



## Zehn Jahre PFAS-Belastung in Mittelbaden: Ein „Freilandexperiment“ mit unbekanntem Ausgang?

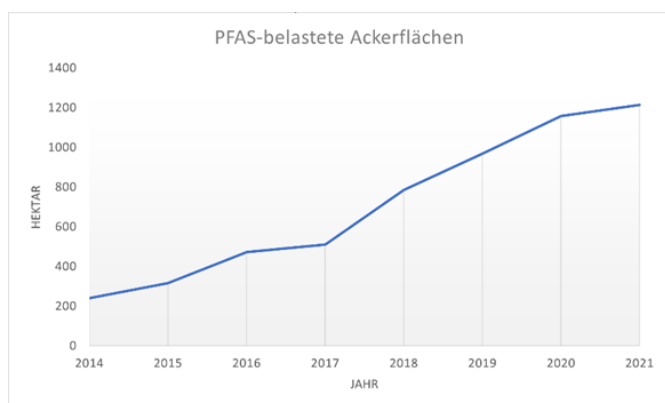
P. Klatt ([pfaswelt@gmail.com](mailto:pfaswelt@gmail.com)), Bühl

### Zusammenfassung

Vor zehn Jahren trat in Mittelbaden die PFAS-Belastung von Boden und Grundwasser in den Fokus von Behörden und Öffentlichkeit. Heute haben sich die Chemikalien in rund 58 Quadratkilometern des Grundwassers verteilt und 1.215 Hektar von insgesamt 10.162 Hektar Ackerland sind mit PFAS belastet. Das sind nur 12 Prozent, aber die Konsequenzen daraus sind für die Betroffenen der Region weitreichend und generationenüberdauernd. PFAS in Mittelbaden, das ist ein „Freilandexperiment“, das heute langjährige praktische Erkenntnisse vor Ort mit wissenschaftlichen Forschungen und europäischen Regularien verbindet, das aber immer noch keine umfassende Lösung anbieten kann.

### Einleitung

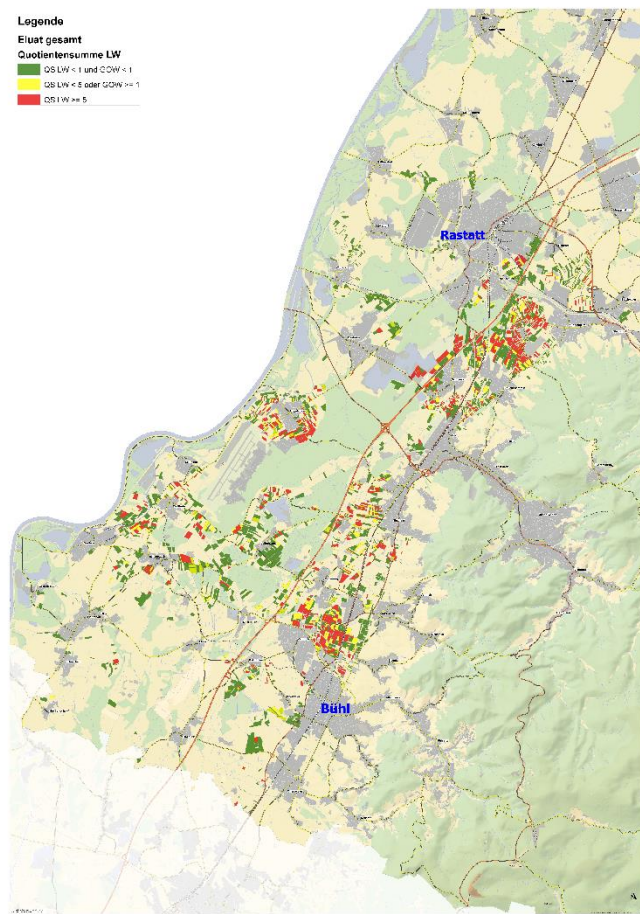
Es ist wohl einer der flächenmäßig größten Umweltskandale in Deutschland und europaweit als „Rastatt Case“ bekannt. In Mittelbaden zwischen Rastatt und Bühl sind Boden und Wasser mit einer Mischung diverser per- und polyfluorierter Alkylsubstanzen (PFAS) belastet (s. Faktenbox, Bugsel et al. 2021; Frey und Klatt 2017; Klatt 2020; 2021a, b). Ein regionaler Komposthändler hatte mutmaßlich PFAS-belastete Papierschlämme von verschiedenen Papierfabriken angenommen, mit Kompost vermischt und kostenfrei an Landwirte abgegeben. Er tritt jedoch bis heute juristisch der Behauptung entgegen, Verursacher des PFAS-Skandals in Mittelbaden zu sein (Kappler 2017; Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg 2019; Klatt, Pöhlking, Weller 2019).



**Abb. 1:** Dokumentation PFAS-belasteter Ackerflächen im Zeitraum von 2014 bis 2021

Teile der Chemikalienmischung sickerten in das Grundwasser und wurden durch die Stadtwerke Rastatt Ende 2012 bei einem Screening nachgewiesen; weitere Untersuchungen von Boden und Wasser folgten. Im September 2014 hatte man die PFAS

bereits auf 240 Hektar Ackerfläche gefunden (LRA Rastatt 2016). Acht Jahre und 8089 Boden-Analysen später sind es 1215 Hektar, auf denen sich eine Mischung lang- und kurz-kettiger PFAS mitsamt Vorläuferverbindungen wie polyfluorierete Alkylphosphatester (PAP) und Perfluoroktansulfon-amidoethanol-basierte Phosphatester (SAM-PAP) finden (Röhler et al. 2021; Nürnberg et al. 2018; Abb. 1 und 2). Von den 534 Landwirten im Landkreis sind aktuell 120 Landwirte direkt (mit Flächen) oder indirekt (durch Beregnungswasser) betroffen. 32 Landwirte haben damals das Material angenommen und auf ihre damaligen Äcker verteilt oder verteilen lassen.



**Abb. 2:** Räumliche Verteilung der PFAS-Flächenkontamination in Mittelbaden: rot=stark belastet, gelb=gering belastet, grün=nicht belastet, Quelle: Landratsamt Rastatt, abgewandelt: P. Klatt

„Eine Gesamtanierung dieser Fläche und Entfernung der Schadstoffe ist fachlich wie wirtschaftlich keine Option“, so das Umweltministerium Baden-Württemberg. „Wären lediglich die

ersten 30 Zentimeter des Bodens belastet, würde dies einem Volumen von deutlich über drei Millionen Kubikmetern entsprechen. Zum Vergleich: die Cheops-Pyramide hat ein Volumen von 2,6 Millionen Kubikmetern“. Für Umweltministerin Thekla Walker ist es „wirklich tragisch, was in Mittelbaden geschehen ist. Die Folgen für die Menschen und die betroffenen Landwirtinnen und Landwirte treiben mich sehr um. Für mich ist das Wichtigste, dass wir die Menschen in den betroffenen Gebieten vor den Verunreinigungen schützen und dafür sorgen, dass die Erzeugnisse auf den Feldern weiter bedenkenlos verkauft werden können und Trinkwasser weiter bedenkenlos konsumiert werden kann“, so Walker.

## Managementsystem für die Landwirtschaft : BUW, VEM und BeMiKo

Am Anfang standen die Beurteilungswerte (BUW-Werte) für die erlaubten Gehalte kurzketziger PFAS in den Feldfrüchten, die 2015 vom Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz (MLR) in Ermangelung von PFAS-Grenzwerten in Lebensmitteln festgelegt wurden. Diese BUW-Werte werden in einem Vor-Ernte-Monitoring (VEM) kontrolliert, sind sie überschritten, ist die Vermarktung untersagt. Begleitende Untersuchungen im Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) zeigten, welche Pflanzen wieviel PFAS aufnehmen (Scheurer et al. 2020) und welche Pflanzen auf den unterschiedlich stark belasteten Böden angebaut werden dürfen. Demnach sind Weizen und Soja für PFAS-Flächen nicht geeignet, Körnermais ist als Alternative aber möglich. Sonderkulturen wie Spargel oder Erdbeeren sind für PFAS-Flächen ebenfalls keine Option mehr. Die Erkenntnisse mündeten in fortlaufend aktualisierten Anbauempfehlungen (Merkblatt für den Anbau landwirtschaftlicher Kulturen, RP Karlsruhe), die zusammen mit dem VEM und der individuellen Beratung die nächste Stufe des Anbau-Managements bilden. Jeder betroffene Landwirt erhält vom Regierungspräsidium Karlsruhe ein individuell zugeschnittenes Bewirtschaftungs-Minimierungs-Konzept (BeMiKo), das den PFAS-Gehalt der Ackerflächen, die erlaubten Pflanzen, die Fruchtfolge für die Äcker sowie auch die erlaubte Menge des PFAS-belasteten Beregnungswassers berücksichtigt. Die Kosten dafür sind mittlerweile als Dauerausgabe des MLR eingeplant. „Dass wir das Grundproblem, nämlich die Kontamination der Böden und des Grundwassers, nicht grundlegend angehen und beseitigen können, ist unbefriedigend. Dass es andererseits dennoch gelungen ist, die Exposition der Bevölkerung sehr deutlich zu reduzieren, ist sehr erfreulich. Die entsprechenden Maßnahmen werden daher fortgeführt“, betont Peter Hauk, der Minister für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz.

Baden-Württemberg hat bei der Bearbeitung und Bewertung der kurzketzigen PFAS in pflanzlichen Lebensmitteln erstmalig praktikable Beurteilungskriterien zur lebensmittelrechtlichen Beurteilung von PFAS-Gehalten in Lebensmitteln erarbeitet, die im Rahmen der Lebensmittelüberwachung und des VEM's in der Praxis angewandt werden können. Dieser Ansatz sei

eine Möglichkeit, größere durch PFAS verunreinigte Flächen in der landwirtschaftlichen Erzeugung zu halten und dort dennoch lebensmittelrechtlich sichere Lebensmittel zu produzieren, so das MLR.

BUW-Werte wurden im letzten Jahr an die verschärften Tolerable Weekly Intake (TWI)-Werte für die Summe der vier PFAS Perfluorooctansulfonsäure, Perfluorooctansäure, Perfluorononansäure und Perfluorhexansulfonsäure von 4,4 ng/kg/W angepasst, die die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit bei der Neubewertung der gesundheitlichen Risiken durch PFAS in Lebensmitteln festgelegt hatte (MLR 2021).

## Landwirtschaft in der PFAS-Region

Einer der betroffenen Landwirte ist Christoph Decker, der vor sechs Jahren unverschuldet vor einem großen PFAS-Problem stand (Klatt und Frey 2016). Er hatte kein Papierschlamm-Kompostgemisch aufgebracht, musste aber feststellen, dass seine Gewächshäuser sowie auch Ackerflächen durch PFAS-belastetes Grundwasser, das in seinen Beregnungsbrunnen hochgepumpt und verteilt wurde, quasi unbrauchbar geworden waren. 10.000 Melonen waren im Gewächshaus gereift, verkaufen konnte er keine davon, da sie mit PFAS belastet waren (Abb. 3).



**Abb. 3:** Von PFAS-Kontamination betroffene Gewächshäuser des Landwirts Christoph Decker (Foto: P. Klatt)

Decker musste seinen ganzen Anbau anpassen. „Wir haben uns als Erstes eine Sämaschine gekauft, denn im Gegensatz zu gepflanzten Setzlingen muss man das Saatgut im Boden nicht bewässern, sondern kann das zunächst dem Regen überlassen. Das Regenwasser wird gesammelt und für die weitere Bewässerung genutzt, der Rest erfolgt dann durch Trinkwasser. Das ist natürlich teuer und deswegen haben wir in den letzten Jahren auf den Anbau von bewässerungsintensiven Pflanzen wie beispielsweise Fenchel oder Sellerie verzichtet“, so Decker. Seit kurzem hat er den Bescheid, dass die Zuschüsse für eine aufwändige Aktivkohle-Filteranlage bewilligt wurden, die die PFAS aus dem Grundwasser herausfiltert. Das sei für ihn ein Lichtblick, denn mit einer relativ geringen



Investition habe er nun nach sechs Jahren wieder die Option auf eine normale Landwirtschaft mit unbelastetem Beregnungswasser.

Für diese großen Aktivkohlefilteranlagen haben bislang drei Landwirte einen Antrag gestellt. Die Gesamtkosten für den Kauf der Reinigungsanlagen liegen zwischen 28.000 und 108.000 Euro, die Zuwendungen liegen zwischen 20.000 und 56.000 Euro. Sie werden unter anderem für die Anlage selbst sowie auch für die Wartung, die Erstbefüllung mit Aktivkohle und die Kosten für notwendige Wasseruntersuchung auf PFAS gewährt.

### **PFAS im Grundwasser: ein bis heute ungelöstes Problem**

Die Entwicklung der PFAS-Gehalte im Grundwasser der Region wird an 750 Grundwasserbrunnen untersucht und man hat 7200 PFAS-Analysen im Wasser vorgenommen (Abb. 4). Die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg hat ein computerbasiertes Grundwassermodell entwickelt, mit dem der Transport, die flächenhafte Ausbreitung sowie die Tiefenausbreitung der PFAS-Verbindungen im Grundwasser nachvollzogen und Prognosen für die Zukunft berechnet werden können (LUBW 2017).



**Abb. 4:** Bohrungen zur Untersuchung auf PFAS-Kontaminationen des Grundwassers (Foto: P. Klatt)

### **Maßnahmen der Trinkwasserversorger, Kosten circa 18 Millionen Euro**

Seit dem 12. Januar 2021 gibt es in der Neufassung der europäischen Trinkwasserrichtlinie erstmalig Grenzwerte für PFAS in Trinkwasser, die bis zum 21. Januar 2023 in nationales Recht umgesetzt werden müssen. Die Trinkwasserversorger der Region mussten Maßnahmen ergreifen, um die erlaubten PFAS-Werte im Trinkwasser einzuhalten. Die geschätzten Kosten liegen bis jetzt bei rund 18 Millionen Euro (Klatt 2021b). Die Reinigung des Wassers geschieht durch Niederdruckumkehrosmosen, gemeinsame Verbundlösungen oder auch durch den Einbau von Aktivkohlefiltern wie bei den Stadtwerken Rastatt. Für deren Geschäftsführer Olaf Kasprzyk ist die Bewältigung der Verunreinigung mit PFAS eine übergreifende Generationenaufgabe und er rechnet mit

weiteren PFAS-Funden im Grundwasser. Für eine dauerhafte Lösung des Problems müsse viel Geld in die Hand genommen werden, so Kasprzyk. Man entferne mit der Aufbereitung des Grundwassers PFAS aus dem Umweltkreislauf, die belastete Aktivkohle müsse entsorgt werden. Es sei unklar, wer letztendlich dafür zu zahlen habe (Rodriguez und Kasprzyk 2021).

Die konkrete Folge der früheren PFAS-Belastung des Trinkwassers ist die daraus resultierende Blutbelastung mit PFAS bei den Menschen in der Region (LGA 2020). In bisher zwei Untersuchungsreihen wurde das Blut von ausgewählten Testgruppen untersucht und die Ergebnisse waren eindeutig. Wer früher PFAS im Trinkwasser hatte, hat heute PFAS im Blut. Die Konzentrationen nahmen bei der zweiten Untersuchungsrunde ab, was die Behörden auf die ergriffenen Gegenmaßnahmen zurückführen. Zu gesundheitlichen Folgen kann man nichts sagen, obwohl es eine lange Liste möglicher Auswirkungen der PFAS gibt (Fenton et al. 2020).

### **Stadtwerke haben Zivilklage gegen den Komposthändler eingereicht**

Die Stadtwerke Rastatt (2019) haben eine Zivilklage gegen den Komposthändler eingereicht, da die PFAS aus dem aufgebrauchten Papierschlamm-Kompostgemisch ins Grundwasser gelangten, aus dem die Stadtwerke ihr Trinkwasser gewinnen. Diese sehen den Komposthändler deshalb auch für künftige Schäden durch den PFAS-Eintrag in Haftung: „Wer den Schaden verursacht hat, soll für dessen Behebung und Folgekosten aufkommen. In Deutschland gilt das Verursacherprinzip. Es geht hier nicht um Schuld, sondern um die Frage, wer haftet“, betont Dominik Greinacher, der klageführende Anwalt der Stadtwerke (Klatt 2022). Am 14. März war der erste Verhandlungstag vor dem Landgericht Baden-Baden (Abb. 5). Die Stadtwerke verlangen Schadenersatz in Höhe von 6,5 Millionen Euro, hinzukommen die Kosten, die künftig noch auf den Versorger zukommen könnten. Der nächste Verhandlungstag wird am 13.6. sein.



**Abb. 5:** Der erste Verhandlungstag am LG Baden-Baden. Verhandelt wurde aus Platzgründen im Kloster Lichtental in Baden-Baden (Foto P. Klatt)

## Andere betroffene Wassernutzer

In Mittelbaden sind auch 16 Eigenwasserversorger mehr oder weniger von den Auswirkungen von PFAS in ihrem Brunnenwasser betroffen, das einige mit Aktivkohleanlagen als Trinkwasser aufbereiten, andere nutzen das Brunnenwasser nur noch zur Körperpflege und zum Wäsche waschen. Die Bewässerung mit Gartenbrunnen ist ebenfalls eingeschränkt, von denen 270 angezeigte im Bereich des „PFAS-Gebietes“ vorliegen. Da man von einer hohen Dunkelziffer ausgehen muss, erfolgt die Empfehlung zum Verzicht auf die Bewässerung mit Grundwasser für die gesamte Gemeinde oder einzelne Ortsteile. Zusätzlich sind noch sieben Brauchwasserbrunnen in der Überwachung. Auch für Angelseen wurden gegebenenfalls Verzehrempfehlungen für die Fische ausgesprochen, bei zwei Seen im Stadtkreis Baden-Baden wird vom Verzehr abgeraten.

## Kieswerkbetreiber müssen umplanen

Derzeit sind zwei Baggerseen und zwei Kieswerke unmittelbar betroffen. „Wir sind zum ersten Mal 2015 mit dem Thema PFAS konfrontiert worden“, so Christiane Ritter, Geschäftsführerin der Firma Kieswerk Kühl. Man habe auf betroffenen Flächen den Boden nach Fraktionen und Korngröße getrennt und hätte dadurch trotz PFAS einen guten Teil des Kieses verwenden können, da der Hauptteil der Chemikalien in den bindigen Fraktionen enthalten ist. „Aber in der Praxis ist das ganze Verfahren sehr aufwändig und auch teuer, bislang sind bereits Kosten im sechsstelligen Bereich angefallen“, stellt Christiane Ritter nüchtern fest. Und es stelle sich ja auch hier die Frage, wohin mit dem belasteten Oberboden, der zwischengelagert werden müsse, ebenso wie der Kiesanteil, den man wegen der PFAS-Belastung nicht verwenden könne, eine Deponierung sei auch hier teuer und in Baden-Württemberg nicht möglich. Eine Bodenwaschung ist ebenfalls teuer und für Oberböden nicht geeignet. Deswegen habe man die PFAS-Thematik jetzt erst einmal „geparkt“. Ein Forschungsprojekt zur Immobilisierung der PFAS in den Böden (VEGAS), an dem man auch beteiligt sei, laufe noch, so Ritter. Seit 2019 sei deswegen eigentlich nichts passiert, was dem Kieswerk weiterhelfen würde und Christiane Ritter würde sich pragmatische Übergangslösungen wie Abschieben und Abdecken des Bodens wünschen. Aber da gebe es seitens der Behörden viele bürokratische Hürden und am Ende irgendwie keine Lösung, sondern Stillstand, was bedeutet, dass die PFAS weiterhin durch die Böden in das Grundwasser sickern!

## Komplexe Forschungen und ihre Umsetzung

Da sich die Papierindustrie aus der Aufarbeitung des PFAS-Skandals in Mittelbaden heraushält, müssen grundlegende Zusammenhänge zwischen Papierbeschichtungen, PFAS-Muster im Boden oder Transformation der PFAS dort aufwändig untersucht werden. Dafür hat das Landesumweltministerium neben anderen Projekten auch verschiedene Verbundforschungsprojekte (BWPlus) finanziert. Im Projekt FluorTECH untersucht man technische Produkte auf Papierschlämmen, die früher in der Papierindustrie verwendet wurden und potenzielle Vorläufer für die heute in Boden und Grundwasser vorkommenden

PFAS sind. „Durch einen Vergleich der Kettenlängen der PFAS in den Bodenproben mit denen in den Papierproben konnte gezeigt werden, dass die Kontamination auf den landwirtschaftlichen Flächen durch PFAS imprägnierte Papiere erklärbar ist“ (Bugsel 2021). Im Projekt PROSPeCT geht es um das Sorptions- und Transportverhalten von perfluorierten Alkylsäuren einschließlich ausgewählter Vorläufer im Boden und deren Transfer in die Nutzpflanze (Weidemann et al. 2021). Man konnte zeigen, dass sich die Vorläufer zwar abbauen, dass aber auch PFAS-Rückstände im Boden verbleiben, die derzeit weder extrahierbar noch analysierbar sind.

Und im Rahmen des vom Umweltbundesamtes finanzierten Projektes FluorTransfer wurden an 394 kontaminierten Standorten Umweltfaktoren wie pH-Wert, Gehalt an organischem Kohlenstoff und Bodentextur bestimmt, die die Pflanzenaufnahme von PFAS im Freiland beeinflussen. „Die Ergebnisse zeigen, dass man am häufigsten Perfluorbutansäure (PFBA) und Perfluorpentansäure (PFPeA) in den Pflanzen fand, unabhängig von der im Boden nachgewiesenen PFAS-Mischung. Der Gehalt dieser beiden PFAS unterscheidet sich deutlich zwischen verschiedenen Pflanzenarten“, erklären Runa Boeddinghaus und Jörn Breuer vom LTZ.

Für Thorsten Stahl, der sich seit rund 20 Jahren mit den PFAS beschäftigt und ebenfalls in Forschungsprojekte eingebunden ist, zeigt sich bei dem „PFAS-Pfad: Boden-Pflanze“ auch nach vielen Jahren immer noch die große Komplexität des Themas. „Klimawandel, Umweltfaktoren, die nicht homogene Verteilung der Stoffe im Boden, der Einfluss von Mikroorganismen, all das deutet darauf hin, dass im Vollzug die Kontrollen gebraucht werden, da man derzeit nicht abschätzen kann, „dass eine PFAS-Konzentration „xy“ im Boden eine Aufnahme „yz“ in die Pflanzen zur Folge hat“, so Stahl.

Die BWPlus-Projekte laufen noch bis Ende Mai, die Abschlussberichte werden voraussichtlich im zweiten Halbjahr 2022 über die LUBW veröffentlicht. „Bemerkenswert an den BWPlus-Projekten ist der regelmäßige Informationsaustausch zwischen den einzelnen Arbeitsgruppen und den Vertretern der Umweltbehörden in Baden-Württemberg, mit dem Ziel, die Forschungsergebnisse für die Praxis nutzbar zu machen“, betont Janine Kowalczyk vom Projekt PROSPeCT. Und schon jetzt ist man sich einig, dass das vom Land Baden-Württemberg eingerichtete VEM das Beste war, was man in dieser Situation machen konnte.

## Europäische Forschungen mit Mittelbadens „PFAS-Wasser“

Im Herbst 2021 startete das europäische Forschungsprojekt „Zero Pollution of Persistent, Mobile Substances (ZeroPM)“, dessen Ziel es ist, die Umwelt und die menschliche Gesundheit vor persistenten Stoffen wie auch den PFAS zu schützen (ZeroPM, the PFAS universe). „In Europa und in der Welt der PFAS-Forschung ist der „Rastatt-Case“ ein „berühmter“ Fall“, so Sarah Hale, die Projektleiterin von ZeroPM, weswegen auch

das Technologiezentrum Wasser in Karlsruhe (TZW), die Stadtwerke Rastatt sowie das Landratsamt Rastatt Teil dieses Projektes sind. Man sei sehr daran interessiert gewesen, für ZeroPM Standorte zu finden, „an denen wir arbeiten können und die einen echten Nutzen für die betroffenen Gemeinden haben und Rastatt ist eindeutig ein solcher Standort“, betont Hale. Das TZW hat als Schwerpunkt die Analytik und die Wasseraufbereitung von PFAS und die Stadtwerke erhoffen sich die Elimination von kurzkettingen PFAS durch komplette Zerlegung der Verbindungen. Das Landratsamt sieht viele Vorteile in ZeroPM, denn die Forschungsnehmer werden sich auch hier intensiv austauschen und abstimmen und der Landkreis kann sich direkt an die Wissenschaftler wenden, um Dinge anzusprechen, wofür man notwendige Unterstützung benötigt und man hat aus erster Hand Zugang zu den Aktivitäten und Ergebnissen der Projekte. Man hofft ebenfalls, dass man durch die Ergebnisse weitere Einblicke in die Beurteilung der noch auf den Äckern liegenden PFAS Mischkontamination und deren Verhalten bekommt.

Für Sarah Hale ist der Rastatt-Case nicht nur ein Umweltproblem, sondern ebenso ein soziales Problem in der Region. „Da der Boden und das Wasser verschmutzt sind, wird unter anderem der Anbau von Pflanzen auf den landwirtschaftlichen Flächen beeinträchtigt und damit auch die Lebensgrundlage der Menschen“, so Hale. Dies sei ein Aspekt, den man in ZeroPM ebenfalls untersuchen wolle, da man die Nachhaltigkeit der getesteten Lösungen unter Berücksichtigung verschiedener Elemente prüfen werde.

Und bei ZeroPM wird auch die Kommunikation nach außen direkt von Anfang an mitgedacht, etwas, was man vor Ort im Rastatt-Case erst nach und nach lernen musste. ZeroPM will die breite Öffentlichkeit und die politischen Entscheidungsträger erreichen und versuchen, die Menschen über das Problem der PM-Stoffe in der Umwelt aufzuklären, aber auch zeigen, dass man auf Lösungen hinarbeitet. „Wir wissen, wie wichtig es ist, mit den Menschen in der Sprache zu sprechen, die sie verstehen - und das ist nicht immer die Sprache, in der ich spreche, aber wir sind zuversichtlich, dass wir unsere Botschaften verständlich und nachvollziehbar machen können“, ist sich Hale sicher, (s. auch WHO 2022).

PFAS in Mittelbaden, das beinhaltet also nach zehn Jahren: Managementkonzepte, länderübergreifende Forschungsaktivitäten, Klagen vor Gericht und Gegenmaßnahmen, die schon mehr als 12 Millionen Euro verschlungen haben. Aber es bleibt trotz aller Erkenntnisse ein „Freilandexperiment“ ohne einfache Lösungen mit einem offenen Ende.

## Faktenbox

Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS/PFC) sind Industriechemikalien, die seit den 1940er Jahren immer weiterentwickelt wurden, heute kennt man, je nach Definition mehr als 5000 verschiedene PFAS. Sie sind fett-, wasser- und

schmutzabweisend und haben deswegen ein breites Anwendungsspektrum (Glüge et al. 2020), auch bei der Imprägnierung von Papier. Leider sind sie auch bioakkumulierbar, persistent und schädlich für Mensch und Ökosysteme (BMUV PFAS 2022; UBA 2020).

## Literatur

- Bugsel, B., Bauer, R., Herrmann, F., Maier, M.E., Zwiener, C. (2022), LC-HRMS screening of per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) in impregnated paper samples and contaminated soils. *Anal Bioanal Chem*, 414, 1217-1225. <https://doi.org/10.1007/s00216-021-03463-9>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Service, Fragen und Antworten (FAQ), Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFAS), <https://www.bmu.de/faqs/per-und-polyfluorierte-chemikalien-pfas>, abgerufen 05.05.2022
- BWPlus (Baden-Württemberg Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung), Ökologie und sonstige Themen, SiWaPFC, PROSPeCT, FluorTECH, VEGAS, <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/umwelt-und-energieforschung/projekte-bwplus-ii/>, abgerufen 26.04.2022
- Fenton, S.E., Ducatman, A., Boobis, A., De Witt, J.C., Lau, C., NG, C., Smith, J.S., Roberts, S.M. (2021), Per- and polyfluoroalkyl substance toxicity and human health review: Current state of knowledge and strategies for informing future research. *Environ Toxicol Chem*, 40, 606-630. <https://doi.org/10.1002/etc.4890>
- Frey, A., Klatt, P. (12.02.2017), Verseuchtes Grundwasser, wer trägt die Schuld? [Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung](#), Nr.6, Seite 57
- Glüge, J., Scheringer, M., Cousins, I.T., DeWitt, J.C., Goldenman, G., Herzke, D., Lohmann, R., Ng, C.A., Trier, X., Wang, Z. (2020), An overview of the uses of per- and polyfluoroalkylsubstances (PFAS). *Environ Sci: Processes Impacts*, 22, 2345-2373. <https://doi.org/10.1039/D0EM00291G>
- Kappler, B. (31.01.2017), PFC-Verfahren eingestellt, *Badischen Neueste Nachrichten*, <https://bnn.de/mittelbaden/baden-baden/pfc-verfahren-eingestellt>
- Klatt, P. (2020), PFAS: Umweltgifte für die Ewigkeit, *Spektrum – Die Woche*, 17/2020, <https://www.spektrum.de/wissen/pfas-umweltgifte-fuer-die-ewigkeit/1724648>
- Klatt, P. (2021a), Viele Fragen, wenige Antworten: Neun Jahre PFAS-Belastung in Mittelbaden, *GDCh, FG Analytische Chemie*, [Mitteilungsblatt 3/2021](#), 18-21,
- Klatt, P. (2021b), PFAS/PFC in Mittelbaden, *Globale Umweltgifte werden zum regionalen Problem*, p.26-28, <https://pfas-dilemma.info/images/PFAS-Broschuere.pdf>
- Klatt, P. (2022), Wer haftet für die Folgen der PFAS-belasteten Böden? <https://pfas-dilemma.info/aktuelles/36-schadenersatz-wegen-pfas-belastetem-kompost>, abgerufen 21.04.2022



- Klatt, P., Frey, A. (04.09.2016), Woher kam das Zeug bloß? [Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung](#), (FAZ.net)
- Klatt, P., Pöhlking, M., Weller, J. (26.09.2019), PFC-Skandal in Mittelbaden – Das Gift in uns, Ein multimediales Dossier, [Badische Neueste Nachrichten](#)
- LGA (2020), Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Bericht des Landesgesundheitsamtes zu den Ergebnissen der Blutkontrolluntersuchung im Landkreis Rastatt, [https://sozialministerium.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-sm/intern/downloads/Downloads\\_Gesundheitsschutz/Bericht\\_PFC-BlutkontrolluntersuchungLKRastatt\\_2020-Aug2021fin.pdf](https://sozialministerium.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-sm/intern/downloads/Downloads_Gesundheitsschutz/Bericht_PFC-BlutkontrolluntersuchungLKRastatt_2020-Aug2021fin.pdf)
- LUBW (2017), Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/pfc-karten-online>, abgerufen 20.04.2022
- Merkblatt für den Anbau landwirtschaftlicher Kulturen auf Flächen mit PFC-Verunreinigungen in Mittel- und Nordbaden, herausgegeben vom Regierungspräsidium Karlsruhe und vom LTZ Augustenberg, [https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Karlsruhe/Abteilung\\_5/Referat\\_54.1/Stabsstelle\\_PFC/ DocumentLibraries/Documents/pfc\\_lw\\_merkblatt\\_lw\\_kulturen.pdf](https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Karlsruhe/Abteilung_5/Referat_54.1/Stabsstelle_PFC/DocumentLibraries/Documents/pfc_lw_merkblatt_lw_kulturen.pdf), abgerufen am 20.04.2022
- MLR, Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg, Erlass vom 28.06.2021 - Anwendung des EFSA-TWI-Werts (pdf, 41 KB)
- Nürnberg, G., Nödler, K., Lange, F.T., Schäfer, C., Huber, K., Scheurer, M. (2018), Nachweis von polyfluorierten Alkylphosphatestern (PAP) und Perfluoroktansulfonamido-ethanol-basierten Phosphatestern (SamPAP) in Böden, [Mitt Umweltchem Ökotox](#), 24, 28-32
- Rastatt, Landkreis, 2016. PFC-Belastung von Boden und Grundwasser im Raum Rastatt/ Baden-Baden - Historie und Zusammenfassung. [https://www.landkreis-rastatt.de/site/kreis-rastatt/get/documents\\_E-1958743887/kreis-rastatt/Objekte/03\\_Aktuelles/PFC/HistorieundZusammenfassung\\_StandSeptember2016.pdf](https://www.landkreis-rastatt.de/site/kreis-rastatt/get/documents_E-1958743887/kreis-rastatt/Objekte/03_Aktuelles/PFC/HistorieundZusammenfassung_StandSeptember2016.pdf)
- Rodriguez, L., Kasprzyk, O. (2021), Per- und polyfluorierte Stoffe in der Forschung, [Umweltmagazin BD. 51 NR. 05-06, p. 40-43](#)
- Röhler, K., Haluska A. A., Susset B., Liu B., Grathwohl P. (2021), Long-term behavior of PFAS in contaminated agricultural soils in Germany, J Contam Hydrol, 241, 103812 <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2021.103812>
- Scheurer M., Lesmeister L., Breuer J., Schultheiß M. (2020), Transfer von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) von belasteten Böden in Pflanzen, [Mitt Umweltchem Ökotox](#), 26, 35-39
- Stadtwerke Rastatt (2019), Zivilklage der Stadtwerke Rastatt gegen den Komposthändler, [Pressemitteilung vom 2.05.2019](#),
- Umweltbundesamt (2020), PFAS. Gekommen, um zu bleiben, Schwerpunkt 1-2020. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/schwerpunkt-1-2020-pfas-gekommen-um-zu-bleiben>
- VEGAS: Entwicklung einer Vorgehensweise zum Nachweis der PFAS-Immobilisierung für konkrete, vorgegebene Immobilisierungsansätze, Universität Stuttgart, DVGW Technologiezentrum Wasser (TZW), Laufzeit 01.05.2019 bis 31.05.2022, [https://www.iws.uni-stuttgart.de/institut/forschung/projekte/vegas/20190501\\_P\\_FAS-Immo](https://www.iws.uni-stuttgart.de/institut/forschung/projekte/vegas/20190501_P_FAS-Immo)
- Verwaltungsgerichtshof Baden-Württemberg (2019), PFC-Problematik im Raum Rastatt und Baden-Baden: Bodenschutzrechtliche Untersuchungsanordnungen rechtskräftig, [Pressemitteilung 03.04.2019](#),
- Weidemann, E., Kowalczyk, J., Just, H., Breuer, J., Göckener, B., Lämmer, R., Stahl, T., Bücking, M., Gaßmann, M., (2021), Welche Prozesse sind für das Umweltverhalten von PFAS im Boden verantwortlich? [Mitt Umweltchem Ökotox](#), 27, 5-9
- WHO (2022), Wirksame Risikokommunikation zu Umwelt und Gesundheit: Ein strategischer Bericht über aktuelle Trends, Theorien und Konzepte. Kopenhagen: WHO-Regionalbüro für Europa, p. 32-38, <https://www.euro.who.int/de/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2022/effective-risk-communication-for-environment-and-health-a-strategic-report-on-recent-trends-theories-and-concepts-2021>
- ZeroPM, the PFAS-universe, (2021), <https://zeropm.eu/2022/04/the-pfas-universe/>

## Über die Autorin:

Patricia Klatt ist Biologin und Wissenschaftsjournalistin und schreibt seit 2014 über den PFAS-Skandal in Mittelbaden. In der Online-Broschüre: „PFAS / PFC in Mittelbaden - Globale Umweltgifte werden zum regionalen Problem“ (2021) hat sie die wichtigsten lokalen Fakten zusammengefasst und in den globalen Kontext eingebettet. Auch auf ihrer Homepage bloggt Klatt regelmäßig über diverse PFAS-Neuigkeiten.

## Korrespondenzadresse

Patricia Klatt  
Diplom-Biologin & Wissenschaftsjournalistin  
77815 Bühl  
[pfaswelt@gmail.com](mailto:pfaswelt@gmail.com)  
<https://pfas-dilemma.info>  
<https://pfas-dilemma.info/aktuelles>  
<https://twitter.com/PFASDilemma>