



# Bewertung der PFAS-Abscheideleistung unter Verwendung von Carbonit-PFAS-Filtern in Kombination mit dem instrAction-PFAS-Absorber.

**April 2026**

## Teil 1

# **Externe Bewertung der PFAS-Entfernungsleistung unter Verwendung eines Aktivkohleblockfilters, eines Filters mit einem harzbasiertem Material und hybrider Filtermedien.**

Durchgeführt im Labor des Instituts für Sanitärtechnik, Wasserqualität und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart

- Diese Studie wurde im Labor des Instituts für Sanitärtechnik, Wasserqualität und Abfallwirtschaft (ISWA) der Universität Stuttgart von Dr. Ing. Behnam Askari Lasaki und Prof. Dr. Ing. habil. Harald Schönberger durchgeführt.
- Die TFA-Analytics wurde durchgeführt am Technologiezentrum Wasser (TZW) in Karlsruhe
- Die Studie wurde in Auftrag gegeben von Carbonit GmbH, Salzwedel und instrAction GmbH, Heidelberg



## Einführung

Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS) sind eine Klasse persistenter Umweltkontaminanten, die aufgrund ihres weit verbreiteten Vorkommens in Wasserressourcen und ihrer potenziellen gesundheitlichen Auswirkungen zunehmend Beachtung finden.

Besondere Besorgnis gilt:

- **kurzkettigen PFAS** (z. B. PFHxA, PFBS)
- **Ultrakurzkettige PFAS**, insbesondere TFA

Diese Verbindungen sind:

In aquatischen Systemen hochmobil.

Mit herkömmlichen Aufbereitungstechnologien schwer zu entfernen.

Zunehmend in Trinkwasserquellen nachgewiesen.

Aktivkohle wird häufig zur PFAS-Entfernung eingesetzt, weist jedoch bekannte Einschränkungen auf, insbesondere bei kurzkettigen Verbindungen. Kürzlich wurden funktionalisierte Materialien auf Harzbasis entwickelt, um die Selektivität und die Entfernungseffizienz zu verbessern.

Ziel dieser Studie ist es, das harzbasierte Filtersystem von instrAction, das kohlebasierte Filtersystem von Carbonit und den Kombinationsfilter unter realistischen Einsatzbedingungen zu bewerten.

## Materialien und Methoden

Versuchsort:	Alle Versuche wurden in den Laboreinrichtungen des Instituts für Sanitärtechnik (ISWA) der Universität Stuttgart durchgeführt.
Wassermatrix:	Die Versuche wurden mit Leitungswasser durchgeführt, dessen Eigenschaften für das Trinkwasser des Bodensees repräsentativ sind: <ul style="list-style-type: none"><li>• pH-Wert <math>\approx 7,0</math></li><li>• Elektrische Leitfähigkeit <math>\approx 170 \mu\text{S/cm}</math></li><li>• Wasserhärte <math>\approx 8\text{--}12 \text{ }^\circ\text{dH}</math></li></ul>
PFAS-Herstellung:	Eine Mischung aus PFAS-Verbindungen wurde synthetisch hergestellt und in einen IBC-Tank (Intermediate Bulk Container) gegeben. Die Lösung wurde gründlich gemischt, um eine homogene Verteilung zu gewährleisten, bevor sie in das Filtersystem eingeleitet wurde.
PFAS-Konzentration: (in Anlehnung an das NFS 53 Protokoll)	<ul style="list-style-type: none"><li>• TFA (Trifluoressigsäure) <math>1,4 \mu\text{g/l}</math></li><li>• PFBS (Perfluorbutansulfonsäure) <math>0,3 \mu\text{g/l}</math></li><li>• PFHxA (Perfluorhexansäure) <math>0,1 \mu\text{g/l}</math></li><li>• PFOA (Perfluoroctansäure) <math>1,5 \mu\text{g/l}</math></li></ul>

## Versuchsaufbau

### Das Versuchssystem bestand aus:

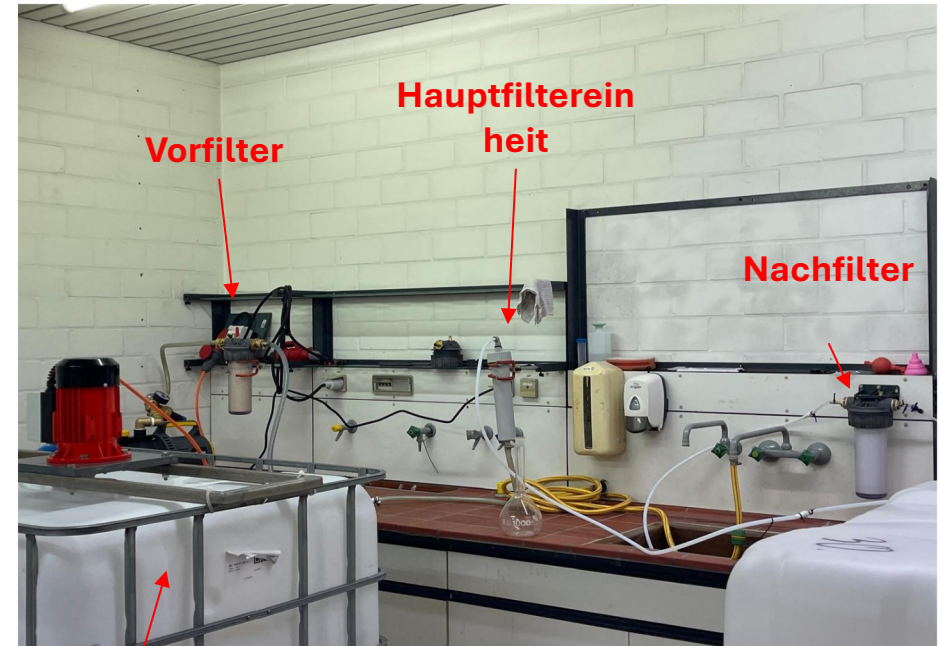
- IBC-Tank
- Mischsystem
- Kreiselpumpe
- Filtrationssäulen
- Nachbehandlungsanlage

### Filterkonfiguration:

- Vorfilter (1 µm) zur Partikelentfernung
- Hauptfiltereinheit:
  - (a) Carbonit GFP Premium
  - (b) Carbonit ILP P200
  - (c) Carbonit GFP P200
- Nachfilter zur Verhinderung des Eintrags von PFAS in das Laborabwassersystem

### Betriebsbedingungen:

- Durchflussmenge: 2,0 l/min
- Betriebszeit: 8 Stunden/Tag
- Gesamtfüllmenge:  
bis zu 3.000 Liter



IBC Tank

Testaufbau im ISWA

## Filter verwendet



(A)

### **Carbonit GFP Premium**

10" Aktivkohleblock mit einer Porengröße vom 0,30 µm



(B)

### **Carbonit ILP P200**

Absorberfilterpatrone mit 330 ml instrAction-Absorberharz P 200



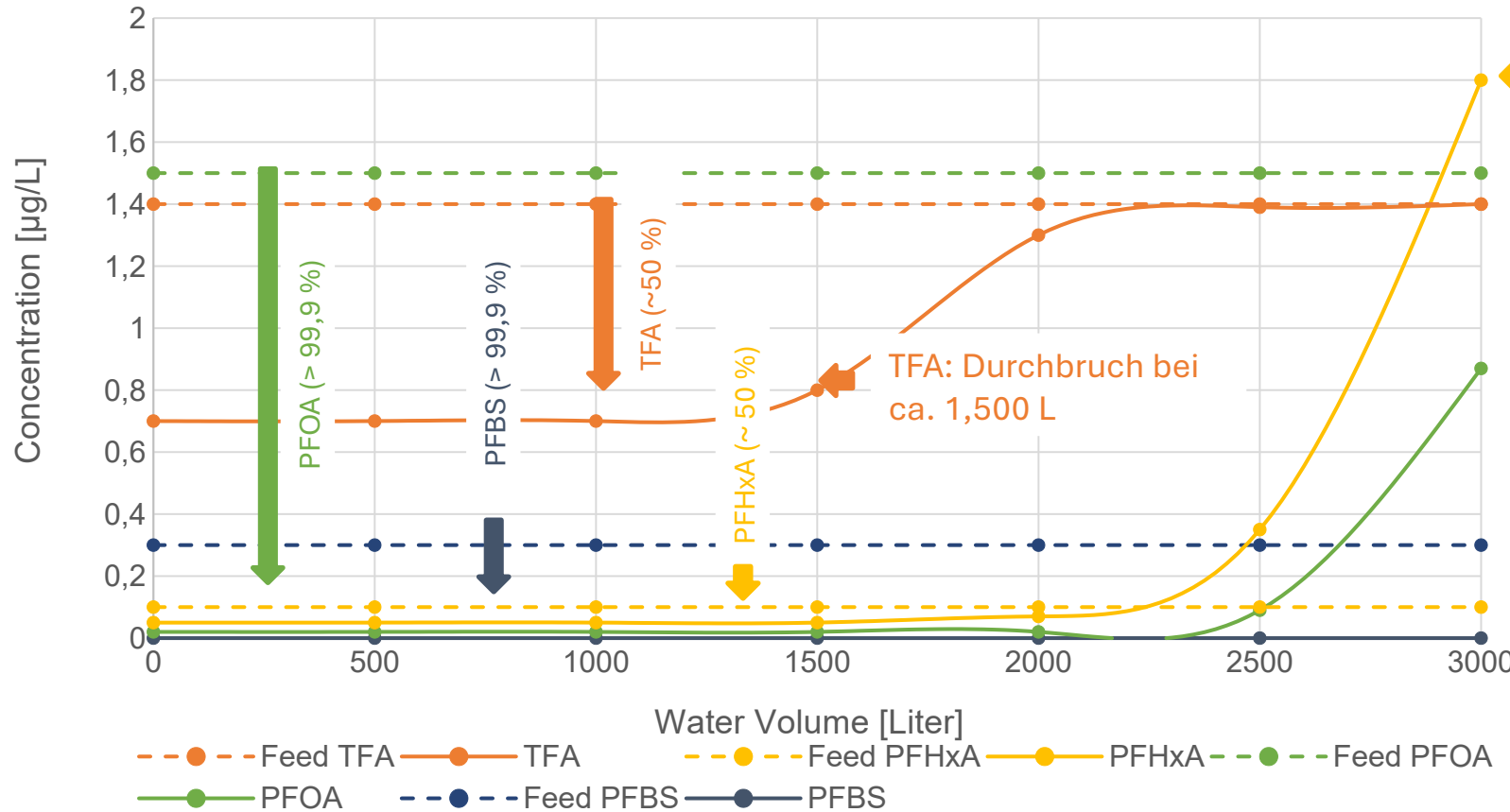
(C)

### **Carbonit GFP P200**

10" Aktivkohleblock kombiniert mit instrAction Absorberharz P 200

# Ergebnisse: Test Aufbau (A)

Carbonit GFP Premium - 10“ Aktivkohleblock mit einer Porengröße von 0.3 µm



PFHxA: Durchbruch bei ~2000 L  
Überschreitung aufgrund der Verdrängung durch langkettige PFAS

PFOA: Durchbruch bei ~2500 L

Das Diagramm zeigt die Abbauraten der getesteten PFAS-Typen im Zeitverlauf.

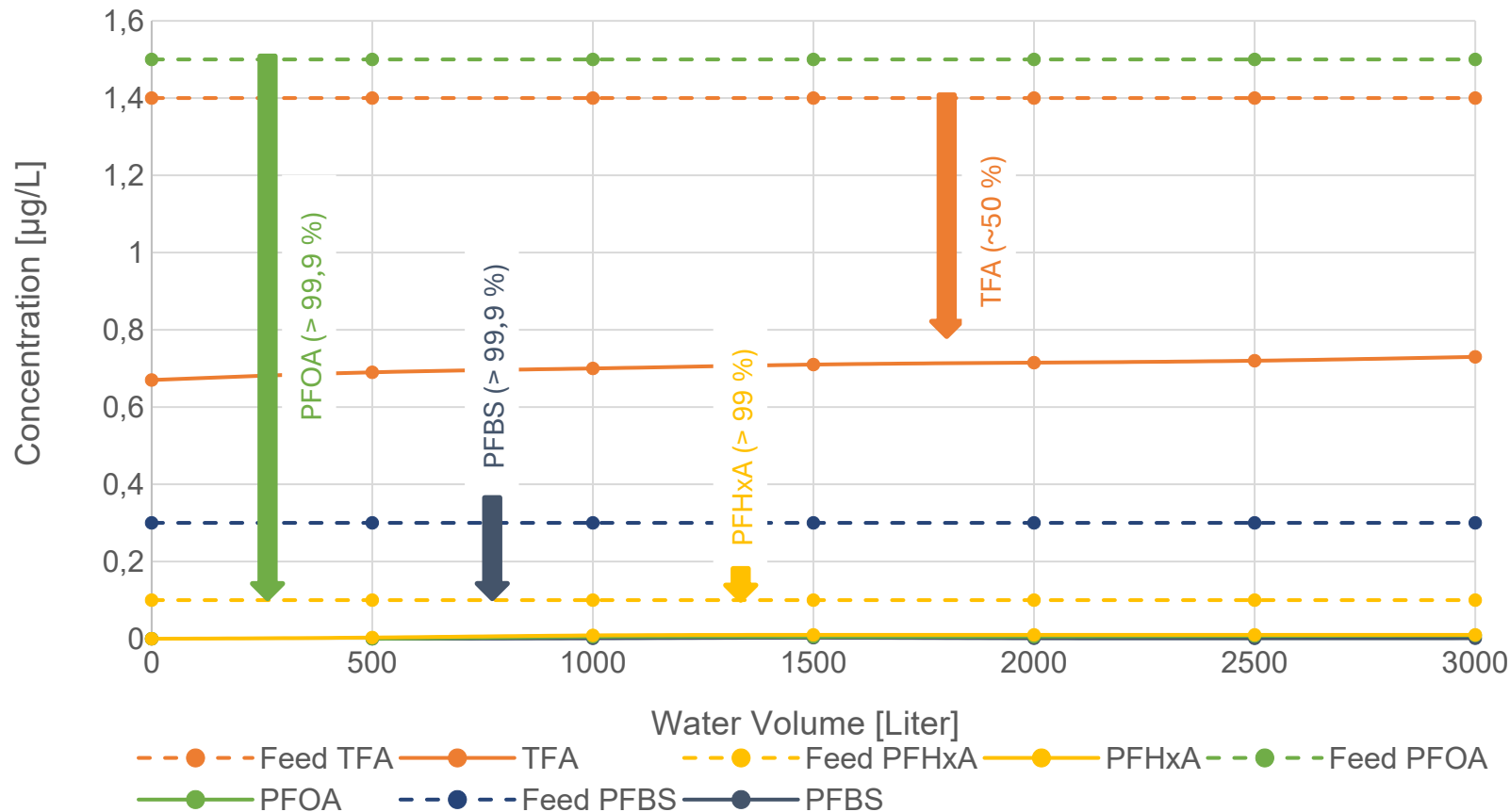
- Früher Durchbruch von PFHxA und PFOA.
- Freisetzung von adsorbiertem PFHxA zugunsten anderer PFAS.
- Vollständiger Abbau von PFBS über den Testzeitraum.
- Nach einer Abbauraten von 50 % für TFA wurde bei 1.500 l ein früher Durchbruch beobachtet.

Analytische Ausreißer wurden nicht berücksichtigt und sind nicht dargestellt



## Ergebnisse: Test Aufbau (B)

Carbonit ILP P200 Durchflussfilter mit 330 ml instrAction-Absorberharz P 200



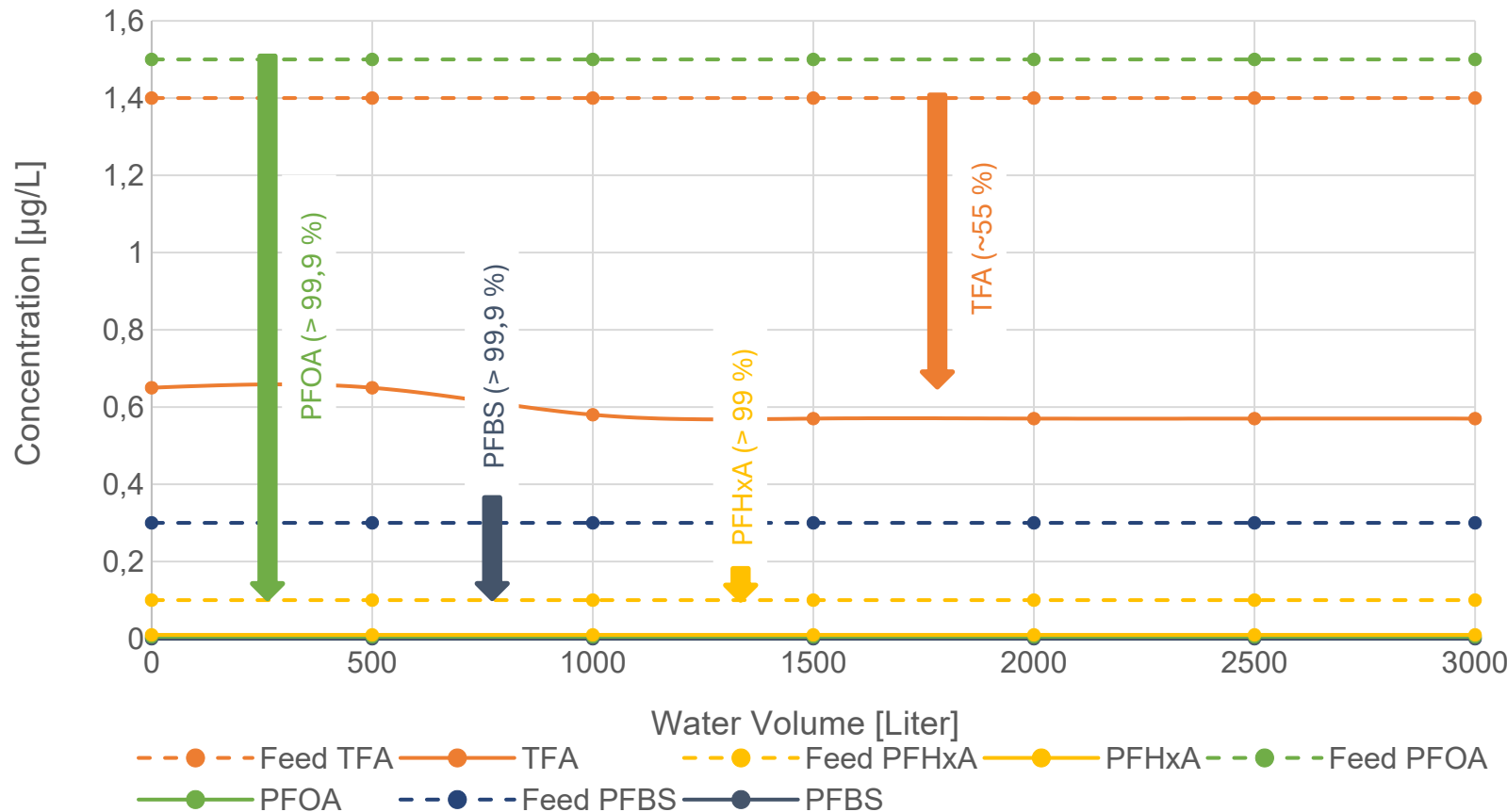
Das Diagramm zeigt die Abbauraten der getesteten PFAS-Typen im Zeitverlauf.

- Konstante Abbauraten.
- Vollständiger Abbau von PFOA, PFHxA und PFBS.
- Für TFA wurde über die gesamte Laufzeit eine Abbaurrate von 50 % erreicht.

Analytische Ausreißer wurden nicht berücksichtigt und sind nicht dargestellt

# Ergebnissen Test Aufbau (C)

## Carbonit GFP P200 - 10“ carbon block combined with instrAction absorber resin P 200



Das Diagramm zeigt die Abscheidungsraten der getesteten PFAS-Typen im Zeitverlauf.

- Konstante Abscheidungsraten.
- Vollständige Abscheidung von PFOA, PFHxA und PFBS.
- Für TFA wurde über die gesamte Laufzeit eine Abscheidungsrate von über 55 % erreicht.
- Die Kombination aus Aktivkohle und Harz sorgt für einen Synergieeffekt: Die Aktivkohle dient als Vorkonditionierungsstufe, während das Harz für eine selektive Adsorption sorgt.

Analytische Ausreißer wurden nicht berücksichtigt und sind nicht dargestellt

## Schlussfolgerungen

Diese Studie zeigt, dass:

- Funktionalisierte harzbasierte Materialien eine verbesserte Abscheideleistung bieten und bei den untersuchten Wassermengen (ca. 3.000 l) keine Anzeichen für einen Durchbruch bei kurzkettigen und langkettigen PFAS zu verzeichnen sind.
- TFA stellt aufgrund seiner hohen Mobilität und geringen Adsorptionsaffinität weiterhin eine große Herausforderung dar, obwohl bei der Verwendung von harzbasierten Filtern eine Abscheidungsrate von etwa 50 % beobachtet wurde.
- Aktivkohle allein weist bei hohen Durchflussraten Einschränkungen bei der PFAS-Entfernung auf.
- Hybridsysteme bieten eine robuste und wirksame Lösung für kurzkettige und langkettige PFAS.
- Das funktionalisierte Material auf Harzbasis zeigt im Vergleich zu Aktivkohle eine höhere Selektivität und Affinität gegenüber PFAS, insbesondere bei kurzkettigen Verbindungen.

**Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung fortschrittlicher Behandlungsverfahren zur Entfernung von PFAS in Trinkwasseranwendungen.**

## Teil 2

# Bewertung der PFAS-Abscheideleistung gemäß dem NSF-53-Protokoll.

Durchgeführt im Labor der instrAction GmbH, Heidelberg

## PFAS Abscheidungsgrad nach dem NFS 53 Protokoll

### Testaufbau

Testkartusche: Carbonit ILP P200 –  
Radialflussfilter mit 330 ml  
instrAction-Absorberharz P 200

Absorbervolumen: 0,33 Liter

Absorberharz: instrAction P 200

Partikelgröße: 200 µm

Durchflussrichtung: radial

Durchflussrate: 2,75 l/min (165 l/h; 262 BV/h)

Betriebszeit: 8 Stunden/Tag

Matrix: Leitungswasser aus Heidelberg

Einsatzstoff:

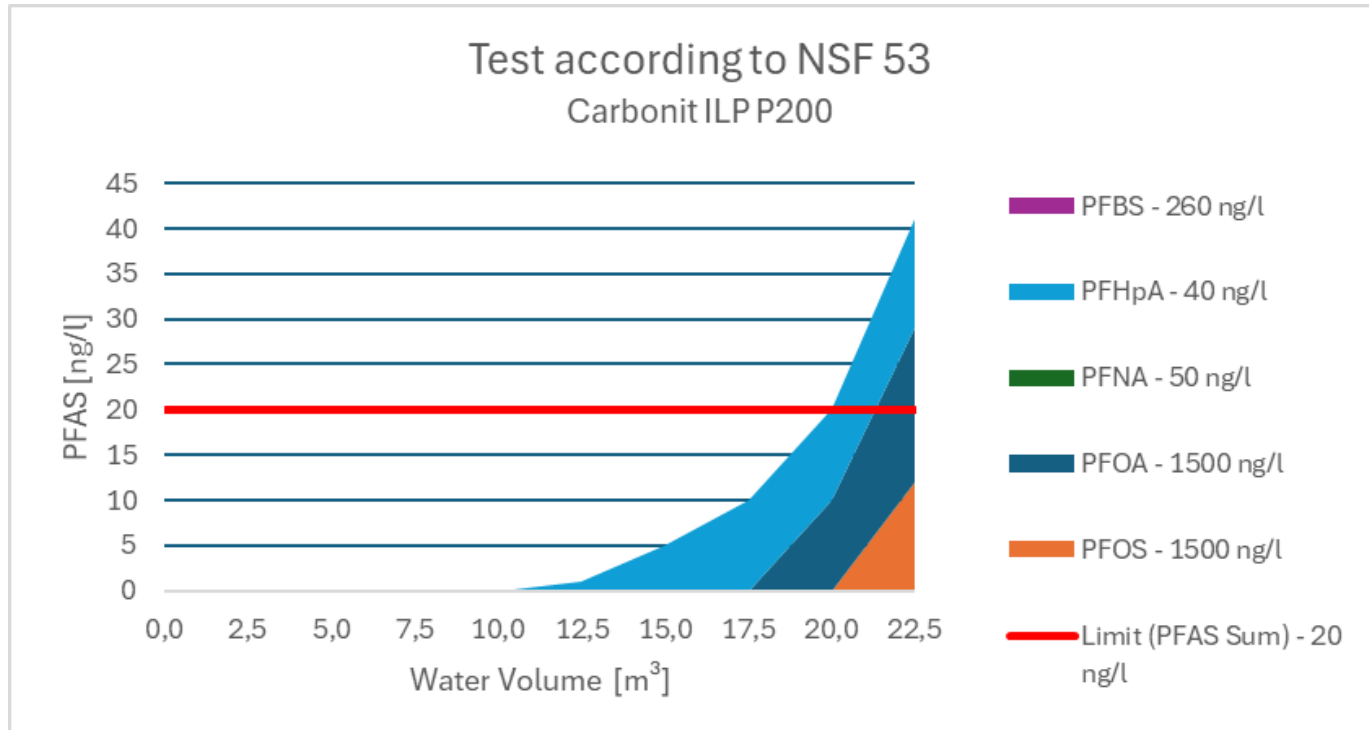
- PFOA 1.500 ng/l
- PFOS 1.500 ng/l
- PFNA 50 ng/l
- PFHpA 40 ng/l
- PFBS 260 ng/l

**PFAS-Summe: 3.350 ng/l**

Grenzwert nach Filtration: **20 ng/l**

Reduktionsgrad: 99,99 %

## PFAS-Abscheidungsgrad – geprüft gemäß dem NSF-53-Protokoll



Die Grafik zeigt die Abbauraten der getesteten PFAS-Typen im Zeitverlauf.

- Wie erwartet wird PFHpA als erstes durchgelassen, gefolgt von PFOA und PFOS an dritter Stelle.
- Der Zielgrenzwert von 20 ng/l wurde nach 20 m<sup>3</sup> aufbereitetem Wasser überschritten.
- Dies entspricht etwa 63 mg PFAS, die dauerhaft an den Absorber gebunden wurden.
- Gemäß den NSF-Vorschriften kann folgende Lebensdauer angegeben werden:
  - Mit Lebensdaueranzeige: 16.000 Liter
  - Ohne Lebensdaueranzeige: 10.000 Liter

**Diese Ergebnisse sind auf dem Markt bislang unübertroffen und machen das Produkt zu einem einzigartigen Angebot und zu einem Alleinstellungsmerkmal.**

## Kontakt:



### **CARBONIT Filtertechnik GmbH**

Industriestraße 2

29410 Salzwedel / OT Dambeck

Gewerbegebiet Salzwedel Süd

T +49 39035 9550

produktion@carbonit.com

**www.carbonit.com**



### **instrAction GmbH**

Carl-Friedrich-Gauß-Ring 5

69124 Heidelberg

T +49 6221 6509946

info@instraction.de

**www.instraction.de**