

Berlin, 10. Januar 2025

Die Wasserwirtschaft
im BDEW

Anwendungshilfe

Erste Schritte nach PFAS-Funden im Rohwasser

**BDEW Bundesverband
der Energie- und
Wasserwirtschaft e.V.**
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin

www.bdew.de

Der Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW), Berlin, und seine Landesorganisationen vertreten mehr als 2.000 Unternehmen. Das Spektrum der Mitglieder reicht von lokalen und kommunalen über regionale bis hin zu überregionalen Unternehmen. Sie repräsentieren rund 90 Prozent des Strom- und gut 60 Prozent des Nah- und Fernwärmeabsatzes, über 90 Prozent des Erdgasabsatzes, über 95 Prozent der Energienetze sowie 80 Prozent der Trinkwasser-Förderung und rund ein Drittel der Abwasser-Entsorgung in Deutschland.

Der BDEW ist im Lobbyregister für die Interessenvertretung gegenüber dem Deutschen Bundestag und der Bundesregierung sowie im europäischen Transparenzregister für die Interessenvertretung gegenüber den EU-Institutionen eingetragen. Bei der Interessenvertretung legt er neben dem anerkannten Verhaltenskodex nach § 5 Absatz 3 Satz 1 LobbyRG, dem Verhaltenskodex nach dem Register der Interessenvertreter (europa.eu) auch zusätzlich die BDEW-interne Compliance Richtlinie im Sinne einer professionellen und transparenten Tätigkeit zugrunde. Registereintrag national: R000888. Registereintrag europäisch: 20457441380-38

Erste Schritte nach PFAS-Funden im Rohwasser

1.1 Informationspflichten erfüllen – Informationsaustausch etablieren

- Gesetzlich geregelte Informationspflichten ggü. zuständigen Behörden und Verbrauchern kennen, prüfen und erfüllen:** PFAS-Fund unverzüglich beim zuständigen Gesundheitsamt und/oder der zuständigen Wasserbehörde melden. Dies ist gesetzlich vorgeschrieben, um eine schnelle Reaktion sicherzustellen.
- Betriebsinterne Vorschriften und Meldeketten kennen, prüfen und erfüllen**
- Regelmäßigen und strukturierten Informationsaustausch mit zuständigen Behörden und Experten etablieren:** Das Einrichten eines strukturierten und regelmäßigen Informationsaustausches mit allen zu involvierenden öffentlichen Stellen, wie beispielsweise Umwelt- und Landratsämtern, sowie Regierungspräsidien (unterschiedliche Regelungen je nach Bundesland) sowie den zuständigen Gesundheitsbehörden, Expertinnen und Experten und benachbarten Wasserversorgern ist ratsam. Gemeinsam lassen sich bei einer so komplexen Herausforderung die besten Lösungen entwickeln und umfassende Risikobewertungen durchführen. Zudem ist ein offener Informationsaustausch vertrauensbildend. Er verhindert potenzielle Irritationen und Missverständnisse. Es sollten auch Entwicklungs- und Fortschrittsberichte aufgestellt werden, die von einer behördlichen Stelle verwaltet werden sollen.
- Auf dem aktuellen Stand bleiben:** Durch die Teilnahme an Konferenzen, an Webinaren, z. B. des BDEW über das Forum Trinkwasser und im BDEW-Archiv erfahren Sie von Erkenntnissen anderer Betroffener und von Expertinnen und Experten sowie von Best Practices, technischen Fortschritten und neuen Studienergebnissen. Sie können auch selbst ein Expertenforum zu Ihrem Schadensfall veranstalten. Beleuchtet werden können darin unterschiedliche Schwerpunkte wie Sanierungsmöglichkeiten, Finanzierung oder gesundheitliche Auswirkungen einer PFAS-Belastung.

1.2 Trinkwasserversorgung sicherstellen

Wie die Versorgung mit einwandfreiem Trinkwasser bei einer PFAS-Belastung gewährleistet werden kann, hängt von mehreren Gegebenheiten ab: der Struktur des betroffenen Wasserversorgers, den Möglichkeiten in seinem Umfeld und der Dimension der PFAS-Kontamination. Neben Sofortmaßnahmen braucht es in der Regel Investitionen in größere Maßnahmen, um dauerhaft Redundanz zu schaffen. Folgendes Vorgehen hat sich bewährt:

- ☑ **Versorgungssituation analysieren und Schadensausmaß bestimmen:** Bewerten der aktuellen Versorgungssituation, einschließlich der Anzahl und Standorte von Brunnen sowie der Wassergewinnungsanlagen. Prüfen Sie, ob zu jedem Ihrer Brunnen eine umfangreiche Dokumentation vorhanden ist. Details zur Ermittlung des Schadensausmaßes finden sich in Kapitel.
- ☑ **Krisenmanagement und Notfallpläne erstellen:** Nützlich ist für den Ernstfall auch ein detaillierter Notfallplan, der Verantwortlichkeiten klar definiert sowie die Kommunikation mit den relevanten Anspruchsgruppen sowie alle Maßnahmen im Fall einer Kontamination festlegt. Bei Überschreitungen der Grenzwerte müssen in jedem Fall die zuständigen Behörden als auch die Verbraucher umgehend informiert werden. Besonders sensiblen Personengruppen wie stillenden Müttern und Schwangeren muss ggf. empfohlen werden, vorsichtshalber auf Trinkwasser aus dem Hahn zu verzichten.

Expertentipp: Kontaktieren Sie Experten in diesem Sachgebiet und sichern Sie sich deren Unterstützung im akuten Notfall.

- ☑ **Trinkwasserversorgung kurzfristig sicherstellen:** Welche Sofortmaßnahmen im Fall einer akuten PFAS-Belastung ergriffen werden können, hängt von den spezifischen Gegebenheiten des jeweiligen Wasserversorgers ab. Das Spektrum reicht von der Abschaltung von Wasserwerken und einzelner Wasserfassungen, wie zum Beispiel Brunnen bis zu Ersatzlieferungen über interkommunale Verbundleitungen, je nachdem, was technisch und organisatorisch möglich ist. Eine umfassende Risikobewertung des Trinkwassereinzugsgebietes hilft, um potenzielle Gefahren durch PFAS-Belastungen zu identifizieren.
- ☑ **Ersatzwasserversorgungen organisieren:** Wenn sich herausstellen sollte, dass es keine Möglichkeit gibt, die Bevölkerung über das Leitungssystem ausreichend mit einwandfreiem Trinkwasser zu versorgen, muss eine Ersatzversorgung organisiert werden. Optionen sind zum Beispiel Tanklastwagen oder verpacktes Trinkwasser, erhöhter Betriebsdruck oder die Organisation schnell verlegter provisorischer Ersatzleitungen zu einer anderen Wasserquelle. Wichtig: Gute Kommunikation, möglichst viele Zapfstellen und eine möglichst kurze Dauer der Ersatzversorgung.
- ☑ **Betroffene Brunnen stilllegen:** Betroffene Rohwasserbrunnen bzw. Rohwasserfassungen müssen i.d.R. außer Betrieb genommen werden. Das ist zwar eine drastische, aber notwendige Maßnahme, um die Verbreitung von kontaminiertem Wasser zu verhindern und die Trinkwasserversorgung zu schützen. Bevor ein betroffener Brunnen wieder in Betrieb genommen werden kann, muss die PFAS-Belastung beseitigt sein oder die PFAS aus dem Wasser gefiltert werden können. Dafür braucht es einen Sanierungsplan und dessen Umsetzung. Denken Sie bei dieser Maßnahme insbesondere an:
- ☑ **Proben entnehmen:** Entnahme von Wasserproben aus betroffenen Brunnen, um die genaue Konzentration der PFAS-Verbindungen zu bestimmen.

- ☑ **Risiko bewerten:** Schnelle Risikobewertung, um die unmittelbaren Gefahren und potenziellen Auswirkungen der PFAS-Belastung auf die Trinkwasserversorgung zu verstehen.
- ☑ **Mit Behörden kommunizieren:** Unverzögliche Benachrichtigung und enge Zusammenarbeit mit den örtlichen Gesundheitsämtern und Umweltbehörden. Die Entscheidung zur Stilllegung sollte in Absprache mit den zuständigen Behörden getroffen werden.
- ☑ **Prüfung von Redundanzen:** Identifikation von redundanten Wasserquellen und Infrastrukturen, die im Falle einer Belastung durch PFAS als Alternative dienen können. Kann zum Beispiel die Wasserentnahme an anderen Werken hochgefahren werden? Gibt es Ersatz-Wasserwerke, die in Betrieb gehen können? Reicht die Förderung aus nicht betroffenen Brunnen, um den Bedarf zu decken? Kann man kurzfristig die noch vorhandenen Brunnen mit erhöhter Schüttung betreiben? Prüfen Sie, ob andere Kommunen, Wasserversorger oder Verbände Dienste leisten können.

Expertentipp: Gibt es alte Brunnen oder Quell- bzw. Oberflächenwasserfassungen, die in der Vergangenheit außer Betrieb genommen wurden? Ist eine Modernisierung der Brunnenpumpe möglich?

Trinkwasserversorgung langfristig sicherstellen

- ☑ **Umsetzbarkeit von Verbundleitungen prüfen:** Verbindungsleitungen zwischen zwei oder mehreren Wasserversorgungssystemen sind sehr nützlich. Über sie können sich Wasserversorger im Ernstfall gegenseitig mit Wasserlieferungen – wenn diese wasserchemisch möglich sind – aushelfen. So lassen sich oft recht einfach Redundanzen herstellen, von denen alle Partner profitieren. Dabei sind viele Dinge zu beachten: Hydraulische Komponenten, wie Betriebsdrücke, Übergabeschächte, Messstellen, Mischbarkeit der verschiedenen Wässer sowie vertragliche Regelungen.

Expertentipp: Nehmen Sie möglichst vor einem akuten Bedarf Kontakt zu benachbarten Wasserversorgern auf und organisieren sie eine gemeinsame redundante Versorgung. Besorgen Sie sich die Wasseranalysen Ihrer umliegenden Wasserversorger und lassen Sie diese von einem renommierten Institut auf Mischbarkeit bewerten.

- ☑ **Bau neuer Wassergewinnungsanlagen prüfen:** Standorte für neue Brunnen sollten so gewählt werden, dass sie möglichst außerhalb potenzieller PFAS-Fahnen liegen. Durch ein Grundwassermodell lassen sich Gefährdungspotenziale durch PFAS gut abschätzen. Bitte denken Sie an die langwierigen und umfangreichen Genehmigungsprozesse.

Expertentipp: Fragen Sie im Umfeld nach, welches Unternehmen Grundwassermodelle für Ihre Wasserschutzzone erstellen kann.

- ☑ **Erweiterung der Trinkwasseraufbereitung prüfen:** Falls eine Überschreitung der gesetzlichen Trinkwassergrenzwerte vorliegt oder langfristig zu besorgen ist, muss die Aufbereitungstechnologie für die PFAS-Entfernung angepasst werden.
Nähere Informationen finden Sie unten in 1.4.

1.3 Weitere Strategien zur langfristigen Planung und Ressourcenmanagement

- ☑ **Aufbau von Fachkenntnissen und Kapazitäten** im Umgang mit PFAS-Belastungen durch Schulungen, Weiterbildungen und den Einsatz qualifizierten Personals.
- ☑ **Forschung und Entwicklung** verfolgen, um fortgeschrittene Technologien zur PFAS-Entfernung zu identifizieren und zu implementieren. Ein besonderes Augenmerk sollte hierbei auf den Aufbereitungskosten liegen.
- ☑ **Nachhaltigkeitsaspekte** berücksichtigen, um die ökologische und soziale Verträglichkeit sicherzustellen.
- ☑ **Regelmäßige Risikobewertung**, um potenzielle Gefahren im Zusammenhang mit PFAS-Belastungen frühzeitig zu erkennen. Das ermöglicht ein proaktives Handeln.
- ☑ **Kommunikation mit klarer Strategie etablieren**, um die Öffentlichkeit kontinuierlich über die Qualität der Trinkwasserversorgung und die durchgeführten Maßnahmen zu informieren.
- ☑ **Netzwerk aufbauen**, um sich gegenseitig auf dem Laufenden zu halten und sich gut kennenzulernen. Das hilft nicht nur im Akutfall, sondern ist auch für Präventivmaßnahmen hilfreich.

1.4 Ausmaß der PFAS-Belastung feststellen

Wenn Sie als Wasserversorger von einer PFAS-Belastung betroffen sind, müssen Sie sich im ersten Schritt ein möglichst klares Bild vom Ausmaß und der Konzentration der Verunreinigung machen. Die Identifikation einer PFAS-Belastung erfordert umfassende Wasserproben aus verschiedenen Quellen wie Brunnen, Trinkwasserreservoirs, Böden und anderen Umweltmedien sowie deren Untersuchung in qualifizierten Laboren. So lässt sich eindeutig belegen, welche PFAS-Verbindungen im Wasser enthalten sind und wie hoch die PFAS-Belastung ist. Das ist entscheidend, um angemessene Maßnahmen zur Sanierung oder Kontrolle einzuleiten und um die Parameter aus der TrinkwV einzuhalten.

- ☑ **Auswahl der Messstellen:** Es gilt, die Standorte für die Probenahme möglichst so zu definieren, dass repräsentative Ergebnisse der PFAS-Quellen und der PFAS-Fahnen möglich sind (Abbildung 1). Die Messstellen können ggf. auch weiter entfernt sein, um möglichst viele Kontaminationsquellen auszuschließen. Die hydrogeologischen Faktoren wie

Grundwasserströmungsrichtung, Grundwasserleiter und geologische Beschaffenheiten werden ebenfalls berücksichtigt. Relevante Messstellen, die auf PFAS untersucht werden sollten, sind vor allem: Brunnen (Rohwasser), Trinkwasser (Ausgang des Wasserwerks und Netz), Vorfeld des Wasserwerks (Grundwassermessstellen, die im Vorfeld sind oder in einem kritischen Bereich wie beispielsweise im Gebiet eines Hotspots oder einer PFAS-Quelle).

- Probenahme und Analyse:** Erstellen eines detaillierten Probenahmeplans, in dem die Intervalle und Methoden für die Probenahme festgelegt sind. Die Probenahme und Analyse sollten nach standardisierten Verfahren und durch akkreditierte Labore durchgeführt werden, um zuverlässige und vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Gängige Analysetechniken umfassen Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) in Verbindung mit Massenspektrometrie (MS). Die qualifizierten Labore können die spezifischen PFAS-Verbindungen (PFAS-20 und PFAS-4) aus den entnommenen Wasserproben untersuchen und dementsprechend auswerten.

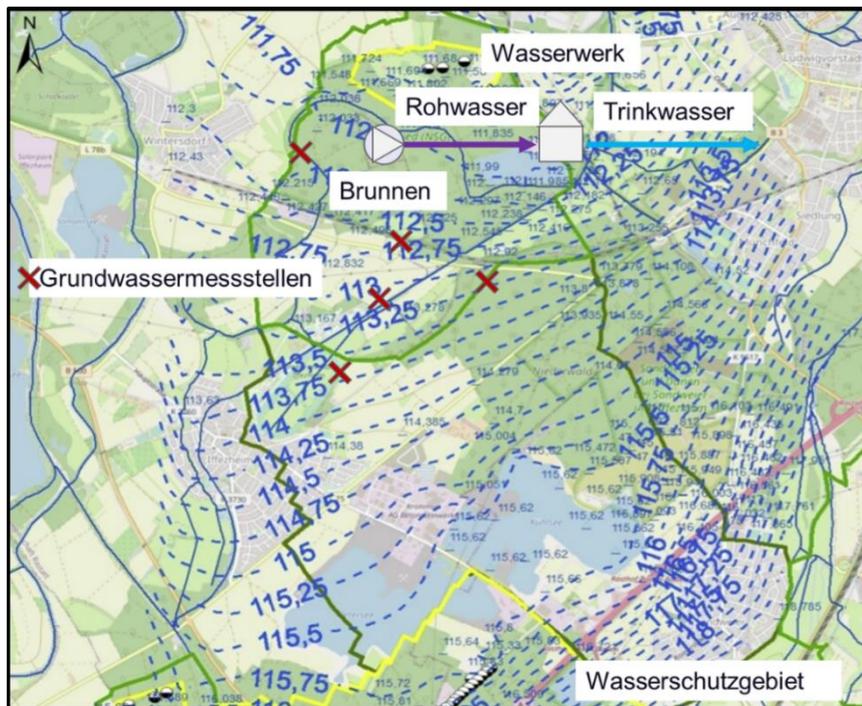


Abbildung 1: Beispiel von Probenahmestellen im Wasserschutzgebiet

- Datenauswertung und Dokumentation:** Nützlich ist die Implementierung eines Datenmanagementsystems, um die gesammelten Daten komfortabel speichern und auswerten zu können. Am besten können geografische Informationssysteme (GIS) zur räumlichen

Darstellung der PFAS-Konzentrationen und zur Identifizierung von Hotspots oder Trends über die Zeit eingebunden werden.

Vergleich mit Grenzwerten: Vergleich der ermittelten PFAS-Konzentrationen mit den geltenden Grenzwerten und Vorgaben, um die Einhaltung der regulatorischen Anforderungen sicherzustellen. Es gelten die neuen Grenzwerte für PFAS im Trinkwasser gemäß der zweiten Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung.

Trendanalysen: Durchführung von Trendanalysen über einen längeren Zeitraum, um Veränderungen in der Belastungssituation zu identifizieren. Das ermöglicht Ihnen, frühzeitig auf mögliche Probleme oder Verbesserungsmöglichkeiten reagieren zu können.

Risikobewertung: Kontinuierliche Risikobewertung und Identifikation von potenziellen Risiken für die menschliche Gesundheit und das Trinkwasser auf Basis der gewonnenen Daten und im Kontext der geltenden Grenzwerte und Richtlinien.

Reaktion auf Abweichungen: Entwicklung von Protokollen und Plänen für den Umgang mit Abweichungen oder unerwarteten Entwicklungen in der Belastungssituation. Das erlaubt Ihnen eine sofortige Reaktion und Anpassung der Maßnahmen, falls erforderlich (siehe auch **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Krisenmanagement einrichten).

Datendokumentation: Dokumentation aller Überwachungsdaten in einem übersichtlichen System. Archiviert werden sollten vor allem Standort oder Probenahme, Zeitpunkt, Analyseergebnisse, Grenzwertüberschreitungen und weitere relevante Informationen.

Kartierung der Belastung in Auftrag geben: Erstellung von Karten und/oder Diagrammen, um die räumliche Verteilung der PFAS-Belastung darzustellen. Dies unterstützt die Identifizierung von Hotspots und potenziell betroffenen Gebieten.

Bei Grundwasserbelastung ein Grundwassermodell erstellen: Ein Grundwassermodell gibt Aufschluss über die Fließrichtung und Fließgeschwindigkeit der PFAS-Fahne. Daraus lässt sich ableiten, welche Grundwasserfassungen oder Brunnen die Fahne tangieren wird und wann. Diese Abschätzung ist entscheidend für die Planung von Maßnahmen zur künftigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung, da sie Auskunft über die Zeit gibt, die für die Planung und Umsetzung geeigneter Maßnahmen bleibt.

Kommunikation und Berichterstattung: Regelmäßige Berichterstattung über die Ergebnisse der Untersuchungen an relevante Stakeholder wie Gesellschafter, Kontrollorgane, Behörden und Öffentlichkeit. Erstellung von detaillierten Berichten über die Belastungssituation, und die Effektivität der durchgeführten Maßnahmen.

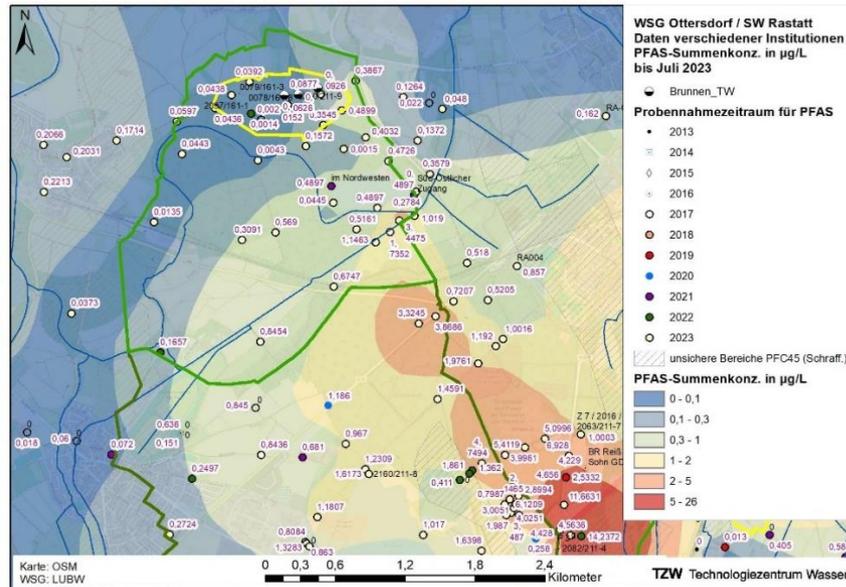


Abbildung 2: Beispiel einer Belastungs-Kartierung: PFAS-Konzentrationsverteilung im Wasserschutzgebiet Ottersdorf

- Monitoring einrichten:** Die Etablierung regelmäßiger Wasseruntersuchungen unter Berücksichtigung der Jahreszeiten dient als Frühwarnsystem und ermöglicht die Verfolgung der Belastung sowie ihrer Entwicklung. Die Häufigkeit der Untersuchungen hängt in erster Linie von der Höhe der PFAS-Konzentration ab. Wenn die PFAS-Konzentration im Rohwasser über oder nahe dem festgelegten Grenzwert liegt, müssen sofortige Maßnahmen ergriffen werden. Falls die PFAS-Konzentration weit unterhalb des festgelegten Grenzwertes liegen sollte, ist eine regelmäßige PFAS-Überwachung an den Messstellen im Rohwasser empfehlenswert.

Expertentipp: Das Einrichten von zusätzlichen Messpunkten sollte geprüft werden. Zusätzliche Messstellen sollten so gewählt werden, dass die räumliche Dimension der PFAS-Fahne besser eingegrenzt werden kann. Leitfragen können sein: Wo sind die PFAS-Konzentrationen am höchsten? Welche möglichen Verursacher kommen in Betracht (Flughäfen, Brände, Galvanikbetriebe etc.)?

1.5 Aufbereitungstechnologie hinsichtlich PFAS-Entfernung anpassen

Die Auswahl der notwendigen Aufbereitungstechnologie sollte im Rahmen einer Machbarkeitsstudie festgelegt werden. Eine Machbarkeitsstudie hilft, die besten Maßnahmen für die jeweiligen Gegebenheiten auszuwählen, insbesondere hinsichtlich Effektivität und Nachhaltigkeit. Sie bilden die Basis für die Auswahl der Technologie, die für den jeweiligen Wasserversorger am besten geeignet ist. Hilfreich sind für die Wahl der Technologie auch Erfahrungsberichte anderer Betroffener sowie Forschungsprojekte und Studien von Wissenschaftlern.

Die wesentlichen Schritte einer Machbarkeitsstudie umfassen:

- ☑ **Problem identifizieren:** Klare Definition des Problems und der Herausforderungen im Zusammenhang mit der PFAS-Belastung im Rohwasser des jeweiligen Wasserversorgers
- ☑ **Fachliteratur studieren:** Recherche und Bewertung der bisher verfügbaren Technologien zur PFAS-Entfernung, einschließlich Aktivkohlefiltration, Membrantechnologien, Oxidationsverfahren und Ionenaustauscher. Beurteilung ihrer Vor- und Nachteile.
- ☑ **Pilotversuche durchführen:** Auswahl, Konzeption und Durchführung von Pilotversuchen zur Entfernung von PFAS für Ihr Rohwasser. Hierbei sollte die Möglichkeit einer Zusammenarbeit mit Institutionen und Experten im Bereich Trinkwasser und im Umgang mit PFAS-Belastungen berücksichtigt werden. Dazu zählen unter anderem: [TZW](#) und [IWW](#).
- ☑ **Kosten und Nutzen analysieren:** Intensive Auswertung der Ergebnisse hinsichtlich PFAS-Entfernung, Betriebskosten und Betriebseffizienz. Durchführung einer Kostenanalyse für die Implementierung jeder Technologie. Berücksichtigung von Investitionskosten, Betriebskosten, Wartungsanforderungen (Technik und Personal) sowie erwarteten Entfernungsleistungen. Bewertung der Umweltauswirkungen jeder Technologie. Berücksichtigung von Energieverbrauch, Rückständen, Abfallmanagement und potenziellen Auswirkungen auf die Umwelt. Prüfung der Einhaltung von Umweltauflagen und regulatorischen Vorgaben im Zusammenhang mit den PFAS-Entfernungsmaßnahmen.

Überblick Technologien für die PFAS-Entfernung aus dem Trinkwasser

Die Auswahl der geeigneten Technologie hängt von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich der Art und Konzentration der PFAS-Verbindungen im Wasser, den betrieblichen Anforderungen der Wasseraufbereitungsanlage und den örtlichen Gegebenheiten. Oft wird eine Kombination mehrerer Technologien in einem Wasserreinigungssystem eingesetzt, um die Effektivität der Wasseraufbereitung zu maximieren. Es gibt grundsätzlich die folgenden vier Verfahren bzw. Technologien, die für den Einzelfall auf Effizienz und Machbarkeit geprüft werden sollten. Alle Verfahren haben bestimmte Vor- und Nachteile, die hier nicht vollständig dargestellt werden können. Es ist wichtig, zu berücksichtigen, dass alle bisher verfügbaren großtechnischen Verfahren PFAS-belastete Abwässer oder Abfälle erzeugen, für deren Entsorgung bislang keine wirtschaftlich tragfähigen Lösungen verfügbar sind.

- **Adsorptionsverfahren mit Aktivkohle:** Das Adsorptionsverfahren mit Aktivkohle ist die bisher am weitesten verbreitete Aufbereitungstechnologie für langkettige PFAS. Nach der Adsorptionssättigung können manche PFAS-beladene Aktivkohlen thermisch wieder reaktiviert werden, sprich die Adsorptionskapazität kann teils wieder hergestellt werden. Insgesamt muss die Aktivkohle relativ häufig getauscht und erneuert werden, was zu hohen

Betriebskosten führt. Die PFAS-belastete Aktivkohle, die nicht regeneriert werden kann, muss dann z. B. bei hohen Temperaturen von über 1000 °C verbrannt werden.

- **Membranverfahren:** Membrantechnologien wie Umkehrosmose und Nanofiltration können grundsätzlich kurz- und langkettige PFAS aus dem Wasser herausfiltern. Bei der Umkehrosmose handelt es sich um ein druckgetriebenes Membranverfahren, mit dem alle gelösten und ungelösten Stoffe aus dem Wasser entfernt werden können. Als kritischer Punkt bei der Umkehrosmose zählt der hohe Energie- und Wasserbedarf, Betriebskosten sowie die Notwendigkeit einer Aufbereitung für das daraus entstehende Konzentrat (Retentat). Zusätzlich ist eine Remineralisierung des Wassers (Permeat) notwendig, da mit der Umkehrosmose alle Ionen und Mineralien aus dem Wasser entfernt werden.
- **Ionenaustausch:** Diese Technologie beruht auf dem Prinzip des Ionenaustauschs zwischen den PFAS-Ionen im Wasser und anderen Ionen in einem festen Austauschharz. Die PFAS-Ionen werden dabei durch andere Ionen ersetzt und somit aus dem Wasser entfernt. Kritischer Punkt dieses Verfahrens ist die Regeneration des Harzes nach der Sättigung.
- **Oxidationsverfahren:** Hierbei handelt es sich um die Verwendung oxidierender Substanzen, die eine Entfernung von PFAS unterstützen. Die PFAS-Eliminierung kann u. a. durch elektrochemische Oxidation (Verwendung von Elektroden, um elektrochemische Reaktionen zu initiieren) oder Behandlung mit Ozon (Reaktion mit den Fluoratomen in PFAS) erfolgen.

Technologie	Etabliert	Beispiele	Spezialfirmen
Aktivkohle	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserwerke Rauental, Ottersdorf (Stadtwerke Rastatt) • Wasserwerk Möhnebogen (Stadtwerke Arnsberg) 	Jacobi Carbons Donau-carbon
Membranverfahren (Umkehrosmose, Nanofiltration)	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserwerk Sandweier (Stadtwerke Baden-Baden) 	Greifenstein-wasser
Ionenaustausch	wird geprüft	-	Jacobi purolite.com
Oxidationsverfahren	wird geprüft	-	condias.de

Tabelle 1 Überblick technische Verfahren für PFAS-Entfernung aus Trinkwasser (Stand 2024)

Überblick Technologien für die PFAS-Entfernung aus dem Grundwasser

Auch zur Entfernung von PFAS aus dem Grundwasser gibt es mehrere technische Optionen. Am häufigsten angewandt werden derzeit das Verfahren Pump-and-Treat mit Aktivkohle für die Grundwasserreinigung und der Bodenaustausch für die Bodensanierung. Kritisch beim Bodenaustausch ist die Entsorgung der verunreinigten Erde. Mögliche technische Verfahren sind:

- **Pump-and-Treat-Verfahren:** Abpumpen des belasteten Grundwassers, Entfernung der PFAS durch Aktivkohlefiltration und anschließendes Rückführen des gereinigten Wassers.
- **Aktivkohlefiltration:** Einsatz von Aktivkohlefiltern oder Barrieren mit mehreren Filtern.
- **In-situ-Chemikalienoxidation:** Einsatz von chemischen Oxidationsmitteln direkt im Grundwasser, um PFAS zu oxidieren und abzubauen.
- **In-situ-Bioremediation:** Verwendung von Mikroorganismen, die PFAS abbauen können, um eine biologische Reinigung des Grundwassers zu erreichen.
- **Elektrokinetische Sanierung:** Anwendung von elektrischem Strom, um PFAS im Boden zu mobilisieren und anschließend durch Extraktion zu entfernen.
- **Ozonierung:** Einbringen von Ozon in das Grundwasser, um PFAS zu oxidieren und abzubauen.

Die Auswahl der geeigneten Technologie hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Art und Konzentration der PFAS-Verbindungen, die hydrogeologischen Bedingungen und die örtlichen Gegebenheiten. Oft wird eine Kombination mehrerer Technologien in einem umfassenden Sanierungssystem eingesetzt, um eine effektive PFAS-Entfernung zu erreichen.

Tabelle 2 Praxiserprobte Verfahrenstechnologien für die PFAS-Behandlung im Grundwasser

Technologie	Anwendung	Etabliert	Beispiele	Spezialfirmen
Pump-and-Treat-Verfahren mit Aktivkohle	Grundwasser	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Großbrand auf einem Firmengelände, Deutschland • Standort für Feuerwehrexübungen, Kanada 	Arcadis Züblin-Umwelttechnik Regenesis.com
Aktivkohleinjektion in Aquifer	Grundwasser	anwendbar mit offenen Fragen	<ul style="list-style-type: none"> • Meist außerhalb Deutschlands 	Regenesis.com

Ionenaustauscher	Grundwasser	anwendbar mit offenen Fragen	<ul style="list-style-type: none"> • Militärstandorte in Deutschland 	Jacobi purolite.com
Fällung	Grundwasser	ja	<ul style="list-style-type: none"> • Grundwasserverunreinigung durch Feuerlöschschäume in Deutschland 	cornelsen group