

# PFAS Belastungen im Trinkwasser

## Vergleichende Untersuchung zur Rückhaltung von Metaboliten von Pflanzenschutzmittel



Trinkwasser wird aus Rohwasser nach verschiedenen Reinigungs- und Filterstufen ins Trinkwassernetz gespeist. Eine Belastung mit PFAS ist unerwünscht und gesundheitsgefährdend. Anhand eines Anwendungsbeispiels im Rohwasserpumpwerk Creglingen wird mithilfe einer vergleichenden Untersuchung zur Rückhaltung von Metaboliten des Pflanzenschutzmittels Chloridazon die Trinkwasseraufbereitung unter Bezugnahme auf PFAS dargestellt. Dabei wird die Filterleistung von Aktivkohle auf Kokosnussbasis mit Aktivkohle auf Steinkohlebasis verglichen.



### Keywords

- **PFAS**
- **Trinkwasseraufbereitung**
- **Aktivkohle**

Gerade in diesem Jahr hat das Thema Trinkwasser durch die Verschärfung der Trinkwasserverordnung und der PFAS-Thematik (Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) massiv an Bedeutung gewonnen. Verdienterweise, da es doch unser wichtigstes Lebensmittel ist und nicht ersetzt werden kann. Die Brisanz liegt auf der Hand, wenn es neue Skandale um verunreinigte Trinkwasservorkommen durch Umweltkatastrophen oder menschengemachte Umweltskandale gibt, da belastetes oder verunreinigtes Trinkwasser jeden Menschen erreichen könnte.

Daher wird die Qualität des Trinkwassers durch die Trinkwasserverordnung, sowie verschiedene Leitlinien, rechtliche Grundlagen oder Regelwerke strikt gesetzlich reglementiert. Insbesondere da über die Jahrzehnte auch die Inhaltsstoffe von Trinkwasser vielfäl-

tiger und komplexer geworden sind, so z.B. durch Medikamenten- oder PFAS-Rückstände.

### PFAS-Belastungen in Deutschland

Eine im Jahr 2020 veröffentlichte Karte des Umweltbundesamtes zeigt PFAS-Hotspots in Böden und Grundwasser in Deutschland.<sup>[1]</sup> Darauf ist zu erkennen, dass das Thema PFAS deutschlandweit tatsächlich großflächig präsent ist. Die bekanntesten Vertreter wie PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) und PFOA (Perfluoroktansäure) z.B. liegen bei jeweils 0,1 µg/L bzw. für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen bei 0,05 µg/L auf Basis der Werte des Umweltbundesamtes.

### Was macht PFAS so gefährlich?

Bei PFAS handelt es sich um einen Sammelbegriff für sogenannte Ewigkeitschemikalien

(PFAS: Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen), welcher rund 10.000 künstliche Stoffe umfasst. Zu den bekanntesten Vertretern zählen PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) und PFOA (Perfluoroktansäure). Diese begegnen uns im Alltag in verschiedenster Form: Kleidung, Kosmetikartikeln, beschichteten Pfannen. Da diese Chemikalien extrem stabil sind, können sie sich in der Umwelt ablagern – auch im menschlichen Körper – und werden dort kaum abgebaut. Über Kläranlagen gelangen sie in Flüsse, Seen und Meere.

### Wirksame Entfernung von PFAS-Rückständen mithilfe von Aktivkohle

Natürlich ist das Ziel, dass PFAS nicht in die Umwelt und damit ins Trinkwasser gelangen sollten. Leider mangelt es bisher an wirksamen Maßnahmen, die den Einsatz von PFAS

über verschiedenste Quellen kontrollieren, so dass es über verschiedene Wege freigesetzt werden und damit auch die Trinkwasserressourcen erreichen kann.

Daher ist zu erwarten, dass die PFAS-Konzentrationen perspektivisch in den kommenden Jahren zunehmen werden und die Trinkwasserversorger gezwungen sind, auf aufwendige Aufbereitungsmaßnahmen zurückzugreifen, um die gesetzlichen PFAS-Grenzwerte einhalten zu können.

Der Einsatz von Aktivkohle in Wasseranwendungen zur Entfernung von Schadstoffen ist eine gängige Praxis, da sich das Produkt für die Adsorption verschiedenster Schadstoffgruppen eignet. Dazu zählen synthetische organische Chemikalien, natürliche organische Verbindungen und andere geschmacks- und geruchsbeeinflussende Verbindungen. Dabei kann Aktivkohle in granulierter oder pulverförmiger Form verwendet werden. Beide Varianten sind hochporös und besitzen eine große Oberfläche, an der Schadstoffe adsorbiert werden können. Entscheidend ist das angewandte Produktionsverfahren, um eine bestmögliche Produktqualität zu erzielen. Das Wirbelschichtverfahren von CarboTech zur Herstellung von Aktivkohle sorgt für eine hohe Langlebigkeit und große Beladungskapazität der Produkte. Die Produktionsweise ermöglicht eine Aktivkohle mit einer größeren inneren Oberfläche als bei vergleichbaren Produkten und macht sie so außerordentlich wirksam und rentabel.

Aktivkohle wird aus organischen Materialien (z.B. Kokosnussschale, Kohle, Holz) mit hohem Kohlenstoffgehalt hergestellt. Durch Reaktivierung der beladenen Aktivkohle ist eine Rückführung in die Kreislaufwirtschaft ohne Verlust der Aufnahmefähigkeit möglich. Die Vorteile der Aktivkohle liegen klar auf der Hand: Mikroverunreinigungen wie (Pestizide, Lösungsmittel oder PFAS) werden zurückgehalten, der Einsatz von Aktivkohle erfordert keine komplexen technischen Vorrichtungen, sie ist leicht skalierbar und durch die Reaktivierung kann der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Aktivkohle minimiert werden.

### Versuchsaufbau in einem Wasserwerk zur Trinkwasseraufbereitung

Das Wasser durchläuft einige Prozessschritte, nachdem es aus Grund-, Quell- oder Oberflächenwasser als Rohwasser gefördert, verarbeitet und schließlich im Haushalt als Trinkwasser aus dem Wasserhahn fließt. Zu den eingesetzten Reinigungsverfahren in der Trinkwasseraufbereitung gehört oftmals ein Aktivkohlefilter. Dieser adsorbiert gelöste organische Stoffe. Zudem wird Aktivkohle auch für die Entchlorung oder Entozonung eingesetzt, wenn das Wasser mittels Chlor, Ozon oder weiterer Oxidationsmittel desinfiziert wurde.

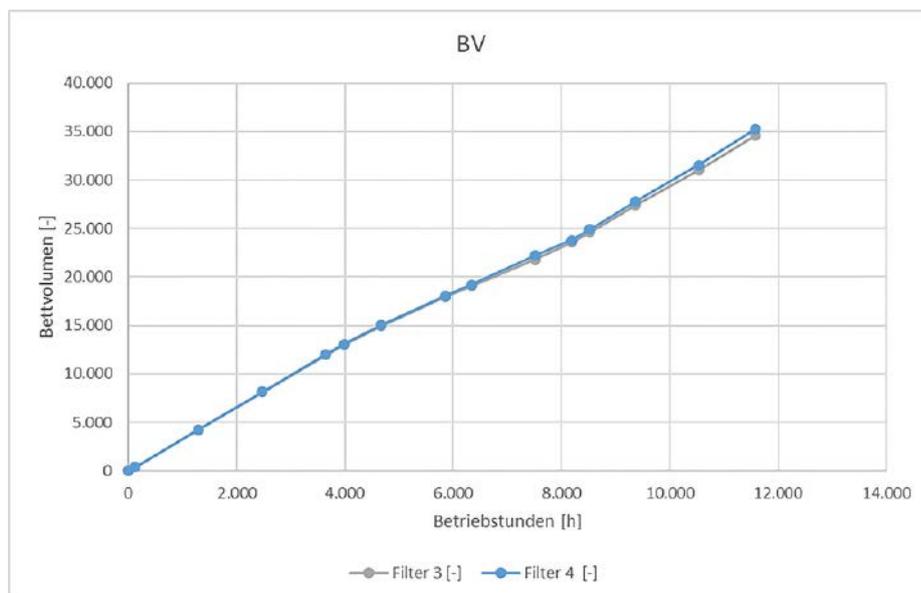


Abb. 2: Durchsatz des Filters 3 (F3; steinkohlebasierend) und des Filters 4 (F4; kokosnussschalenbasierend) in Bettvolumina.

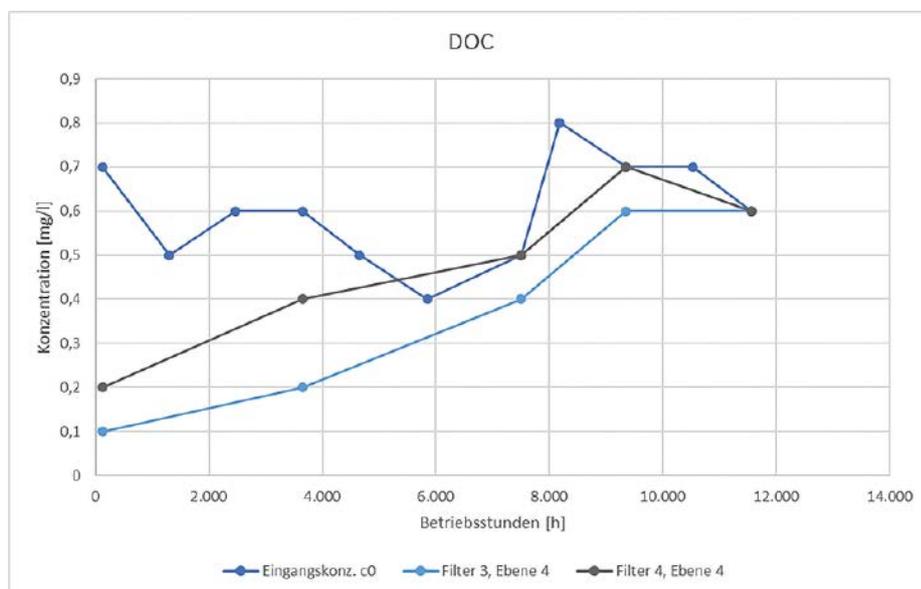


Abb. 3: Exemplarische Konzentrationsverläufe des DOC; Rohwasser (cO); Filter 3-Ebene 4, Filter 4-Ebene 4.

Derzeit wird hauptsächlich Aktivkohle auf Steinkohlebasis für die Aufbereitung eingesetzt. Doch auch hier ist die Nachfrage nach nachhaltigen Alternativen vorhanden. In diesem Rahmen wurde 2021 eine Kooperation mit dem Zweckverband Wasserversorgung Nordostwürttemberg (NOW) geschlossen. In einer Versuchsreihe soll die Rückhalteleistung der zu vergleichenden Aktivkohlen in Bezug auf ausgewählte Stoffe verglichen werden. Durch die örtlichen Begebenheiten ist es möglich, zwei unterschiedliche Aktivkohlen zeitgleich zu testen. Zum Einsatz kommen zwei Granulataktivkohlen mit einer Körnung von 8x30 mesh auf Steinkohle- und Kokosnussschalebasis.

Der Fokus der Analysen liegt auf den Parametern DOC (dissolved organic carbon), dem Pflanzenschutzmittel Chloridazon und

Is-Chloridazon den Metaboliten Desphenyl-Chloridazon (Metabolit B) und Methyl-Desphenyl-Chloridazon (Metabolit B1). Ziel des Versuches ist die Aufnahme von Durchbruchkurven bzgl. des DOC und der beiden Chloridazon-Metaboliten. Dafür ist jeder Filterbehälter mit 4 Probenahmestellen entlang der Aktivkohle-Schüttung ausgerüstet (Ebene 1, ~ 2, ~3, ~ 4). Die Ebenen sind in Strömungsrichtung von oben nach unten nummeriert, so dass Ebene 1 sich ca. 50 cm nach dem Eintritt des Wassers im Filter befindet und Ebene 4 sich kurz vor dem Austritt des Wassers am Düsenboden sich befindet. Darüber hinaus werden bei jeder Probenahme auch die Werte im Rohwasser und im aufbereiteten Mischwasser nach der Aktivkohle-Stufe ermittelt.



Abb. 4: Exemplarische Konzentrationsverläufe für den Metabolit B innerhalb Filter 3 (Ebene 1, ~ 2, ~ 3) und Filter 4, Ebene 1.

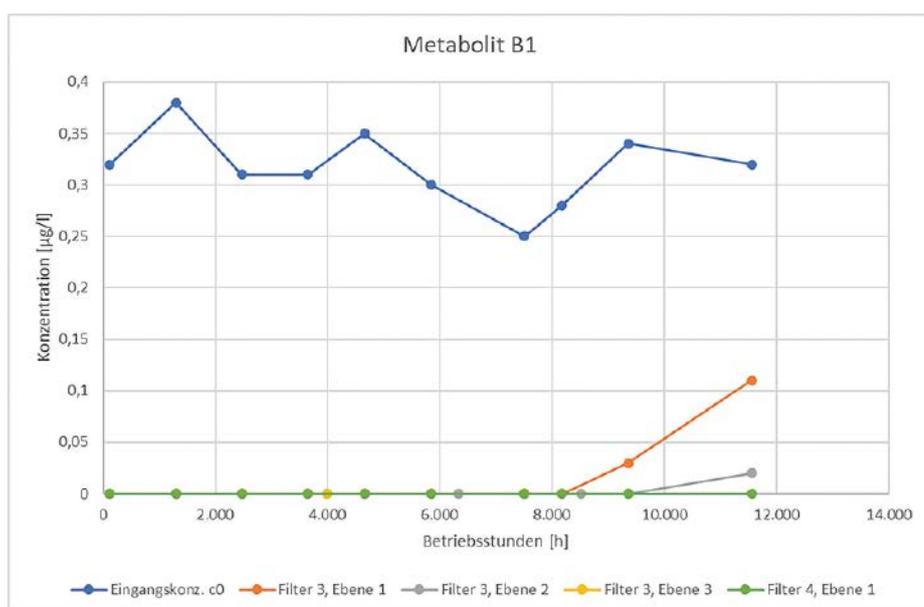


Abb. 5: Exemplarische Konzentrationsverläufe für den Metabolit B1 innerhalb Filter 3 (Ebene 1, ~ 2, ~ 3) und Filter 4, Ebene 1.

Vor dem Start der Versuchsreihe wurde ein Probenahmeplan mit dem Trinkwasserversorger abgesprochen. Dieser sieht eine Bestimmung der Parameter etwa alle 4.000 Bettvolumina (BV) vor. Die Werte sind den unterschiedlichen Probenahmestelle zugeordnet. Nach 17 Monaten in Betrieb kann eine erste Zwischenbilanz gezogen werden.

Die Lage des Rohwasserpumpwerkes, welches früher ein Wasserwerk war, ist in einem ländlichen Einzugsgebiet, in dem Ackerbau betrieben wird und Waldgebiete umfasst. Da es sich um eine Anlage zur Fassung des Rohwassers und der Voraufbereitung handelt, genügen als Aufbereitungsschritte eine Sedimentation

mit einer anschließenden adsorptiven Stufe mit zwei parallel geschalteten Aktivkohlefiltern und einer abschließenden Desinfektion. Das so aufbereitete Rohwasser wird zum Wasserwerk Bronn geleitet, wo es zusammen mit Rohwasser aus anderen Wasserfassungen behandelt wird. Die Belastung des Rohwassers ist allgemein sehr gering. Der DOC variiert im bisherigen Beobachtungszeitraum von 0,4 mg/l – 0,8 mg/l, und ist damit als sehr gering zu betrachten. Auch die gemessenen Konzentrationen des Chloridazons und des Iso-Chloridazons sind in allen Untersuchungen unter der Nachweisgrenze ( $< 0,02 \mu\text{g/l}$ ). Allerdings liegt die Konzentration der beiden betrachte-

ten Metaboliten im Bereich zwischen  $0,64 \mu\text{g/l}$  und  $1 \mu\text{g/l}$  für Desphenyl-Chloridazon und bei Methyl-Desphenyl-Chloridazon zwischen  $0,3 \mu\text{g/l}$  und  $0,38 \mu\text{g/l}$ .

In der Zeit bis zur letzten Probenahme am 30.05.2023 sind etwa  $1,4 \text{ Mio. m}^3$  Rohwasser durch die beiden Aktivkohlefilter durchgesetzt worden. Dabei ist eine 50:50-Aufteilung auf beide Filter vorgesehen. Zu Beginn der Versuche hatte sich dies allerdings als schwierig einzustellen erwiesen, da nur die Höhe der Füllung der Aktivkohle nach der Rückspülung in den beiden Filterbehältern als Maß zur Verfügung stand. Daher startete der Test mit einer Aufteilung des Durchflusses von 49 % (steinkohlebasierte AK) zu 51 % (kokosnussschalenbasierte AK). In diesem Zusammenhang ist interessanterweise zu nennen, dass sich die Verteilung des Durchsatzes innerhalb der 17 Monate leicht zugunsten der Kokosnussschalenkohle verschoben hat (aktuell 52,1 %) (Abb. 2).

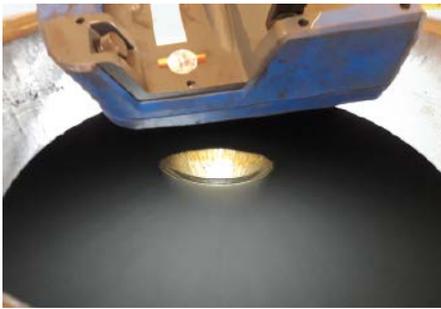
### Rückhaltung DOC

Bei dem Parameter DOC lässt sich erkennen, dass bei beiden Filtern ein spontaner Durchbruch stattfindet. Beim Filter 4 (Kokosnussschalenkohle) liegt der Punkt bei etwa 29 %, im Filter 3 (Steinkohle) etwas niedriger bei ca. 14 %. Über die Laufzeit bis heute hinweg steigt die Konzentration des DOC auf der Ebene 4 (kurz vor dem Austritt des Filters) kontinuierlich an und es ist bei beiden Filtern aktuell ein voller Durchbruch des DOC zu erkennen (Abb. 3). Dieses Verhalten steht im Widerspruch zu anderen vergleichbaren Untersuchungen, bei denen sich über die Laufzeit eine konstante Rückhalterate des DOC von 5 bis 15 % einstellt. Eine mögliche Ursache für dieses abweichende Verhalten könnte die niedrige Wassertemperatur von ca.  $10,7^\circ\text{C}$  im Mittel sein und eine damit verbundene sehr geringe Besiedelung von Bakterien auf der Aktivkohle-Schüttung.

Während der Versuche lag die Konzentrationen von Chloridazon und Iso-Chloridazon im Rohwasser dauerhaft unter der Nachweisgrenze von  $0,02 \mu\text{g/l}$ . Daher ist eine Wirkung der Aktivkohlestufe nicht darstellbar. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle auf die Darstellung der Ergebnisse verzichtet.

### Rückhaltung Metabolit B

In der Versuchsreihe konnte gezeigt werden, dass der Metabolit B je nach Aktivkohletyp unterschiedlich lange vollständig zurückgehalten wird (Abb. 4). Bei dem steinkohlebasierten Material ist ein beginnender Durchbruch auf der Ebene 1 (am nächsten zum Einlass des zu behandelnden Wassers gelegen) nach etwa 7.000 h Betrieb festzustellen. Auf der Ebene 2 desselben Filters ist nach etwa 9.000 h Betrieb der Durchbruch festzustellen.; Auf Ebene 3 und



**Aktivkohle auf der Basis von Kokosnussschalen bei der Rückspülung des Filters vor der Inbetriebnahme.**

damit auch auf Ebene 4 liegt eine vollständige Rückhaltung nach aktuell 12.000 h noch vor. Am Filter 4 ist selbst auf der Ebene 1 bis zum aktuellen Stand (12.000 h Betrieb) noch kein Durchbruch zu erkennen. Somit auch nicht auf allen nachfolgenden Ebenen.

#### Rückhaltung Metabolit B1

Ein ähnliches Bild wie für die Rückhaltung des Metabolit B zeigt sich für die Rückhaltung des Metabolit B1 (Abb. 5). Auch hier zeigen sich beim Filter 3 mit der steinkohlebasierten Aktivkohle bereits Durchbrüche, wohingegen bei Filter 4 (Kokosnusskohle) noch eine vollständige Rückhaltung erfolgt.

#### Fazit und Ausblick

Ausgang für die Versuche war die Beurteilung und Bewertung einer kokosnusssbasierten Aktivkohle im direkten Vergleich zu einer steinkohlebasierten Type in der Trinkwasseraufbereitung. Bis zum aktuellen Zeitpunkt laufen die Versuche noch. Dennoch können bereits erste Erkenntnisse im Hinblick auf das Rückhaltvermögen der festgelegten Parameter gezogen werden.

Beim Parameter DOC ist ein Durchbruchverhalten gut zu erkennen. Hier kann bereits eine Bilanzierung und damit eine Abschätzung der Beladung für beide Aktivkohlen erfolgen. Entgegen den ersten Erwartungen bei der Rückhaltekapazität der beiden Metaboliten B und B1 des Pflanzenschutzmittel Chloridazon zeigt die Aktivkohle auf Kokosnussschalenbasis eine höhere Kapazität. Der Versuch wird weitergeführt bis zum Durchbruch der beiden Metaboliten auf der 4. Ebene beider Filter, um so die Kapazität der beiden Aktivkohlen hinsichtlich dieser beiden Substanzen zu ermitteln und um deren Massentransferzone zu bestimmen.

Wie in der Trinkwasseraufbereitung üblich werden die beiden Aktivkohlen reaktiviert und im Hinblick auf Restbeladungen analysiert. Durch diesen Versuch konnte bereits bis zu

diesem Zeitpunkt gezeigt werden, dass eine Kokosnusssaktivkohle eine sehr gute Alternative zu Steinkohleprodukten ist.

#### Literatur

[1] UBA, 2020, Das Magazin des Umweltbundesamtes, PFAS – Gekommen, um zu bleiben

Bilder © CarboTech



**Der Autor**  
**Jan Raiser,**  
Anwendungsspezialist,  
CarboTech Gruppe

Wiley Online Library



CarboTech Gruppe, Essen  
www.carbotech.de



**Bis zu 12,6 x 200 Liter-  
Behälter in 14 Min  
pro Akkuladung.\***

\* ermittelt mit Pumpwerk PP 41-L  
DL bei voller Drehzahl

# Leistungsstarke Akku-Serie

Kabellose Power für den professionellen Einsatz in der Industrie

Weitere Informationen unter [www.lutz-pumpen.de/battery](http://www.lutz-pumpen.de/battery)

safety is our concern