

Für Mensch & Umwelt



Umwelt 
Bundesamt

ZeroPM Removal Workshop

Challenges of persistent and mobile substances in water supply

Aki Sebastian Ruhl et multi al.
German Environment Agency
Section II 3.3 – Water Treatment

Persistent and mobile substances in water supply

Challenges:

- **Source control measures primarily long-term option**
- **Lack of data on concentrations of persistent and mobile substances in drinking**
- **Correlations between micropollutant concentrations?**
- **Toxicological evaluation of substances**
- **Assessment of (new) treatment options**
- **Authorization of substances**

Time frame of source control

- Complex interaction between different directives, regulations, ordinances et al.
- Substantial time lag between legislation and impacts
- Example of phosphor

Journal of Environmental Management 352 (2024) 119956

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 **Journal of Environmental Management**

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jenvman



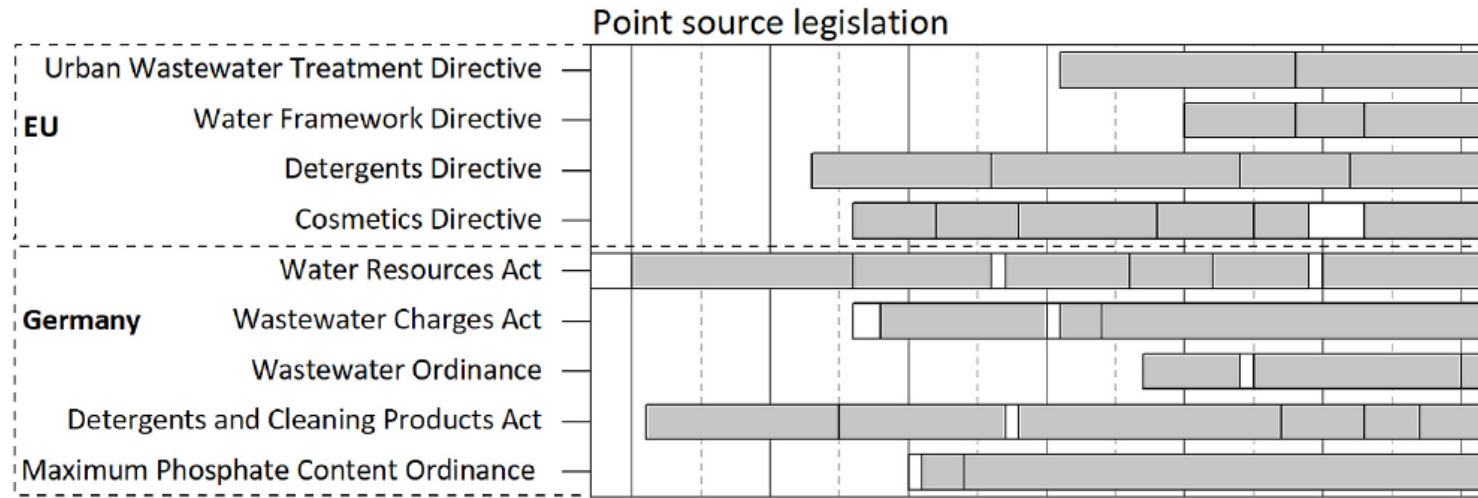
Research article

Efficacy of point source legislation quantified for a 64-year river water quality trajectory of phosphorus loading

Sophia Hildebrandt^{a,c,*}, Elisabeth H. Krueger^b, Aki S. Ruhl^{c,d}, Dietrich Borchardt^a

^a Department of Aquatic Ecosystem Analysis, Helmholtz Centre for Environmental Research, Magdeburg, Germany
^b Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Amsterdam, the Netherlands
^c German Environment Agency, Water Treatment, Section II 3.3, Berlin, Germany
^d Technische Universität Berlin, Water Treatment, Sekr. KF4, Berlin, Germany

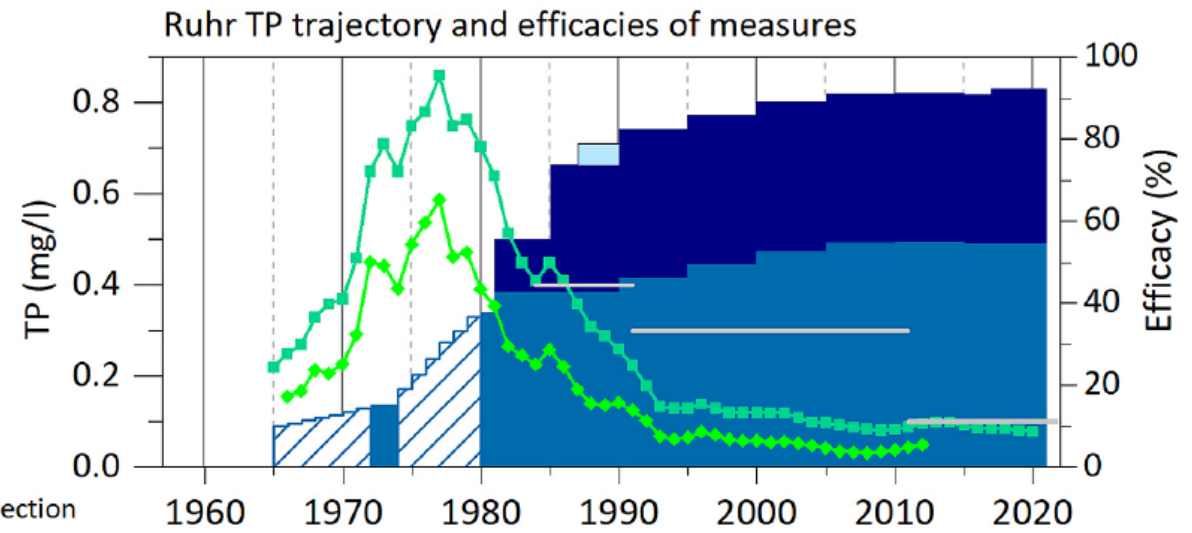
Time frame



······ relevant revision
 ······ date of enforcement
 ······ adoption of legislation

River water quality
 —■— TP
 —◆— TP attributed to WWTPs
 — water quality limit

Efficacy
 ■ use-related
 ■ source control
 ■ end-of-pipe
 ▨ end-of-pipe historical projection




Screening of German drinking waters

- Own screening campaign supported by volunteers
- Analyses of PFAS and other persistent and mobile substances


Eco-Environment & Health 2 (2023) 235–242

Contents lists available at ScienceDirect




Eco-Environment & Health

journal homepage: www.journals.elsevier.com/eco-environment-and-health



Original Research Article

Screening for 26 per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in German drinking waters with support of residents



Vanessa Ingold^a, Alexander Kämpfe^b, Aki Sebastian Ruhl^{a,c,*}

^a German Environment Agency, Section II 3.3, Schichauweg 58, 12307, Berlin, Germany
^b German Environment Agency, Section II 3.2, Heinrich-Heine-Straße 12, 08645, Bad Elster, Germany
^c Technische Universität Berlin, Chair of Water Treatment, KP4, Straße des 17. Juni 135, 10623, Berlin, Germany

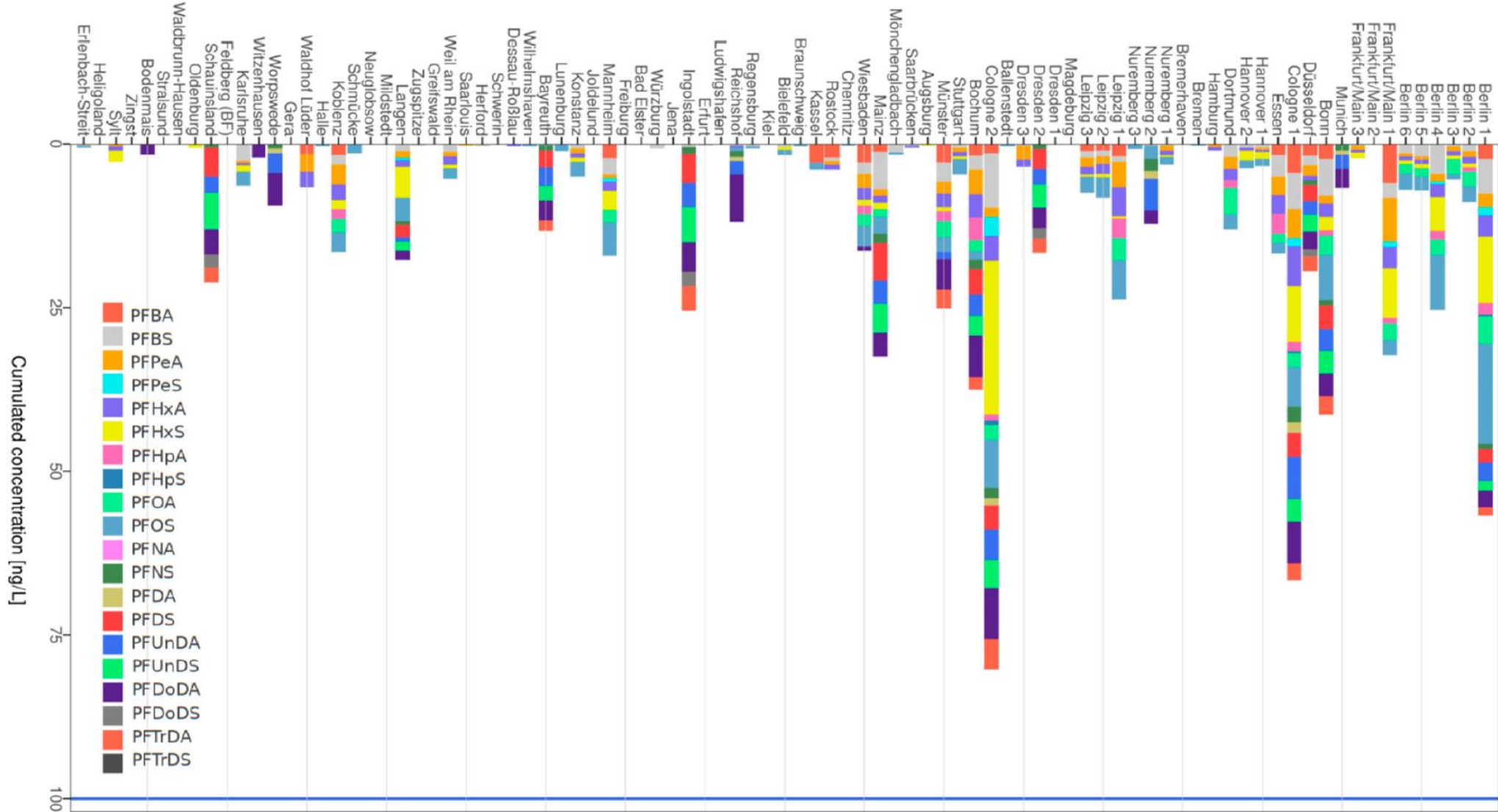
ARTICLE INFO

Keywords:
Persistent chemicals

ABSTRACT

The occurrence of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in water cycles poses a challenge to drinking water quality and safety. In order to counteract the large knowledge gap regarding PFAS in German drinking water, 89

PFAS in German drinking waters



Correlations between micropollutants



- Grouping of substances with selected indicators very helpful
- Potentially reduced efforts for chemical analyses

Chemosphere 125 (2015) 155–167



Contents lists available at ScienceDirect

Chemosphere

journal homepage: www.elsevier.com/locate/chemosphere



Selection of organic process and source indicator substances for the anthropogenically influenced water cycle



Martin Jekel^a, Wolfgang Dott^b, Axel Bergmann^c, Uwe Dünnebier^d, Regina Gnirß^d, Brigitte Haist-Gulde^e, Gerd Hamscher^f, Marion Letzel^g, Tobias Licha^h, Sven Lykoⁱ, Ulf Mieke^j, Frank Sacher^e, Marco Scheurer^e, Carsten K. Schmidt^k, Thorsten Reemtsma^l, Aki Sebastian Ruhl^{a,*}

^a Centre for Water in Urban Areas, Technische Universität Berlin, Sekr. KF4, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, Germany

^b Institute of Hygiene and Environmental Medicine, RWTH Aachen University, Pauwelsstraße 30, 52074 Aachen, Germany

^c IWW Water Centre, Water Resources Management, 45476 Mülheim/Ruhr, Germany

^d Berliner Wasserbetriebe, Neue Jüdenstraße 1, 10179 Berlin, Germany

^e DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW), Karlsruher Straße 84, 76139 Karlsruhe, Germany

^f Institute for Food Chemistry and Food Biotechnology, Justus Liebig University, Heinrich-Buff-Ring 58, 35392 Giessen, Germany

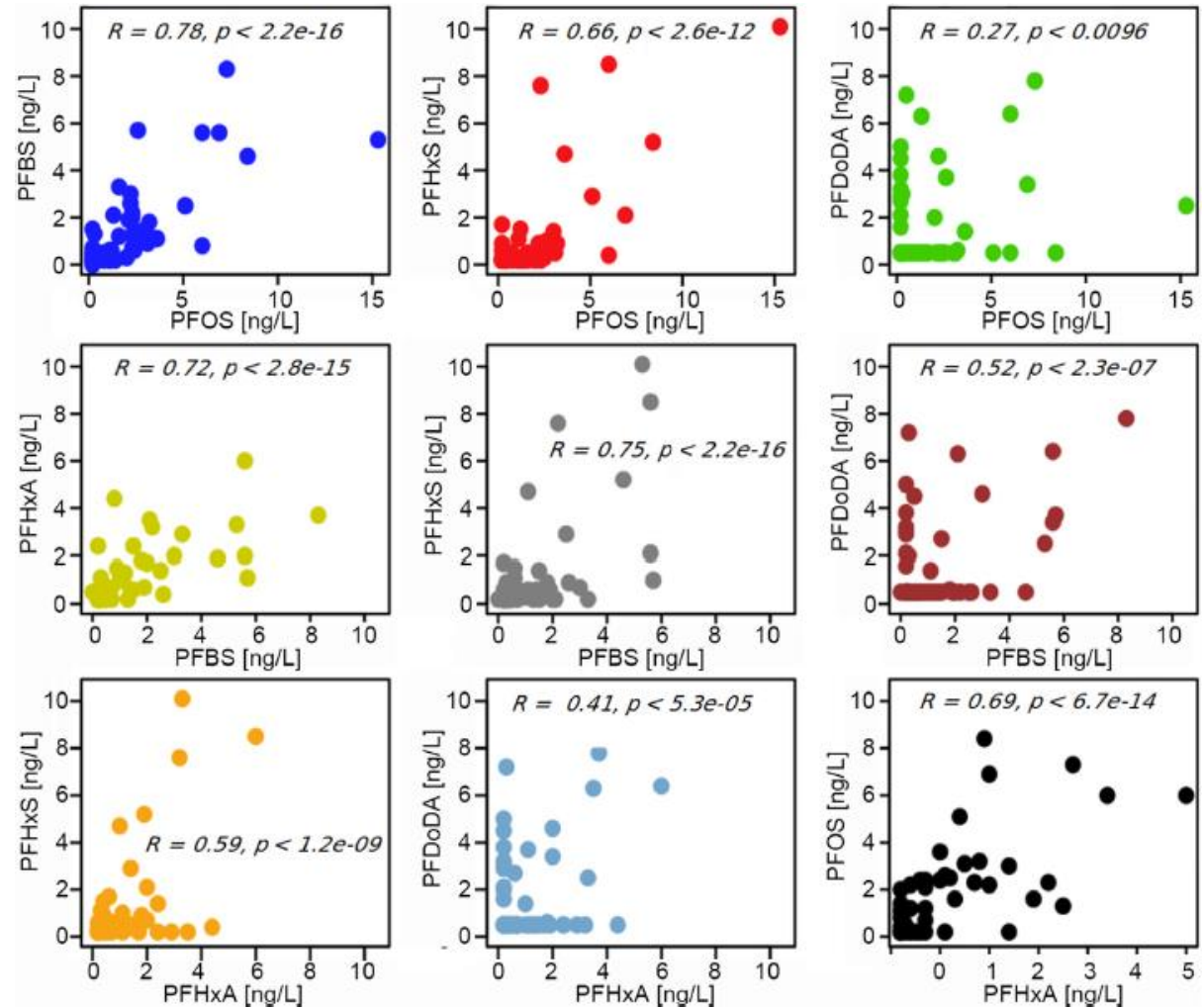
^g Bavarian Environmental Agency, Demollstraße 31, 82407 Wiesenbach, Germany

^h Geoscience Centre, Department of Applied Geology, University Göttingen, Goldschmidtstraße 3, 37077 Göttingen, Germany

Correlations between micropollutants



- No relations between individual PFAS
- Weak relations with other parameters



Non-regulated substances in drinking water

- Toxicological evaluation by UBA section II 3.6 (“Drinking Water Toxicology”)
- Health based guideline values (HBGV)

Stand: 19. Juni 2024

Liste der Stoffe mit Trinkwasserleitwert

Änderungen:

- 1) Vanadium ergänzt

Substanz	CAS Nummer	Leitwert in mg/l	Stand	Stoffklasse/Verwendung
Acesulfam	55589-62-3	30	2011	Süßstoff
Amidosulfonsäure (Sulfamidsäure)	5329-14-6	2,0	2017	Reinigungsmittel
Dichlorbenzamid	2008-54-4	0,175	2015	nicht relevanter PSM-Metabolit
Diethylentriaminpentaessigsäure (DTPA)	67-43-6	0,5	2015	Komplexbildner
Ethyl diamintetraessigsäure (EDTA)	60-00-4	0,7	2015	Komplexbildner
Ethyltertiärbutylether (ETBE)	637-92-3	4,0	2015	Lösungsmittel
Melamin	108-78-1	0,7	2018	Kunststoffprodukte
Nitrilotriessigsäure (NTA)	139-13-9	0,2	2015	Komplexbildner

Non-regulated substances in drinking water

Health related indicator values (HRIV)

- endocrine effects
- genotoxicity
- immuno- and neurotoxicity
- subchronic toxicity
- chronic toxicity

Liste der nach GOW bewerteten Stoffe

Substanz	CAS Nummer	GOW	Stand	Stoffklasse /Verwendung
Aciclovir	59277-89-3	0,3 µg/l	2016	Arzneimittel
Acridin-9-carbonsäure	5336-90-3	0,1 µg/l	2018	Farbstoff
AMDOPH (1-Acetyl-1-methyl-2-dimethyl-oxamoyl-2-phenylhydrazid)	519-65-3	3,0 µg/l	2004	Arzneimittelmetabolit
Amidotrizoesäure	117-96-4	1,0 µg/l	2008	Röntgenkontrastmittel
AMPH (1-Acetyl-1-methyl-2-phenylhydrazid)	38604-70-5	3,0 µg/l	2004	Arzneimittelmetabolit
Azithromycin	83905-01-5	0,3 µg/l	2016	Arzneimittel
Benzotriazol	95-14-7	3,0 µg/l	2010	Korrosionsschutz
1-Butylpyrrolidin-2-on	3470-98-2	3,0 µg/l	2020	Farbentferner
Candesartan	139481-59-7	0,3 µg/l	2015	Arzneimittel
Carbamazepin	298-46-4	0,3 µg/l	2008	Arzneimittel
2-Chloranilin (o-Chloranilin)	95-51-2	0,01 µg/l	2008	Synthesezwischenprodukt
4-Chloranilin (p-Chloranilin)	106-47-8	0,01 µg/l	2008	Synthesezwischenprodukt
2-Chlorethanol	107-07-3	0,1 µg/l	2008	chlorierter Alkohol
Clofibrat	882-09-7	3,0 µg/l	2003	Arzneimittel
1,3-Diethyl-1,3-diphenylharnstoff	85-98-3	0,3 µg/l	2014	Sprengstoffbestandteil
1,2-Dihydro-1,5-dimethylpyrazol-3-on (DP)	3201-28-3	3,0 µg/l	2004	Arzneimittelmetabolit
10,11-Dihydroxy-10,11-dihydro-carbamazepin	58955-94-5	0,3 µg/l	2015	Arzneimittelmetabolit
N,N-Di-(beta-phenylisopropyl)amin	?	0,3 µg/l	2018	Reaktionszwischenprodukt illegaler Drogen
2,4-Di-tertiär-butylphenol	96-76-4	3,0 µg/l	2010	alkyliertes Phenol
Diclofenac	15307-86-5	0,3 µg/l	2008	Arzneimittel
Dimethylsilandiol (DMSD)	1066-42-8	3,0 µg/l	2015	Synthesenebenprodukt
Ethyl N,N-diphenylcarbammat	603-52-1	0,3 µg/l	2014	Sprengstoffmetabolit
6:2 Fluortelomersulfonsäure (H4-PFOS)	27619-97-2	0,1 µg/l	2016	Polyfluorierter Kohlenwasserstoff
Formylaminoantipyrin (FAA)	1672-58-8	0,3 µg/l	2018	Arzneimittelmetabolit
Formylamphetamin	22148-75-0	0,3 µg/l	2018	Reaktionszwischenprodukt illegaler Drogen
Gabapentin	60142-96-3	1,0 µg/l	2015	Arzneimittel
Gabapentinlactam (Gaba-lactam)	64744-50-9	1,0 µg/l	2015	Arzneimittelmetabolit
Guanylharnstoff	141-83-3	1,0 µg/l	2015	Arzneimittelmetabolit
Ibuprofen	15687-27-1	1,0 µg/l	2008	Arzneimittel

Other micropollutants in drinking water



- Quantification of ubiquitous persistent and mobile substances
- No limit values in drinking water ordinance

International Journal of Hygiene and Environmental Health 269 (2025) 114653

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 **International Journal of Hygiene and Environmental Health**

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijheh



Survey of polar organic micropollutants in German tap waters

Leon Saal ^{a,b,*} , Vanessa Ingold ^a, Alexander Kämpfe ^c, Tobias Bader ^d, Thorsten Reemtsma ^{e,f},
Aki S. Ruhl ^{a,b} 

^a German Environment Agency, Section II 3.3, Schichauweg 58, 12307, Berlin, Germany
^b Technische Universität Berlin, Water Treatment, KP4, Fasanenstr. 1a, 10623, Berlin, Germany
^c German Environment Agency, Section II 3.2, Heinrich-Heine-Str. 12, 08645, Bad Elster, Germany
^d Zweckverband Landeswasserversorgung, Laboratory for Operation Control and Research, Am Spitzigen Berg 1, Langenau, 89129, Germany
^e Helmholtz-Centre for Environmental Research – UFZ, Department of Environmental Analytical Chemistry, Permoserstrasse 15, 04318, Leipzig, Germany
^f University of Leipzig, Institute for Analytical Chemistry, Linnestrasse 3, 04103, Leipzig, Germany

ARTICLE INFO

Keywords:
OMP

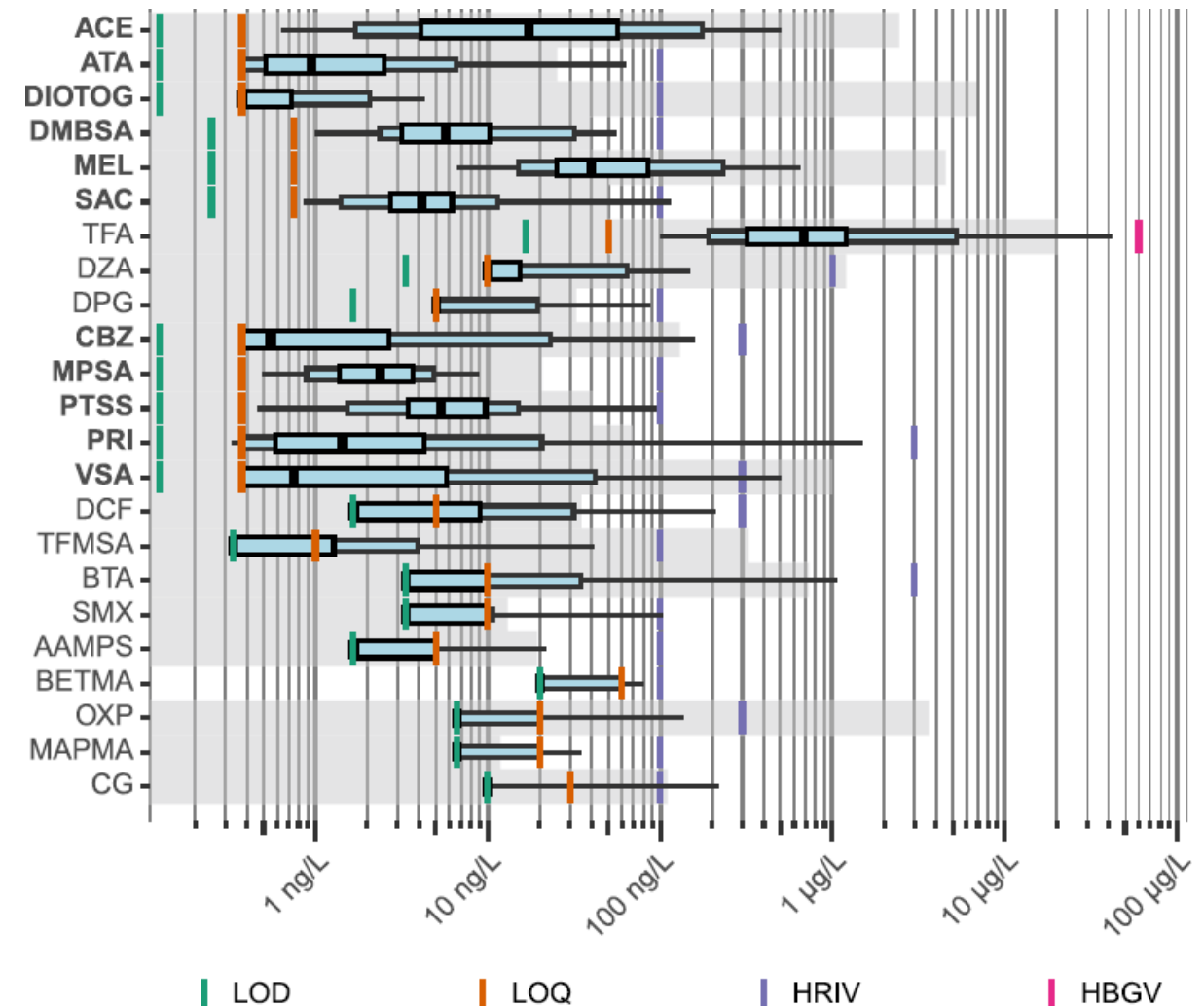
ABSTRACT

Tap waters from 91 locations across Germany were analysed for organic persistent and mobile (PM) substances, covering a range of sources and substance classes, e.g. the sweetener saccharine (SAC), antibiotic drug sulfa-

Persistent and mobile substances in drinking waters



- Concentrations up to several $\mu\text{g/L}$
- HRIV/HBGV (almost) not exceeded
- Organic carbon (DOC) up to 6.000 $\mu\text{g/L}$





Treatment options – bank filtration


- Bank filtration essential for Berlin and other water supplies in Germany
- Long-term study with sand columns (1 m, 7 days residence time)

Heliyon 9 (2023) e15822

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 **Heliyon** 

journal homepage: www.cell.com/heliyon

Research article 

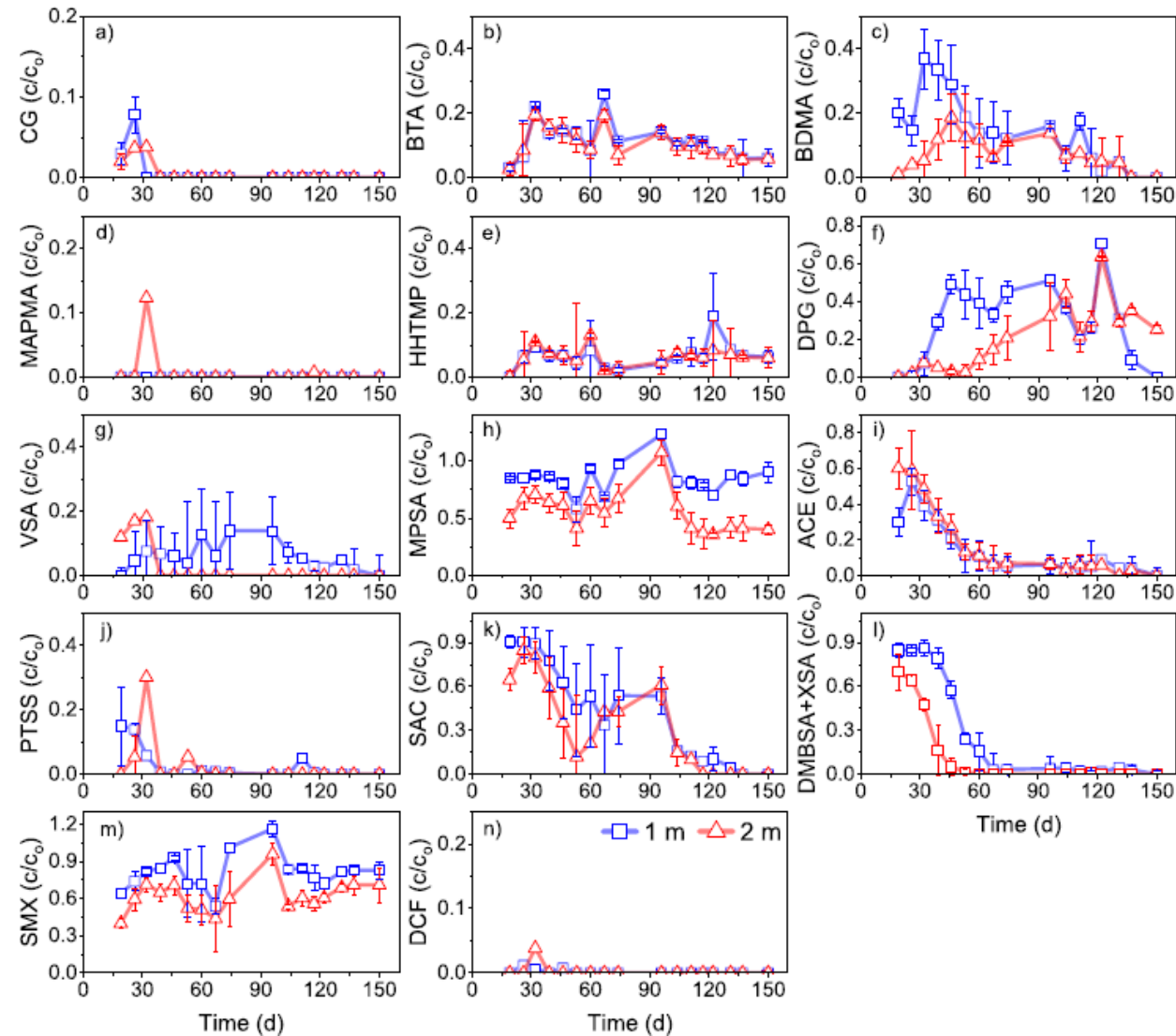
Transformation of potentially persistent and mobile organic micropollutants in column experiments

Muhammad Zeeshan ^{a,b,*}, Pia Schumann ^{a,b}, Silke Pabst ^c, Aki Sebastian Ruhl ^{a,b}

^a German Environment Agency, Section II 3.3, Schichauweg 58, 12307, Berlin, Germany
^b Technische Universität Berlin, Water Treatment, KP4, Str. des 17. Juni 135, 10623, Berlin, Germany
^c German Environment Agency, Section II 3.1, Schichauweg 58, 12307, Berlin, Germany

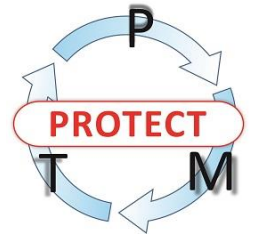
<p>ARTICLE INFO</p> <hr/> <p>Keywords: Persistent and mobile organic micropollutants Biodegradation Sorption</p>	<p>ABSTRACT</p> <hr/> <p>The occurrence of potentially persistent and mobile (PM) organic micropollutants (OMP) in the aquatic environment is recognized as a severe threat to water resources and drinking water suppliers. The current study investigated long-term fate (persistence and bio-transformation) of several micropollutants in a simulated bank filtration (BF) for the first time. In parallel</p>
--	---

Treatment options – bank filtration



Treatment options

- Adsorption onto activated carbon
- Batch tests with powdered activated carbon up to 100 mg/L



Water Research 235 (2023) 119861

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 **Water Research** 

journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres



Is adsorption onto activated carbon a feasible drinking water treatment option for persistent and mobile substances?

Pia Schumann^{a,b,*}, Matthias Muschket^c, Daniel Dittmann^a, Luisa Rabe^{a,b}, Thorsten Reemtsma^c, Martin Jekel^b, Aki Sebastian Ruhl^{a,b}

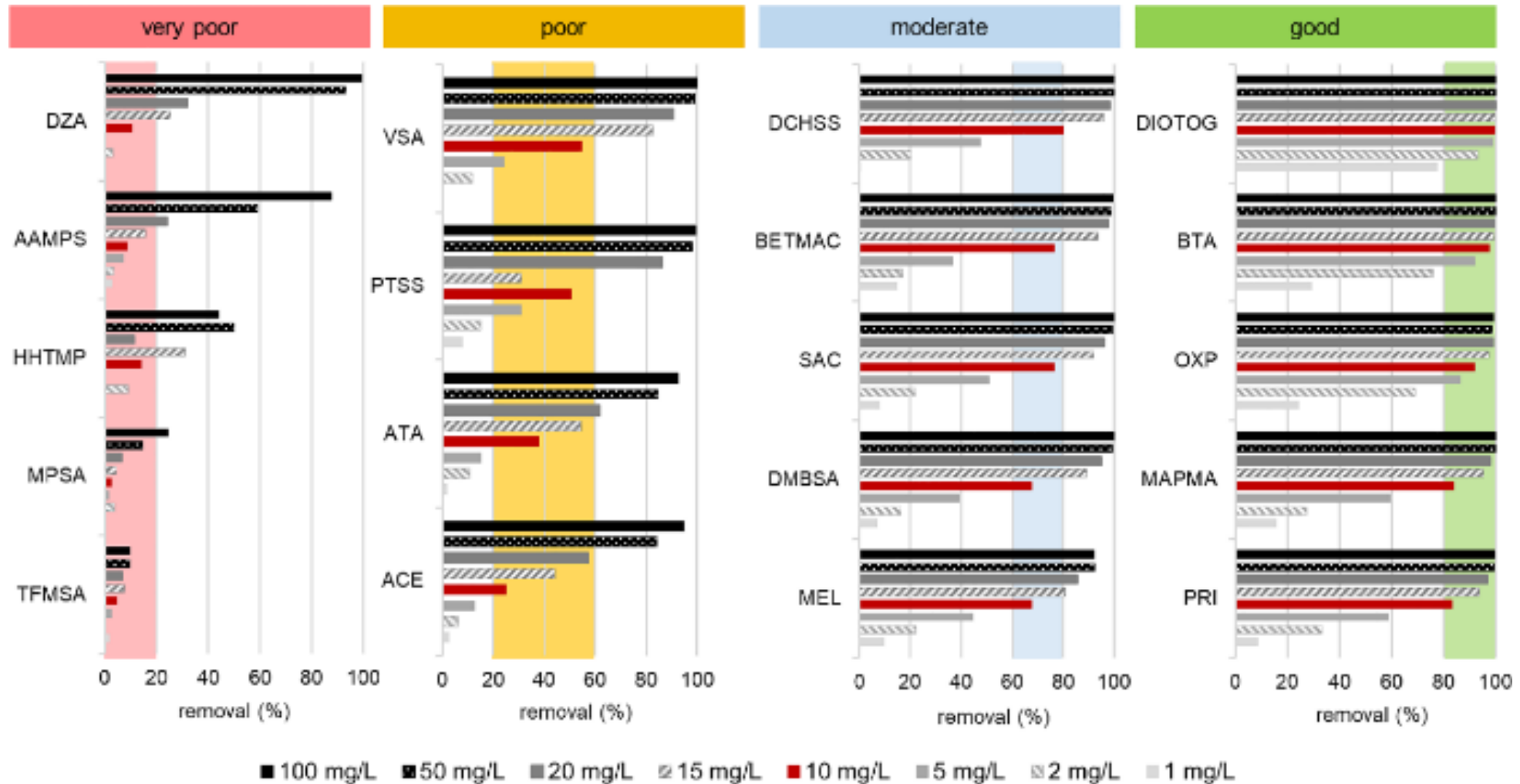
^a German Environment Agency (UBA), Section II 3.3, Schichauweg 58, 12307 Berlin, Germany
^b Technische Universität Berlin, Chair of Water Quality Control, Sekr. KF 4, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, Germany
^c Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Permoserstraße 15, 04318 Leipzig, Germany

ARTICLE INFO **ABSTRACT**

Keywords: Powdered activated carbon

Persistent and mobile (PM) substances among the organic micropollutants have gained increasing interest since

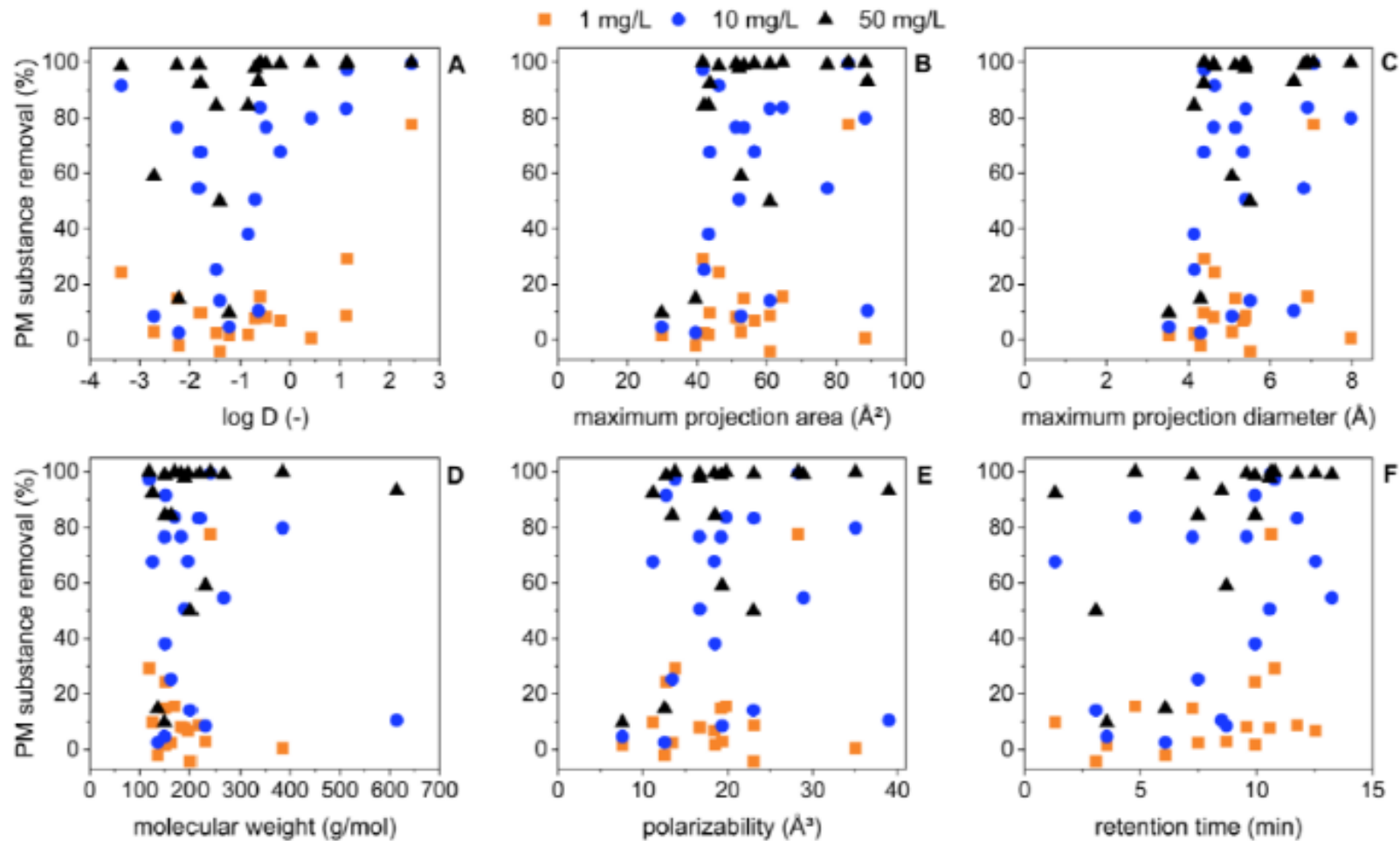
Treatment options – activated carbon



Treatment options – activated carbon



- Poor predictions based on substance properties




Treatment options

- New adsorbents for PFAS and other persistent and mobile substances


Chemical Engineering Journal 516 (2025) 164070

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

 **ELSEVIER**

Chemical Engineering Journal

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cej



Comparing activated carbons, ion exchange resins and alternative adsorbents for the removal of perfluoroalkyl and other persistent and mobile substances

Fiona Elena Rückbeil ^{a,b,c}, Alexander Sperlich ^{a,*}, Regina Gnirss ^a, Daniel Dittmann ^c, Alexander Kämpfe ^d, Christian Höra ^d, Aki Sebastian Ruhl ^{b,c}

^a Berliner Wasserbetriebe, Research and Development, Neue Jüdenstraße 1, 10179 Berlin, Germany
^b Technische Universität Berlin, Chair of Water Treatment, KF4, Fasanenstraße 1A, 10623 Berlin, Germany
^c German Environment Agency, Section II 3.3, Schichauweg 58, 12307 Berlin, Germany
^d German Environment Agency, Section II 3.2 Heinrich-Heine-Straße 12, 08645 Bad Elster, Germany

ARTICLE INFO

Keywords:
PFAS
Organic micropollutants

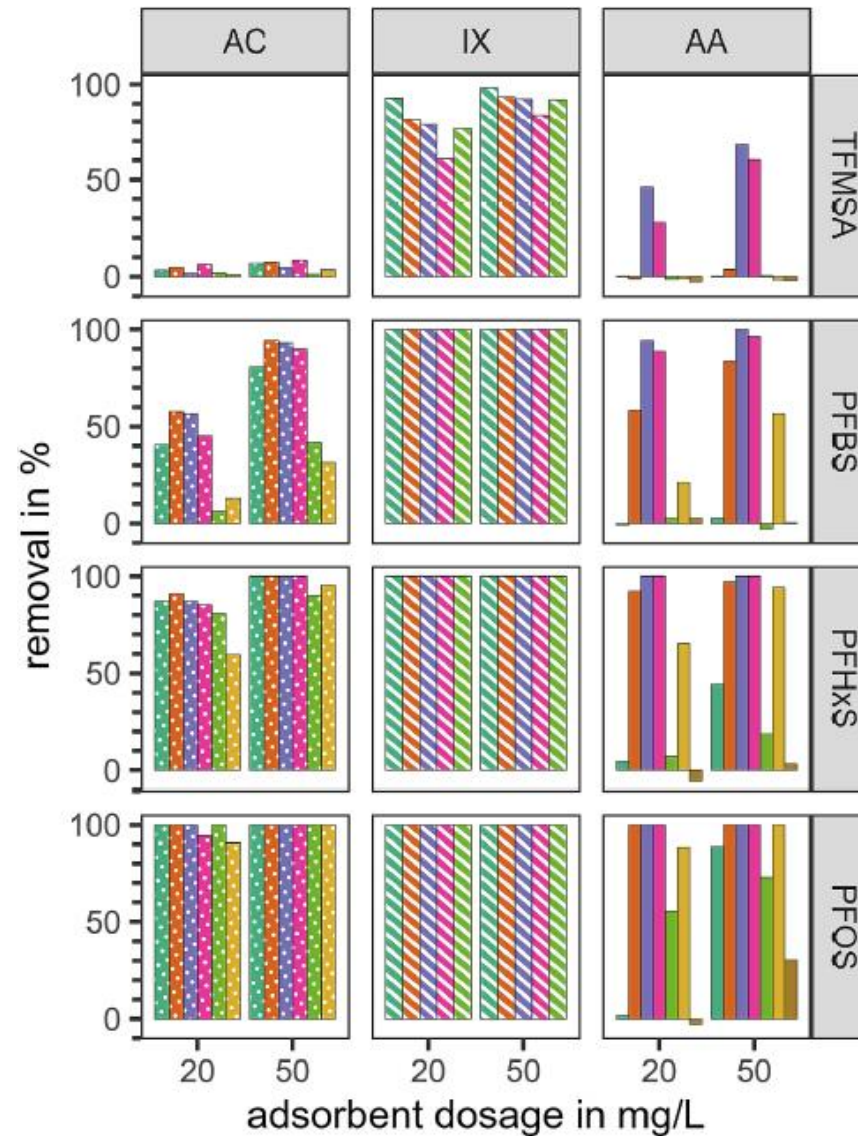
ABSTRACT

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are highly persistent and potentially toxic chemicals that have been found in many drinking water resources worldwide. Increasingly stringent limits for these substances require advanced treatment concepts to remove these substances during drinking water treatment. Today, the majority

Treatment options

Batch tests with:

- Activated carbon (AC)
- Ion exchange resins (IX)
- Alternative adsorbents (AA)



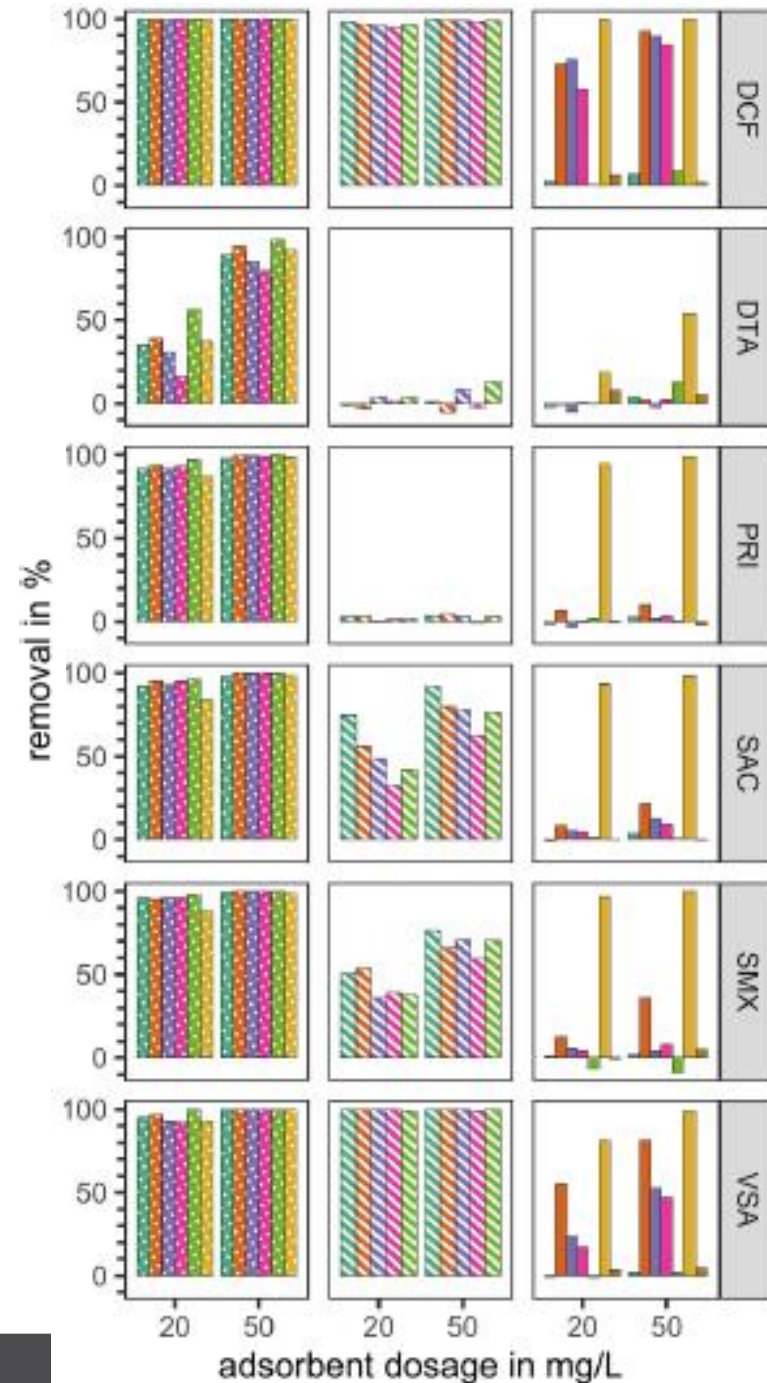
adsorbent

- | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|--------|
| ■ AC1 | ■ AC5 | ■ IX3 | ■ CDP | ■ SMC4 |
| ■ AC2 | ■ AC6 | ■ IX4 | ■ SMC1 | ■ SMC5 |
| ■ AC3 | ■ IX1 | ■ IX5 | ■ SMC2 | |
| ■ AC4 | ■ IX2 | ■ BEA | ■ SMC3 | |



Treatment options

- Different results for other substances
- No solution for all targets



Authorization of new substances

Assessment:

- Efficiency
- Toxicology
- Secondary environmental impacts



Bundesanzeiger

Herausgegeben vom
Bundesministerium der Justiz
www.bundesanzeiger.de

Bekanntmachung

Veröffentlicht am Dienstag, 10. Dezember 2024
BAnz AT 10.12.2024 B9

Seite 1 von 5

Umweltbundesamt

**Vierte Bekanntmachung
der Ausnahmegenehmigungen
gemäß § 21 der Trinkwasserverordnung
mit Stand vom Dezember 2024**

Vom 1. Dezember 2024

1 Rechtsrahmen

Das Umweltbundesamt hat die Aufgabe, über die Zulassung von Aufbereitungsstoffen und Desinfektionsverfahren zu entscheiden. Voraussetzung für eine (generelle) Zulassung ist nach § 20 Absatz 4 Satz 1 der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vom 20. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 159, S. 2), dass der Stoff oder das Verfahren unter festzulegenden Bedingungen hinreichend wirksam ist, keine vermeidbaren oder unvermeidbaren Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt hat, die Färbung, den Geruch oder den Geschmack des Trinkwassers nicht beeinträchtigt und nicht unbeabsichtigt die Vermehrung von Mikroorganismen fördert.

Ist für die vorgenannte Entscheidung des Umweltbundesamtes nach § 20 Absatz 4 Satz 1 TrinkwV die Erprobung eines Aufbereitungsstoffs oder Desinfektionsverfahrens erforderlich, kann das Umweltbundesamt gemäß § 21 Absatz 1 TrinkwV auf Antrag befristete Ausnahmen von § 20 Absatz 1 und 4 TrinkwV genehmigen, wenn Tatsachen die Annahme rechtfertigen, dass durch die Erprobung keine Gefährdung der Gesundheit und der Umwelt zu erwarten ist. Die Ausnahmegenehmigung ist auf das notwendige Maß zu beschränken und zu befristen.

Die Ausnahmegenehmigungen nach § 21 Absatz 1 TrinkwV werden im Bundesanzeiger und auf der Internetseite des Umweltbundesamtes veröffentlicht.

Das Umweltbundesamt kann gemäß § 21 Absatz 2 TrinkwV die Ausnahmegenehmigung widerrufen, wenn sich Anhaltspunkte dafür ergeben, dass der Aufbereitungsstoff oder das Desinfektionsverfahren den Anforderungen des § 20 Absatz 4 Satz 1 TrinkwV nicht genügen.

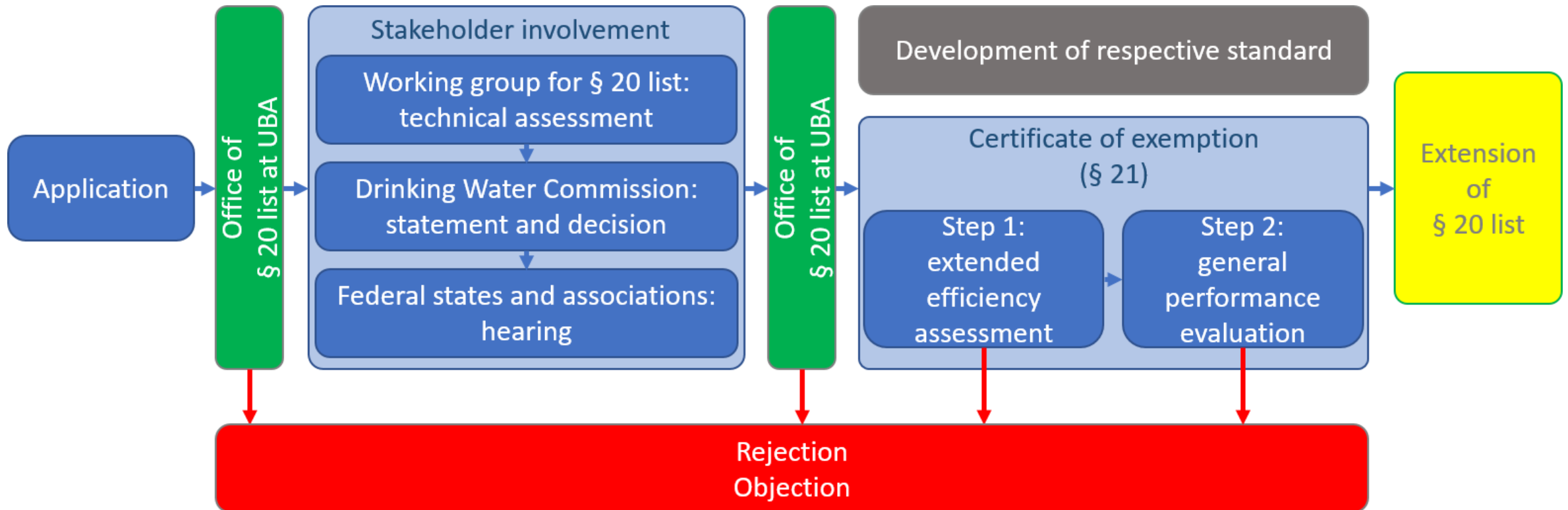
2 Struktur der Bekanntmachung

Teil A:

„Zulässige Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren in der erweiterten Wirksamkeitsprüfung (Praxisbetrieb) im Einzelfall“

Vor der Entscheidung über den Antrag nach § 20 TrinkwV zur Neuaufnahme von Aufbereitungsstoffen und Desinfektionsverfahren in die Liste zulässiger Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren kann eine erweiterte Wirksamkeitsprüfung (Praxisbetrieb) erforderlich sein. Diese beinhaltet eine Prüfung auf Wirksamkeit und Eignung für den jeweiligen Aufbereitungszweck sowie eine Bewertung von Gesundheits- oder Umweltbelastungen im Rahmen eines Probebetriebes unter Versorgungsbedingungen an einer realen technischen Wasserversorgungsanlage. Teil A nennt die für diesen Praxisbetrieb erteilten Ausnahmegenehmigungen. Sie sind zeitlich befristet (üblicherweise zwischen 12 Monaten und 3 Jahren) und beziehen sich nur auf die konkret benannten Wasserversorgungsanlagen. Im Rahmen

Authorization of new substances



Thank you for your attention!

Aki Sebastian Ruhl

akisebastian.ruhl@uba.de

www.uba.de