

Ergebnisse einer Bestandsaufnahme von PFAS in den Gewässern mehrerer Kantone und Aspekte des Qualitätsmanagements bei der Probenahme

Thibaud Mache
Sean Carson

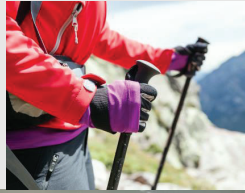
AECOM Suisse GmbH - Genf 12. November 2019

Zusammenfassung

- Einführung
- Omnipräsenz der PFAS und Risiken der Kreuzkontamination
- Präventions- und Vorsichtsmassnahmen
 - Ausbildung der Probenehmer
 - Materialtests
 - Dekontamination
 - Qualitätskontrollen
 - Bestimmungsgrenze (BG)
- Erfahrungsaustausch und Ergebnisse einiger Standorte
- Begriff der Vorläufer und TOP Assay
- Folgerungen

Perfluorierte Verbindungen PFAS

- Zahlreiche Alltagsgegenstände enthalten perfluorierte Verbindungen
- Gezielte Ausbildung der PFAS-Probenehmer



AECOM

Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Sampling Guidance

AECOM Internal Use Only

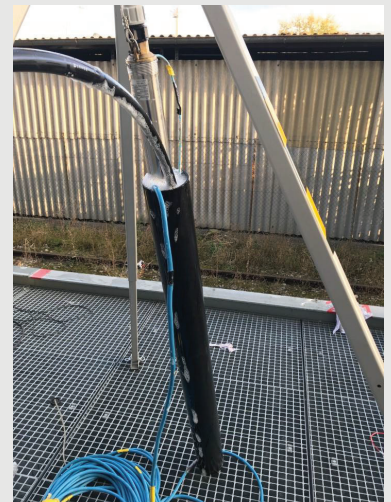
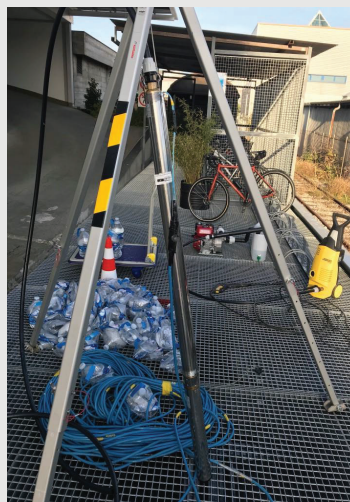
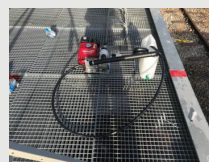
Prepared by: AECOM Global PFAS Practice
November 2017
Version 2: June 2018

Symposium Altlasten Schweiz

AECOM

Materialtest PFAS – Genf 2017

- 12 Testproben:
 - 2 Mineralwässer
 - 5 Pumpen
 - 2 Kühlboxen, 2 Ziploc-Gefrierbeutel und 1 Trockeneisscheibe



Symposium Altlasten Schweiz

4

AECOM

Ergebnisse der Material TESTS und Beginn der PFAS-Probenahmen

- Bei allen PFAS-Materialtests kein Wert über den BG nachgewiesen
- Validierung des Materials für die Oberflächengewässer-Probenahmekampagne:
 - Direkte Probenahme
 - Probenahme mit Schöpfgerät (Bailer)
- Validierung des Materials für die Grundwasser-Probenahmekampagne:
 - 3-Zoll-Pumpe 220v, 0-100 m



Symposium Altlasten Schweiz

3-Zoll-Pumpe 220v, 0-60m



5

2-Zoll-Pumpe 12v, 0-60m



AECOM

Qualitätssicherung / Qualitätskontrolle (QS/QK) Kreuzkontamination der PFAS-Proben

- Immer niedrigere Richtwerte und Bestimmungsgrenzen, Notwendigkeit, die Technik zur Beseitigung von Kreuzkontaminationen zu überdenken
- Qualitätskontrolle der Probenahme:
 - Doppelproben
 - Feld-Blindproben
 - Reinigungs-Blindproben
 - Spülungs-Blindproben
 - Geräte-Blindproben
 - Transport-Blindproben



Symposium Altlasten Schweiz



6



AECOM

Bestimmungsgrenzen

- 26 perfluorierte Verbindungen
- Von der PFAS-Gruppe anerkanntes und bewährtes deutsches Labor
- BG für die meisten Verbindungen können in den Bereich Nanogramm/Liter hinunterkommen

Parameter (Abkürzung)	Bestimmungs-grenze	Analyse-methode	Norm	Unsicherheiten
Perfluorobutanoic acid (PFBA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	51,8%
Perfluorobutanesulfonic acid (PFBS)	0,0015 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	50,3%
Perfluoropentane acid (PFPeA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	21,6%
Perfluorohexanoic acid (PFHxA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	42,8%
Perfluorhexanesulfonic acid (PFHxS)	0,0015 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	19,4%
Perfluorheptanoic acid (PFHpA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	25,2%
Perfluorheptane sulphonate (PFHpS)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
Perfluorooctanoic acid (PFOA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	45,1%
Perfluorooctane sulphononic acid (PFOS)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	23,1%
Perfluorooctane-sulfonamide (PFOSA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
Perfluorononanoic acid (PFNA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	38,1%
Perfluorodecanoic acid (PFDA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	57,8%
Perfluorodecanesulfonic acid (PFDS)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	72,1%
Perfluoroundecanoic acid (PFUnA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
Perfluorododecanoic acid (PFDoA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	67,9%
Perfluorotridecanoic acid (PFTrA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
Perfluorotetradecanoic acid (PFTA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
7H-Dodecafluoroheptanoic acid (HPFHpA)	0,001 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
2H,2H-Perfluorodecane acid (H2PFDA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
6:2-fluorotelomer sulfonic acid (H4PFOS)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	43,3%
2H,2H,3H,3H-Perfluoroundecane acid (H4PFUnA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
Perfluoro-3,7-dimethyloctane acid (PF-3,7-DMOA)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
1H,1H,2H,2H-Perfluorohexanesulfonic acid (4:2 FTS)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
8:2 fluorotelomer sulfonic acid (8:2FTS)	0,0010 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
Capstone Product A	0,0015 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	
Capstone Product B	0,0015 µg/l	DIN 38407-F42	Interne Methode	

Erfahrungsaustausch und Ergebnisse einiger Standorte

Seit Anfang der PFAS-Probenahmeprogramm in der Schweiz keine Kreuzkontaminationen erkannt

121 Proben aus 5 Kantonen auf PFAS analysiert

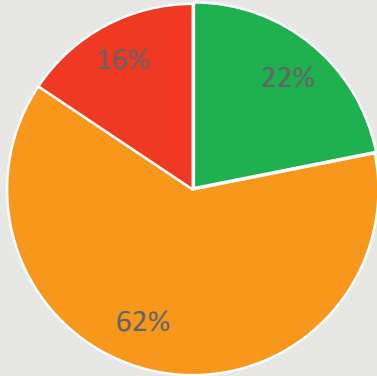
- 23 Proben - natürliches Oberflächengewässer: Flüsse, Sümpfe, Seen...
- 8 Proben - anthropogene Oberflächengewässer: Schächte, Gruben, Sickerwasser...
- 89 Proben - Grundwasser: Beobachtungsschächte, Trinkwasserbrunnen, Grundwasseraustritt...
- 1 Probe - Boden

31 Proben - PFAS-Analysen nach TOP-Vorbereitung

Zusammenfassung der Ergebnisse von 3 Kampagnen

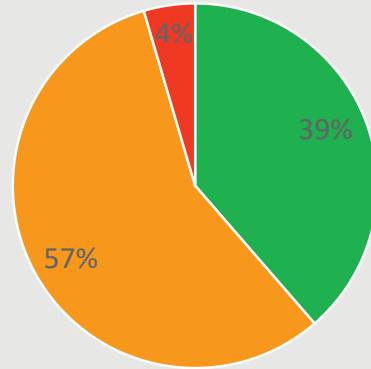
% der Proben über der BG (0.001 µg/l) oder dem TBDV-Grenzwert für PFOS (0.3 µg/l)

Oberflächengewässer



Total : 32 Proben

Grundwasser



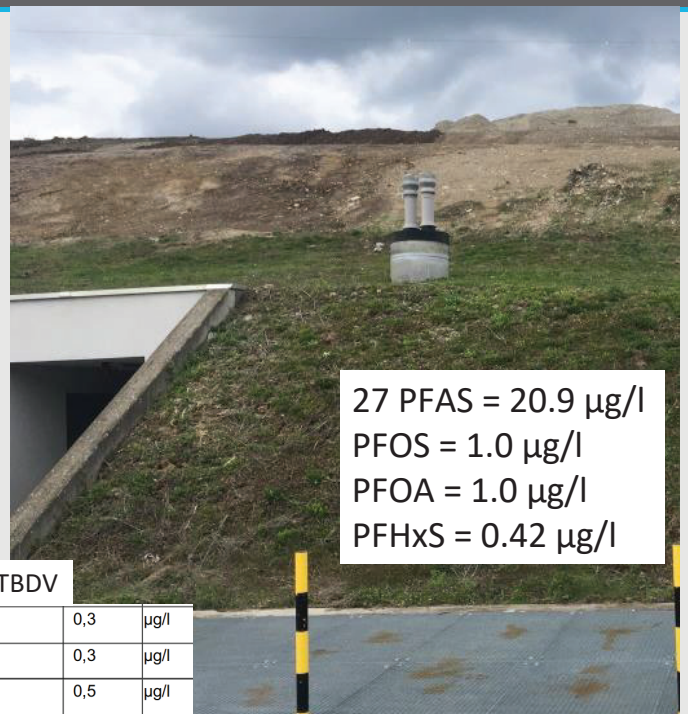
Total : 88 Proben

- < BG
- < 0.3
- > 0.3

Anthropogenes Oberflächengewässer



27 PFAS = 31 µg/l
 PFOS = 5.3 µg/l
 PFOA = 0.6 µg/l
 PFHxS=0.6 µg/l

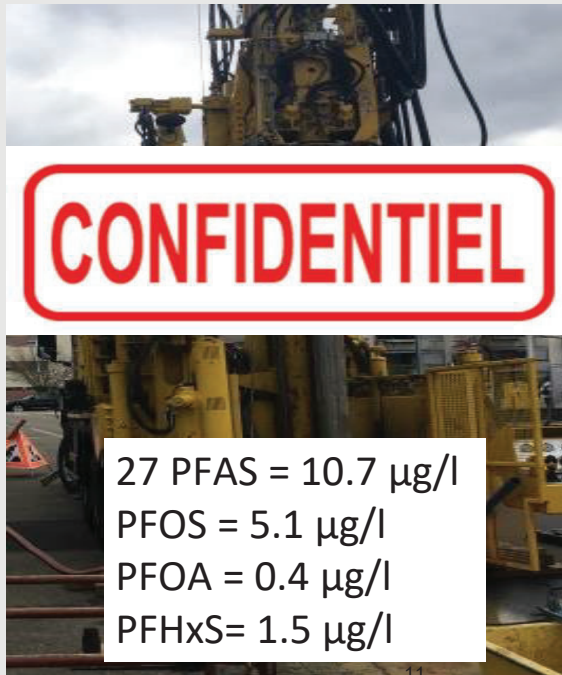


27 PFAS = 20.9 µg/l
 PFOS = 1.0 µg/l
 PFOA = 1.0 µg/l
 PFHxS = 0.42 µg/l

Grenzwerte TBDV

Perfluorohexanesulfonate (PFHxS)	0,3	µg/l
Perfluorooctanesulfonate (PFOS)	0,3	µg/l
Perfluorooctanoate (PFOA)	0,5	µg/l

Grundwasser



Zur Erinnerung: Grenzwerte TBDV

Perfluorohexanesulfonate (PFHxS)	0,3	µg/l
Perfluorooctanesulfonate (PFOS)	0,3	µg/l
Perfluorooctanoate (PFOA)	0,5	µg/l

Symposium Altlasten Schweiz

11

AECOM

Gewählte Richtwerte – Grundwasser und Trinkwasser

Labor Eurofins Umwelt West GmbH Analysemethode DIN 38407-F42	Einheit	BG	Wichtigste internationale Richtwerte für <u>Grundwasser</u>			Wichtigste internationale Richtwerte für <u>Trinkwasser</u>								
			Suisse ⁽¹⁾	Etat du Texas ⁽²⁾	Allemagne ⁽³⁾ (Quotient)	Suisse ⁽⁴⁾	Suède ⁽⁵⁾	Danemark ⁽⁶⁾	Allemagne ⁽³⁾	Italy ⁽⁷⁾	Etats Unis ⁽⁸⁾	Etat du New Jersey ⁽⁹⁾	Australie ⁽¹⁰⁾	
Composés Perfluorés														
Perfluorobutanoic acid (PFBA)	µg/l	0,010	700	71	C/10				0,1	10	7			
Perfluorobutanesulfonic acid (PFBS)	µg/l	0,015	700	34	C/6				0,09	0,1	6	3		
Perfluoropentane acid (PFPeA)	µg/l	0,010	100	0,093					0,09	0,1	3	3		
Perfluoropentanesulfonic acid (PFPeS)	µg/l	0,015												
Perfluorohexanoic acid (PFHxA)	µg/l	0,010	40	0,093	C/6				0,09	0,1	6	1		
Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	µg/l	0,015	0,7	0,093	C/0,1	0,3			0,09	0,1	0,1			0,07
Perfluorheptanoic acid (PFHpA)	µg/l	0,010	9	0,06					0,09	0,1	0,3			
Perfluorheptane sulphonate (PFHpS)	µg/l	0,010									0,3			
Perfluorooctanoic acid (PFOA)	µg/l	0,010	4	0,29	C/0,1	0,5	0,09	0,1	0,1	0,1	0,5	0,07	0,014	0,06
Perfluorooctane sulphonic acid (PFOS)	µg/l	0,010	0,7	0,06	C/0,1	0,3	0,09	0,1	0,1	0,3	0,07	0,07	0,013	0,07
Perfluorooctane-sulfonamide (PFOSA)	µg/l	0,010	0,29						0,1	0,1				
Perfluorononanoic acid (PFNA)	µg/l	0,010	0,29		C/0,06				0,1	0,06			0,013	
Perfluorodecanoic acid (PFDA)	µg/l	0,010		0,37					0,1	0,1				
Perfluorodecanesulfonic acid (PFDS)	µg/l	0,010		0,29										
Perfluoroundecanoic acid (PFUnA)	µg/l	0,010		0,29										
Perfluorododecane acid (PFDoA)	µg/l	0,010		0,29										
Perfluorotridecane acid (PFTrA)	µg/l	0,010												
Perfluorotetradecane acid (PFTA)	µg/l	0,010												
1H,1H,2H,2H-Perfluorohexanesulfonic acid (4:2 FTS)	µg/l	0,010												
8:2 Fluorotelomer sulfonic acid (8:2 FTS)	µg/l	0,010												
6:2-fluorotelomer sulfonic acid (H4PFOS)	µg/l	0,010						0,1	0,1					
2H,2H,3H,3H-Perfluoroundecane acid (H4PFUnA)	µg/l	0,010												
2H,2H-Perfluorodecane acid (H2PFDA)	µg/l	0,010												
7H-Dodecafluoroheptanoic acid (HPFHpA)	µg/l	0,010	7											
Perfluoro-3,7-dimethyloctane acid (PF-3,7-DMOA)	µg/l	0,010												
Capstone Product A	µg/l	0,015												
Capstone Product B	µg/l	0,015												
7 PFC compounds excl. LOQ ⁽⁶⁾ Somme des Quotients	Quotient				Σ((Cj)/Seuil) < 1									
11 PFC compounds excl. LOQ ⁽⁶⁾	µg/l								0,09					
12 PFC compounds excl. LOQ ⁽⁶⁾	µg/l									0,1				
13 PFC compounds excl. LOQ ⁽⁶⁾	µg/l										0,1			
14 PFC compounds excl. LOQ ⁽⁶⁾	µg/l											0,5		
total 24 PFC compounds excl. LOQ ⁽⁶⁾	µg/l													

Symposium Altlasten Schweiz

12

AECOM

Gewählte Richtwerte – Oberflächengewässer

Labor Eurofins Umwelt West GmbH Analysemethode DIN 38407-F42	Einheit	DE Bayern	Wichtigste internationale Richtwerte für Oberflächengewässer						
			Holland	Europäische Richtlinie 2013/39/EU					
				Ver-nach-lässig-bares Ri-si-ko	Max. tole-rier-bares Ri-si-ko	Schutz d. Wasser-lebens-räume	Schutz d. tierischen Nahrungs-kette	Schutz d. menschl. Nahrungs-kette (Verzehr v. Mollusken)	Trink-wasser
Composés Perfluorés									
Perfluorobutanoic acid (PFBA)	µg/l	0.010							
Perfluorobutanesulfonic acid (PFBS)	µg/l	0.015							
Perfluoropentane acid (PFPeA)	µg/l	0.010							
Perfluoropentanesulfonic acid (PFPeS)	µg/l	0.015							
Perfluorohexanoic acid (PFHxA)	µg/l	0.010							
Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	µg/l	0.015							
Perfluorheptanoic acid (PFHpA)	µg/l	0.010							
Perfluorheptane sulphonate (PFHpS)	µg/l	0.010							
Perfluorooctanoic acid (PFOA)	µg/l	0.010	570	30					
Perfluorooctane sulfonic acid (PFOS)	µg/l	0.010	0.05	0.00023	0.023	0.23	0.002	0.00065	0.52
Perfluorooctane-sulfonamide (PFOSA)	µg/l	0.010							
Perfluorononanoic acid (PFNA)	µg/l	0.010							
Perfluorodecanoic acid (PFDA)	µg/l	0.010							
Perfluorodecane sulfonic acid (PFDS)	µg/l	0.010							
Perfluoroundecanoic acid (PFUnA)	µg/l	0.010							
Perfluorododecane acid (PFDoA)	µg/l	0.010							
Perfluorotridecane acid (PFTtA)	µg/l	0.010							
Perfluorotetradecane acid (PFTTA)	µg/l	0.010							
1H,1H,2H,2H-Perfluorohexanesulfonic acid (4:2 FTS)	µg/l	0.010							
8:2 Fluorotelomer sulfonic acid (8:2 FTS)	µg/l	0.010							
6:2-Fluorotelomer sulfonic acid (H4PFOS)	µg/l	0.010							
2H,2H,3H,3H-Perfluoroundecane acid (H4PFUnA)	µg/l	0.010							
2H,2H-Perfluorodecane acid (H2PFDA)	µg/l	0.010							
7H-Dodecafluoroheptanoic acid (HPPHpA)	µg/l	0.010							
Perfluoro-3,7-dimethyloctane acid (PF-3,7-DMOA)	µg/l	0.010							
Capstone Product A	µg/l	0.015							
Capstone Product B	µg/l	0.015							
total 24 PFC compounds excl. LOQ	µg/l								

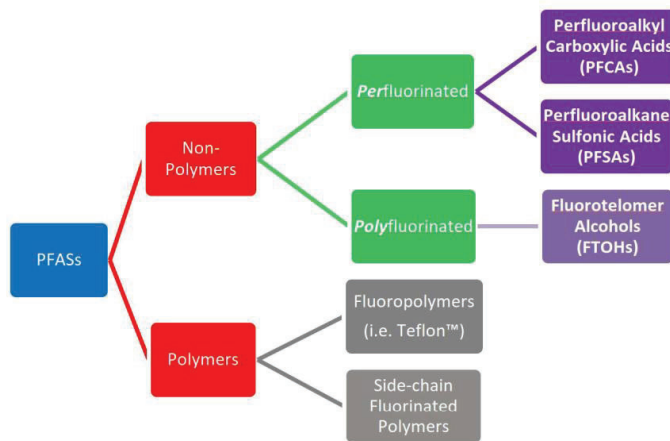
Symposium Altlasten Schweiz

13

AECOM

Begriff der Vorläufer und TOP Assay

Vorläufer: Substanzen mit dem Potenzial, sich zu PFCA (Perfluoralkancarbonsäuren) oder PFSA (Perfluoralkansulfonsäuren) abzubauen, wie polyfluorierte Verbindungen oder Fluorotelomere und verschiedene Polymere.



Symposium Altlasten Schweiz

14

Fluorotelomer PFASs

- Fluorotelomer Thioamido Sulfonates¹⁴
 - 4:2 FTAoS n = 4
 - 6:2 FTAoS n = 6
 - 8:2 FTAoS n = 8
- Fluorotelomer Thiohydroxy Ammonium¹⁴
 - 6:2 FTHN* n = 6
- Fluorotelomer Sulfonamido Betaines¹⁴
 - 6:2 FTSaB n = 6
 - 8:2 FTSaB n = 8
 - 10:2 FTSaB n = 10
 - 12:2 FTSaB n = 12
- Fluorotelomer Sulfonamido Amines¹⁴
 - 6:2 FTSaAm n = 6
 - 8:2 FTSaAm n = 8
- Fluorotelomer Betaines¹⁴
 - 5:1:2 F1B n = 5
 - 7:1:2 F1B n = 7
 - 9:1:2 F1B n = 9
- Fluorotelomer Sulfonates⁵
 - 4:2 FTS n = 4
 - 6:2 FTS n = 6
 - 8:2 FTS n = 8

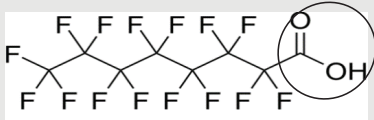
Perfluorinated PFASs

- Perfluoroalkyl Sulfonamido Amines¹⁴
 - PFBSaAm n = 4
 - PFPeSaAm n = 5
 - PFHxSaAm n = 6
 - PFUnSaAm n = 7
 - PFOSaAm* n = 8
 - PFDSaAm n = 8
- Perfluoroalkyl Sulfonamide Amino Carboxylates¹⁴
 - PFBSaAmA n = 4
 - PFPeSaAmA n = 5
 - PFHxSaAmA n = 6
 - PFUnSaAmA n = 7
 - PFOSaAmA* n = 8
 - PFDSaAmA n = 8
- Perfluoroalkyl Sulfonates⁵
 - PFBS n = 4
 - PFPeS* n = 5
 - PFHxS n = 6
 - PFHpS n = 7
 - PFOS n = 8
 - PFNS* n = 9
 - PFDS n = 10
- Perfluoroalkyl Carboxylates⁵
 - PFBA n = 4
 - PFPeA n = 5
 - PFHxA n = 6
 - PFHpA n = 7
 - PFDA n = 8
 - PFNA n = 9
 - PFDoA n = 10
 - PFUnA n = 11
 - PFTrA n = 12
 - PFTtA n = 13
 - PFTTA n = 14

Backe et al., ES&T, 2013

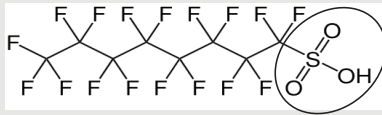
Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)

- **Per**-fluoroalkyl Acids (**PFAAs**) , perfluorinated chemicals (**PFCs**)
= jedes Kohlenstoffatom ist fluoriert (keine Wasserstoffatome)



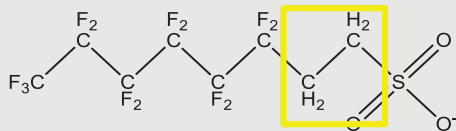
PFOA (perfluorooctanoic acid)
Teil der Perfluoroalkyl Carboxylates (**PFCAs**)

**Wasserlöslich
und
persistent!**



PFOS (perfluorooctane sulfonate)
Teil der Perfluoroalkyl Sulfonates (**PFSAs**)

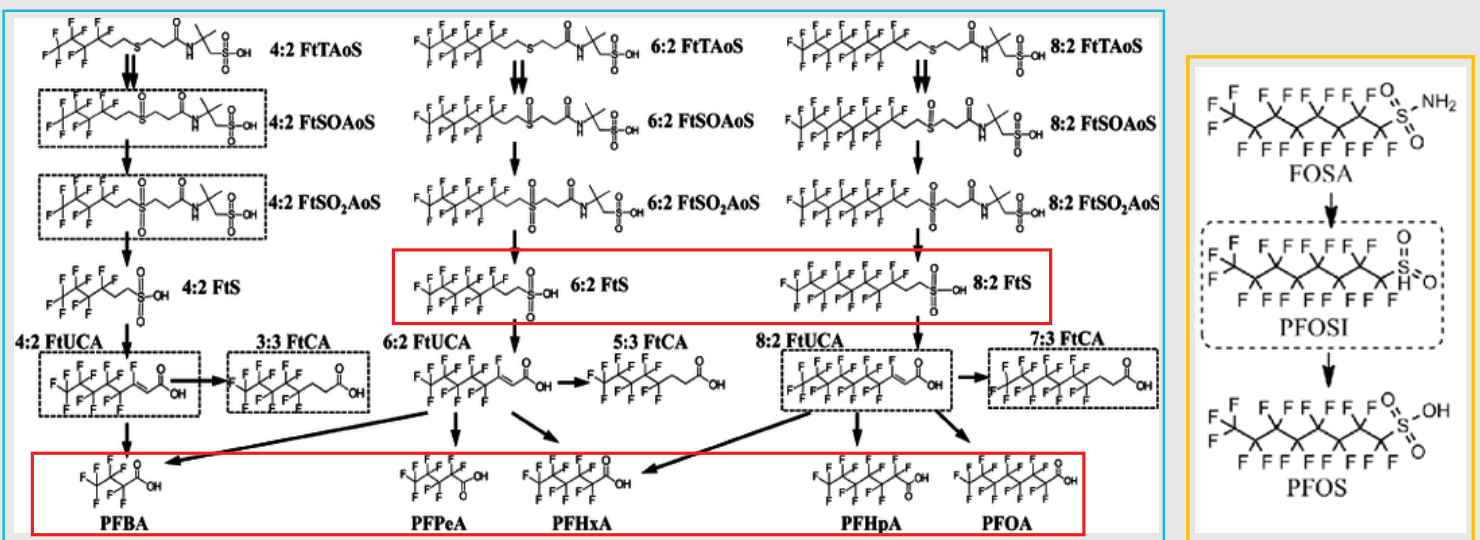
- **Poly**-fluorinated = gewisse Kohlenstoffatome nicht fluoriert (Vorhandensein von H)



6:2 Fluorotelomer Sulfonate (6:2 FtS)

Biotransformation

Biotransformation der PFAS-Vorläufer



Unvollständige Informationen über die Biotransformation der PFAS-Vorläufer

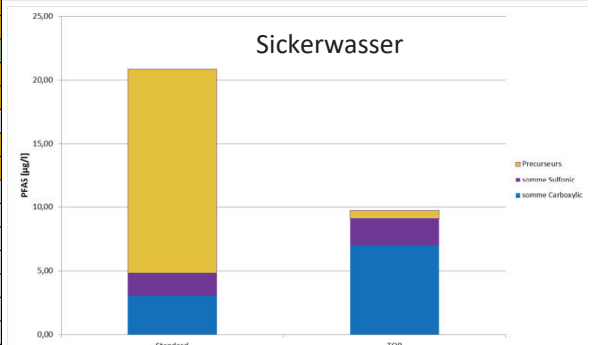
TOP Assay – Total Oxidizable Precursors

- TOP-Vorbereitung: Oxidation der Probe durch heisses Persulfat mit hohem pH
- Analyse der Probe auf PFAS
- Vergleich PFAS mit Doppelprobe ohne TOP
- Ergebnisse: Hinweis auf das Vorhandensein von oxidierbaren, durch die PFAS-Analyse nicht identifizierten Vorläufern, welche sich künftig zu perfluorierten Primärprodukte (PFOA, PFBA, PFHxA...) abbauen könnten.
- Kein PFAS-Gesamtwert

Ergebnisse TOP - Sickerwasser

Composés Perfluorés			Standard	TOP	Delta
Perfluorobutanoic acid (PFBA)	µg/l	0,010	0,34	1,3	3,82
Perfluorobutanesulfonic acid (PFBS)	µg/l	0,015	0,26	0,40	1,54
Perfluoropentane acid (PFPeA)	µg/l	0,010	0,73	2,8	3,84
Perfluoropentanesulfonic acid (PFPeS)	µg/l	0,015	0,073	0,099	1,36
Perfluorohexanoic acid (PFHxA)	µg/l	0,010	0,64	1,2	1,88
Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	µg/l	0,015	0,42	0,46	1,10
Perfluorheptanoic acid (PFHpA)	µg/l	0,010	0,34	0,47	1,38
Perfluoroheptane sulphonate (PFHpS)	µg/l	0,010	0,035	0,030	0,86
Perfluorooctanoic acid (PFOA)	µg/l	0,010	0,96	1,2	1,25
Perfluorooctane sulphonate (PFOS)	µg/l	0,010	1,0	1,1	1,10
Perfluorooctane-sulfonamide (PFOSA)	µg/l	0,010	0,16	< 0,010	0,00
Perfluorononanoic acid (PFNA)	µg/l	0,010	0,020	0,023	1,15
Perfluorodecanoic acid (PFDA)	µg/l	0,010	0,012	0,016	1,33
Perfluorodecanesulfonic acid (PFDS)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
Perfluoroundecanoic acid (PFUnA)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
Perfluorododecane acid (PFDoA)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
Perfluorotridecane acid (PFTrA)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
Perfluorotetradecane acid (PFTa)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
1H,1H,2H,2H-Perfluorohexanesulfonic acid (4:2 FTS)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
8:2 Fluorotelomer sulfonic acid (8:2 FTS)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
6:2-fluorotelomer sulfonic acid (H4PFOS)	µg/l	0,010	0,88	0,64	0,73
2H,2H,3H,3H-Perfluoroundecane acid (H4PFUnA)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
2H,2H-Perfluorododecane acid (H2PFDA)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
7H-Dodecafluoroheptanoic acid (HPFHpA)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
Perfluoro-3,7-dimethyloctane acid (PF-3,7-DMOA)	µg/l	0,010	< 0,010	< 0,010	(n.c.)
Capstone Product A	µg/l	0,015	2,0	< 0,015	0,00
Capstone Product B	µg/l	0,015	13	< 0,015	0,00
total 24 PFC compounds excl. LOQ	µg/l		5,870	9,738	1,66

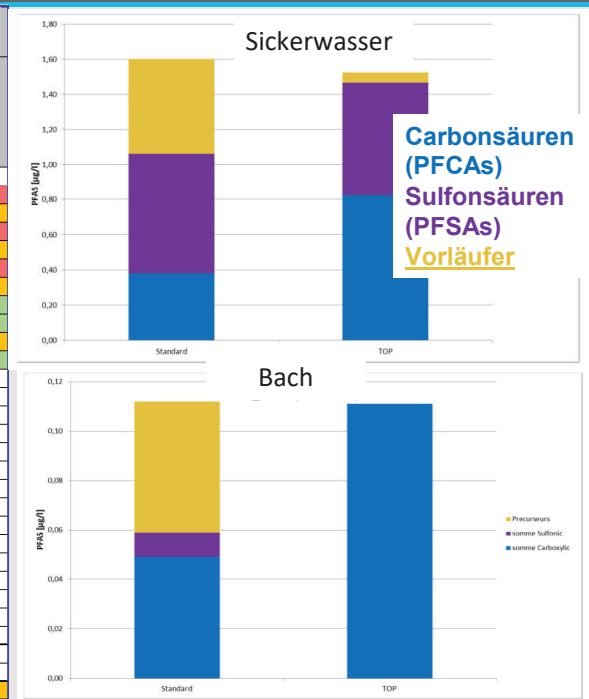
- Grün: Standard-Ergebnis > Ergebnisse TOP
- Orange: Standard-Ergebnis < Ergebnisse TOP < 2x Standard-Ergebnis
- Rot: Ergebnisse TOP > 2x Standard-Ergebnis



Carbonsäuren (PFCs)
Sulfonsäuren (PFSAs)
Vorläufer

Ergebnisse TOP – Standort B, Sickerwasser und Bach

Labor Eurofins Umwelt West GmbH Analysemethode DIN 38407-F42	Einheit	Bach			Sickerwasser		
		Standard	TOP	Delta	Standard	TOP	Delta
Composés Perfluorés							
Perfluorobutanoic acid (PFBA)	µg/l	< 0.010	0,020	(n.c.)	0,037	0,12	3,24
Perfluorobutanesulfonic acid (PFBS)	µg/l	< 0.015	< 0.015	(n.c.)	0,026	0,032	1,23
Perfluoropentane acid (PFPeA)	µg/l	0,026	0,058	2,23	0,18	0,36	2,00
Perfluoropentanesulfonic acid (PFPeS)	µg/l	< 0.015	< 0.015	(n.c.)	0,034	0,039	1,15
Perfluorohexanoic acid (PFHxA)	µg/l	0,023	0,033	1,43	0,10	0,28	2,80
Perfluorohexanesulfonic acid (PFHxS)	µg/l	< 0.015	< 0.015	(n.c.)	0,22	0,25	1,14
Perfluorheptanoic acid (PFHpA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	0,028	0,026	0,93
Perfluorheptane sulphonate (PFHpS)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	0,014	0,013	0,93
Perfluorooctanoic acid (PFOA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	0,033	0,036	1,09
Perfluorooctane sulphonic acid (PFOS)	µg/l	0,010	< 0.010	0,00	0,39	0,31	0,79
Perfluorooctane-sulfonamide (PFOSA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
Perfluorononanoic acid (PFNA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
Perfluorodecanoic acid (PFDA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
Perfluorodecanesulfonic acid (PFDS)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
Perfluoroundecanoic acid (PFUnA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
Perfluorododecanoic acid (PFDoA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
Perfluorotridecanoic acid (PFTa)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
Perfluorotetradecanoic acid (PFTA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
1H,1H,2H,2H-Perfluorohexanesulfonic acid (4:2 FTS)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
8:2 Fluorotelomer sulfonic acid (8:2 FTS)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
6:2-fluorotelomer sulfonic acid (H4PFOS)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	0,089	0,058	0,65
2H,2H,3H,3H-Perfluoroundecane acid (H4PFUnA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
2H,2H-Perfluorodecane acid (H2PFDA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
7H-Dodecafluoroheptanoic acid (HPFHpA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
Perfluoro-3,7-dimethyloctane acid (PF-3,7-DMOA)	µg/l	< 0.010	< 0.010	(n.c.)	< 0.010	< 0.010	(n.c.)
Capstone Product A	µg/l	< 0.015	< 0.015	(n.c.)	< 0.015	< 0.015	(n.c.)
Capstone Product B	µg/l	0,053	< 0.015	0,00	0,45	< 0.015	0,00
total 24 PFC compounds excl. LOQ	µg/l	0,059	0,111	1,88	1,151	1,524	1,32



Vorstellung PFAS-Untersuchungen

Danke für Ihre Aufmerksamkeit