

**Hintergrund: Wasserdicht, atmungsaktiv und grün – Nachhaltige Ausrüstung von Outdoor-Textilien“ Vergleichende Risikobewertung kurzkettiger poly- und perfluorierter Alkylverbindungen mit fluorfreien Ersatzstoffen (abgeschlossenes Projekt)**

06.02.2019

Viele Sport- und Outdoortextilien haben atmungsaktive sowie wasser-, öl- und schmutzabweisende Eigenschaften. Angewendet werden sogenannte „durable water repellent“(DWR)-Beschichtungen. Sie werden durch die Verwendung von fluorierten Polymeren – diese enthalten per- und polyfluorierte Alkylverbindungen (PFASs) wie Perfluoroktansäure – erzielt. PFASs gelangen so, wie auch über viele weitere Anwendungen, diffus in die Umwelt und sind aufgrund ihrer Umwelteigenschaften, vor allem ihrer schlechten Abbaubarkeit, der Tendenz sich in Organismen anzureichern und ihrer teilweise toxischen Wirkungen, zu einem Problem geworden. In der Umwelt und in Organismen, einschließlich des Menschen, und sogar in abgelegenen Gebieten (Arktis oder Antarktis) werden sie nachgewiesen. Dies kann globale Konsequenzen für die Gesundheit des Menschen haben und zu einer Vielzahl von Umweltproblemen führen. Eine Reihe von Outdoortextil-Unternehmen ist nun bestrebt, hier umweltfreundliche Alternativen zu finden. Hierfür fehlte den Unternehmen bisher allerdings die chemische und ökotoxikologische Expertise.

**Ziel:**

Basierend auf Struktur-Wirkungs-Beziehungen und der Auswertung wissenschaftlicher Studien ist es wahrscheinlich, dass auch die bisher als Alternative geltenden kurzkettigen PFAS ein erhöhtes Gefahrenpotenzial für die Umwelt aufweisen. Neben kurzkettigen PFASs werden unter anderem paraffin-, silikon- und polyurethanbasierte DWR als PFAS-freie Ersatzstoffe in Textilien diskutiert. Ziel des Vorhabens war es, in Zusammenarbeit mit dem Berufsverband der Deutschen Sportartikel-Industrie e. V. (BSI) und dem Umweltbundesamt (UBA), die Umweltgefahren von kurzkettigen PFASs und fluorfreien Alternativchemikalien zu untersuchen. Hierzu sollten im Projekt unter anderem (öko-)toxikologische Studien durchgeführt werden, um das Umweltgefährdungspotenzial dieser Chemikalien genauer zu charakterisieren.

**Ergebnis:**

Eine Auswahl von 18 DWR-Formulierungen von sieben Herstellern konnte in diesem Projekt untersucht werden. Zu der überwiegenden Zahl der ausgewählten DWR-Formulierungen waren keine oder nur wenige ökotoxikologische Daten verfügbar. Vorhandene Angaben wiesen auf meist moderate Effekte hin. Die Ermittlung der veröffentlichten Daten zeigte hinsichtlich Persistenz, Bioakkumulationspotenzial und (Öko-)Toxizität teils große Lücken, die in der folgenden Projektphase punktuell geschlossen wurden. So wurden in der zweiten Projektphase für die Appreturen und ausgewählte Referenzsubstanzen Effektkonzentrationen in unterschiedlichen ökotoxikologischen Tests ermittelt. Es wurden Analysen zur Ermittlung der flüchtigen Komponenten durchgeführt, die neben der Bestimmung der Löslichkeit in Wasser, des Gehaltes an gelöstem Kohlenstoff und flüchtiger, organischer Verbindungen, Aufschlüsse

über die Zusammensetzung ermöglichen. Es konnten unterschiedliche krebserregende, giftige oder gesundheitsschädliche Verbindungen in den Proben nachgewiesen werden. PFAS-haltige Appreturen wurden im Rahmen dieses Projektes nur anhand von drei Beispielen untersucht, wobei es sich dabei um C4-, eine C6- und C8-haltige Verbindungen handelte. Zur Zusammensetzung wurden Liquid-Chromatographie/Massenspektrometrie(LC-MS-)-Analysen durchgeführt, um den Anteil der Fluortelomeralkohole, Fluorcarbonsäuren und -sulfonaten zu bestimmen. In diesen DWR-Formulierungen waren gemäß ihrer Kennzeichnung vermehrt PFASs enthalten (insbesondere Fluortelomeralkohole), zudem geringe Mengen an langkettigen PFASs. Die Proben zeigten weitgehend moderate Effektkonzentrationen in Studien zur akuten Toxizität an ausgewählten Wasserorganismen (Wasserflöhe und Algen).

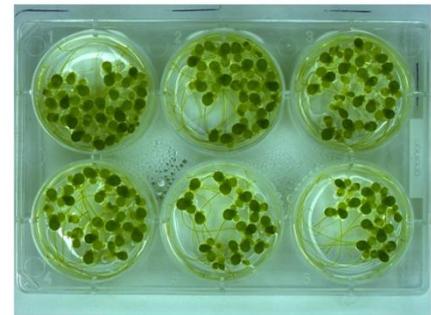
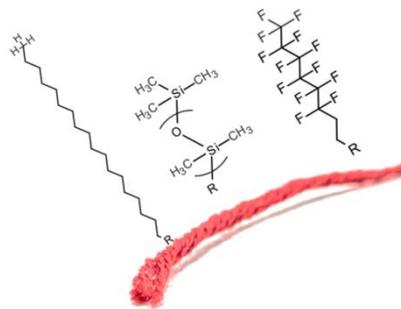


Abbildung 1: Bild links: Wasserabweisende Eigenschaft einer Textilbeschichtung. Bild mittig: Schematische Strukturformel von drei Chemikalien zur Oberflächenmodifikation (Paraffin, Silikon, Fluoriertes Polymer), Bild rechts: Wasserlinsen als Testorganismen in Petrischalen.

Zahlreiche flüchtige organische Gefahrstoffe wurden in allen DWR-Formulierungen nachgewiesen, die teils nicht im Sicherheitsdatenblatt ausgewiesen waren. Die Deklaration der Inhaltsstoffe durch die Hersteller erscheint in einigen Fällen mangelhaft. In der Analyse von PFAS-haltigen DWR-Formulierungen konnten zahlreiche fluorhaltige Säuren, Sulfonsäuren und Alkohole unterschiedlicher Kettenlänge quantifiziert werden. Aufgrund der geringen Konzentrationen besteht keine gesetzliche Pflicht diese Inhaltsstoffe im Sicherheitsdatenblatt zu vermerken. Dennoch führen diese Spurenverunreinigungen, bezogen auf die abgeschätzten globalen Produktionsmengen von PFAS-haltigen DWRs, zu einem signifikanten Eintrag von PFASs in die Umwelt. In den ökotoxikologischen Tests erwiesen sich Wasserflöhe (*Daphnia magna*) und Algen (*Raphidocelis subcapitata*) auf Grund ihrer Empfindlichkeit gegenüber den DWR-Formulierungen als besonders geeignete Testorganismen. Die DWR-Formulierungen lassen sich basierend auf den Untersuchungen überwiegend als akut gewässergefährdend einordnen, wenn die Ergebnisse auf den Wassergehalt der Proben normiert werden. Es lässt sich jedoch kein Trend zu höherer oder niedriger akuter Toxizität in der vergleichenden Analyse von Silikon(Si)-, Kohlenwasserstoff(CH)- oder Fluorcarbon(FC)-Formulierungen ausmachen. Es muss angenommen werden, dass überwiegend Lösungsmittel und chemisch reaktive Komponenten die Ökotoxizität der Formulierungen dominieren. Ein risikoarmer Umgang mit den untersuchten DWR-Formulierungen, egal ob silikon-, kohlenwasserstoff- und fluorcarbonbasiert, bedarf eines hohen Standards in der Arbeitssicherheit, gut ausgerüsteter Produktionsstätten, geschulten Personals und eines guten Abfall- und Abwassermanagements. Sollten diese Voraussetzungen nicht gegeben sein, wie es vielen Produktionsstätten im asiatischen Raum nachgesagt wird, dann geht die Hydrophobierung von Textilien bei der Produktion mit einem erheblichen Risiko für Mensch und Umwelt einher. Die Verwendung von kurzkettigen PFASs als Alternative zu

langkettigen Verbindungen in Outdoortextilien erscheint aus Sicht der Autoren aufgrund der ebenfalls hohen Umweltgefahren als nicht zweckmäßig. Insgesamt scheint der Nutzen von öl- und schmutzabweisenden Eigenschaften (das Alleinstellungsmerkmal für Fluorcarbonausrüstungen) in Outdoortextilien für den Standardanwender nicht gerechtfertigt, wenn die Risiken für Mensch und Umwelt hinsichtlich Persistenz, die hohe Mobilität in der Umwelt und Verunreinigung mit langkettigen PFAS berücksichtigt werden. Auf der Fachkonferenz „Nachhaltige Outdoor-Textilien“ am 14.3.2018 an der Universität Bremen wurde das wichtige Fazit gezogen, dass eine umweltfreundliche Ausrüstung von Textilien über den „benign by design“ Ansatz und über Chemikalien-basierte Lösungen nicht realisierbar scheint. Hier gilt es, neue Technologien zum Beispiel der LED-Ultraviolett-Härtung und der Plasma- und Laserbehandlung von Textilien weiterzuentwickeln.

Die Pressemitteilung finden Sie hier:

[https://www.dbu.de/123artikel38144\\_2442.html](https://www.dbu.de/123artikel38144_2442.html)

Den Abschlussbericht finden Sie hier:

[https://www.dbu.de/projekt\\_31708/01\\_db\\_2848.html](https://www.dbu.de/projekt_31708/01_db_2848.html)

**Ansprechpartner zum Projekt:**

(An der Universität Bremen wurde das Projekt gestartet. Mit Prof. Stoltes Wechsel an die TU Dresden wurde es dort beendet.)

Projektpartner:	Universität Bremen, Zentrum für Umweltforschung und nachhaltige Technologien (UFT) Technische Universität Dresden (TU Dresden), Institut für Wasserchemie, Lehrstuhl für Hydrochemie und Wassertechnologie
Name:	Prof. Dr. habil. Stefan Stolte
Adresse:	TU Dresden, Bergstr. 66, 01062 Dresden
Tel.:	0351 463-37668
Tel. Sekretariat:	0351 463-32759
E-Mail:	<a href="mailto:Stefan.Stolte@tu-dresden.de">Stefan.Stolte@tu-dresden.de</a>
Internet:	<a href="https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/ifw">https://tu-dresden.de/bu/umwelt/hydro/ifw</a>
AZ:	31708/01
Fördersumme DBU:	289.760 €