

BIOLOGISCHE SANIERUNG VON KONTAMINIERTEM GRUNDWASSER

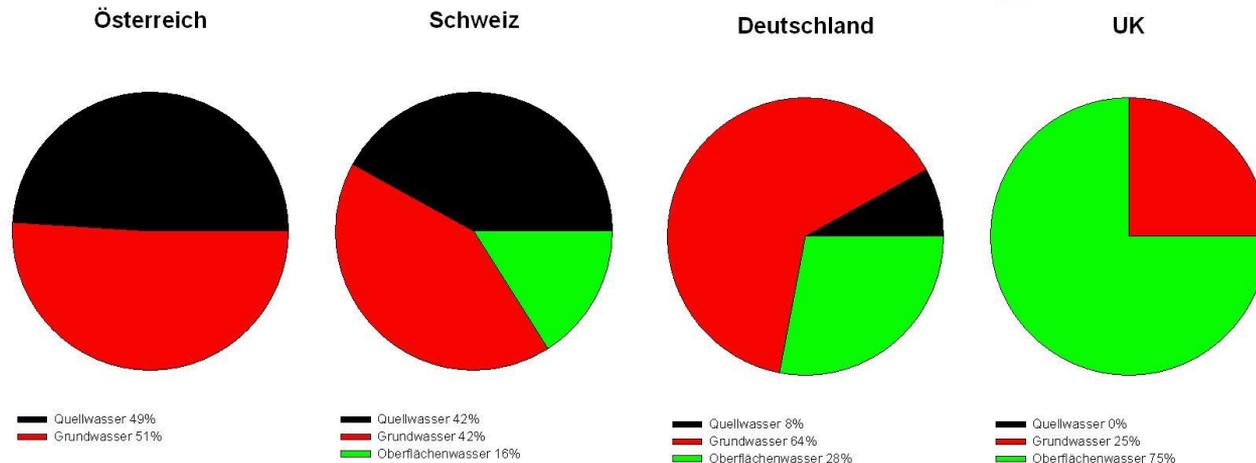
Thomas G. Reichenauer

ONE Water, 15. Mai 2025, Tulln



GRUNDWASSERNUTZUNG

- Grundwasser liefert **65% des Trinkwassers** und **25% des Wassers für die landwirtschaftliche Bewässerung** in den 27 EU-Mitgliedstaaten (EU-27).
- Trinkwassernutzung in Österreich und einigen Europäischen Ländern:

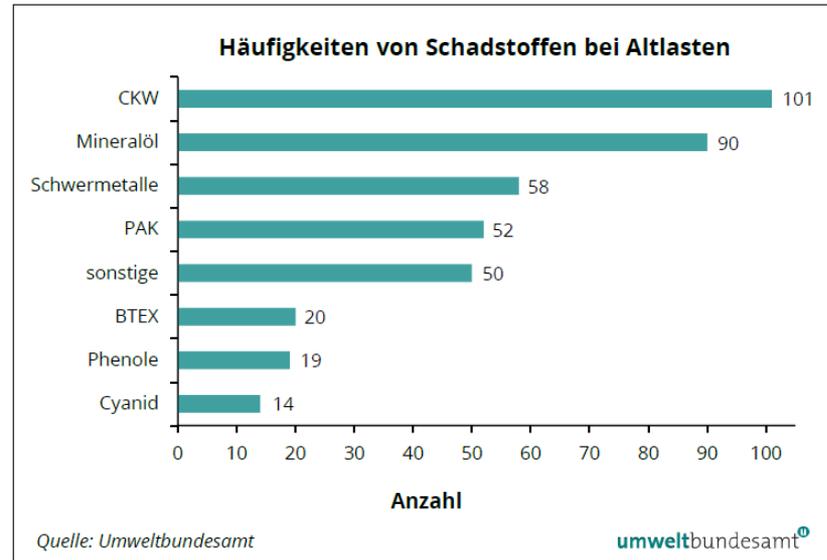
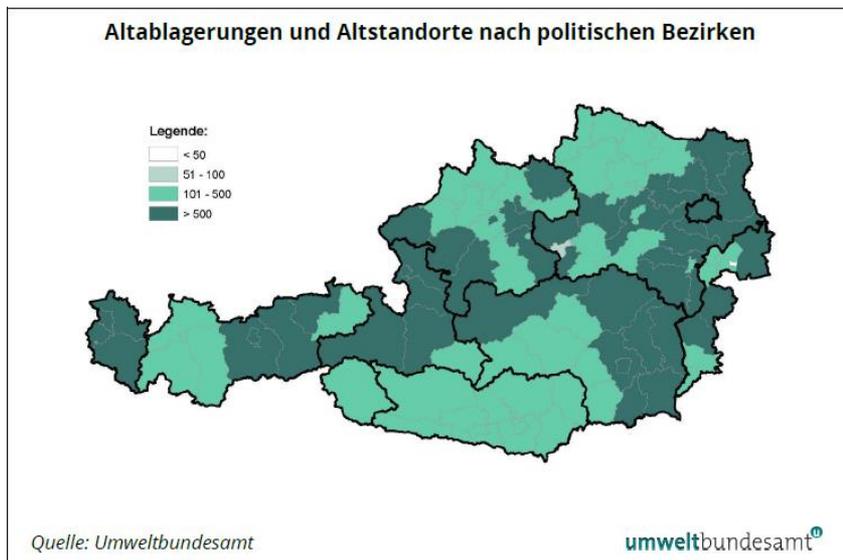


GRUNDWASSERBELASTUNG

- Das Grundwasser ist **durch Verschmutzung** und Entnahme **stark belastet**. Die Belastungen werden sich aufgrund des Bevölkerungswachstums und des **steigenden Wasserbedarfs** im Zuge des **Klimawandels** voraussichtlich weiter verstärken.
- **24%** der gesamten europäischen Grundwasserkörperfläche weisen einen **schlechten chemischen Zustand** und 9% einen schlechten quantitativen Zustand auf.
- Zu den Chemikalien, die die Grundwasserqualität in städtischen und industriellen Gebieten gefährden, zählen typischerweise **Kohlenwasserstoffe und chlorierte Lösungsmittel, Nährstoffe und Metalle** (EEA 2018).
- Etwa **5% der Grundwasserkörperfläche** in der EU-27 befinden sich aufgrund von Punkt- und diffusen **Verschmutzungsquellen aus stillgelegten Industrie- oder Altlastenstandorten** in einem **nicht guten chemischen Zustand** (EEA 2020).

Quelle: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-groundwater>

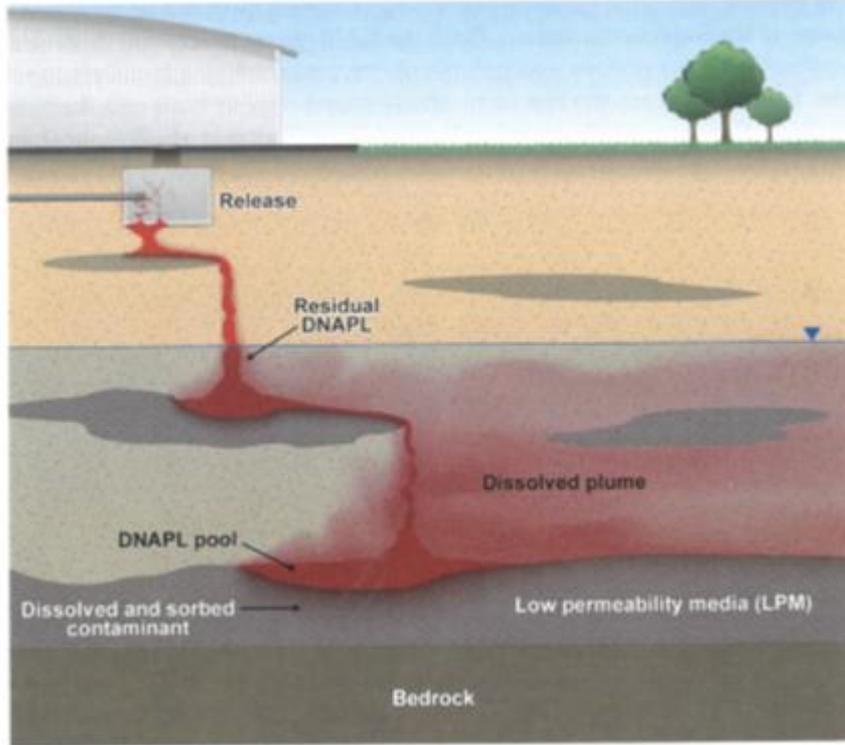
ÜBER 70.000 ALTABLAGERUNGEN UND ALTSTANDORTE IN ÖSTERREICH



Quelle: Granzin und Valtl (2025) Verdachtsflächenkataster und Altlasten, REP-0956, Umweltbundesamt)



TYPISCHES SCHADENSBILD VON CHLORIERTEN KOHLENWASSERSTOFFEN (CKW)



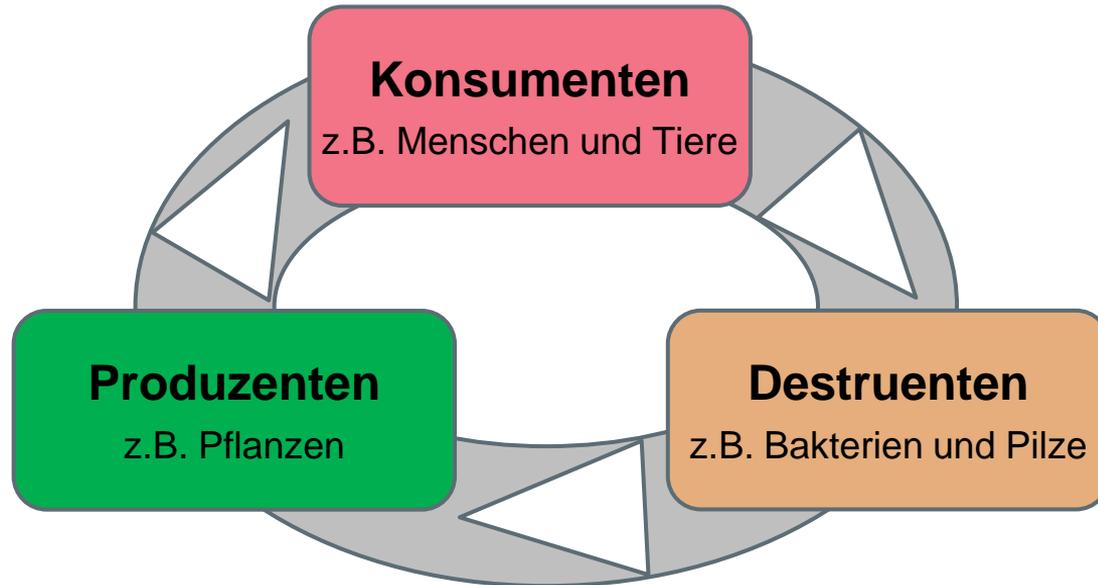
Boden (ungesättigte Zone)

Grundwasser (gesättigte Zone)

Stauer

EINSATZ VON MIKROORGANISMEN ZUM ABBAU VON ORGANISCHEN SCHADSTOFFEN

- Die meisten Mikroorganismen sind chemoheterotroph = benötigen chemische Substanzen als Energiequelle und organische Substanzen als Kohlenstoffquelle



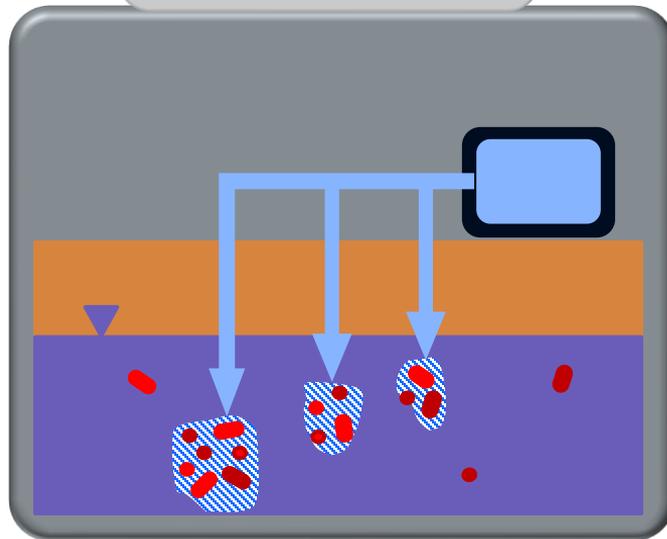
Xenobiotika

- Industrielle Abfallprodukte
- Lösungsmittel
- Pflanzenschutzmittel
- Pharmazeutische Wirkstoffe
- Konservierungsstoffe
- Synthetische Farbstoffe
- etc.

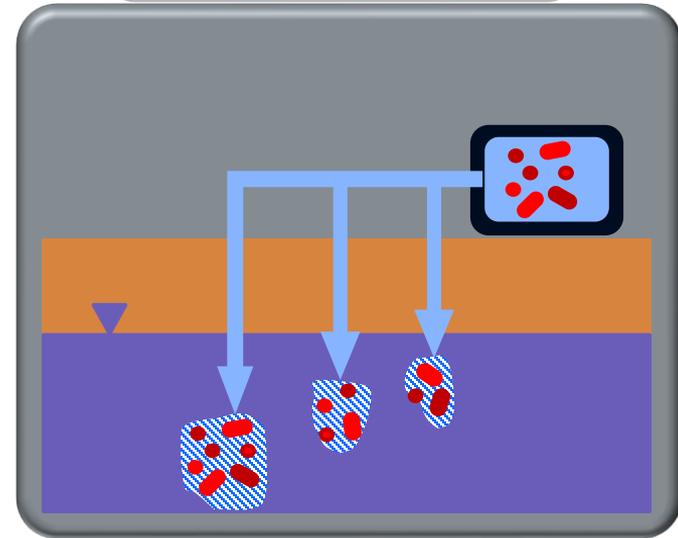
MIKROBIELLE SANIERUNG VON GRUNDWASSER

in situ

Biostimulation



Bioaugmentation



MIKROBIELLE SANIERUNG VON GRUNDWASSER

Vorteile

- kosteneffizient
- rascher als pump&treat
- umweltfreundlich
- hohe gesellschaftliche Akzeptanz
 - Nachhaltige Methode
- flexibel einsetzbar (in-situ, (Pflanzen)-kläranlagen)

Nachteile

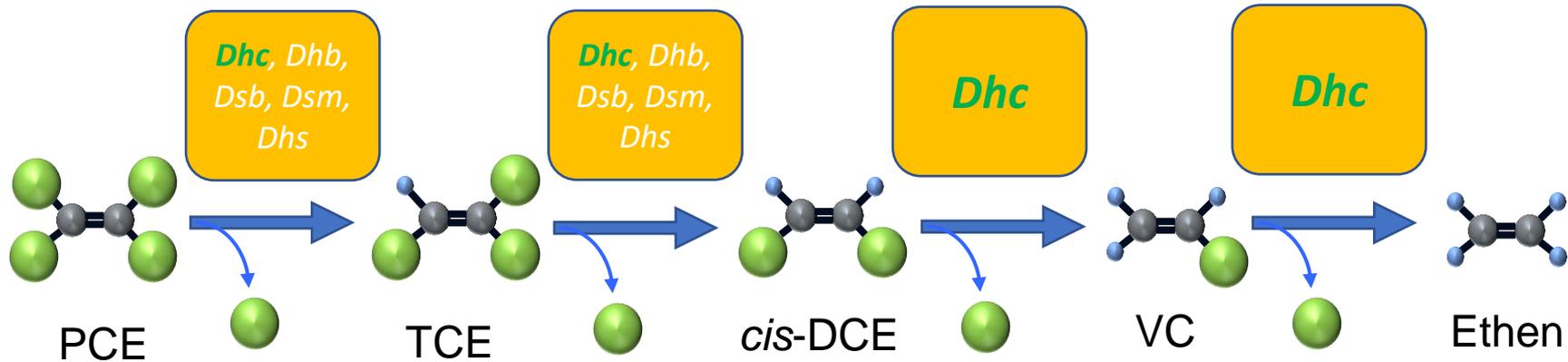
- komplex
- vorab Labor- und Feldtests notwendig
- intensives Monitoring zur Steuerung

Jede Sanierungsmethode hat Einsatzgrenzen und Einsatzrandbedingungen.

BEDINGUNGEN FÜR MIKROBIELLEN ABBAU IM GRUNDWASSER

- Vorhandensein passender Mikroorganismen (wenn nicht → Bioaugmentation)
- Verfügbarkeit von Nährstoffen (N, P, K, Mikronährstoffe)
- Ausreichend Elektronenakzeptoren
- Temperatur
- pH-Wert
- Bioverfügbarkeit der Schadstoffe
- Schadstoffeigenschaften:
 - Wasserlöslichkeit (K_{ow})
 - Molekülgröße
 - Molekülstruktur

MIKROBIELLE REDUKTIVE DECHLORIERUNG („CHLORORESPIRATION“)



- Wasserstoff
- Kohlenstoff
- Chlor

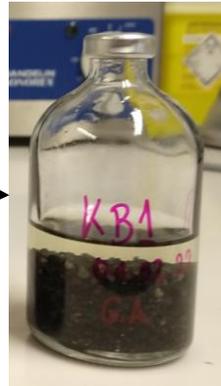
Dhc: Dehalococcoides mccartyi
Dhb: Dehalobacter; Dhs: Dehalospirillum;
Dsm: Desulfuromonas; Dsb: Desulfitobacterium

MIKROBIELLE REDUKTIVE DECHLORIERUNG („CHLORORESPIRATION“)

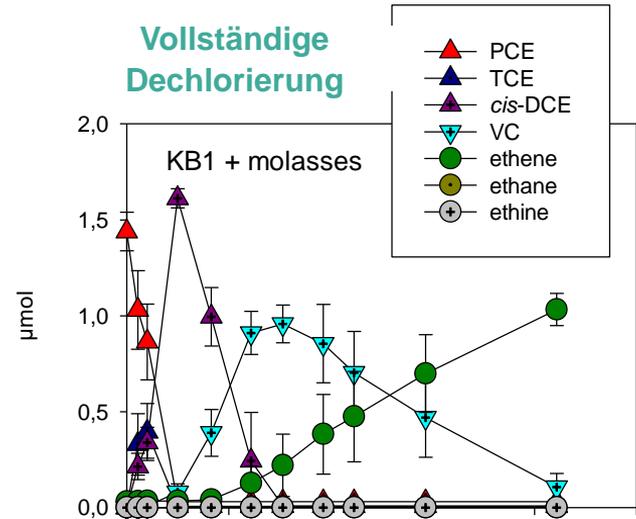
Glovebox mit Argon-Atmosphäre



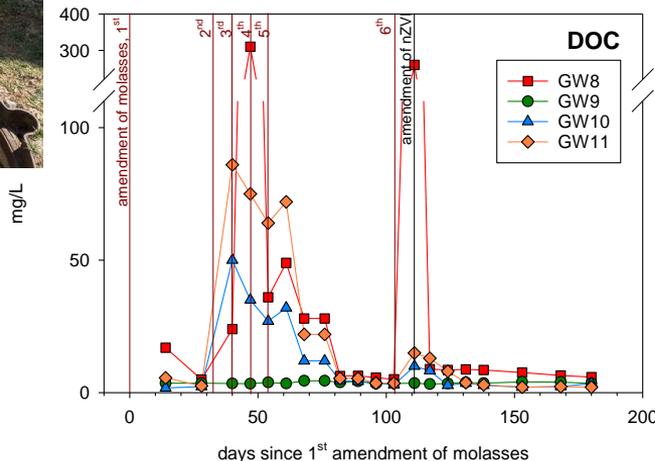
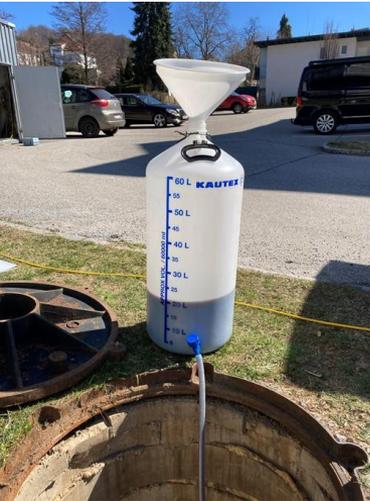
Anaerober
Mikrokosmos



Vollständige
Dechlorierung



MELASSE UND EISENZUGABE

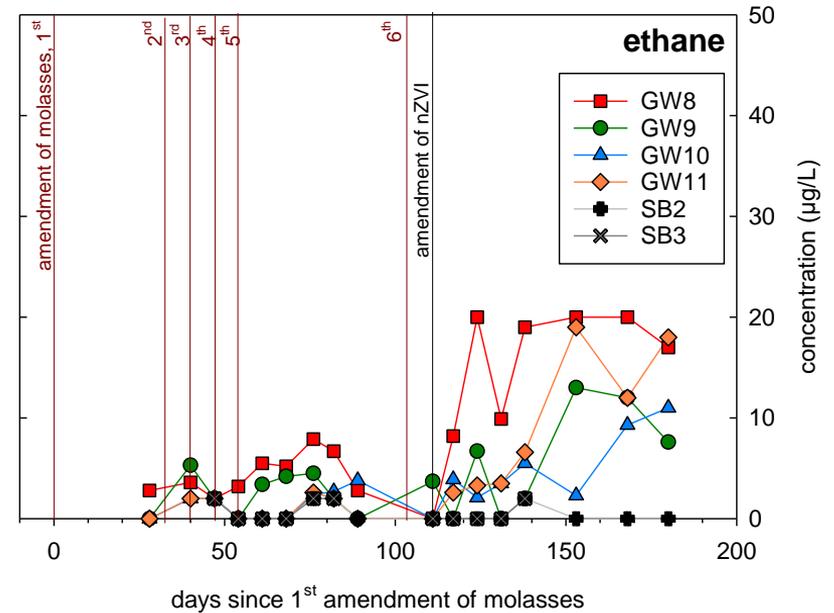
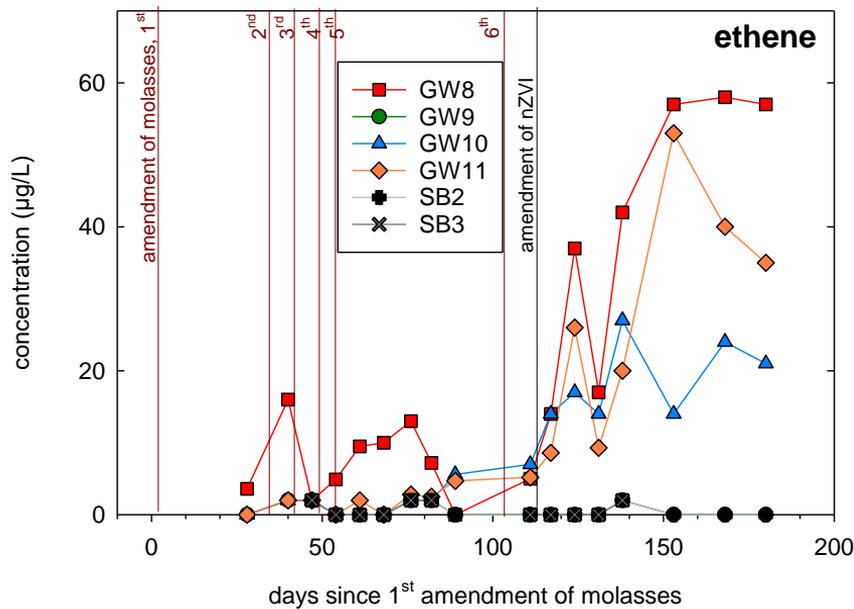


Probenahme: wöchentlich

Dotierungen:

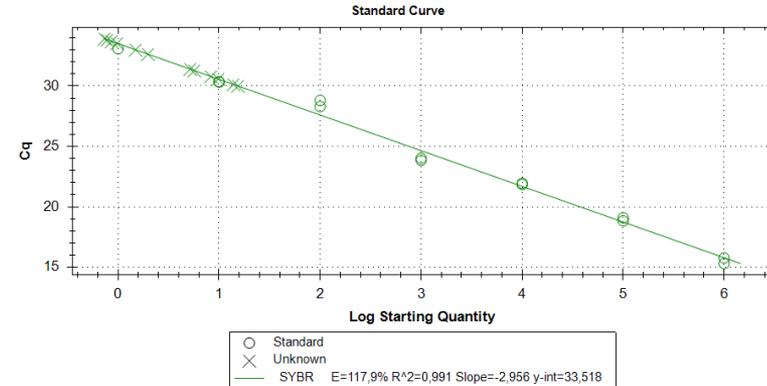
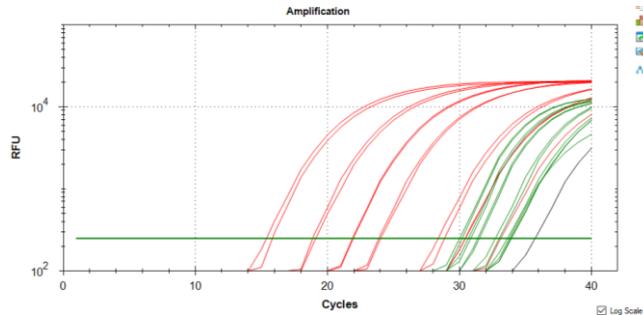
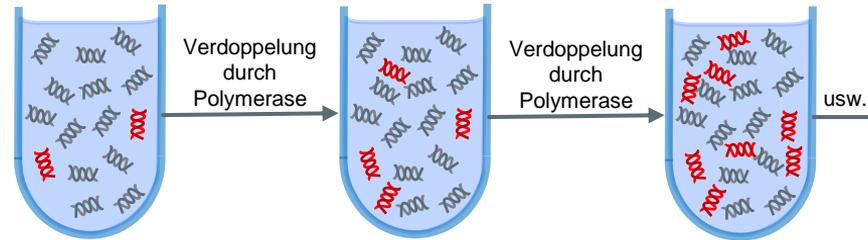
- **Einfache Melassezugabe:**
1 x 90 Liter 5%-ige Melasselösung
- **Wiederholte Melassezugabe:**
4 x 90 Liter 3%-ige Melasselösung
(mit je einer Woche Abstand)
- **Melasse- und Eisenzugabe:**
1 x 90 Liter 3%-ige Melasselösung
1 x 3 kg NanoferStar (in Suspension)
(mit einer Woche Abstand)

ZEITLICHER VERLAUF DER KONZENTRATION VON DECHLORIERTEN ENDPRODUKTEN

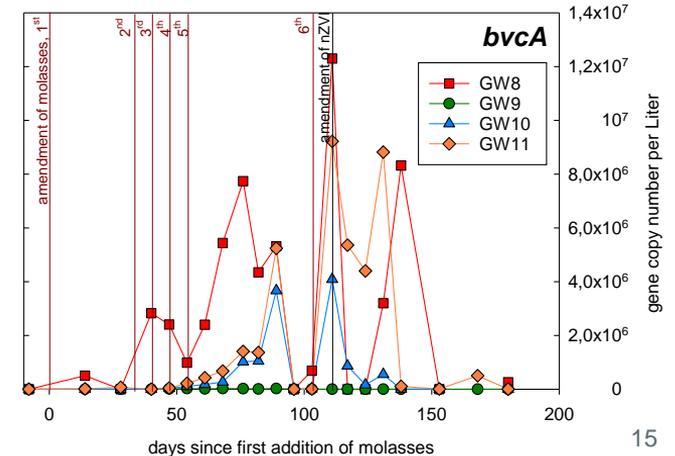
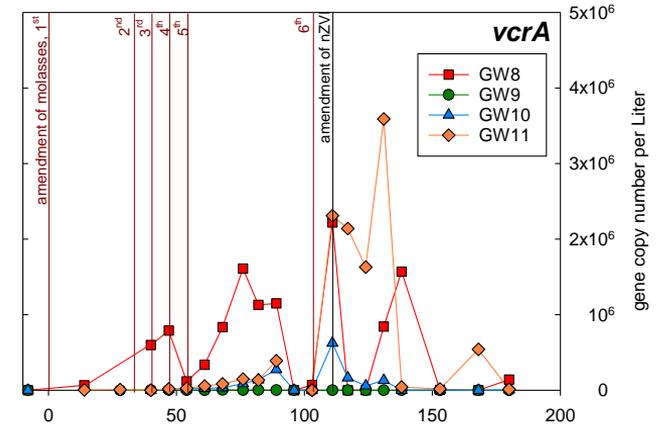
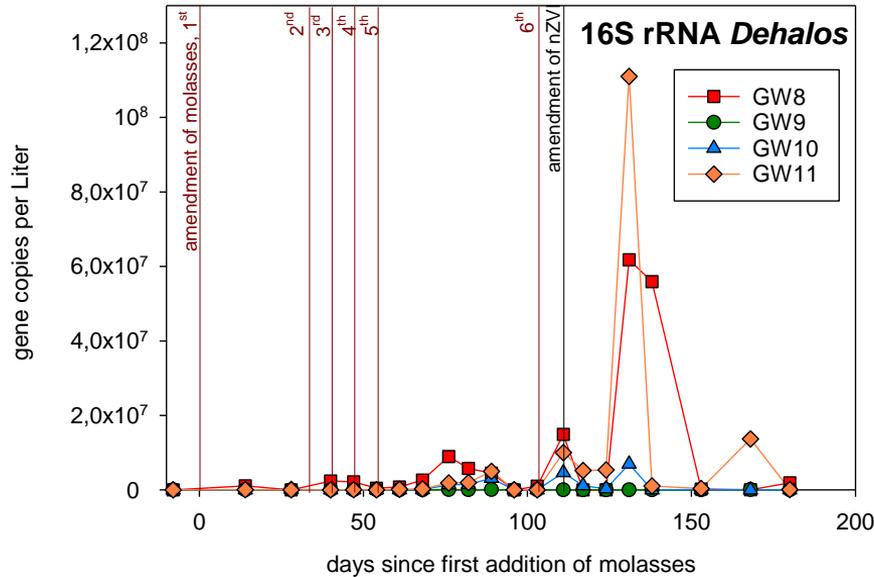


EINSATZ VON qPCR ZUR QUANTIFIZIERUNG VON ABBAUENDEN MIKROORGANISMEN

qPCR = quantitative Polymerase Chain Reaction



ZEITLICHER VERLAUF VON DEHALO-ZELLZAHL UND GEN-KOPIEN



MIBICYD

Das Projekt MIBICYD wird gefördert aus Mitteln des BMK

-  Bundesministerium
 Klimaschutz, Umwelt,
 Energie, Mobilität,
 Innovation und Technologie

Fördermanagement by Kommunalkredit
 Public Consulting (KPC)

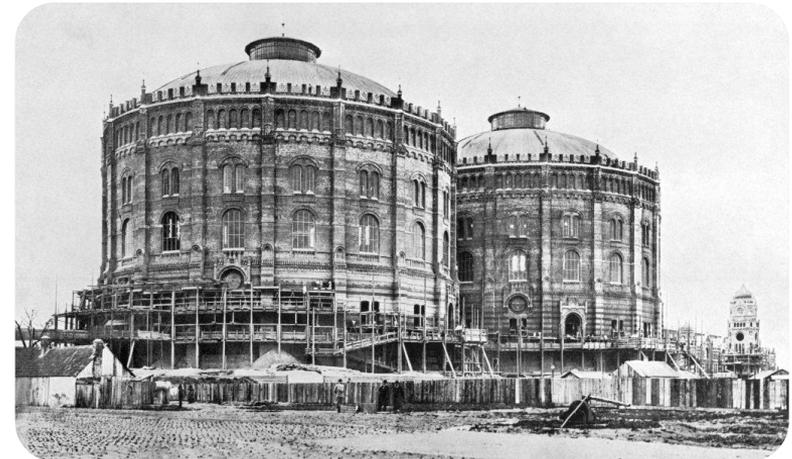


MIBIREM



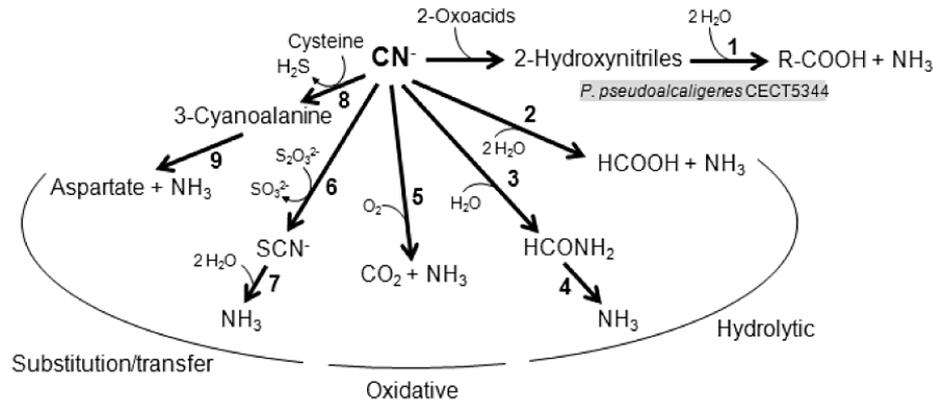
CYANIDE IM GRUNDWASSER...

- ...werden eine zunehmend relevante Schadstoffgruppe, vor allem für ehemalige Gaswerkstandorte
- ...bleiben häufig übrig, wenn organische Schadstoffe, die für ehemalige Gaswerkstandorten typisch sind, saniert wurden
- ...wurden bisher wenig beachtet, sowohl was ihr Umweltverhalten betrifft, aber auch in Bezug auf wirksame und kostengünstige Sanierungsmaßnahmen.



Quelle: <https://www.wienenergie.at/ueber-uns/meilensteine/1899-inbetriebnahme-gaswerk-in-simmering/>

MIKROBIELLER ABBAUWEGE FÜR CYANIDE



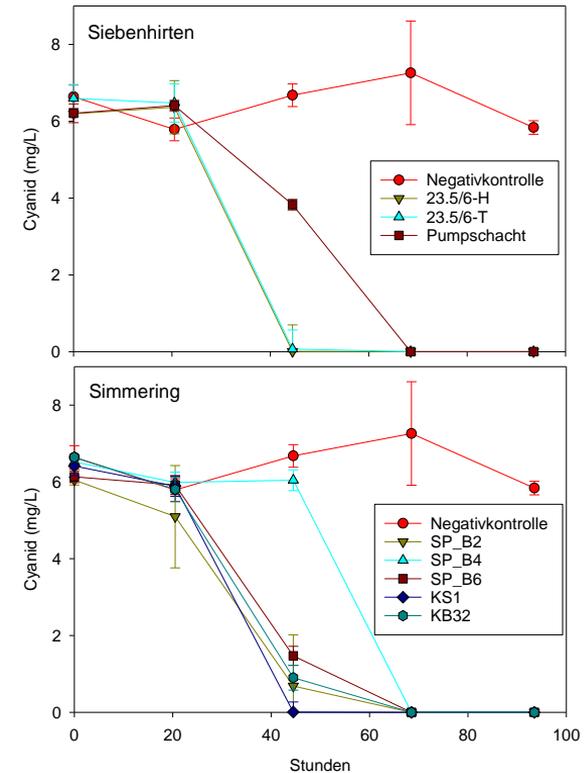
Quelle: Estepa et al. (2012) Environmental Biology Reports 4(3). 326-334

- Nutzung von CN^- als Stickstoffquelle
- Mehrere aerobe Abbauwege
- Anaerober Abbau langsamer und Cyanid ist toxischer für anaerobe Organismen
- Zahlreiche Bakterien können CN^- als N-Quelle nutzen

PROBENAHME - CYANIDSTANDORTE



MIKROKOSMOSTESTS MIT ANREICHERUNGSKULTUREN

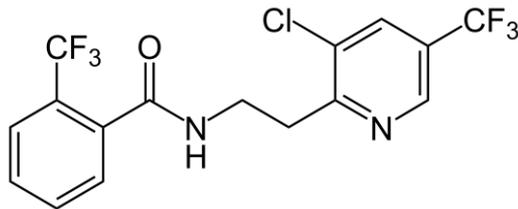


KÖNNEN PFAS MIKROBIELL ABGEBAUT WERDEN?

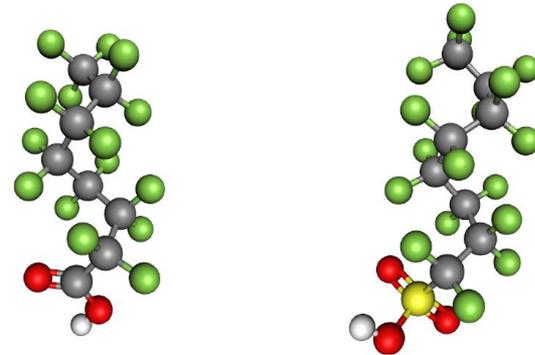
OECD-Definition (2021) von „Poly- und Perfluorierte Alkylsubstanzen“:

„Fluorierte Stoffe, die mindestens ein vollständig fluoriertes Methyl- oder Methylen-Kohlenstoffatom enthalten, d.h. Chemikalien mit mindestens einer perfluorierten Methylgruppe (-CF₃) oder einer perfluorierten Methylengruppe (-CF₂-)“

~ 5000 Substanzen laut OECD



Fluopyram
(Fungizid)



Perfluoroktansäure
(PFOA)

Perfluoroktansulfon-
säure (PFOS)

Perfluorierte Alkylsäuren

MIKROBIELLE DEFLUORIERUNG VON PFAS IST DENKBAR

Österreichisches Forschungsprojekt:
PFASAN - Entwicklung innovativer
Sanierungsstrategien für PFAS
kontaminierte Standorte in Österreich“

Suche nach PFAS-abbauenden
Bakterienstämmen

ENVIRONMENTAL
Science & Technology

pubs.acs.org/est

This article is licensed under [CC-BY-NC-ND 4.0](#) [Open Access](#)

Critical Review

Biotransforming the “Forever Chemicals”: Trends and Insights from Microbiological Studies on PFAS

Justin P. Skinner,* Alia Raderstorf, Bruce E. Rittmann, and Anca G. Delgado*

[Cite This: Environ. Sci. Technol. 2025, 59, 5417–5430](#) [Read Online](#)

ACCESS | [Metrics & More](#) | [Article Recommendations](#) | [Supporting Information](#)

ABSTRACT: Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are recalcitrant contaminants of emerging concern. Research efforts have been dedicated to PFAS microbial biotransformation in the hopes of developing treatment technologies using microorganisms as catalysts. Here, we performed a meta-analysis by extracting and standardizing quantitative data from 97 microbial PFAS biotransformation studies and comparing outcomes *via* statistical tests. This meta-analysis indicated that the likelihood of PFAS biotransformation was higher under aerobic conditions, in experiments with defined or axenic cultures, when high concentrations of PFAS were used, and when PFAS contained fewer fluorine atoms in the molecule. This meta-analysis also documented that PFAS biotransformation depends on

A meta-analysis on microbial biotransformation of PFAS

The figure displays a plastic bottle of water on the left, with several chemical structures of PFAS molecules overlaid on it. To the right of the bottle is a bar chart showing the distribution of PFAS biotransformation outcomes across different studies. Below the bar chart is a network diagram illustrating the relationships between various PFAS compounds and their biotransformation products.

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

Thomas G. Reichenauer, 15. Mai 2025

One Water Konferenz, Tulln

