Eine Abwasserbilanz Quantifiziert menschliche TFA-Emission

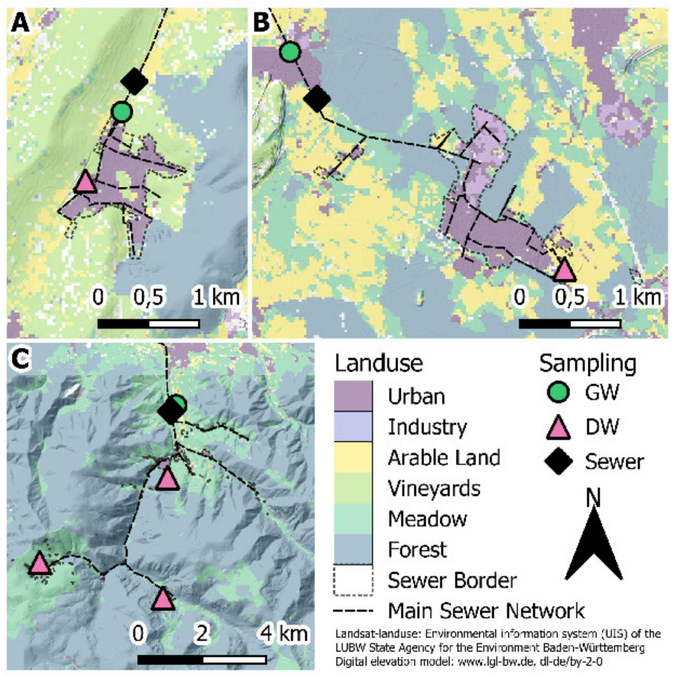
Immanuel Frenzel [1], Dartio Nöltge [2], Michel Müller [2], Jens Lange [1]

HYDROLOGY
REACTIVE CITY UNE VILLE PROACTIVE SANS BIOCIDE
Interreg Rhin Supérieur | Oberrhein
Cofinancé par l'Union Européenne
Kofinanziert von der Europäischen Union

Was ist TFA?

- Trifluoracetat (TFA) ist der kleinste Vertreter aus der Gruppe von per- und polyflorierten Alkylsubstanzen (PFAS).
- TFA entsteht aus dem Abbau fluorierter Vorläufermoleküle oder wird direkt in die Umwelt entlassen.
- Abbau von Kältemitteln, Pesitziden und Medikamenten führt zu erhöhten TFA-Konzentrationen im Niederschlag, im Grundwasser und im Abwasser.
- Kläranlagen halten TFA nicht zurück.
- TFA ist in wässrigen Medien hoch mobil und in der Umwelt nicht abbaubar.
- Der Mensch nimmt TFA über Nahrung und Trinkwasser auf und scheidet es über Urin aus.
- Die Politik reagiert mit Trinkwassergrenzwerten, um die Menge an TFA-Exposition zu begrenzen.

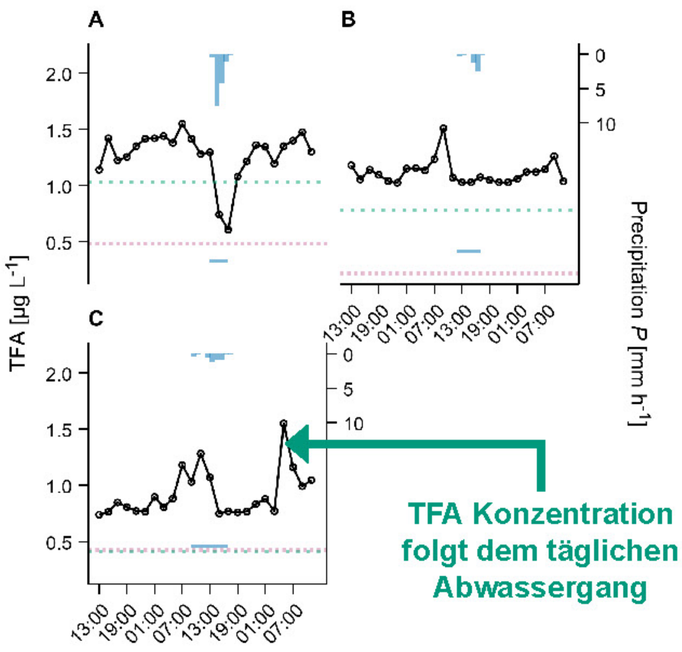
Ziel: Mithilfe einer Abwasserbilanz quantifizieren wir die menschliche TFA-Emission



Methodik

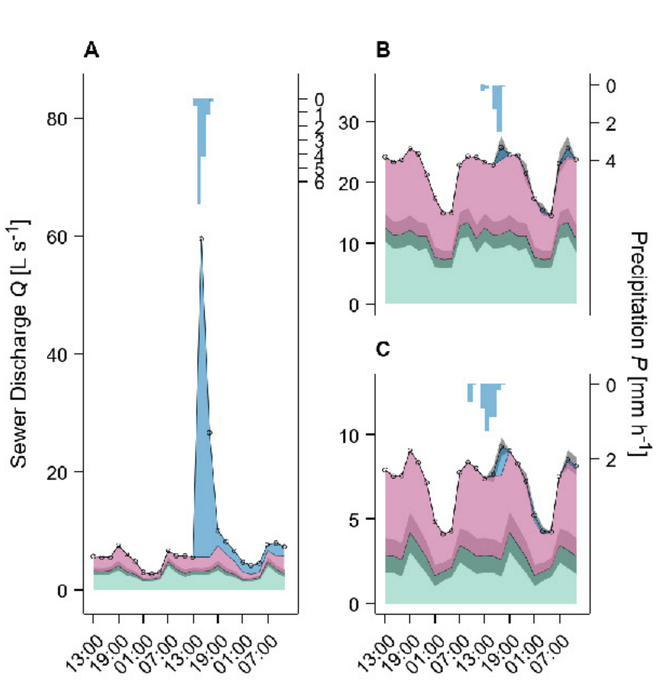
- Beprobung an drei Standorten (A-C) im Freiburger Kanalnetz alle zwei Stunden über 2 Tage hinweg ○
- Zusätzliche Beprobung von Grundwasser ■, Trinkwasser ■ und Niederschlag ■.
- Bestimmung der Grundwasserinfiltration mithilfe einer End-Member-Mixing-Analyse (EMMA) mit Deuterium als Tracer.
- Ermittlung des Regenabflussanteils durch Vergleich der Abflüsse am Trockentag mit dem folgenden Regentag.
- Aus End-Member TFA-Konzentrationen und den Abflussanteilen ergibt sich die theoretische TFA-Fracht im Kanal.
- Aus den Kanalproben und dem Kanalabfluss errechnet sich die tatsächliche TFA-Fracht.
- Die Differenz aus theoretischer und tatsächlicher TFA-Fracht im Kanal interpretieren wir als den Überschuss durch menschliche TFA-Ausscheidung und Brauch-Wassernutzung.

TFA-Konzentration



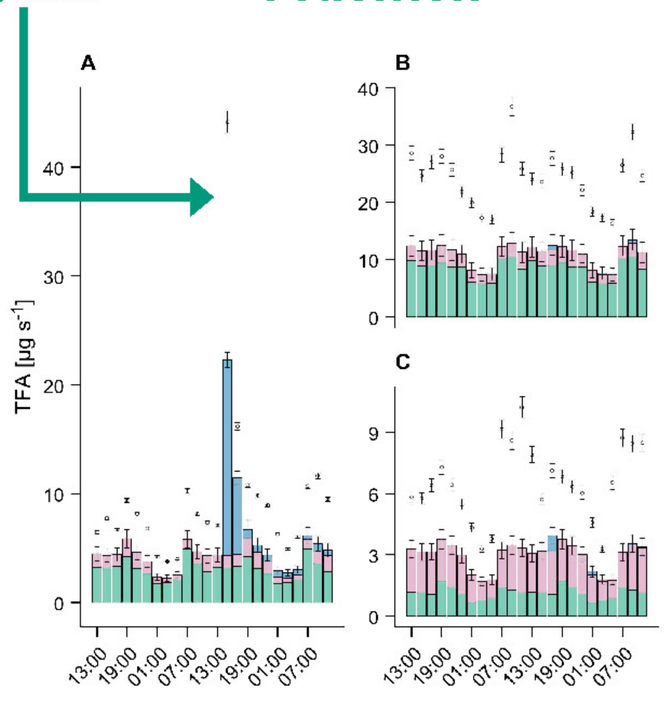
TFA Konzentration folgt dem täglichen Abwassergang

Abflussanteile



Hohe Differenz deutet auf TFA Mobilisierung durch Regen hin

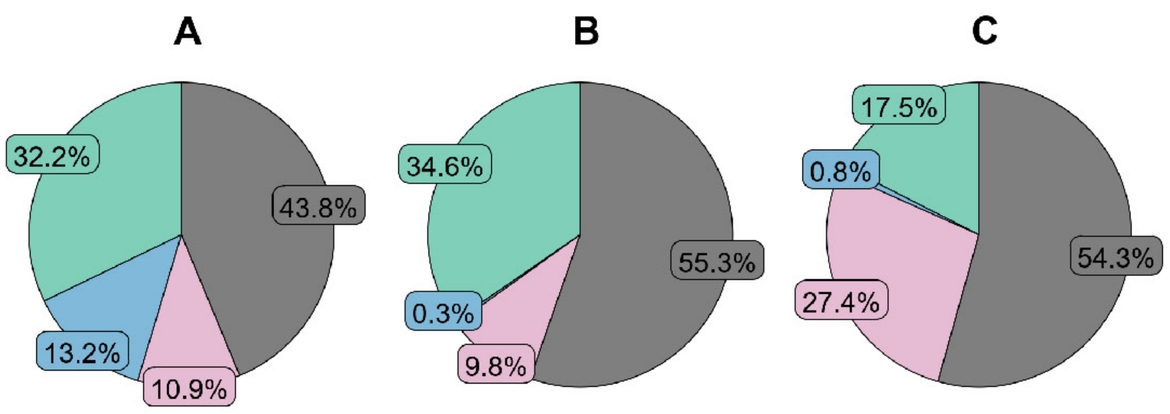
Frachten



Ergebnisse

- TFA-Konzentrationen folgen dem Tagesgang des Abwassers mit Spitzen am Morgen und nächtlichem Minimum.
- Errechnete, theoretische TFA-Frachten aus Grundwasser, Trinkwasser und Regenwasser liegen an allen Stationen dauerhaft unterhalb der im Kanal bestimmten tatsächlichen Werte.
- Der TFA-Frachtüberschuss ist während des morgentlichen Abwasserpeaks besonders hoch.
- Haupt-TFA-Quelle sind menschliche Ausscheidungen, bzw. die Brauchwassernutzung. Auf Platz zwei liegen Trinkwasser in Gebieten ohne intensive Landwirtschaft (C) und infiltrierendes Grundwasser in Gebieten mit Weinbau oder Ackerland (A und B).
- Regenwasser trägt im Mischsystem (A) deutlich zur TFA-Fracht bei, nicht aber in den Trennsystemen (B und C). Während des Ereignisses wird TFA mobilisiert, das nicht aus dem Regen stammt.
- Es ergibt sich eine TFA-Emission von 130-206 µg pro Tag pro Einwohner.
- Sollte das TFA einzig aus dem Urin stammen (tägliche Ausscheidung ca. 1,5 L), ergibt sich eine Urinkonzentration, die weit über dem Trinkwasserleitwert (60 µg L^{-1} ≙ dem jetzigen Grenzwert in Deutschland) liegt.

Anteile an der Gesamtfracht



TFA Emission pro Einwohner

Station	Fracht [mg d^{-1}]	Überschuss [mg d^{-1}]	TFA pro Einwohner [µg d^{-1}]
A	824 ± 5	361 ± 14	137 ± 4
B	2105 ± 19	1165 ± 25	206 ± 6
C	564 ± 6	306 ± 13	130 ± 4

Woher kommt das zusätzliche TFA?

- Aus dem Regen? In der Literatur finden sich Hinweise auf einen Mechanismus für trockene TFA-Deposition. Abgelagertes TFA, wird möglicherweise durch Regen mobilisiert. Zusätzlich sorbiert TFA an Organik im Kanal und wird potenziell durch erhöhten Abfluss wieder mobil.
- Aus dem Haushalt: Kosmetika enthalten TFA und Stoffe, die zu TFA abgebaut werden können, beim Erhitzen von Teflon wird TFA frei, und auch Textilien bestehen zum Teil aus TFA-Vorläufern. Somit stellen Haushaltsaktivitäten wie Duschen, Kochen und Waschen potenzielle TFA-Quellen dar.
- Aus menschlichen Ausscheidungen: Menschen verzehren TFA-belastete Lebensmittel, da Pflanzen TFA aus Niederschlag und Pestizidabbau akkumulieren. Zusätzlich sind auch manche Medikamente TFA-Vorläufer.

Fazit: Menschen kommen auf vielfältige Weise mit TFA in Kontakt. Unsere Ergebnisse zeigen, dass Trinkwasser-Grenzwerte nicht ausreichen, um das Ausmaß der Exposition zu begrenzen. Daher plädieren wir für einen erweiterten Ansatz zur Verringerung der menschlichen TFA-Belastung.

(1) Hydrology, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br. (ALU)
immanuel.frenzel@hydrology.uni-freiburg.de
www.hydro.uni-freiburg.de

(2) Institute of Pharmaceutical Sciences, ALU
www.pharmazeutische-chemie.uni-freiburg.de

universität freiburg