

# PFC – Per- und polyfluorierte Chemikalien

## Verwendung, Stoffeigenschaften, Toxikologie



# Anwendungsgebiete für PFC

- **Feuerlösch-Schäume**  
AFFF-Schäume

- **Galvaniken**  
Verchromung



Foto: Polizeifliegerstaffel Hessen

- **Papier-Veredelung**  
Kaffeebecher, Backpapier, Popcornbecher, Fotopapier...
- **Textil-Imprägnierung**  
Sofabezüge, Teppiche, Outdoor-, Schutzkleidung, ...
- **Latexfarben, Steinbodenpflege, ...**

# PFC in Löschschäumen

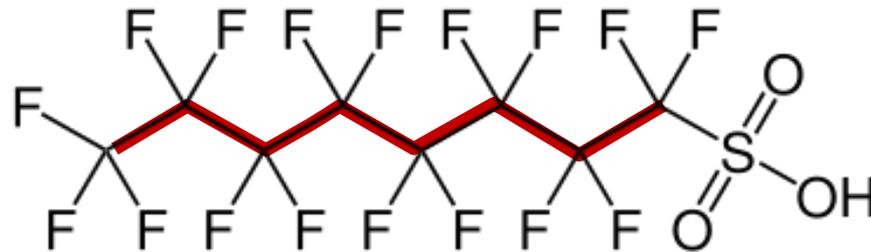
- **PFC sind nur in AFFF-Schäumen enthalten**
- **AFFF-Schäume werden nur noch von Werksfeuerwehren eingesetzt, insbesondere bei Tanklagern und auf Flugplätzen**
- **Übliche Mehrbereichsschäume enthalten keine PFC**
- **In Hessen sind die Feuerwehren informiert (Leitfaden)**



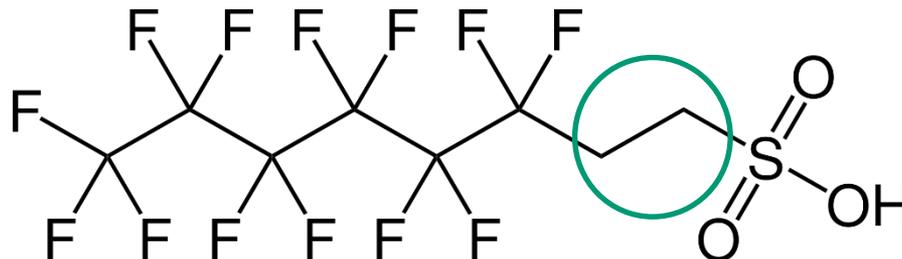
# Definitionen

**PFC** Per- und polyfluorierte Chemikalien

**PFAS** Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen



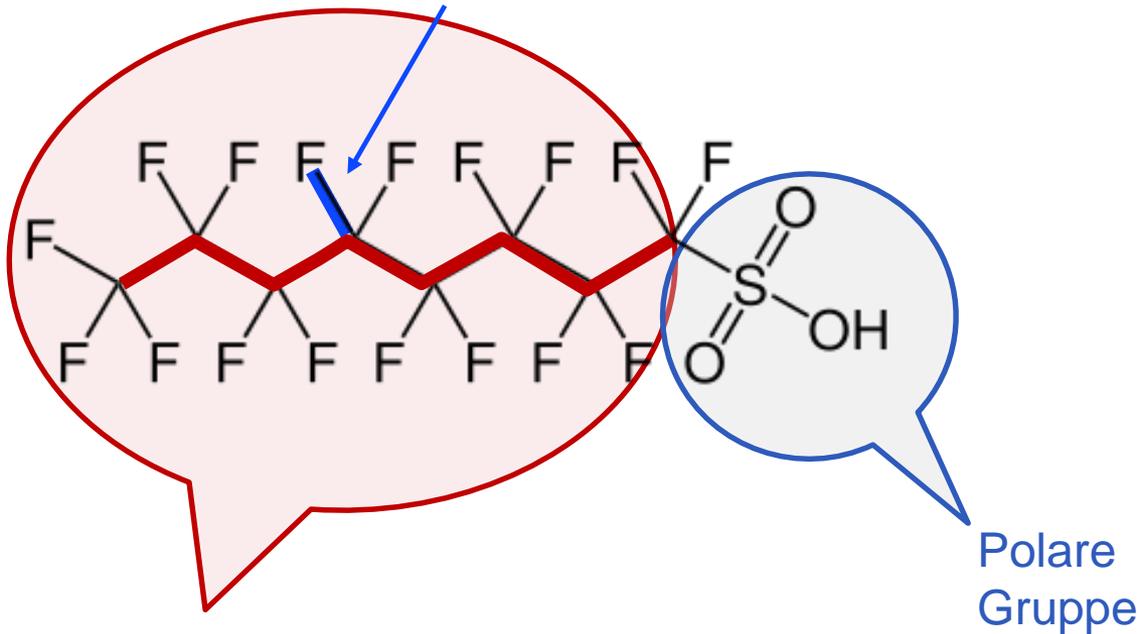
**PFOS**  
perfluoriert



**H4PFOS** = 6:2 FTS  
polyfluoriert

# PFC sind Tenside

Kohlenstoff-Fluor-Verbindung  
(sehr stabil)



**PFOS**

Unpolare  
Kohlenstoffkette

# Mobilität



PFC sind – so wie alle Tenside – in der Umwelt sehr mobil.

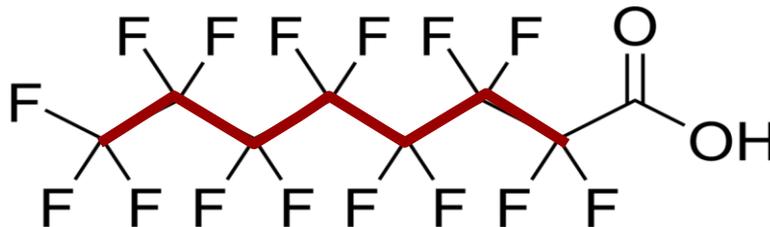
Im Vergleich zu „altlastentypischen“ Schadstoffen wie Mineralölen und Chlorierten Lösungsmitteln sind sie

- recht **gut wasserlöslich** und sie
- **sorbieren kaum an Böden**  
(langkettige PFC sorbieren besser als kurzkettige PFC)

PFC sind daher ubiquitär (überall) verbreitet (Blut, Muttermilch, Gewässer, Wildtiere auch in entlegenen Gebieten)

# Perfluorierte PFC

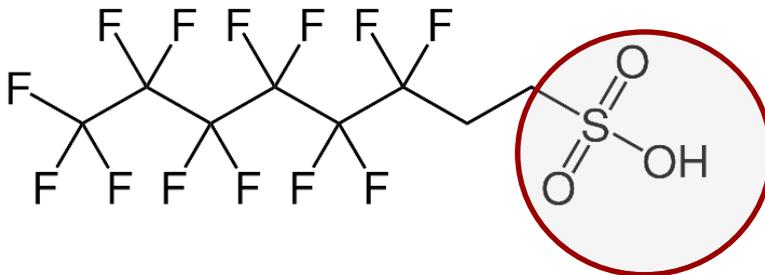
- einige Stoffe wie **PFOS** und **PFOA** sind verboten oder die Anwendung ist eingeschränkt
- die einzelnen **perfluorierten** PFC sind untereinander ähnlich und unterscheiden vor allem sich in der **Kettenlänge**
- **Analytik** „etabliert“, es gibt **Bewertungsmaßstäbe**



**PFOA**  
 (perfluoriert)

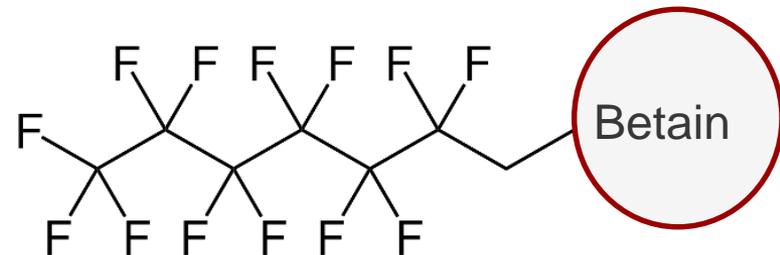
# Polyfluorierte PFC

- große **Stoffvielfalt** (ca. 1000 industriell hergestellte Stoffe)
- viele Stoffe unterliegen dem **Betriebsgeheimnis** und müssen nicht im Sicherheitsdatenblatt beschrieben werden
- **Analytik** oftmals NICHT möglich



H4PFOS

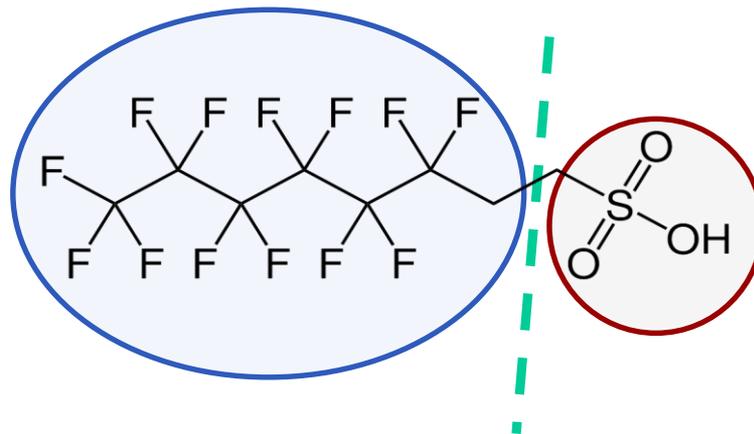
Derzeit verwendete  
 Feuerlöschschäume



# Abbaubarkeit

- **Perfluorierte PFC** wie z.B. **PFOS** nicht biologisch abbaubar, thermisch stabil,
- **Polyfluorierte PFC** Teilabbau zu **perfluorierten PFC**

**H4PFOS**



Hier kann das Molekül „gespalten“ werden

# Analytik



Mit Standard-Analytik (ca. 20 PFC) können i.d.R. bestimmt werden

- ✓ **Per**fluorierte PFC
- ✓ Einige **Poly**fluorierte PFC wie **H4PFOS**

Bestimmungsgrenzen:

- Wasser ca.  $0,001 \mu\text{g/l} = 1 \text{ ng/l}$
- Boden ca.  $1 \mu\text{g/kg}$

# Bewertung

Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und das Umweltbundesamt veröffentlichten

- Geringfügigkeitsschwellen (GFS) und
- Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW):

	GFS [µg/l]	GOW [µg/l]
PFBA	10	
PFPeA		3
PFHxA	6	
PFHpA		0,3
PFOA	0,1	
PFNA	0,06	
PFDA		0,1
PFBS	6	
PFHxS	0,1	
PFHpS		0,3
PFOS	0,1	
H4PFOS		0,1
FOSA		0,1

Eher  
**humantoxisch**

als  
 ökotoxisch

je  
**langkettiger,**

desto  
**toxischer,**

da sie sich  
 stärker  
 anreichern

# Bewertung

Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und das Umweltbundesamt veröffentlichten

- Geringfügigkeitsschwellen (GFS) und
- Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW):

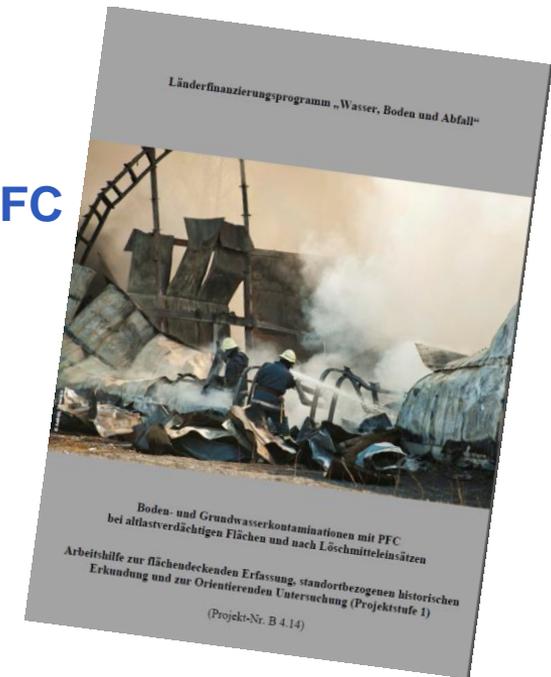
	GFS [µg/l]	GOW [µg/l]
<b>PFBA</b>	10	
<b>PFPeA</b>		3
<b>PFHxA</b>	6	
<b>PFHpA</b>		0,3
<b>PFOA</b>	0,1	
<b>PFNA</b>	0,06	
<b>PFDA</b>		0,1
<b>PFBS</b>	6	
<b>PFHxS</b>	0,1	
<b>PFHpS</b>		0,3
<b>PFOS</b>	0,1	
<b>H4PFOS</b>		0,1
<b>FOSA</b>		0,1

Am Flughafen treten insbesondere **PFOS, PFHxS** und **H4PFOS** auf.

Für diese Stoffe liegen toxikologisch begründete Werte vor !

# PFC - Arbeitshilfe der LABO

- „Boden- und Grundwasserkontaminationen mit PFC bei altlastverdächtigen Flächen und nach Löschmitteleinsätzen“
- 2016 erschienen
- umfassende Infos über Herkunft/Einsatz von PFC und die betroffenen Branchen
- Keine leichte Kost, aber lohnend !



# Weitere Arbeitshilfen

- **Bayern**  
Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden (2017)
- **Rheinland-Pfalz**  
ALEX-Informationsblatt 29, Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) in der Umwelt (2017)
- **Nordrhein-Westfalen**  
PFC in Boden und Grundwasser, Ergebnisbericht des Workshops am 25.09.2017
- **2 bundesweite Arbeitshilfen** sollen 2020 veröffentlicht werden

# Sanierungsverfahren



## Boden

- **Bodenwäsche**  
nur bei kiesigen Böden möglich
- **Entsorgung auf Deponien**  
es gibt KEINE Deponien im Umkreis von 300 km,  
die PFC-belastete Böden annehmen

## Wasser

- **Wasserreinigung mittels Aktivkohle**  
Stand der Technik

# PFC als langfristiges Problem



Generell gilt: PFC sind voraussichtlich ein ebenso großes Umweltproblem wie Asbest und chlorierte Lösungsmittel:

**Nahezu 100 % aller jemals produzierten PFC (egal ob per- oder polyfluoriert) bleiben für immer in der Umwelt, denn ...**

... weder in Hausmüllverbrennungsanlagen noch durch biologische Abbauprozesse können PFC vollständig abgebaut werden. Letztlich bleiben perfluorierte PFC zurück und ...

... aufgrund der Mobilität der PFC verbreiten sich diese in allen Ökosystemen.

Menschen werden durch Verwendung von PFC in „Alltagsprodukten“ steigenden PFC-Belastungen ausgesetzt sein.



# Fazit



Menschen werden durch Verwendung von PFC in „Alltagsprodukten“ steigenden PFC-Belastungen ausgesetzt sein.

Im Falle des **Boden-Zwischenlagern** gilt jedoch:

**Die im Boden vorliegenden PFC sind „gesichert“, ein Kontakt zu Menschen ist quasi ausgeschlossen, auch für das Grundwasser besteht bei sachgemäßer Ausführung keine Gefahr.**

# PFC – Alles im Blick ?



# PFC – Alles im Blick ?

PAP

PFHxS

PFNA

PFOS

PFOA

PFBS

PFBS

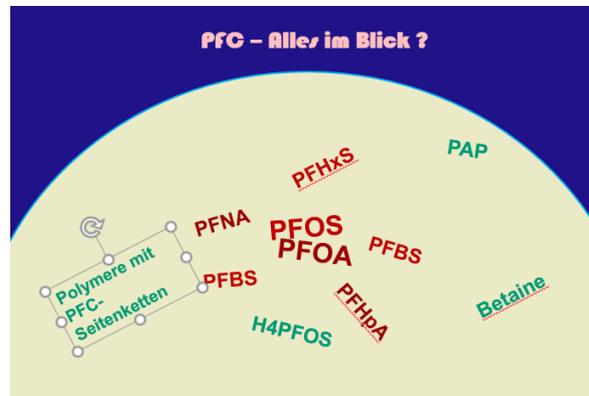
PFHpA

Betaine

Polymere mit  
PFC-  
Seitenketten

H4PFOS

Ich danke für die Aufmerksamkeit



und stehe für Fragen gerne zur Verfügung