

FAQs zum Grundwassermodell Mittelbaden

 PFC-Belastung im Raum Rastatt und Baden-Baden



HERAUSGEBER LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe

BEARBEITUNG LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
Referat 42 - Grundwasser
Ingenieurgesellschaft Prof. Kobus und Partner GmbH
Heßbrühlstr. 21
70565 Stuttgart

REDAKTION LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Postfach 100163, 76231 Karlsruhe
Referat 42 - Grundwasser

STAND Dezember 2017



FAQs zum Grundwassermodell Mittelbaden

1. Wie ist die derzeitige Ausbreitung der PFC im Grundwasser (Ist-Situation)?

Mit Hilfe des Grundwassermodells für den Raum Mittelbaden lässt sich ein dreidimensionales Bild der PFC-Ausbreitung ableiten. Dieses Bild ist eine modelltechnische Interpretation, die sowohl die hydrogeologischen Gegebenheiten als auch die vorhandene Strömungssituation mit der Historie ab 2004 berücksichtigt. Damit liegt eine konsistente Beschreibung der derzeitigen PFC-Ausbreitung im Grundwasser vor.

Generell ist die Ausbreitung der PFC im oberflächennahen Grundwasser am größten. Da die Strömungsgeschwindigkeiten in der Tiefe abnehmen, ist im unteren Teil des Grundwasserleiters die Ausbreitung am geringsten. Die PFC-Verunreinigung im Grundwasser im Raum Rastatt Baden-Baden besteht im Wesentlichen aus fünf Substanzen, den kurzkettigen Spezies PFBA, PFPeA, PFHxA und PFHpA und dem langkettigen PFOA. Auf Grund ihrer höheren Mobilität sind die kurzkettigen Spezies früher in das Grundwasser gelangt und dort auch weiter geströmt als das PFOA. Als nicht bzw. im Hinblick auf einen nennenswerten Eintrag in das Grundwasser vernachlässigbar mobil zeigen sich die in den Oberböden großflächig in hohen Gehalten vorhandenen perfluorierten Carbonsäuren ab einer Kettenlänge von C10 und länger (v.a. PFDA, PFUnDA und PFDoDA) sowie die in einzelnen Teilbereichen des Belastungsgebiet im Ober- und Unterboden vorliegende perfluorierte Sulfonsäure PFOS. Auch für die einzelnen Belastungsflächen bereits explizit nachgewiesenen Vorläufersubstanzen (Precursor) gibt es keine Hinweise auf eine Verlagerung dieser höhermolekularen Substanzen in das Grundwasser. Die Modellierung beschränkt sich daher auf die fünf oben genannten mobilen Substanzen. Die gesundheitsgefährdende Bewertung der PFC-Belastung im Grundwasser erfolgt über die Quotientensumme, die aus den Konzentrationen der Einzelsubstanzen und ihren derzeit gültigen Geringfügigkeitsschwellenwerten berechnet wird. Die flächige Verteilung der Quotientensumme als Maß für die Gesamtbelastung ergibt sich aus den Darstellungen im LUBW-Bericht *Grundwassermodell Mittelbaden – Analyse und Prognose der PFC-Belastung im Raum Rastatt und Baden-Baden – Stand Dezember 2017*.

Die PFC werden mit der Grundwasserströmung, die vom Schwarzwaldrand nach Nordwesten gerichtet ist, zum Rhein bzw. zu den rheinbegleitenden Gewässern transportiert. Auf diesem Weg erfolgt eine Verdünnung durch unbelastete Grundwasserneubildung, so dass die PFC-Konzentrationen zur Fahnen Spitze hin abnehmen.

Das Ergebnis der Modellsimulation lässt sich mit Hilfe von gemessenen Informationen an Grundwassermessstellen überprüfen. Da oberflächennah viele Grundwassermessstellen und damit auch PFC-Befunde vorhanden sind, sind die Modellergebnisse oberflächennah am besten abgesichert.

Deutliche Unsicherheiten ergeben sich mit zunehmender Tiefe, da nur wenige tief verfilterte Messstellen existieren und damit hier Vergleichsmessungen in weiten Teilen fehlen.

2. Wie sehen die Prognosen (incl. zeitlicher Entwicklung) zur zukünftigen Ausdehnung der PFC-Grundwasserbelastung aus?

Generell ergibt sich mit Hilfe des Grundwassermodells, dass in der Summe die maximale PFC-Masse im Grundwasserleiter bereits erreicht ist und durch den Austrag über die Gewässer, die Anschluss an das Grundwasser haben, langsam wieder abnimmt. Dies liegt daran, dass die kurzkettigen PFC größtenteils aus den belasteten Ackerflächen bereits ausgetragen und im Grundwasser angekommen sind und die kurzkettigen PFC einen Anteil von ca. 75 % an der Gesamtbelastung der mobilen PFC haben. Die derzeit vorhandenen, überwiegend oberflächennahen PFC-Fahnen werden weiter mit der Grundwasserströmung in Richtung Rheinniederung transportiert und dabei auch verdünnt. Gleichzeitig wird eine Verlagerung von PFC-Masse in tiefere Bereiche des Grundwassers erfolgen.

Die weitere vom Modell interpretierte Entwicklung der PFC-Belastung ist abhängig von den Annahmen für den Austrag aus den Belastungsflächen und von dem stofflichen Verhalten insbesondere des langkettigen PFOA. Darüber hinaus ist bekannt, dass so genannte Vorläufersubstanzen in den Belastungsflächen vorhanden sind, so dass deutlich mehr PFC-Masse im Oberboden zu erwarten ist als die bisher mit Hilfe von standardisierten Verfahren bestimmten PFC-Mengen. In welchem Umfang und wie schnell diese Vorläufersubstanzen abgebaut und dabei mobile und persistente PFC freigesetzt werden, bedarf weiterer grundlegender Forschungsarbeiten.

Bislang wurde davon ausgegangen, dass sich PFOA nur im Oberboden mit viel organischem Kohlenstoff an das Korngerüst anhaftet (sorbiert) und damit verzögert mit der Sickerwasserbildung in das Grundwasser eingetragen wird. Neueste Untersuchungen ergaben, dass auch im gesättigten Grundwasserleiter Bereiche vorhanden sein können, die einen erhöhten Kohlenstoffgehalt haben und damit zu einer Verlangsamung des PFOA-Transports im Grundwasser beitragen können.

Aus diesen Gründen kann eine Prognose nur über eine Bandbreitenbetrachtung erfolgen, bei der verschiedene zukünftige PFC-Austragsszenarien aus den Belastungsflächen und stoffliche Eigenschaften der PFC zu Grunde gelegt werden. Diese Bandbreitenbetrachtung wurde mit dem aktuellen Kenntnisstand durchgeführt. Die Ergebnisse sind im LUBW-Bericht *Grundwassermodell Mittelbaden – Analyse und Prognose der PFC-Belastung im Raum Rastatt und Baden-Baden – Stand Dezember 2017* dokumentiert. Daraus ergibt sich, dass bei günstigen Annahmen oberflächennah die Grundwasserbereiche mit einer Quotientensumme größer 1 bis in 5 Jahren um 20 % abnehmen. In 10 Jahren sind nur noch 55 % der heutigen Belastungsflächen im Grundwasser mit einer Quotienten-

summe über 1 belegt. Bei ungünstigen Annahmen verlängert sich die Zeit der Belastung und die Grundwasserbereiche mit einer Quotientensumme größer 1 nehmen weniger deutlich ab. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind es dann in 5 Jahren noch 90 % und in 10 Jahren 70 % der heutigen Belastungssituation. Im unteren Teil des Grundwasserleiters ist größtenteils mit einer Zunahme der PFC-Belastung zu rechnen. Hier sind Zeitskalen auch über 10 Jahren möglich, bis ein Rückgang der Belastung einsetzt.

Aus den Simulationsrechnungen lässt sich ableiten, dass im günstigsten Fall das oberflächennahe Grundwasser in ca. 15 bis 20 Jahren keine signifikanten Bereiche mehr mit einer Quotientensumme von 1 aufweist. Im ungünstigsten Fall sind es 25 bis 30 Jahre. Im unteren Grundwasserleiter sind die Zeitskalen deutlich größer. Hier lässt sich derzeit nicht annähernd abgesichert aussagen, wann das gesamte Grundwasser im Untersuchungsraum eine Quotientensumme unter 1 aufweist.

3. Gibt es Bereiche, in denen der Austrag aus den belasteten Flächen ins Grundwasser bereits abgeschlossen ist (sind Flächen schon „ausgeblutet“)?

Die derzeit gemessenen PFC-Gehalte im Oberboden (Feststoffgehalte) und die PFC-Eluatkonzentrationen (PFC-Konzentration im Wasser, die sich durch Lösung nach einem DIN-Verfahren aus einem belasteten Bodenvolumen ergibt) weisen darauf hin, dass die kurzzeitigen PFC bereits größtenteils aus den Belastungsflächen ausgetragen wurden. Von den im Grundwasser vorhandenen Spezies ist hauptsächlich noch PFOA im Oberboden zu finden. Im LUBW-Bericht *Grundwassermodell Mittelbaden – Analyse und Prognose der PFC-Belastung im Raum Rastatt und Baden-Baden – Stand Dezember 2017* sind nach derzeitigem Kenntnisstand die Flächen ausgewertet, an denen im gemessenen Eluat die Quotientensumme größer 1 ist. Es handelt sich um 466 Flächen, bei welchen sich aufgrund von Bodenanalysen auf eine gesamte PFC-Menge von ca. 450 kg schließen lässt, die im Wesentlichen aus den nicht mobilen PFC besteht. Bei dieser Masse an bestimmbarer PFC ist die nur schwer abschätzbare Menge an Vorläufersubstanzen nicht eingerechnet. Da mit dem Modell die Vergangenheit des PFC-Eintrags nachvollzogen wurde, lässt sich aus der Modellbetrachtung abschätzen, dass bislang ca. 1.100 kg PFC aus den Belastungsflächen ausgetragen wurden.

4. Wie lange wird es dauern, bis alle PFC aus den Böden und über das Grundwasser ausgetragen sind?

Die Zeitdauer, bis alle PFC aus den Böden ausgetragen sind, ist nur sehr schwer abzuschätzen. Lediglich anhand der bislang angenommenen Austragsfunktion können Größenordnungen von mehreren Jahren bis Jahrzehnten bei hoch belasteten Flächen angegeben werden. Unbekannt ist, wie lange es dauert, bis die Mobilisierung kurzkettiger Verbindungen aus Vorläufersubstanzen so weit fortgeschritten ist, dass kein weiterer signifikanter kurzkettiger PFC-Eintrag in das Grundwasser mehr stattfindet. Da sich die perfluorierten PFC nach derzeitigem Kenntnisstand nicht mikrobiell abbauen, ist davon auszugehen, dass die noch in den Böden vorhandene PFC-Masse sich nur durch den Austrag mit dem Sickerwasser verringert, falls keine anderweitigen Maßnahmen zur PFC-Reduktion vorgenommen werden. Der Austrag aus dem Grundwasser erfolgt fast vollständig über den Austausch mit den Gewässern. Nach derzeitigem Kenntnisstand wurden über diese Hauptabflusskomponente bislang ca. 300 kg PFC ausgetragen. Zusätzlich wurden nach den Modellergebnissen ca. 30 kg über die Entnahmen im Untersuchungsraum ausgetragen. Im Grundwasser sind noch ca. 680 kg vorhanden und in der ungesättigten Zone oberhalb des Grundwasserspiegels sind noch ca. 110 kg gespeichert. Wann auf Grund des rückgängigen Eintrags und der Verdünnung mit Grundwasserneubildung der Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS-Wert) im gesamten Untersuchungsraum unterschritten wird, lässt sich derzeit nicht abgesichert abschätzen.

Zu den als immobil eingestuften langkettigen Substanzen wie PFDA (s. Frage 1) liegen noch keine ausreichenden Kenntnisse vor, ob sie in langen Zeiträumen in signifikanten Anteilen bis ins Grundwasser verlagert werden können.

5. Wie zuverlässig sind die Prognosen des Grundwassermodells, insbesondere in zeitlicher und örtlicher Genauigkeit?

Das Grundwassermodell beinhaltet sämtliche Daten und Informationen zu den Grundwasserverhältnissen im Untersuchungsgebiet. Es liefert damit eine konsistente Beschreibung der Grundwasserströmung und des PFC-Transports mit der aktuellsten hydrogeologischen Modellvorstellung. Alle Informationen werden mit praxiserprobten mathematischen Zusammenhängen verknüpft. Dennoch existieren Unschärfen, die auf Wissenslücken zurückgehen oder von der Betrachtungsskala abhängen.

So sind Wissenslücken beispielsweise fehlende Grundwassermessstellen mit PFC-Informationen. Dies ist insbesondere in den tieferen Grundwasserbereichen der Fall. Außerdem liegen an vielen Messstellen nur wenige PFC-Messungen vor, obwohl der PFC-Transport insbesondere im direkten Abstrom der Belastungsflächen vergleichsweise dynamisch ist. Hinzu kommt, dass nicht ausge-

geschlossen werden kann, dass Belastungsflächen bislang nicht erfasst wurden. Außerdem liegen keine Messdaten vor 2013 vor und der Beginn der PFC-Verunreinigung von Ackerflächen wird 5 bis 10 Jahre vorher angenommen. Weiterhin liegt zu allen bisher bekannten Belastungsflächen jeweils nur ein Eluatwert vor, so dass die Anpassung des unbekanntes PFC-Austragsverlauf nur durch den Abgleich von gemessenen und berechneten Konzentrationen im Grundwasser möglich ist.

Trotz dieser datenbedingten Wissenslücken liefert das Modell eine plausible Interpretation der aktuellen Verhältnisse. Es werden dabei die Größenordnungen der gemessenen PFC-Konzentrationen sowie ihres bisher bekannten zeitlichen Verlaufs mit dem Modell nachvollzogen.

Bei der Modellunsicherheit ist zwischen der Abbildung der aktuellen Verhältnisse und der Prognose zu unterscheiden. Die Modellgenauigkeit lässt sich bei den aktuellen Verhältnissen durch den Unterschied zwischen Messung und Rechnung beurteilen, der für den Gesamttraum als zufriedenstellend beurteilt werden kann. Allerdings ist dies für lokale Fragstellungen jeweils zu prüfen.

Die Modellunsicherheit bei der Prognose wird über Szenarien- und Sensitivitätsbetrachtungen behandelt. Das bedeutet, dass wie bei der langfristigen Wettervorhersage aus einem Ensemble von Modellszenarien eine Ober- und Untergrenze der Entwicklungen und ein genereller Trend ableitbar sind.

Die Genauigkeit des Modells ist lokal unterschiedlich und im kleinräumigen Maßstab eher gering, da sowohl in der Hydrogeologie als auch in der Grundwassermodellierung Homogenbereiche gebildet werden. Diese liegen für die Modellierung im Raum Mittelbaden bei einigen Hundert Metern. Differenzierte Aussagen innerhalb der Homogenbereiche sind nicht möglich, auch wenn das Modell eine Auflösung von 10x10 m aufweist. Die Zuverlässigkeit einer Modellprognose ist in den Bereichen, in denen Niveau, zeitlicher Verlauf und räumliche Verteilung der Belastung in der Vergangenheit zutreffend reproduziert wurde, größer als in Bereichen, in denen dies nicht oder nur zum Teil der Fall ist.

6. Kann man belastetes Wasser mit der Errichtung tieferer Brunnen „umgehen“?

Da der Grundwasserleiter im Untersuchungsraum keine ausgeprägten vertikalen Trennhorizonte aufweist, ergibt sich mit tiefen Brunnen nur eine Verlagerung der Problematik in die Zukunft, da mit einer tiefen Entnahme PFC-haltiges, oberflächennahes Wasser nach unten gezogen wird. Die Errichtung von neuen, tiefen Brunnen zur „Umgehung“ der PFC-Problematik kann daher nicht empfohlen werden.

7. Wo sind Bereiche, die ganz sicher nicht von PFC-belasteten Grundwasserfahnen durchströmt werden, die sich daher als Alternativstandorte für (landwirtschaftliche) Beregnungsbrunnen eignen würden?

Mit dem Modell wurden auch Simulationen durchgeführt, bei denen die Grundwasserneubildung aller mit PFC verunreinigter Flächen unabhängig von der Höhe der Belastung markiert wurden. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist in diesen, nicht vom Neubildungswasser aus Belastungsflächen durchströmten Bereichen das Risiko für eine PFC-Belastung am geringsten. Die entsprechende Karte findet sich im LUBW-Bericht. Zu beachten ist allerdings, dass bei Grundwasserentnahme an solchen Alternativstandorten sich ein verändertes Strömungsfeld ergibt, so dass belastetes Grundwasser auch dorthin gelangen kann. Entsprechende Berechnungen können im Einzelfall mit dem vorliegenden Grundwassermodell durchgeführt werden.

8. In welchen Bereichen sollten Privatbrunnen nicht zur Bewässerung von Gärten genutzt werden?

Im LUBW-Bericht sind Karten für die Quotientensumme der PFC-Belastung zum Zeitpunkt Ende 2016 hinterlegt. Außerdem sind die Berechnungsergebnisse der Prognoseszenarien zusammenfassend in Karten dargestellt. Als Kriterium für die Nutzbarkeit des Wassers kann die Quotientensumme verwendet werden. Dabei ist 1 ein Richtwert, bei dem mit sparsamen Beregnungsverfahren, wie sie im Bereich der Landwirtschaft üblich sind, erfahrungsgemäß keine erhöhten PFC-Gehalte im Boden oder in Pflanzen zu erwarten sind.

