

Landratsamt Rastatt

Umweltamt

Christoph Krakau
Zimmer: B 3.16
Telefon: 07222 381-4217
Fax: 07222 381-4299
E-Mail: c.krakau@landkreis-rastatt.de
Datum: 15.01.2018
Aktenzeichen 4.2/109.50

Bericht „Untersuchung von Privatgärten in Weitenung“

1. Veranlassung

Im Landkreis Rastatt und Baden-Baden liegen großflächige Belastungen mit PFC (Per- und polyfluorierte Chemikalien) im Boden und Grundwasser vor. Vor allem kurzkettige PFC sind sehr mobil und werden über die verunreinigten Böden ins Grundwasser ausgewaschen. Da sowohl landwirtschaftliche Betriebe, als auch Privatpersonen, ihre Pflanzen teilweise über eigene Brunnen bewässern, kann die Bewässerung mit belastetem Grundwasser zu einer Belastung im Boden führen.

Ziel der Untersuchung ist es, zu klären, ob und wie lange sich die kurzkettigen PFC im Boden nachweisen lassen und diesen belasten, wenn der PFC-Eintrag ausschließlich über das Grundwasser erfolgt. Um andere mögliche Quellen, wie etwa belasteten Kompost oder Klärschlamm, auszuschließen, wurde die Untersuchung in Privatgärten durchgeführt, die ihren Garten nachweislich über einen eigenen Brunnen mit belastetem Grundwasser bewässert haben.

2. Vorgehensweise

Als Untersuchungsgebiet wurde die Gemeinde Weitenung ausgewählt. Das Grundwasser in Weitenung ist hoch belastet ($>5 \mu\text{g/l}$) und viele Privatgärten haben in der Vergangenheit einen eigenen Grundwasserbrunnen zur Bewässerung genutzt. Um die Art und Häufigkeit der Bewässerung über das Grundwasser zu erfassen wurde ein Fragebogen für die teilnehmenden Haushalte ausgearbeitet, mit dem Ziel, eine überschlägige Frachtberechnung durchzuführen. Insgesamt wurden mithilfe des Ortschaftsrats Weitenung elf Grundstücke mit eigenem Brunnen ausgewählt. Ein Lageplan dieser elf Grundstücke ist dem Anhang an diesen Bericht zu entnehmen.

Die Probentiefe erfolgte analog zur Probennahme auf Ackerflächen, um die Ergebnisse im Anschluss mit diesen Vergleichen zu können. Nach Bundes-Bodenschutzverordnung werden Bodenproben für Ackerflächen (Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze) in den Tiefen 0 - 30 cm und 30 - 60 cm durchgeführt.

Die Probennahme erfolgte am 20.12.2017 durch das Ingenieurbüro GMF, anschließend wurden die Bodenproben durch das für PFC akkreditierte Labor Synlab auf 22 PFC analysiert. Tabelle 1 zeigt den Parameterumfang für Eluat und Feststoff sowie die vorläufigen GFS-Werte nach dem Erlass des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg vom 17.06.2015.

**Tabelle 1: Parameterumfang PFC im Eluat und Feststoff sowie dazugehöriger GFS-Wert
*nur im Eluat analysiert**

| Name | Kurzbezeichnung | GFS-Wert |
|---------------------------------------|------------------------|-----------------|
| Perfluorbutansäure | PFBA | 7,0 |
| Perfluorpentansäure | PFPeA | 3,0 |
| Perfluorhexansäure | PFHxA | 1,0 |
| Perfluorheptansäure | PFHpA | 0,3 |
| Perfluoroctansäure | PFOA | 0,3 |
| Perfluornonansäure | PFNoA | 0,3 |
| Perfluordecansäure | PFDA | 0,3 |
| Perfluorundecansäure | PFUdA | - |
| Perfluordodecansäure | PFDoDA | - |
| Perfluorbutansulfonsäure | PFBS | 3,0 |
| Perfluorpentansulfonsäure | PFPeS | 1,0 |
| Perfluorhexansulfonsäure | PFHxS | 0,3 |
| Perfluorheptansulfonsäure | PFHpS | 0,3 |
| Perfluoroctansulfonsäure | PFOS | 0,3 |
| Perfluordecansulfonsäure | PFDS | - |
| Perfluoroctansulfonamid | PFOSA | - |
| 7H-Dodecafluorheptanoat | HPFHpA | - |
| 2H,2H-Perfluordecanoat | H2PFDA | - |
| 2H,2H,3H,3H-Perfluorundecanoat | H4PFUnA | - |
| 1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure* | 4:2 FTS | - |
| 1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure | 6:2 FTS, H4PFOS | 0,3 |
| 1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure* | 8:2 FTS | - |

Aus diesen GFS-Werten wird nach den Vorgaben des Erlasses die Quotientensumme (QS) gebildet, welche bei der Beurteilung der Belastung das maßgebliche Kriterium ist. Eine QS kleiner 1 führt zur Einstufung als unbelasteter Boden, eine QS größer 1 zur Einstufung als belasteter Boden.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse der Beprobung sind in Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 (Eluatwerte) sowie in Tabelle 5 (Feststoffgehalte) dargestellt.

**Tabelle 2: Ergebnisse im Eluat in µg/l (außer Quotientensumme);
Bestimmungsgrenze: 0,01 µg/l**

| Probenname | Horizont (cm) | Summe PFC | kurzkettige PFC | langkettige PFC | Carbon-säuren | Sulfon-säuren | Quotientensumme |
|---------------|---------------|-----------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|
| Wei 18 | 0-30 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,17 |
| Wei 18 | 30-60 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,22 |
| Wei 19 | 0-30 | 0,36 | 0,26 | 0,10 | 0,36 | 0,00 | 0,68 |
| Wei 19 | 30-60 | 0,59 | 0,38 | 0,21 | 0,59 | 0,00 | 1,10 |
| Wei 20 | 0-30 | 0,65 | 0,49 | 0,16 | 0,65 | 0,00 | 1,11 |
| Wei 20 | 30-60 | 0,39 | 0,35 | 0,04 | 0,39 | 0,00 | 0,54 |
| Wei 21 | 0-30 | 0,26 | 0,23 | 0,03 | 0,26 | 0,00 | 0,39 |
| Wei 21 | 30-60 | 0,06 | 0,04 | 0,02 | 0,06 | 0,00 | 0,19 |
| Wei 22 | 0-30 | 0,25 | 0,22 | 0,03 | 0,25 | 0,00 | 0,40 |
| Wei 22 | 30-60 | 0,35 | 0,31 | 0,04 | 0,35 | 0,00 | 0,54 |
| Wei 23 | 0-30 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,19 |
| Wei 23 | 30-60 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,25 |
| Wei 24 | 0-30 | 0,21 | 0,17 | 0,04 | 0,21 | 0,00 | 0,37 |
| Wei 24 | 30-60 | 0,28 | 0,25 | 0,03 | 0,28 | 0,00 | 0,40 |
| Wei 25 | 0-30 | 0,32 | 0,28 | 0,04 | 0,32 | 0,00 | 0,48 |
| Wei 25 | 30-60 | 0,09 | 0,05 | 0,04 | 0,09 | 0,00 | 0,28 |
| Wei 26 | 0-30 | 0,18 | 0,16 | 0,02 | 0,18 | 0,00 | 0,30 |
| Wei 26 | 30-60 | 0,20 | 0,17 | 0,03 | 0,20 | 0,00 | 0,35 |
| Wei 27 | 0-30 | 0,12 | 0,09 | 0,03 | 0,12 | 0,00 | 0,27 |
| Wei 27 | 30-60 | 0,34 | 0,29 | 0,05 | 0,34 | 0,00 | 0,54 |
| Wei 28 | 0-30 | 0,17 | 0,14 | 0,03 | 0,17 | 0,00 | 0,30 |
| Wei 28 | 30-60 | 0,13 | 0,10 | 0,03 | 0,13 | 0,00 | 0,31 |

Von insgesamt elf Flächen überschreiten zwei Flächen die Quotientensumme von 1 (Wei 19 und Wei 20). Mehrheitlich wurden in den Proben kurzkettige PFC gefunden sowie fast ausschließlich Carbonsäuren. Bezüglich der Tiefenverteilung ist kein Trend erkennbar, sechs Flächen haben einen höheren Wert in der tieferen Schicht, vier Flächen in der oberen Schicht.

Tabelle 3: Kurzkettige PFC im Eluat in µg/l; Bestimmungsgrenze: 0,01 µg/l

| Probenname | Horizont (cm) | PFBA | PFPeA | PFHxA | PFHpA | PFBS | PFPeS |
|---------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Wei 18 | 0-30 | 0,023 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 18 | 30-60 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 19 | 0-30 | 0,046 | 0,096 | 0,081 | 0,039 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 19 | 30-60 | 0,069 | 0,178 | 0,093 | 0,036 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 20 | 0-30 | 0,104 | 0,16 | 0,148 | 0,075 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 20 | 30-60 | 0,046 | 0,115 | 0,165 | 0,028 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 21 | 0-30 | 0,037 | 0,088 | 0,084 | 0,021 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 21 | 30-60 | 0,015 | 0,011 | 0,014 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 22 | 0-30 | 0,026 | 0,073 | 0,098 | 0,024 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 22 | 30-60 | 0,035 | 0,111 | 0,119 | 0,04 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 23 | 0-30 | <0,01 | 0,011 | 0,016 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 23 | 30-60 | 0,011 | <0,01 | 0,014 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 24 | 0-30 | 0,041 | 0,057 | 0,057 | 0,017 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 24 | 30-60 | 0,037 | 0,079 | 0,114 | 0,015 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 25 | 0-30 | 0,042 | 0,093 | 0,117 | 0,024 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 25 | 30-60 | 0,013 | 0,015 | 0,021 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 26 | 0-30 | 0,035 | 0,048 | 0,06 | 0,012 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 26 | 30-60 | 0,041 | 0,038 | 0,074 | 0,02 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 27 | 0-30 | 0,023 | 0,032 | 0,032 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 27 | 30-60 | 0,037 | 0,097 | 0,128 | 0,028 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 28 | 0-30 | 0,031 | 0,045 | 0,055 | 0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Wei 28 | 30-60 | 0,019 | 0,017 | 0,052 | 0,011 | <0,01 | <0,01 |

Von den kurzkettigen PFC werden vor allem PFHxA und PFPeA vorgefunden. Sulfonsäuren wie PFBS und PFPeS werden nicht nachgewiesen, PFBA und PFHpA in geringen Konzentrationen von 0,01 µg/l bis 0,104 µg/l.

Die langkettigen PFC werden vor allem durch PFOA abgebildet. Neben PFOA ist nur ein einziger Messwert, PFHxS in Bodenprobe Wei 18 mit 0,013 µg/l, über der Bestimmungsgrenze. Die Konzentrationen an PFOA liegen im Bereich von 0,011 µg/l – 0,213 µg/l und liegen in allen Proben über der Bestimmungsgrenze.

Tabelle 5: Feststoffwerte (dargestellt werden nur Flächen mit einem Messwert oberhalb der Bestimmungsgrenze von 5 µg/kg)

| Probenname | Horizont (cm) | Summe PFC | Einzelsubstanz | Einteilung |
|---------------|---------------|-----------|----------------|-------------------------|
| Wei 18 | 0-30 | 6,20 | PFOS | Langkettige Sulfonsäure |
| Wei 18 | 30-60 | 0,00 | - | - |

Nur in der Probe Wei 18 im Horizont 0-30 cm wurden PFC über der Bestimmungsgrenze festgestellt, gemessen wurde die Substanz PFOS mit einer Konzentration von 6,20 µg/kg. In allen anderen Proben lagen sämtliche analysierten PFC unterhalb der Bestimmungsgrenze von 5 µg/kg.

4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen eine Belastung vor allem durch kurzkettenige PFC sowie durch PFOA. Diese PFC sind sehr mobil und belegen die These, dass die Belastung durch Beregnung mit belastetem Grundwasser herbeigeführt wurde. Des Weiteren wurden (außer PFOA) nahezu keine langkettigen, üblicherweise nicht im Grundwasser auftauchenden, PFC gefunden. In Abbildung 1 und Abbildung 2 werden die Mittelwerte der analysierten Bodenproben mit denen im Grundwasser gegenübergestellt.

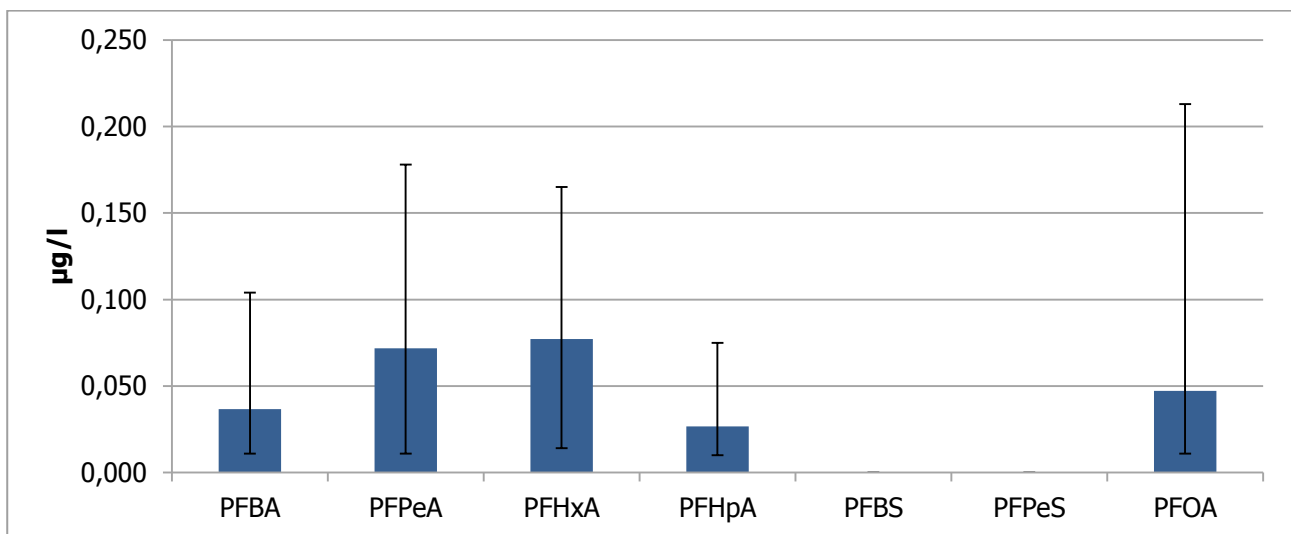


Abbildung 1: Mittelwerte der analysierten kurzkettenigen PFC und PFOA im Eluat, sowie Schwankungsbereich innerhalb der Bodenproben

Die Bodenproben weisen eine deutlich niedrigere Konzentration auf als die Grundwasserproben, zeigen jedoch das gleiche Spektrum. Hauptkomponenten sind PFPeA und PFHxA, gefolgt von PFOA, PFBA und PFHpA. Sulfonsäuren und andere langkettige PFC werden nicht gemessen. Durch die Auswahl der Privatgärten in einem Wohngebiet und den unterstützend eingesetzten Fragebogen konnten andere PFC-Quellen, wie beispielsweise belasteter Kompost, als Ursache der Belastung ausgeschlossen werden. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die Böden durch die Beregnung mit Grundwasser belastet wurden.

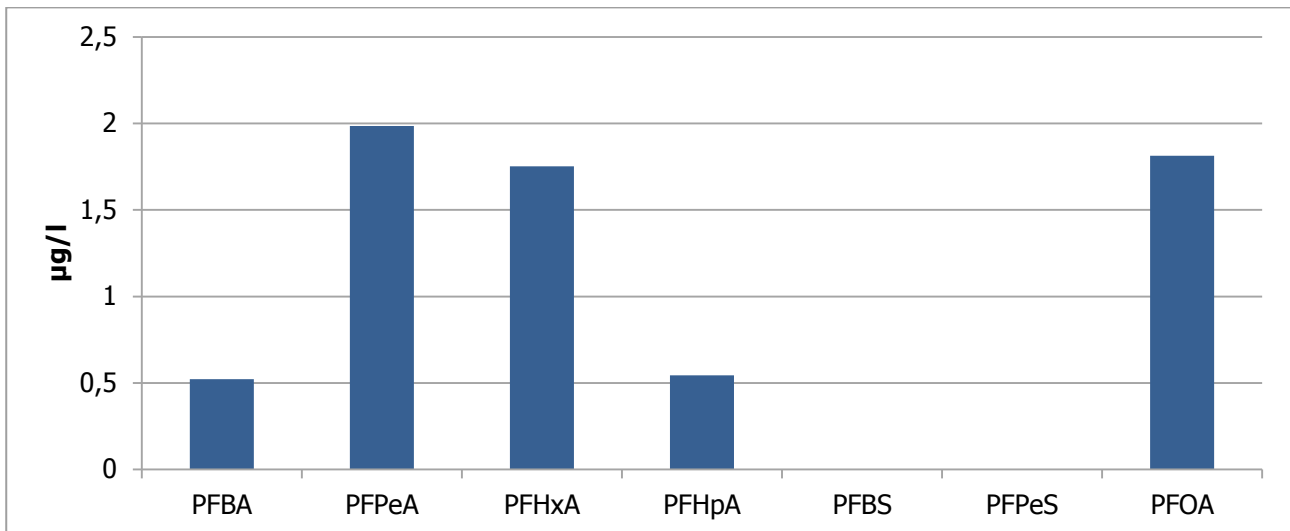


Abbildung 2: Mittelwerte der kurzkettingen PFC und PFOA in 23 Grundwassermessstellen in Weißenburg; Analysenergebnisse werden im Anhang dargestellt

Im Privatgarten Wei 27 wurde am 18.04.2017 auf Veranlassung des Eigentümers eine Bodenprobe entnommen und auf PFC analysiert, das Ergebnis wurde dem Landratsamt Rastatt mitgeteilt und wird in Abbildung 3 dargestellt. Die aktuellen Ergebnisse zeigen eine grundsätzliche Abnahme der Konzentration, die Quotientensumme ist von 1,5 auf 0,27 im Horizont 0 - 30 cm gesunken. Außerdem verdeutlichen die Ergebnisse, dass sich die PFC mit der Zeit in die Tiefe verlagern und wahrscheinlich über den Niederschlag ins Grundwasser übergehen.

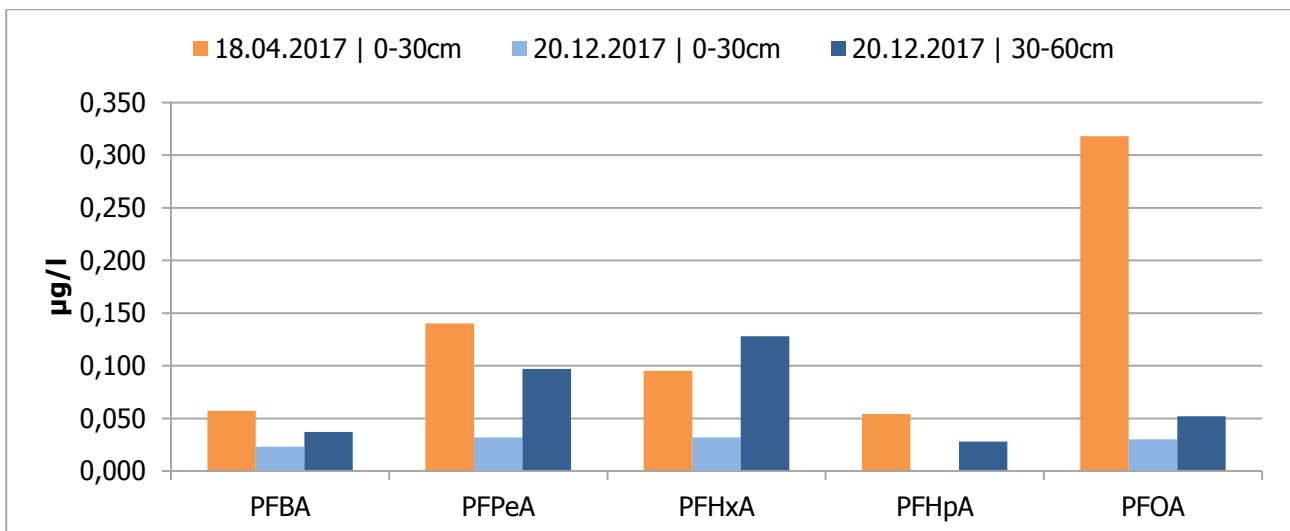


Abbildung 3: Vergleich zwischen der aktuellen Bodenprobe (Weißenburg 27) und einer älteren Bodenprobe vom 18.04.2017

Der Zeitraum, bis ein Boden, der durch Beregnungswasser belastet wurde, durch Auswaschprozesse wieder unbelastet ist, lässt sich nur schwer abschätzen. Die Eigentümer der untersuchten Privatgärten wurden bereits 2015 über die hohe Grundwasserbelastung informiert und haben größtenteils sofort die Beregnung auf Trinkwasser oder Regenwasser umgestellt. Aufgrund der hohen Grundwasserbelastung ist davon auszugehen, dass die Bodenbelastung zu diesem Zeitpunkt deutlich höher gewesen ist als heute und sich ein Teil der PFC bereits in tiefere Schichten oder das Grundwasser verlagert hat.

Im Unterschied zu PFC-Quellen mit langkettigen PFC oder Vorläufersubstanzen ist der Zeitraum, bis die Bodenbelastung wieder unterhalb der Quotientensumme von 1 liegt, vermutlich deutlich

kürzer. Dies zeigen die Ergebnisse insgesamt, da neun von elf Grundstücken trotz mehrjähriger Beregnung mit belastetem Grundwasser nach etwa zwei Jahren unbelastet sind, als auch im Einzelnen bei Probe Wei 27, bei der die Quotientensumme innerhalb von acht Monaten von 1,5 auf 0,27 zurückgegangen ist.

5. Fazit

Von elf Flächen, die über mehrere Jahre bis 2015 / 2016 mit PFC-belastetem Grundwasser bewässert wurden, konnte auf zwei Flächen im Dezember 2017 eine Belastung festgestellt werden. Auf den übrigen neun Flächen wurden PFC nachgewiesen, die PFC-Konzentration übersteigt jedoch nicht die Quotientensumme von eins. Das Spektrum dieser PFC ist identisch mit dem PFC-Spektrum im Grundwasser.

Die Beregnung von Flächen mit belastetem Grundwasser kann zu einer schädlichen Bodenveränderung führen. Die im Wasser transportierten PFC sind die Gruppe der kurzkettigen PFC und PFOA. Ihre hohe Mobilität führt dazu, dass sich die PFC langfristig aus dem Boden in tiefere Schichten bis ins Grundwasser verlagern. Der Zeitraum bis diese Flächen wieder als unbelastet gelten ist dabei deutlich kürzer als bei Flächen mit anderen PFC-Quellen, die langkettige PFC und/oder Vorläufersubstanzen enthalten und ist abhängig von der Beregnungsmenge und Grundwasserbelastung. Auch nach über zwei Jahren ohne zusätzliche Belastung können manche Flächen noch eine Quotientensumme > 1 aufweisen.

Eine Gartenbewässerung mit belastetem Wasser sollte auf jeden Fall vermieden werden. Eine schädliche Bodenveränderung, verursacht durch Grundwasser, wird vermutlich auf Grund der Mobilität der eingetragenen PFC-Einzelsubstanzen nach einem gewissen Zeitraum wieder zurück gehen bzw. im Bereich der Hintergrundbelastung liegen. Da die PFC allerdings über den Boden auch in die Pflanzen transportiert werden, ist hinsichtlich des Wirkungspfades Boden – Nutzpflanze die Empfehlung, auf die Beregnung mit kontaminiertem Grundwasser zu verzichten, weiterhin aufrecht zu erhalten.

6. Anhang

- Karte Bodenproben
- Karte Grundwassermessstellen
- Analysen Grundwassermessstellen
- Analyse Wei 27 vom 18.04.2017

| Grundwassermessstellen | | | | GWDB-Nr. | 2875/162-9 | 2933/162-0 | 2935/162-0 | 129/162-0 | 2888/162-1 |
|---------------------------------|-------------|---------------|-------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------------------|
| alle Werte (außer QS) in [µg/l] | | | | Datum | 02.06.2015 | 02.06.2015 | 02.06.2015 | 17.09.2015 | 12.01.2016 |
| Eluat nach DIN 19529 | | | | Art | Bohrbrunnen mit Filter | Bohrbrunnen mit Filter | Bohrbrunnen mit Filter | Brunnen | Bohrbrunnen mit Filter |
| (Wasser/Feststoff = 2 l/kg) | | | | | | | | | |
| CAS-Nr. | Bezeichnung | Norm | BG | | | | | | |
| 375-22-4 | PFBA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 1,400 | 0,600 | 0,380 | 0,320 | 0,337 | |
| 2706-90-3 | PFPeA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 6,580 | 1,820 | 1,030 | 1,300 | 1,230 | |
| 307-24-4 | PFHxA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 5,040 | 1,270 | 0,870 | 0,960 | 1,260 | |
| 375-85-9 | PFHpA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 1,470 | 0,700 | 0,390 | 0,330 | 0,274 | |
| 335-67-1 | PFOA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 4,250 | 3,320 | 2,100 | 0,850 | 1,070 | |
| 375-95-1 | PFNoA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,009 | 0,002 | <0,001 | 0,002 | |
| 335-76-2 | PFDA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,005 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 2058-94-8 | PFUnA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 307-55-1 | PFDoA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 375-73-5 | PFBS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,003 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,003 | |
| 2706-91-4 | PFPeS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 432-50-8 | PFHxS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,012 | <0,001 | 0,005 | |
| 357-92-8 | PFHpS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | <0,001 | |
| 1763-23-1 | PFOS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,016 | <0,001 | 0,020 | 0,005 | |
| 333-77-3 | PFDS | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 754-91-6 | PFOSA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 1546-95-8 | HPFHpA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,000 | 0,006 | |
| 27854-31-5 | H2PFDA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,002 | 0,000 | <0,001 | |
| 34598-33-9 | H4PFUnDA | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,003 | <0,001 | <0,001 | 0,000 | <0,001 | |
| 757124-72-4 | 4:2 FTS | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | <0,001 | |
| 27619-97-2 | 6:2 FTS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,000 | <0,001 | |
| 39108-34-4 | 8:2 FTS | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | <0,001 | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | Summe PFC | 18,75 | 7,74 | 4,79 | 3,78 | 4,19 |
| | | | | Summe kurzkettige PFC | 14,49 | 4,39 | 2,67 | 2,91 | 3,10 |
| | | | | Summe langkettige PFC | 4,25 | 3,35 | 2,12 | 0,87 | 1,09 |
| | | | | Summe PFC Carbonsäuren | 18,74 | 7,72 | 4,77 | 3,76 | 4,18 |
| | | | | Summe PFC Sulfonsäuren | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| | | | | Summe PFOS, PFOA | 4,25 | 3,34 | 2,10 | 0,87 | 1,08 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | Quotientensumme | 26,5 | 15,5 | 9,6 | 5,4 | 6,2 |

*Zur Berechnung der Quotientensumme verwendete Substanzen (13/13)

| Grundwassermessstellen | | | | GWDB-Nr. | 2895/162-1 | 2896/162-7 | 2892/162-5 | 2891/162-0 | 2897/162-2 |
|---------------------------------|-------------|---------------|-------|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| alle Werte (außer QS) in [µg/l] | | | | Datum | 12.01.2016 | 12.01.2016 | 12.01.2016 | 12.01.2016 | 12.01.2016 |
| Eluat nach DIN 19529 | | | | Art | Bohrbrunnen mit | Bohrbrunnen mit | Bohrbrunnen mit | Bohrbrunnen mit | Bohrbrunnen mit |
| (Wasser/Feststoff = 2 l/kg) | | | | | Filter | Filter | Filter | Filter | Filter |
| CAS-Nr. | Bezeichnung | Norm | BG | | | | | | |
| 375-22-4 | PFBA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,587 | 0,349 | 0,677 | 0,223 | 0,604 | |
| 2706-90-3 | PFPeA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 2,060 | 1,150 | 1,360 | 0,671 | 2,250 | |
| 307-24-4 | PFHxA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 1,920 | 1,180 | 1,300 | 0,624 | 2,080 | |
| 375-85-9 | PFHpA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,381 | 0,282 | 0,551 | 0,186 | 0,352 | |
| 335-67-1 | PFOA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 1,070 | 1,300 | 3,690 | 0,958 | 1,120 | |
| 375-95-1 | PFNoA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,020 | 0,005 | 0,002 | |
| 335-76-2 | PFDA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,001 | 0,002 | |
| 2058-94-8 | PFUnA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 307-55-1 | PFDoA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,002 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 375-73-5 | PFBS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,005 | 0,005 | 0,002 | 0,002 | 0,003 | |
| 2706-91-4 | PFPeS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 432-50-8 | PFHxS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,004 | 0,006 | 0,003 | 0,002 | 0,003 | |
| 357-92-8 | PFHpS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,002 | <0,001 | 0,003 | |
| 1763-23-1 | PFOS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,005 | 0,005 | 0,007 | 0,009 | 0,008 | |
| 333-77-3 | PFDS | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 754-91-6 | PFOSA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 1546-95-8 | HPFHpA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,003 | 0,002 | <0,001 | |
| 27854-31-5 | H2PFDA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 34598-33-9 | H4PFUnDA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,003 | <0,001 | |
| 757124-72-4 | 4:2 FTS | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 27619-97-2 | 6:2 FTS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 39108-34-4 | 8:2 FTS | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,002 | <0,001 | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | Summe PFC | 6,03 | 4,28 | 7,62 | 2,69 | 6,43 |
| | | | | Summe kurzkettige PFC | 4,95 | 2,97 | 3,89 | 1,71 | 5,29 |
| | | | | Summe langkettige PFC | 1,08 | 1,32 | 3,73 | 0,98 | 1,14 |
| | | | | Summe PFC Carbonsäuren | 6,02 | 4,27 | 7,60 | 2,67 | 6,41 |
| | | | | Summe PFC Sulfonsäuren | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| | | | | Summe PFOS, PFOA | 1,08 | 1,31 | 3,70 | 0,97 | 1,13 |
| | | | | | | | | | |
| | | | | Quotientensumme | 7,6 | 6,9 | 16,1 | 4,8 | 7,9 |

*Zur Berechnung der Quotientensumme verwendete Substanzen (13/13)

| Grundwassermessstellen | | | | GWDB-Nr. | 2930/162-3 | 2974/162-0 | 2986/162-8 | 260/162-5 | 261/162-0 |
|---------------------------------|-------------|---------------|-------|------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------|------------------|
| alle Werte (außer QS) in [µg/l] | | | | Datum | 12.01.2016 | 04.05.2016 | 07.07.2016 | 18.08.2016 | 18.08.2016 |
| Eluat nach DIN 19529 | | | | Art | Bohrbrunnen mit Filter | Bohrbrunnen mit Filter | Bohrbrunnen mit Filter | Beobachtungsrohr | Beobachtungsrohr |
| (Wasser/Feststoff = 2 l/kg) | | | | | | | | | |
| CAS-Nr. | Bezeichnung | Norm | BG | | | | | | |
| 375-22-4 | PFBA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,301 | 0,330 | 0,170 | 0,405 | 0,335 | |
| 2706-90-3 | PFPeA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,948 | 1,500 | 1,150 | 1,750 | 1,330 | |
| 307-24-4 | PFHxA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,831 | 1,400 | 0,840 | 1,770 | 1,230 | |
| 375-85-9 | PFHpA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,191 | 0,440 | 0,320 | 0,409 | 0,262 | |
| 335-67-1 | PFOA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,940 | 1,100 | 1,490 | 1,140 | 0,503 | |
| 375-95-1 | PFNoA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,004 | <0,001 | 0,020 | <0,001 | <0,001 | |
| 335-76-2 | PFDA* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 2058-94-8 | PFUnA | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 307-55-1 | PFDoA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 375-73-5 | PFBS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,005 | 0,001 | |
| 2706-91-4 | PFPeS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | |
| 432-50-8 | PFHxS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,007 | 0,004 | |
| 357-92-8 | PFHpS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,000 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 1763-23-1 | PFOS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,008 | <0,001 | 0,020 | 0,003 | <0,001 | |
| 333-77-3 | PFDS | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 754-91-6 | PFOSA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 1546-95-8 | HPFHpA | DIN 38407-F42 | 0,001 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | <0,001 | <0,001 | |
| 27854-31-5 | H2PFDA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,000 | 0,000 | <0,001 | <0,001 | |
| 34598-33-9 | H4PFUnDA | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,000 | 0,000 | <0,001 | <0,001 | |
| 757124-72-4 | 4:2 FTS | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,000 | 0,000 | <0,001 | <0,001 | |
| 27619-97-2 | 6:2 FTS* | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,000 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | |
| 39108-34-4 | 8:2 FTS | DIN 38407-F42 | 0,001 | <0,001 | 0,000 | 0,000 | <0,001 | <0,001 | |
| Summe PFC | | | | 3,23 | 4,77 | 4,01 | 5,49 | 3,67 | |
| Summe kurzkettige PFC | | | | 2,27 | 3,67 | 2,48 | 4,34 | 3,16 | |
| Summe langkettige PFC | | | | 0,96 | 1,10 | 1,53 | 1,15 | 0,51 | |
| Summe PFC Carbonsäuren | | | | 3,22 | 4,77 | 3,99 | 5,47 | 3,66 | |
| Summe PFC Sulfonsäuren | | | | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | |
| Summe PFOS, PFOA | | | | 0,95 | 1,10 | 1,51 | 1,14 | 0,50 | |
| Quotientensumme | | | | 5,0 | 7,1 | 7,4 | 7,6 | 4,3 | |

*Zur Berechnung der Quotientensumme verwendete Substanzen (13/13)

| Eluat | | | Proben-Nr. | Wei 27 |
|---|-------------|---------------|------------------------|------------|
| alle Werte (außer QS) in [$\mu\text{g}/\text{l}$] | | | Horizont | 0-30 cm |
| Eluat nach DIN 19529 | | | Probenahme | 18.04.2017 |
| (Wasser/Feststoff = 2 l/kg) | | | | |
| CAS-Nr. | Bezeichnung | Norm | BG | |
| 375-22-4 | PFBA* | DIN 38407-F42 | 0,010 | 0,057 |
| 2706-90-3 | PFPeA* | DIN 38407-F42 | 0,010 | 0,140 |
| 307-24-4 | PFHxA* | DIN 38407-F42 | 0,010 | 0,095 |
| 375-85-9 | PFHpA* | DIN 38407-F42 | 0,010 | 0,054 |
| 335-67-1 | PFOA* | DIN 38407-F42 | 0,010 | 0,318 |
| 375-95-1 | PFNoA* | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 335-76-2 | PFDA* | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 2058-94-8 | PFUnA | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 307-55-1 | PFDoA | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 375-73-5 | PFBS* | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 2706-91-4 | PFPeS* | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 432-50-8 | PFHxS* | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 357-92-8 | PFHpS* | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 1763-23-1 | PFOS* | DIN 38407-F42 | 0,010 | 0,018 |
| 333-77-3 | PFDS | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 754-91-6 | PFOSA | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 1546-95-8 | HPFHpA | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 27854-31-5 | H2PFDA | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 34598-33-9 | H4PFUnDA | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 757124-72-4 | 4:2 FTS | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 27619-97-2 | 6:2 FTS* | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| 39108-34-4 | 8:2 FTS | DIN 38407-F42 | 0,010 | <0,01 |
| | | | Summe PFC | 0,68 |
| | | | Summe kurzkettige PFC | 0,35 |
| | | | Summe langkettige PFC | 0,34 |
| | | | Summe PFC Carbonsäuren | 0,66 |
| | | | Summe PFC Sulfonsäuren | 0,02 |
| | | | Summe PFOS, PFOA | 0,34 |
| | | | Quotientensumme | 1,5 |

*Zur Berechnung der Quotientensumme verwendete Substanzen (13/13)