



# Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC):

## Auswirkungen von Schaumlöschmitteln auf die Umwelt



Bild 2 | Handfeuerlöscher mit CAF-System auf der Basis von Schaum

Bild 1 | Einsatz von Schaummittel zur Bekämpfung eines Brandes in einem Reifenlager

„Badeseesee und Grundwasser in Düsseldorf mit per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) verseucht“, so lauteten Meldungen im Juli. Angrenzend an den Flughafen Düsseldorf wurden auf einer Fläche von über 850 Hektar Konzentrationen von bis zu 57 Mikrogramm PFC pro Liter Wasser im Grundwasser gemessen. Zum Vergleich – der vom Umweltbundesamt und der Trinkwasserkommission des Bundesgesundheitsministeriums empfohlene allgemeine Vorsorgewert für Trinkwasser liegt bei 0,1 Mikrogramm PFC pro Liter Wasser. Hauptursache der hohen PFC-Konzentrationen in Düsseldorf sind möglicherweise fluorhaltige Feuerlöschschäume.

Fluorhaltige Schaumlöschmittel werden insbesondere bei Bränden von Chemikalien, Treibstoffen oder schmelzenden Kunst-

stoffen (Brandklasse B) eingesetzt (Bild 1). Diese Schaumlöschmittel können bis zu sechs Prozent PFC – häufig auch unter dem Begriff PFT (perfluorierte Tenside) zusammengefasst – enthalten. Bekannt sind die fluorhaltigen Schaumlöschmittel unter den Bezeichnungen AFFF (Aqueous Film Forming Foam – wasserfilmbildende Schaummittel), FFFP (Film Forming Fluoroprotein Foam – wasserfilmbildende Fluorproteinschaummittel) oder FP (Fluor-Proteinschaummittel). Sind diese Löschmittel zusätzlich mit AR (Alcohol Resistant) gekennzeichnet, besitzen sie zudem eine hohe Alkoholbeständigkeit.

PFC im Schaumlöschmittel sorgen für eine schnelle Spreitung, das heißt, das Löschmittel verteilt sich sehr schnell auf der brennenden Flüssigkeit. Durch den Löschschaum wird das Brandgut luftdicht abge-

schlossen. Außerdem wirkt der Schaum dampfunterdrückend und bietet eine sehr hohe Rückzündsicherheit. PFC-haltige Löschschäume werden in Feuerlöschzügen, stationären Löschanlagen und Handlöschern eingesetzt (Bild 2, Bild 3).





**Bild 3** | Antransport von Löschmittelbehältern mit Schaum zu einem Brandeinsatz

PFC finden sich auch in einer Vielzahl von Verbraucherprodukten. Wasserlösliche PFC verteilen sich dann weltweit und reichern sich in den Ozeanen an. Sogar in entlegenen Gebieten wie der Arktis und den dort lebenden Tieren sind diese Verbindungen nachweisbar. Andere PFC reichern sich eher im Klärschlamm an. Verwenden Landwirte PFC-haltigen Klärschlamm als Bodenverbesserer in der Landwirtschaft, verunreinigen sie Agrarflächen mit diesen Stoffen. Die Chemikalien werden dann von Pflanzen aus dem Boden aufgenommen oder versickern in das Grundwasser. Flüchtige PFC – z. B. aus Imprägniersprays – verteilen sich über Luftströmungen in die Atmosphäre. Auch können PFC an Partikel adsorbieren und so über weite Strecken in der Luft transportiert werden. Niederschlagsereignisse waschen PFC dann aus der Luft aus und verunreinigen wiederum Boden und Oberflächengewässer. Insbesondere PFC mit einer langen Kohlenstoffkette (z. B. Perfluoroktansulfonsäure – PFOS und Perfluoroktansäure – PFOA) reichern sich in Lebewesen an. ▶

Durch die speziellen Eigenschaften der PFC ist eine effektive Bekämpfung von Chemikalien- oder Treibstoffbränden, z. B. in Anlagen der chemischen Industrie oder auf Flugplätzen, möglich. Wegen dieser sehr guten Löscheinrichtungen werden fluorhaltige Schaumlöschmittel jedoch häufig auch für Brände anderer Brandklassen eingesetzt und verschmutzen die Umwelt damit unnötig.

**Wie verhalten sich PFC in der Umwelt?**

PFC sind synthetische Chemikalien mit sehr hoher Stabilität gegenüber Hitze, UV-Strahlung und biologischem Abbau. Werden diese Stoffe z. B. mit dem Löschwasser in die Umwelt eingetragen, verbleiben sie dort für Jahrzehnte. Weitere Eintragspfade der PFC in die Umwelt sind kommunale und industrielle Kläranlagen, denn

**Beispiele per- und polyfluorierter Verbindungen**

Zu den PFC gehören mehr als 850 verschiedene Chemikalien mit unterschiedlichen Eigenschaften. PFC bestehen aus Kohlenstoffketten verschiedener Längen, bei denen die Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt sind.

Perfluorierte Verbindungen	Chemische Struktur
Perfluorierte Sulfonsäuren (PFSA) z. B. Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)	$  \begin{array}{cccccccccccc}  & F & F & F & F & F & F & F & F & F & O \\  &   &   &   &   &   &   &   &   &   &    \\  F & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - S - OH \\  &   &   &   &   &   &   &   &   &   &    \\  & F & F & F & F & F & F & F & F & F & O  \end{array}  $
Perfluorierte Carbonsäuren (PFCAs) z. B. Perfluoroktansäure (PFOA)	$  \begin{array}{ccccccccccc}  & F & F & F & F & F & F & F & & O \\  &   &   &   &   &   &   &   & & // \\  F & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C & \\  &   &   &   &   &   &   &   & & \backslash \\  & F & F & F & F & F & F & F & & OH  \end{array}  $
Polyfluorierte Verbindungen	Chemische Struktur
Fluortelomeralkohole (FTOHs) z. B. 8:2 FTOH	$  \begin{array}{cccccccccccc}  & F & F & F & F & F & F & F & F & F & H & H \\  &   &   &   &   &   &   &   &   &   &   &   \\  F & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C & - C - OH \\  &   &   &   &   &   &   &   &   &   &   &   \\  & F & F & F & F & F & F & F & F & F & H & H  \end{array}  $

**Grafik 1** | Beispiele per- und polyfluorierter Verbindungen



Welche Spätfolgen der Einsatz PFC-haltiger bzw. PFOS-haltiger Schaumlöschmittel hat, zeigt ein Fall in Düsseldorf-Gerresheim. Im Jahr 2009 stellten die Behörden eine Grundwasserverunreinigung mit PFOS und weiteren PFC in einer Kleingartensiedlung fest. Die Ursache der Verunreinigung fand man schnell: Acht Jahre zuvor löschte die Feuerwehr einen Großbrand einer Lagerhalle mit PFC-haltigem Löschschaum. Im Laufe der Jahre breiteten sich die nicht abbaubaren Chemikalien im Grundwasser aus und wurden über Gießwasser (Gartenbrunnen) in bisher unbelastete Böden eingetragen. Sogar eine Verlagerung der PFC in Nutz- und Zierpflanzen wurde nachgewiesen. Bis auf Weiteres dürfen Kleingärtner deshalb kein Brunnenwasser mehr im betroffenen Gebiet verwenden. Kontaminierte Böden müssen ausgetauscht und das Grundwasser saniert werden.

### Warum sind PFC gefährlich für den Menschen?

Der Mensch nimmt PFC vorwiegend aus der Nahrung oder durch verunreinigtes Trinkwasser auf. Langkettige PFC wie PFOS und PFOA binden an Proteine im Blut und reichern sich insbesondere in Niere und Leber an. Besonders kritisch zu bewerten sind die Übertragung der PFC von der Mutter zum Kind während der Schwangerschaft und Stillzeit sowie ihre extrem lange Verweildauer im menschlichen Blut von mehr als drei Jahren. Für PFOS und PFOA wurden fortpflanzungsschädigende

Wirkungen nachgewiesen. Zudem besteht der Verdacht auf krebserregende Wirkungen beim Menschen.

### Sind PFC vom Gesetzgeber reguliert?

PFOS ist nicht abbaubar, reichert sich in Organismen an und ist toxisch. Deshalb verbietet die EU die Herstellung und Verwendung von PFOS bereits seit 2008 mit wenigen Ausnahmen.<sup>1</sup> Feuerlöschmittel durften also seit 2008 nicht mehr als 0.005 Gewichtsprozent PFOS enthalten. 2010 wurde PFOS als langlebiger organischer Schadstoff (engl. POP – persistent organic pollutant) identifiziert und in den Anhang B der Stockholmer Konvention aufgenommen. Bis auf wenige Ausnahmen darf PFOS deshalb weltweit weder hergestellt noch verwendet werden. Der Grenzwert für PFOS in Feuerlöschmitteln wurde auf 0.001 Gewichtsprozent (10 mg/kg) herabgesetzt.<sup>2</sup>

Langkettige perfluorierte Carbonsäuren wie z. B. PFOA wurden kürzlich als sogenannte besonders besorgniserregende Chemikalien im Sinne der Europäischen Chemikalienverordnung REACH<sup>3</sup> identifiziert. Diese Stoffe wurden der Kandidatenliste zugefügt.<sup>4</sup> Damit ergeben sich Pflichten für den Hersteller und Inverkehrbringer. Hersteller und Inverkehrbringer müssen der Europäischen Chemikalienbehörde (ECHA) melden, wenn ihre Erzeugnisse mehr als 0,1 Massenprozent dieser Stoffe enthalten. Diese Informationen müssen

auch entlang der Lieferkette kommuniziert werden. Verbraucher sollten ihr Auskunftsrecht nutzen. Auf Anfrage müssen Hersteller und Inverkehrbringer innerhalb von 45 Tagen Auskunft geben, ob ein Erzeugnis besonders besorgniserregende Chemikalien enthält. Weitere Informationen finden Sie hier: [www.reach-info.de](http://www.reach-info.de).

### Gibt es umweltfreundliche Alternativen?

In PFC-haltigen Löschschäumen wurde früher hauptsächlich PFOS verwendet. Heute enthalten sie zwar kein PFOS mehr, sind aber nicht zwingend PFC-frei. Wegen ihrer einzigartigen Eigenschaften verzichten die Hersteller ungern auf diese Chemikalien. Mit Bekanntwerden der umwelt- und gesundheitsschädlichen Eigenschaften der langkettigen PFC wechselte die Industrie zu kurzkettingeren PFC mit vier bis sechs fluorierten Kohlenstoffatomen. AFFF-Löschschäume enthalten deshalb häufig Perfluorcarboxybetaine bzw. sogenannte Fluortelomer-basierte PFC (genannt nach ihrem Herstellungsverfahren, der Telomerisation). Diese Stoffe können zu langlebigen PFC abgebaut werden. Nach derzeitiger Datenlage reichern sich PFC mit Kettenlängen von bis zu sechs Kohlenstoffatomen deutlich weniger im Organismus an und sind weniger toxisch. Dafür sind sie umso mobiler und können somit schneller Grund- und Trinkwasser verunreinigen. Die kurzkettingen PFC werden bereits vermehrt in Oberflächen- und

#### Vom Umweltbundesamt empfohlene Leitlinien für den Einsatz PFC-haltiger Schaumlöschmittel:

PFC-haltige Schaumlöschmittel durch wirksame fluorfreie Alternativmittel oder Alternativtechniken ersetzen.

#### Wo dies nicht möglich ist, gilt:

PFC-haltige Löschmittel vermeiden, d. h. den Einsatz fluorhaltiger Löschmittel auf die Brandfälle begrenzen, wo keine wirksamen Alternativen existieren.

#### Wo es zum unvermeidlichen Einsatz kommt, gilt:

Löschwasser von PFC-haltigen Löschmitteln auffangen und ordnungsgemäß entsorgen.



**Bild 4** | Ratgeber „Fluorhaltige Schaumlöschmittel umweltschonend einsetzen“, gemeinsam herausgegeben von: Deutscher Feuerwehrverband e.V. (DFV), Bundesverband Technischer Brandschutz e.V. (bvfa) und Umweltbundesamt

Grundwasser gemessen. Langfristig können derart langlebige Verbindungen zu Umweltproblemen führen, erst recht wenn sie zusätzlich zum Versickern neigen.

Der Nutzen PFC-haltiger Löschschäume für die Brandbekämpfung ist unbestritten, insbesondere in Bereichen, in denen es laut Aussagen der Feuerwehren (z. B. Raffinerien) noch keine geeigneten Alternativen gibt. Allerdings sind dem Umweltbundesamt auch einige Flughafen- und Raffineriebetreiber bekannt, die ihre Löschmittel auf

fluorfreie Alternativen umgestellt haben. Um den Eintrag der PFC in die Umwelt zu vermeiden, rät das Umweltbundesamt, PFC-haltige Löschschäume nur für solche Brandfälle einzusetzen, für die aus Sicht der Feuerwehr keine wirksamen Alternativen existieren. In mobilen Einsätzen ist das Löschwasser einzudämmen, aufzunehmen und fachgerecht zu entsorgen. In Werken und stationären betrieblichen Anlagen sind Löschwasserrückhalteeinrichtungen vorzusehen und anzuwenden. Bei Übungen muss grundsätzlich auf PFC-haltige Löschmittel verzichtet werden.

Weitere Informationen zum umweltschonenden Einsatz von PFC-haltigen Schaumlöschmitteln können Sie in dem Ratgeber „Fluorhaltige Schaumlöschmittel umweltschonend einsetzen“ entnehmen (<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ratgeber-fluorhaltige-schaumloeschmittel>).

Dieser Ratgeber wurde gemeinsam von Vertretern der Feuerwehrverbände, der Löschmittelhersteller und des Umweltbundesamtes erstellt und erst kürzlich aktualisiert (Bild 4).

Langfristiges Ziel ist es, PFC-haltige Löschmittel durch umweltfreundlichere Stoffe oder Verfahren zu ersetzen. Dies haben auch schon einige Löschmittelhersteller erkannt, es drängen immer neue PFC-freie Löschmittel auf den Markt. Das Umweltbundesamt fordert Feuerwehren und ihre Verbände auf, diese Alternativen für ihre Zwecke zu testen und bei Eignung auch zu verwenden. Außerdem fordert das Umweltbundesamt Löschmittelhersteller auf, weitere PFC-freie und umweltfreundliche Löschmittel zu entwickeln. ■

Claudia Staude,  
Dr. Annegret Biegel-Engler  
Umweltbundesamt,  
Dessau-Roßlau

**WEITERE INFORMATIONEN ZU PFC FINDEN SIE HIER:**

Umweltbundesamt Hintergrundpapier Per- und polyfluorierte Chemikalien:  
Einträge vermeiden – Umwelt schützen  
(<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/per-polyfluorierte-chemikalien>)