow, lake, surface run-off water and coastal seawater in Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. J Hazard Mater. 209-210:335-42.

Dauchy X, Boiteux V, Rosin C, Munoz JF (2012). Relationship between industrial discharges and contamination of raw water resources by perfluorinated compounds. Part I: case study of a fluoropolymer manufacturing plant. Bull Environ Contam Toxicol. 2012 89(3):525-30.

Eschazier C, Haftka J, Stuyfzand PJ, de Voogt P (2010). Perfluorinated compounds in infiltrated river Rhine water and infiltrated rainwater in coastal dunes. Environ Sci Technol. 44(19):7450-5.

Fei C, McLaughlin JK, Lipworth L, Olsen J (2009). Maternal levels of perfluorinated chemicals and subfecundity. Hum Reprod. 24(5):1200-5.

Friends of the Earth Norway (2006). Fluorinated pollutants in all-weather clothing: <http://www.snf.se/pdf/rap-hmv-allvadersklader-eng.pdf>

Fromme H, Mosch C, Morovitz M, Alba-Alejandre I, Boehmer S, Kiranoglu M, Faber F, Hannibal I, Genzel-Boroviczeny O, Koletzko B, Völkel W (2010). Pre- and postnatal exposure to perfluorinated compounds (PFCs). Environ Sci Technol. 44(18):7123-9.

GOTS – Global Organic Textile Standard (2011). Global Organic Textile Standard (GOTS) Version 3.0, <http://tiith.org/files/certification/GOTSStandard.pdf>

Grandjean P, Andersen EW, Budtz-Jørgensen E, Nielsen F, Mølbaek K, Weihe P, Heilmann C. (2012). Serum vaccine antibody concentrations in children exposed to perfluorinated compounds. JAMA. 307(4):391-7.

Greenpeace (2011). Dirty Laundry. Hung Out to Dry. Unravelling the toxic trail from pipes to products. Greenpeace International, 2011. <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/reports/Dirty-Laundry-2>

Greenpeace (2012). Dirty Laundry. Reloaded How big brands are making consumers unwitting accomplices in the toxic water cycle. Greenpeace International, 2012. <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/Campaign-reports/Toxics-reports/Dirty-Laundry-Reloaded>

Jensen A & Leffers H (2008). Emerging endocrine disruptors: perfluoroalkylated substances. International Journal of Andrology 31: 161-169.

Langer V, Dreyer A, Ebinghaus R (2010). Polyfluorinated compounds in residential and nonresidential indoor air. Environ Sci Technol 2010, 44:8075-8081.

Llorca M, Farré M, Tavano MS, Alonso B, Koremblit G, Barceló D (2012). Fate of a broad spectrum of perfluorinated compounds in soils and biota from Tierra del Fuego and Antarctica. Environ Pollut. 163:158-66.

Melzer D, Rice N, Depledge MH, Henley WE, Galloway TS (2010). Association between serum perfluorooctanoic acid (PFOA) and thyroid disease in the U.S. National Health and Nutrition Examination Survey. Environ Health Perspect. 118(5): 686-692.

Möller A, Ahrens L, Surm R, Westerveld J, van der Wielen F, Ebinghaus R, de Voogt P (2010). Distribution and sources of polyfluoroalkyl substances (PFAS) in the River Rhine watershed. Environ Pollut. 158(10):3243-50.

Rand AA, Mabury SA. In vitro interactions of biological nucleophiles with fluorotelomer unsaturated acids and aldehydes: fate and consequences. Environ Sci Technol. 46(13):7398-406.

Schöttmer M. (2012). Investigation of Alternatives to Fluorocarbon Finishes for Textiles. Berlin University of Applied Sciences, master thesis

Thorhallur IH, Rytter D, Småstuen Haug L, Hammer Bech B, Danielsen I, Becher G, Brink Henriksen T, Olsen SF (2012). Prenatal Exposure to Perfluorooctanoate and Risk of Overweight at 20 Years of Age: A Prospective Cohort Study. Environ Health Perspect. 120(5): 668-673.

UBA (2009). Perfluorinated compounds: Avoid inputs – protect the environment, <http://www.umwelt-daten.de/publikationen/fpdf-l/3818.pdf> (9/2012), <http://www.umwelt-daten.de/publikationen/fpdf-l/3812.pdf>

Vierke L, Staudé C, Biegel-Engler A, Drost W, Schulte C (2012). Perfluorooctanoic acid (PFOA) — main concerns and regulatory developments in Europe from an environmental point of view. Environmental Sciences Europe 24:16.

Walters A, Santillo D, Johnston P. An Overview of Textiles Processing and Related Environmental Concerns, <http://www.greenpeace.org/seasia/th/Global/seasia/report/2008/5/textile-processing.pdf>

Walters A, Santillo D. Uses of Perfluorinated Substances, Greenpeace Research Laboratories Technical Note 06/2006, <http://www.greenpeace.to/greenpeace/wp-content/uploads/2011/05/uses-of-perfluorinated-chemicals.pdf>

Weinberg I, Dreyer A, Ebinghaus R. (2011). Waste water treatment plants as sources of polyfluorinated compounds, polybrominated diphenyl ethers and musk fragrances to ambient air, Environ Pollut. 59(1):125-32.



➡ **Kein Geld von Industrie und Staat**

Greenpeace ist international, überparteilich und völlig unabhängig von Politik, Parteien und Industrie. Mit gewaltfreien Aktionen kämpft Greenpeace für den Schutz der Lebensgrundlagen. Mehr als eine halbe Million Menschen in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt.