

TEXTE

137/2020

Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS- Kontaminationen

Anhang D: Projektbeispiele

TEXTE 137/2020

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und nukleare Sicherheit

Forschungskennzahl 3717 76 231 0
FB000332/ANH,D

Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen

Anhang D: Projektbeispiele

von

Dr. Thomas Held, Dr. Michael Reinhard
Arcadis Germany GmbH, Darmstadt

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber:

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

Durchführung der Studie:

Arcadis Germany GmbH
Europaplatz 3
64293 Darmstadt

Abschlussdatum:

November 2019

Redaktion:

Fachgebiet II 2.6 Maßnahmen des Bodenschutzes
Jörg Frauenstein

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, Juli 2020

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung, Zielsetzung	3
2	Projektbeispiele	3
2.1	Feuerlöschmitteleinsatz Brand (Fall 1)	3
2.2	Feuerlöschmitteleintrag Testfeld (Fall 2).....	4
2.3	Feuerlöschmitteleinsatz Brand (Fall 3)	5
2.4	Feuerlöschmitteleinsatz Flughafen (Fall 4).....	6
2.5	Feuerlöschmittel in der Mineralölindustrie (Fall 5).....	8
2.6	Feuerlöschmitteleinsatz Flugplatz (Fall 6)	9
2.7	Feuerlöschmitteleinsatz Flugplatz (Fall 7)	10
2.8	Feuerlöschmitteleinsatz Raffinerie (Fall 8)	11
2.9	Feuerlöschmitteleinsatz Flugplatz (Fall 9)	12
2.10	Feuerlöschmitteleinsatz Großbrand (Fall 10)	13
3	Quellenverzeichnis.....	14

1 Veranlassung, Zielsetzung

Der Umgang mit PFAS-Kontaminationen erfordert, wegen deren Besonderheiten, zahlreiche neue Handlungsansätze, seien es vermehrte Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen, Sofortmaßnahmen oder auch innovative Maßnahmen zum Management großer Massen PFAS-kontaminierter Böden. Auch wenn es noch recht wenige Sanierungsprojekte in Deutschland gibt, und die, die schon laufen, sich fast ausschließlich auf die konventionellen Verfahren *Pump-and-Treat* (P&T) und Bodenaustausch fokussieren, ist doch die Möglichkeit groß, dass aus den in den Einzelfällen gefundenen Lösungen Vorgehensweisen und Kenntnisse abgeleitet werden können, die von weitergehender Bedeutung sind und daher Eingang in die vorliegende Handlungsempfehlung finden müssen. Daher wurde im Rahmen der Erstellung dieser Handlungsempfehlungen eine Reihe von Fällen eruiert, bei denen bereits zumindest eine abgestimmte Sanierungsuntersuchung, besser aber noch erste Erfahrungen mit dem Erfolg der Sanierung vorliegen. Im nächsten Schritt wurde mit dem jeweils zuständigen Behördenvertreter ein Telefoninterview geführt. Insbesondere wurden dabei Managemententscheidungen der Sanierungspflichtigen und Genehmigungsbehörden abgefragt, die sich in den technischen Berichten zur Dokumentation normalerweise nicht wiederfinden. Die Ergebnisse der Interviews sind in Kapitel 2 zusammengefasst, die dabei gewonnenen Erkenntnisse haben Eingang in die Handlungsempfehlung gefunden.

2 Projektbeispiele

2.1 Feuerlöschmitteleinsatz Brand (Fall 1)

Im Jahr 2010 wurde ein Brand in einer Firma für Reformwaren (Lagerhandel) gelöscht. Die Firma verfügte über Muldenrigolensysteme zur Versickerung von Oberflächenwasser. Das versickernde Wasser wurde über Rigolen in das Grundwasser eingeleitet. Überlaufrohre gingen direkt in die Rigolen unterhalb der Systeme, damit wurde die Oberbodenpassage kurzgeschlossen.

Unmittelbar nach dem Brand wurde das in den Muldenrigolensystemen stehende Löschwasser auf den Gehalt an PFAS untersucht und diese auch nachgewiesen. Der Haupteintrag in das Grundwasser erfolgte über die Versickerung und über die Überlaufrohre. Abstromig der beiden Muldenrigolensysteme wurden umgehend jeweils eine Grundwassermessstelle (GWM) errichtet. Deren Beprobung ergab hohe Gehalte an PFAS, aber auch an PAK und eine erhöhte Toxizität (Leuchtbakterientest). Die PAK-Konzentrationen und die Toxizität gingen jedoch rasch wieder zurück.

Die Detailuntersuchung (DU) erfolgte in zwei Stufen. Da der aktuelle nahe PFAS-Abstrom in einen Bereich unterhalb einer Autobahn endete, wurde eine GWM jenseits der Autobahn errichtet und regelmäßig beprobt (1. Stufe). Darin stiegen die PFAS-Konzentrationen kontinuierlich an. In einer 2. Stufe wurde die PFAS-Fahne im Grundwasser mittels Direct-Push-Probennahme in zwei Transekten eingegrenzt.

Auf eine formale Sanierungsuntersuchung (SU) wurde verzichtet, da es zu diesem Zeitpunkt zum Pump-and-Treat (P&T) keine Alternative gab. Die Lage der Förderbrunnen und die Förderraten wurden mit Hilfe eines Grundwasserströmungsmodells festgelegt. Die P&T-Maßnahme an der Fahnen spitze ging etwa ein Jahr nach Schadenseintritt in Betrieb. Der Boden der PFAS-belasteten Muldenrigolensysteme wurde nach vorheriger Erkundung der Bodenbelastungen kurze Zeit vor dem Beginn des Betriebs der P&T-Maßnahme ausgekoffert (Teilsanierung, da die PFAS-Belastung bis unterhalb einer Halle nicht vollständig ausgekoffert werden konnte).

Die Strategie war, den Standort zügig, aber gründlich zu erkunden und die Sanierungsmaßnahmen rasch in Betrieb zu bringen, um eine weitere Ausbreitung bis in ein Naturschutzgebiet im weiteren Abstrom zu vermeiden.

Es war frühzeitig klar, dass die PFAS schon bis in einen Bereich unterhalb der Autobahn migriert waren und eine Förderung des belasteten Grundwassers nur jenseits der Autobahn sinnvoll ist. Damit blieb ausreichend Zeit für eine sorgfältige Erkundung und eine größere Rechtssicherheit für die Anordnung von Sanierungsmaßnahmen. In der Regel kann kaum entschieden werden, ob mit einer Sofortmaßnahme schneller und mehr Schadstoffe aus dem Untergrund zu entfernen gewesen wären. Hinderlich ist bei Sofortmaßnahmen die Frage, inwieweit die Maßnahmen bei der dann vorhandenen geringen Datenlage zielgerichtet eingesetzt werden können. Im *Worst Case* hätte eine spätere Detailuntersuchung ergeben, dass die Sofortmaßnahme unzureichend geeignet war und die Behörde hätte im Fall einer Ersatzvornahme oder Anordnung die Kosten dafür übernehmen müssen.

Ergänzende Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen waren in diesem Fall nicht erforderlich. Als Sanierungsziel wurde aufgegeben, die Ausbreitung der Fahne vollständig zu stoppen. Als Zielwert wurde eine Belastung im Zustrom zu den Förderbrunnen von max. 0,3 µg/L der Summe PFBS, PFHxS, PFHxA, PFHpS, PFOA und PFOS vorgegeben. Dieser Wert musste auch für das gereinigte, wieder in den Grundwasserleiter eingeleitete Wasser eingehalten werden (Einleitwert). Später wurden die GFS einschließlich der Quotientensumme als Sanierungszielwert vorgegeben. Im Hinblick auf die Standzeit der Aktivkohle war dies von Vorteil, bezüglich der Bewertung des zuströmenden Wassers entsprach dies einer Verschärfung der Grenzwerte.

Da aktuell nur noch wenige Hundert Gramm PFAS pro Jahr aus dem Grundwasserleiter im Bereich der PFAS-Fahne entfernt werden, soll im Rahmen einer Verhältnismäßigkeitsbetrachtung geprüft werden, ob ein Weiterbetrieb der Sanierung angebracht ist. Diese Prüfung orientiert sich an der Intension (nicht den einzelnen Werten) des Leitfadens zur Beendigung langlaufender P&T-Maßnahmen bei LCKW-Schäden (LUBW, 2015). Es ist dabei darzustellen, was passiert, wenn die Grundwasserentnahme beendet wird. Dabei werden auch Precursor beleuchtet (Beprobung Anlagenzu-/ablauf). Vermutlich wird es erforderlich werden, im Abstrom eine kurze „Opferstrecke“, zuzulassen, in der aber aktuell keine Grundwassernutzung erfolgt.

2.2 Feuerlöschmitteleintrag Testfeld (Fall 2)

An dem Standort eines Löschfahrzeugherstellers kam es in zwei Bereichen (Schadensherde) zum Eintrag von PFAS in Boden und Grundwasser. Der erste Schadensherd stellt ein sogenanntes Testfeld für die Löschfahrzeuge im Testeinsatz dar, das nach gegenwärtigem Kenntnisstand keine reguläre Entwässerung oder zumindest keine Entwässerung nach dem Stand der Technik aufwies. Hier wurden vor allem PFOS und H₄PFOS eingetragen (untersucht wurden zunächst PFAS nach der DIN, nach Bestätigung des Altlastenverdachts stets 24 Einzelsubstanzen). Der zweite, weiter abstromig, aber nahezu in einer Abstromlinie liegende Schadensherd wies vor allem PFOS auf, die Schadensursache dieses Eintrages konnte nicht ermittelt werden. Der gesamte Betrieb wurde 2013 stillgelegt.

Anschließend sollte der Standort verkauft werden. Dazu wurden eine historische Untersuchung und eine orientierende Erkundung durchgeführt. Dabei wurde man auf eine mögliche Belastung mit PFAS aufmerksam. In der folgenden Detailuntersuchung (DU) wurde die PFAS-Kontamination im Schadensherd auskartiert. Die Schadstofffahne ist auch weitestgehend auskartiert. In ca. 130 m Entfernung vom Schadensherd (Centerline) war noch eine erhebliche PFAS-Belastung, aber niedriger als im Herd nachweisbar. In Spuren waren PFAS auch noch in größerer Entfernung (etwa 280 m) in Rammpegeln nachweisbar. Im Grundwasser wurden auch die Precursor mit Hilfe der AOF-Methode analysiert. Die Ergebnisse gaben für das Grundwasser keinen Hinweis auf weitere, außer den über die Einzelstoffanalytik identifizierten Verbindungen.

Die Sanierungsuntersuchung (SU) wurde 2018 fertiggestellt. Es wurde seitens der Behörde gefordert, dass dies durch einen Gutachter mit Zulassung nach §18 BBodSchG erfolgt.

Betrachtet wurden neben P&T und Bodenaustausch auch folgende Varianten: hydraulische Sicherung über Grundwasserzirkulationsbrunnen, unterschiedliche Varianten des Bodenaustauschs (u.a. Austausch des Lehmbodens und *In-situ*-Spülung des PFAS-belasteten grobkörnigen Unterbodens der ungesättigten Bodenzone durch Verrieselung), Bodenwäsche und Einkapselung der Schadensherde. Als Vorzugsvariante wurde folgender Ansatz gewählt:

- Partieller Bodenaustausch der Hot-Spot-Bereiche (ungesättigte Bodenzone mit einer PFAS-Belastung $> 10 \times$ Quotientensumme aus 13 GFS- bzw. GOW-Werten),
- P&T im unmittelbaren Abstrom des 2. Schadensherdes mit drei Grundwasserentnahmebrunnen und vier oberstromigen Infiltrationsbrunnen (hydraulische Herdsicherung).

Die hydraulische Herdsicherung sollte zuerst eingerichtet werden. Wenn diese funktioniert (d.h. die PFAS-Konzentrationen an einer Grundwassermessstelle abstromig der Sicherung auf Sanierungszielwertniveau sinken) wird der Bodenaustausch durchgeführt. Es wird erwartet, dass ein Abstand von sechs Monaten zwischen den beiden Maßnahmen liegen wird.

Die PFAS-Fahne, von der keine Gefahr ausging und dadurch keine Sanierung der Fahne erforderlich war, wird sich durch Verdünnung von allein auflösen. Innerhalb des Fahnenbereiches gibt es keine Grundwassernutzung, so dass Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen nicht erforderlich waren. Eine Ausnahme stellt eine im unmittelbaren Abstrom gelegene Grundwasserwärmepumpenanlage dar. Diese ist jedoch geschlossen und hat keinen direkten Kontakt mit dem Grundwasser. Die geohydraulische Modellberechnung der P&T-Maßnahme ergab, dass diese keinen negativen Einfluss auf die Anlage hat.

Die Wirksamkeit der an der Grundstücksgrenze zu installierenden hydraulischen Barriere ist dann gegeben, wenn in deren Abstrom die GFS/GOW-Werte (einschließlich Quotientensumme; QS) eingehalten sind (Stand: 2018). Die hydraulische Sicherung kann beendet werden wenn auch im Zustrom zu den Entnahmebrunnen die PFAS-Konzentrationen unterhalb der GFS/GOW-Werte und QS liegen. Ein formaler Bescheid zu den Sanierungszielwerten soll nach Abschluss des noch zu erstellenden Sanierungsplanes ergehen.

Ungeklärt ist derzeit noch die Entsorgung der PFAS-belasteten Bodenmaterialien. Es wird erwartet, dass sich dies schwierig gestalten wird. Aufgrund der Persistenz der PFAS sind hohe Anforderungen an die Abwasserreinigung bei der Untersuchung und Sanierung des Standorts zu stellen. Ansonsten wies das Verfahren der Altlastenbearbeitung, trotz des Vorliegens der PFAS, keine Besonderheiten gegenüber der Vorgehensweise bei anderen Schadstoffen auf.

Der Standort ist gegenwärtig eine Brachfläche. Ein Teil des Standortes ist Eigentum der Gemeinde. Ziel ist es, das Gelände einer raschen Nachnutzung zuzuführen. Die hierfür erforderlichen Zeiträume sind noch ungewiss. Das wird voraussichtlich erst dann möglich sein, wenn die Sanierungsmaßnahmen (hier nur Bodenaustausch) abgeschlossen sind.

2.3 Feuerlöschmitteleinsatz Brand (Fall 3)

Der Brand an diesem Standort ereignete sich im Jahr 2007. Die betroffene Fläche war vollständig versiegelt und der Standort verfügte über eine Löschwasserrückhaltung. Daher bestand zunächst keine Veranlassung, Boden und Grundwasser näher zu untersuchen. Im Jahr 2012 wurden dann etwa 7 km abstromig in der Wasserfassung eines Trinkwassergewinnungswerkes erhöhte Gehalte an PFAS festgestellt. Die Verursacheranalyse identifizierte den Brand als Schadensursache.

Im Rahmen der nachfolgenden Erkundung konnten keine expliziten Eintragsbereiche (Hotspots) ausgewiesen werden. Innerhalb des gesamten Eintragsgrundstücks gab es Bereiche mit erhöhten PFAS-Belastungen im Grundwasser ohne eine entsprechende Belastung des Bodens und umgekehrt.

Es wurde daher vermutet, dass der Eintrag der Löschschäume in den Untergrund über ein defektes Kanalnetz sowie über während des Brandes entstandene Risse in der Betonplatte erfolgte. Kleinere Einträge waren theoretisch auch beim Handling des Löschschaums während des Löschens denkbar. Die Bodenbelastung ist weitgehend auskartiert, derzeit werden abstromig des Eintragsbereiches noch weitere Messstellen zur Verdichtung der Information zur PFAS-Verteilung im Grundwasser errichtet. Die PFAS-Fahne ist aktuell ca. 8 km lang und vermutlich stationär. Auch die Fahne ist weitgehend auskartiert. Im Rahmen der Erkundung wurde auf 18 PFAS-Einzelverbindungen analysiert. Precursor wurden nur im Rahmen der Pilotstudie (s.u.) analysiert. Die PFAS akkumulieren in der Grundwasserwechselzone.

Im Rahmen einer Pilotstudie wurde die Machbarkeit von drei verschiedenen als aussichtsreich erscheinenden Sanierungsverfahren (Fällung mit PerfluorAd, Anreicherung auf Ionentauscher und chemischer Abbau der PFAS im Desorbat, Sorption auf Aktivkohle oder Ionentauscher) im Labor- und teilweise im Technikumsmaßstab erprobt. Im Rahmen der Pilotstudie wurden teilweise auch die Precursor (als AOF) analysiert und auch nachgewiesen. Das zu behandelnde Grundwasser wies für manche Verfahren eine komplizierte Matrix (hoher Gehalt an DOC und gelöstem Eisen) auf. Die Quelle des DOC wurde nicht ermittelt, der Zustrom wurde nicht untersucht. Es ist daher nicht geklärt, ob der DOC aus dem Oberstrom zufließt.

Im Rahmen der Sanierungsuntersuchungen für den Eintragsbereich wurden neben den klassischen Verfahren im wesentlichen Sicherungsverfahren betrachtet. Das ausgewählte Sanierungsverfahren beinhaltet die Elemente Teilumspundung (zur Minimierung der Fördermenge), Förderung des kontaminierten Grundwassers und Reinigung mit PerfluorAd sowie nachgeschalteter Aktivkohle und Re-infiltration eines Teils des gereinigten Wassers im Oberstrom zur Verbesserung der hydraulischen Auswaschung insbesondere der Grundwasserwechselzone.

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen waren für den Bereich der PFAS-Fahne im Grundwasser nicht erforderlich.

Als vorläufige Sanierungszielwerte wurden die GFS-Werte festgelegt, die endgültigen Sanierungszielwerte sollen im Rahmen der Erstellung des Sanierungsplanes noch durch den Gutachter abgeleitet werden.

2.4 Feuerlöschmitteleinsatz Flughafen (Fall 4)

Auf dem Gelände eines Flughafens liegen insgesamt 5 Eintragsbereiche mit PFAS aus dem Einsatz von Feuerlöschschäumen vor. Die Eintragsbereiche betreffen Feuerlöschübungsplätze (großes, gemauertes Becken Ost und kleineres Becken West), die Feuerwehrstellfläche sowie ein größeres Biotop und ein kleinerer Bereich im Norden. Der Hauptschaden liegt am ehemaligen Feuerlöschübungsplatz Ost vor. Ausgehend von den Eintragsbereichen sind die PFAS versickert und in das Grundwasser gelangt. Gleichzeitig wurde der PFAS-belastete Oberboden über ablaufende Oberflächengewässer eluiert und es fand eine Ausbreitung in die Umgebung statt. Letztlich entwässert das gesamte, belastet abfließende Oberflächenwasser und Grundwasser in einen Graben als Vorfluter. Die PFAS gelangen über oberflächennahe Bodenschichten und das Grundwasser in den Vorfluter. Die jährliche PFAS-Fracht, die über den Vorfluter weitertransportiert wird, liegt derzeit bei 1,5 – 3,5 kg/a PFAS.

Am Feuerlöschübungsplatz Ost läuft seit mehreren Jahren eine Sanierung. Diese begann im Jahr 2014 zunächst als Pilotversuch. Das im Rahmen eines P&T entnommene Grundwasser (ursprünglich max. 1 m³/h) wird mit einem Flüssigkeitswirkstoff versetzt, der mit den PFAS-Verbindungen zu einer Fällungsreaktion gebracht wird. In einem zweiten Schritt wird mit Aktivkohle dekontaminiert. Nach einigen Anlagenmodifikationen mit hydraulischer Optimierung, um den Abstrom vollständig zu erfassen, läuft die Sanierung jetzt mit einem Volumenstrom von 2 m³/h.

Das gereinigte Wasser wird in einen Graben abgeleitet. Als Ausreinigungszielwert gilt eine Konzentration von 20 ng/L PFOS und für weitere PFAS gelten die GFS-Werte. Laut verbindlichem Sanierungsplan sollen im Roh- und Reinwasser der Aufbereitungsanlage einmalig AOF und die Vorläufersubstanzen analysiert werden.

Die Schadstoffbelastung ist weitgehend auskartiert und es wurde eine historische Erkundung durchgeführt. Im Ergebnis konnte für den Bereich „Nord“ keine Ursache ermittelt werden. Es wird angenommen, dass die Belastung auf früher umgelagerten Boden zurückgeht. Ansonsten sind alle Schadstofftransportpfade erklärbar und für den Standort liegt ein konzeptionelles Standortmodell vor. Für den Gesamtstandort wurde ein Grundwassermodell erstellt. Integrale Untersuchungsmethoden (wie beispielsweise Immissionspumpversuche o.ä.) wurden durchgeführt.

Basierend auf den Ergebnissen der Erkundung wurde ein Sanierungskonzept erarbeitet. Betrachtet wurden neben P&T (eine tiefendifferenzierte Betrachtung ergab, dass im Schadenszentrum nur im oberen Bereich des Grundwasserleiters ein Abpumpen zielführend ist) und Bodenaustausch in den verschiedensten Varianten auch die Bodenumlagerung. Ein von einem Gutachterbüro erstellter Sanierungsplan wurde von der zuständigen Behörde für verbindlich erklärt.

Der Sanierungsplan beschreibt die Erweiterung der P&T-Maßnahme zum technischen Maßstab. Das Reinigungsverfahren im Hauptschadenszentrum bleibt bis auf weiteres erhalten. Die Grundwasserentnahme wird so gestaltet, dass die Absenkungsbeträge im Hot-Spot-Bereich nur sehr gering sind. Damit wird eine anhaltende Elution der Schadstoffe ins Grundwasser und Fassung über das P&T sichergestellt. Darüber hinaus soll die Oberflächenentwässerung so umgestaltet werden, dass das Wasser nicht in hochbelastete Bereiche hineinläuft. Ein Teil des gereinigten Wassers soll in das Biotop geleitet werden, um hier den Wasserstand und damit das Biotop insgesamt zu erhalten.

Im Abstrom des Biotops werden eine Abstrom-Drainage und eine Brunnengalerie, die ablaufendes kontaminiertes Oberflächenwasser, aber auch den Abstrom aus dem Biotop erfasst, gebaut. Das gefasste Wasser wird einer Grundwasseraufbereitungsanlage zugeführt.

Daneben soll in allen belasteten Bereichen der PFAS-kontaminierte Boden ausgehoben und im Bereich des Feuerlöschübungsplatzes Ost in einem hinsichtlich des Zutritts von Niederschlagswasser und des Austritts von Sickerwasser gesicherten und kontrollierten großen Aufschüttungskörper abgelagert werden. Der für den Aushub bestimmende Eingriffswert beträgt 0,3 µg/L im Eluat für die Summe aus PFOS, PFOA und PFHxS. Die Ablagerung erfolgt in einem Bereich, in dem bereits hohe Bodenbelastungen vorliegen (Erfüllung des Verschlechterungsverbots). Dieser erfährt durch die Ablagerung eine Oberflächenabdichtung. Im Hotspotbereich soll bis in den Grundwasserschwankungsbereich hinein Boden ausgehoben werden. Da der gesamte Flughafen als Sanierungsgebiet erklärt ist, sind Umlagerungen von belastetem Boden innerhalb der gesamten Fläche zulässig.

Der Flughafenbetreiber hat bereits Rückstellungen in ausreichender Höhe getätigt.

Sanierungszielwerte für das Grundwasser wurden gegenwärtig wegen der fehlenden Rechtssicherheit noch nicht festgelegt. Dies soll zu einem späteren Zeitpunkt unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit erfolgen.

Die betroffenen Schutzgüter sind neben dem Grundwasser und dem Oberflächengewässer auch die Fische der in der Umgebung liegenden Fischweiher. Es wurde eine dringende Empfehlung zum Verzicht auf den Fischverzehr ausgesprochen. Im Grundwassereinflussbereich finden sich auch Kleingärten. Für die Kleingärtner wurde die dringende Empfehlung ausgesprochen, das über Gartenbrunnen förderbare Grundwasser nicht zur Beregnung zu verwenden.

Ferner liegen im weiteren Abstrom Beregnungsbrunnen in landwirtschaftlich genutzten Bereichen, Industrierwasserbrunnen sowie Brunnen zur Gewinnung von Trinkwasser (öffentliche und private Nutzer). Deren Wasser muss regelmäßig überwacht werden.

Bisher finden sich teilweise im Nutzwasser nur Spuren von PFAS, die keine weiteren Maßnahmen erfordern. Es wird erwartet, dass die Konzentrationen nach der Sanierung des Herdbereiches sinken. Sollte sich bei der Überwachung aber eine Verschlechterung der Situation ergeben, sind Einschränkungen nicht auszuschließen (Beschränkungen in der Entnahmerate).

Im Bereich der PFAS-Fahne wurde der Bau einer Autobahnanbindung mit einer intensiven Grundwasserhaltung geplant. Das Grundwasser in diesem Bereich wurde intensiv untersucht. Wegen der PFAS-Belastung wurde das Vorhaben zunächst zurückgestellt.

Der Grasschnitt auf belasteten Böden wird analysiert. Ist dieser belastet, so soll er nicht verfüttert werden bzw. darf er nicht einer Biogasanlage zugeführt werden. Der Grasschnitt kann, wenn möglich, untergemulcht oder muss fachgerecht entsorgt werden. Für Nutzpflanzen wird ein Vorernte-monitoring durchgeführt. Dieses ergab bisher nur geringe PFAS-Gehalte und damit keinen Handlungsbedarf.

Die Ergebnisse werden in einer umfangreichen Öffentlichkeitsarbeit transparent kommuniziert.

2.5 Feuerlöschmittel in der Mineralölindustrie (Fall 5)

Im Rahmen des Betriebes eines Standortes der Mineralölindustrie wurden an verschiedenen Stellen Feuerlöschübungen vorgenommen. An diesen Stellen, wie auch am Standort der Betriebsfeuerwehr kam es zu einem Eintrag von PFAS in Boden und Grundwasser. Erst nach dem Rückbau des Standortes war PFAS ein allgemeines Thema, so dass erst zu diesem Zeitpunkt Untersuchungen auf PFAS begannen. Die Eintragsbereiche (Boden) sowie die Belastung im Grundwasser wurden auf der Grundlage einer nachgeschobenen historischen Erkundung mittels klassischer Erkundungsverfahren detailliert abgegrenzt.

Da die PFAS-Fahne über das Grundstück hinausging und bis in den Bereich eines Auenwaldes hinein reichte, wurde rasch eine Abstomsicherung als Sofortmaßnahme eingerichtet. Nach dem Verkauf des Grundstücks wurde von dem neuen Eigentümer auf Grundlage der nun abgeschlossenen Erkundungsmaßnahmen die hydraulische Abstomsicherung überplant. Als Ableitwert wurden 20 ng/L PFOS und 200 ng/L für die Summe PFAS bzw. minimale Konzentrationen nach dem Stand der Technik festgelegt. Im Betrieb der Abstomsicherung unterschreiten die Konzentrationen der PFAS-Einzelverbindungen meist deren Bestimmungsgrenze (10 ng/L). Das gereinigte Wasser wird im Seitenstrom, in dem sich keine PFAS-Belastung befindet, versickert. Die hydraulische Abstomsicherung kann dann beendet werden, wenn die in Bayern gültigen Stufe-1-Werte unterschritten sind. Grundlage für die Festlegung waren Vorgaben des bayerischen Landesamtes für Umwelt. Precursor wurden bisher nicht untersucht.

Der betroffene Wirkungspfad ist an diesem Standort ausschließlich der Pfad Boden → Grundwasser, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen waren daher nicht erforderlich.

Im Rahmen einer Sanierungsuntersuchung wurden verschiedene Sanierungsoptionen untersucht. Da das Grundstück aber rasch einer geplanten neuen, hochwertigen Nutzung zugeführt werden sollte, hat man sich für eine Wäsche des Bodens im Eintragsbereich entschieden, vor allem, weil die Möglichkeiten zur Deponierung des PFAS-belasteten Bodens sehr eingeschränkt sind. Diese Bodenwäsche läuft Ende 2019 noch.

Der gereinigte Boden wird wieder vor Ort eingebaut, sofern er die Zuordnungsklasse Z0 aufweist. Wenn der Boden die Zuordnungsklasse Z0 nicht aufweist, was in der Sandfraktion vorkommen kann, wird er nochmals gewaschen. Laut Bescheid wäre in Anlehnung an die LAGA M20 (Stand 06. November 1997) in technischen Bauwerken auch eine Verwertung von Material mit max. bis zu den Z1.1-Werten im „eingeschränkten offenen Einbau“ zulässig.

Hoch belastetes Feinkornmaterial fällt nur in geringer Menge an und wird deponiert.

Als Störer wurde der Verursacher ausgewählt. Die Sanierungsverpflichtung wurde jedoch in einem Sanierungsvertrag zwischen dem alten und neuen Eigentümer sowie der Stadtverwaltung auf den neuen Eigentümer übertragen.

2.6 Feuerlöschmitteleinsatz Flugplatz (Fall 6)

Auf einem Flugplatz wurden mehrere PFAS-Einträge festgestellt, die der Verwendung PFAS-haltiger Feuerlöschschäume zuzuordnen waren. Nach dem Feststellen von PFAS-Kontaminationen im Bereich der Hauptanwendungsbereiche (Feuerlöschübungsbecken, Feuerwache) wurde eine erweiterte historische Erkundung hinsichtlich zusätzlicher möglicher PFAS-Einträge der weiteren Bearbeitung der PFAS-Kontaminationen vorangestellt. Verdachtsflächen waren Feuerlöschübungsplätze, die Feuerwache, Standort der Feuerlöschfahrzeuge, gelöschte Brände, Absturz-, Lager- und Umschlagplätze für PFAS, Haufwerke mit PFAS-Verdacht sowie das komplette Entwässerungssystem der Liegenschaft.

Der bislang bekannte Hauptschaden befindet sich im Bereich des ehemaligen Feuerlöschübungsbeckens sowie im Bereich der Feuerwache. Im Rahmen der aktuell laufenden Untersuchungen werden aber noch weitere PFAS-Verdachtsflächen erkundet.

Im Bereich des ehemaligen Feuerlöschübungsbeckens sind im Rahmen der Untersuchungen noch detailliertere Untersuchungen bezüglich der Verteilung der Schadstoffe in Böden und Grundwasser geplant. Die vom Standort ausgehende PFAS-Fahne im Grundwasser ist weitgehend erkundet, es sind jedoch noch ergänzende Untersuchungen erforderlich, vor allem in dem Bereich, der über den Standort hinausgeht. Hintergrund ist, dass die Grundwasserströmung in dem gering ergiebigen, gering mächtigen Grundwasserleiter unerwartet verläuft und sich die PFAS-Fahne aufgrund der speziellen Morphologie der Sohle des Grundwasserleiters in zwei unterschiedlich abströmende Teilströme auftrennt. Bei den Erkundungsmaßnahmen wurden PFAS-Einzelsubstanzen untersucht, eine Analyse auf Precursor (Summenparameter) erfolgte nicht.

Der betroffene Wirkungspfad ist vor allem Boden → Grundwasser. Eine der beiden PFAS-Teilfahnen läuft in Richtung einer ehemaligen Trinkwasserfassung. Aufgrund der Belastung mit PFAS wurde aber schon vor mehreren Jahren hier der Betrieb eingestellt. Der zweite PFAS-Teilstrom verläuft in Richtung einer noch genutzten Trinkwasserfassung. Es war zum Zeitpunkt der Erhebung noch nicht abschließend geklärt, wie groß das von der Liegenschaft ausgehende Gefährdungspotential für diese Trinkwassernutzung ist, dies wird aber weiter untersucht.

PFAS-belastetes Abwasser des Standortes gelangte in eine Kläranlage. Bauern haben den PFAS-belasteten Klärschlamm aus der Kläranlage auf ihre Äcker zur Düngung ausgebracht. Kontrolluntersuchungen werden seitens der Behörde vorgenommen.

Für das ehemalige Feuerlöschübungsbecken wurde von der Behörde eine Sofortmaßnahme zur Sicherung/Sanierung gefordert. Dies wurde vom Eigentümer der Liegenschaft bislang verweigert, weil der Bereich einerseits in der Einflugschneise liegt und eine Oberflächenabdichtung somit aus Sicht der Flugsicherung schwierig aufzubringen wäre und zum anderen, weil der Standort noch nicht abschließend erkundet ist. Es wurde mit der Umweltbehörde dann einvernehmlich vereinbart, die Erkundung und eine formale Sanierungsuntersuchung abzuwarten. Zwischenzeitlich wurde der Flugbetrieb auch eingestellt.

Regenwasser, das sich in dem Feuerlöschübungsbecken sammelt, kann über Abläufe überlaufen. Bei großem Wasserandrang werden diese überströmt und das PFAS-belastete Wasser gelangt in das Grundwasser. Daher soll das im Becken sich ansammelnde Wasser künftig abgepumpt und gereinigt werden. Ein Pilotversuch zu dieser Sicherung des Standortes wurde im Frühjahr 2019 umgesetzt. Damit soll ein Überlaufen und Freisetzen von PFAS unterbunden werden.

Auf dem Standort wird anfallendes Niederschlagswasser zum Teil in Fließgewässer eingeleitet, zum Teil in das Grundwasser versickert. Eine Überarbeitung des liegenschaftsbezogenen Abwasserkonzeptes (LAK) ist zum Zeitpunkt der Erhebung gerade im Gange. Die Überwachung und das Monitoring der Stoffgruppe PFAS im Entwässerungssystem ist Teil dieser Überarbeitung.

Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen wurden bislang nicht ausgesprochen. Die Trinkwasserversorgung im nördlichen Grundwasserabstrombereich wurde bereits 2013 außer Betrieb genommen. Für die Ausbringung PFAS-belasteter Klärschlämme auf Ackerflächen sieht sich der Flugplatzbetreiber nicht zuständig, vor allem auch deshalb, weil die PFAS-Belastung auf den Ackerflächen auch aus anderen Quellen (anderer Klärschlamm, andere PFAS-Einträge in die Kläranlage) stammen könnte. Untersuchungen der Ackerflächen werden von der Umweltbehörde veranlasst (Amtsermittlung).

2.7 Feuerlöschmitteleinsatz Flugplatz (Fall 7)

Auf einem Flugplatz kam es durch den Einsatz von Feuerlöschschäumen an mehreren Orten zum Eintrag von PFAS in den Untergrund und ins Grundwasser und in der Folge in oberirdische Gewässer. Nach einer historischen Erkundung wurden mehrere Verdachtsflächen identifiziert, darunter Feuerlöschübungsplätze, die Feuerwache und deren Umfeld (vermutlich Prüfung der Schaumkanonen), Lagerbereiche, Betriebsflächen, Aufstellflächen von Feuerwehrautos bei bestimmten Flugsituationen und Schaumteppiche bei Unfällen und bei Übungen.

Die Orientierenden Untersuchungen der Verdachtsflächen sind durchgeführt. Für drei höher belastete Bereiche ist auch die Detailuntersuchung inklusive abschließender Gefährdungsabschätzung abgeschlossen und der Schaden im Boden und Grundwasser ausreichend erkundet. Zur Erkundung wurden klassische Verfahren angewendet, Grundwasserproben wurde zum Teil mittels Direct-Push-Sondierungen gewonnen. Im Rahmen der Erkundung wurde das vorhandene Grundwassermessstellennetz weiter verdichtet.

Die Feuerwache erweist sich bis dato als Hauptschadensbereich. Es wurde auch eine auf der Liegenschaft diffus verteilte geringe Belastung, vermutlich aufgrund von Bodenumlagerungen, festgestellt. Die Ausdehnung der PFAS-Fahne im Grundwasser und in den Oberflächengewässern ist ebenfalls bekannt. Die Fahne läuft großflächig aus dem Flugplatzgelände hinaus. Die Analytik fokussiert auf die 13 in der behördlichen Richtlinie vorgegebenen Verbindungen, Precursor wurden nicht untersucht.

Bezüglich der Wirkungspfade spielt neben dem Pfad Boden → Gewässer vor allem der Pfad Boden → Nutzpflanze eine Rolle. Im Bereich der PFAS-Fahne außerhalb des Grundstücks gibt es Grundwasserentnahmen für private Gartenbrunnennutzungen und landwirtschaftliche Beregnungen. Auf den Gartenflächen kam es durch die Grundwassernutzung zu PFAS-Anreicherung im Boden. Zur Bewertung der Folgen aufgrund der landwirtschaftlichen Bewässerung wurden orientierende Untersuchungen durchgeführt. Dauerhaft werden Monitoringflächen eingerichtet. Bei den landwirtschaftlichen Flächen wurden oberflächennahe PFAS-Belastungen in unmittelbarer Flugplatznähe festgestellt. Höhere Konzentrationen wurden ab dem Grundwasserschwankungsbereich nachgewiesen, vermutlich aufgrund einer Anlagerung aus dem belasteten Grundwasser. Der Prozess wird weiterhin überwacht.

Ferner befinden sich auf dem Gelände Feuerlöschbrunnen, aus denen im Brandfall Löschwasser entnommen wird. Um deren Einsetzbarkeit sicherzustellen, wurden regelmäßig Funktionstests durchgeführt. Diese sind gegenwärtig ausgesetzt. Es wird ein Konzept erarbeitet für künftige Funktionstests.

Als Schutz- und Beschränkungsmaßnahme im belasteten Grundwasserabstrom außerhalb der Liegenschaft wurde in ausgewiesenen Bereichen die genehmigungsfreie Entnahme von Grundwasser und Oberflächenwasser zu Bewässerungszwecken mit Aufbringen auf den Boden im Rahmen einer Allgemeinverfügung untersagt. Grundlage dafür war das WHG (Vermeidung) in Verbindung mit dem vorsorgenden Bodenschutz nach BBodSchG.

Für den Betrieb der landwirtschaftlich genutzten Brunnen sind derzeit noch keine Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen notwendig. In unmittelbarer Flugplatznähe können jedoch künftig Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen notwendig werden. Bei einem Antrag auf Erneuerung der Genehmigungen zum Betrieb dieser Brunnen (Laufzeit i.d.R. 10 Jahre) muss nachgewiesen werden, dass durch den Betrieb keine schädlichen Bodenveränderungen verursacht werden.

Nach der abschließenden Gefährdungsabschätzung wurde für die bisher untersuchten Kontaminationsflächen eine Sanierungsuntersuchung bzw. eine Sanierungsplanung behördlicherseits gefordert. Als vorgezogene Maßnahme wird derzeit eine Abstomsicherung für den Bereich Feuerwache in Kombination mit einer möglichen quellenorientierten Maßnahme geprüft.

Am Standort sind derzeit zwei Verursacher bekannt. Durch den PFAS-belasteten Grundwasserabstrom einiger Verdachtsflächen werden die Liegenschaften der beiden Verursacher gegenseitig beeinflusst. Die Verantwortlichkeiten werden im Innenverhältnis geklärt. Für den Abstrom der PFAS vom Grundstück aus dem Bereich Feuerwache hat sich ein Verursacher als verantwortlich erklärt.

2.8 Feuerlöschmitteleinsatz Raffinerie (Fall 8)

Am Standort einer noch betriebenen Raffinerie wurden Feuerlöschmittel in mehreren Übungsbereichen eingesetzt. Dadurch kam es zu einer Kontamination von Boden und Grundwasser wie orientierende Untersuchungen im Jahr 2009 zeigten. Neben dem Übungsbereich waren vermutlich auch Brandlösungen Ursache für weitere PFAS-Einträge. Der Standort ist heute in weiten Bereichen diffus belastet. Dies haben flächendeckende Untersuchungen gezeigt. Es ist nicht ausgeschlossen, dass einzelne Kontaminationsbereiche nach Entstehung der Kontamination überbaut wurden. Das lässt sich derzeit nicht analytisch überprüfen. Analysiert wurden die von der Landesbehörde vorgegeben Schadstoffparameter, eine Analyse auf Precursor erfolgte bisher nicht.

Im Rahmen der Erkundung wurde ein Grundwasserströmungsmodell erstellt. Ziel des Modells war eigentlich die Darstellung der Grundwassersituation des oberen, quartären Grundwasserleiters auf dem Standort und in dessen Abstrom. Bei der Plausibilitätsprüfung wurde festgestellt, dass sich in einem weiteren Bereich eine PFAS-Quelle befinden müsste. Dies haben nachträgliche Untersuchungen bestätigt.

Die Standorterkundung beruhte vor allem auf konventionellen Beprobungen von Boden (2 - 4 m ungesättigter Bodenbereich) und Grundwasser. Die Fahne ist weitgehend in ihrer Mächtigkeit (jedoch nicht tiefendifferenziert) und Ausdehnung in Grundwasserfließrichtung abgegrenzt. Sie reicht ca. 1,3 km über das etwa 1 km lange Grundstück der Raffinerie hinaus. Im Bereich der Fahne liegt eine kleinere Siedlung. Im Abstrom befinden sich mehrere kleine Weiher. Ein Teil der durch die PFAS-Fahne abgedeckten Grundstücke gehören bereits zur Raffinerie, ein weiterer Teil, die Weihergrundstücke, wurde von ihr gekauft, damit potenziell belastete Fische nicht unkontrolliert in Umlauf gebracht werden können.

Auf dem Gelände der Raffinerie wird Brauchwasser entnommen. Dieses Wasser wird über die werkeigene Kläranlage abgeleitet. Früher wurde Drainagewasser in den nahegelegenen Bach eingeleitet, diese Einleitung wurde aber zwischenzeitlich eingestellt. Das Drainagewasser wird mittlerweile ebenso in die werkeigene Kläranlage abgeleitet. Nach dem Einstellen der Einleitung des Drainagewassers in das Oberflächengewässer hat sich dort die Situation deutlich verbessert, das Oberflächengewässer ist kaum noch belastet.

Die im Abstrom liegenden Weiher wurden auf PFAS beprobt (Wasser, Sediment und Fische). Die Gewässerproben wiesen PFAS in unterschiedlichen Konzentrationen auf. Auch in Fischen konnten z. T. PFAS nachgewiesen werden. Diese Fische wurden als nicht sichere Lebensmittel im Sinne von Art. 14 Abs. 2 Buchst. b) i. V. m. Art. 5 VO (EG) 178/2002 beurteilt.

Die Fische dürfen aus den Weihern nach Art. 14 Abs. 1 i. V. m. Abs. 6 VO (EG) 178/2002 ohne Nachweis der Lebensmittelsicherheit nicht in Verkehr gebracht werden. Die Teichbetreiber wurden damals vom Landratsamt entsprechend informiert.

Ferner werden derzeit die zur Gartenbewässerung verwendeten Brunnen in der Siedlung untersucht, Ergebnisse liegen noch nicht vor.

Dies zeigt, dass an diesem Standort ausschließlich die Wirkungspfade Boden → Grundwasser und Grundwasser → Oberflächengewässer → Fisch → Mensch von Relevanz sind. Inwieweit der Wirkungspfad Boden → Nutzpflanze von Bedeutung ist, lässt sich derzeit noch nicht beantworten.

Da die PFAS-Fahne über die Grundstücksgrenze hinausgeht, war eine Abstomsicherung unerlässlich. Diese wird derzeit detailliert geplant und soll in Kürze in Betrieb gehen. Darüber hinaus soll in einer noch zu erstellenden detaillierten Sanierungsuntersuchung geprüft werden, welche Optionen es zur Quellensanierung der einzelnen Hotspots gibt. Die Raffinerie wurde als Zustandsstörer zur Erkundung und Sanierung verpflichtet.

Sanierungsziele auch für die Abstomsicherung sind derzeit in Diskussion und noch nicht abschließend festgelegt.

2.9 Feuerlöschmitteleinsatz Flugplatz (Fall 9)

Auf einem Flughafen liegen drei Eintragsbereiche (Feuerwache, Übungsplatz, Brandereignis) vor. Die Schäden sind im Boden und Grundwasser weitgehend auskartiert. Lediglich im Bereich der Feuerwache waren im weiteren Abstrom höhere PFAS-Gehalte feststellbar als im näheren Bereich. Die Vermutung, dass sich dort ein weiterer PFAS-Eintrag befunden haben könnte, konnte nicht bestätigt werden. Die PFAS-Fahnen laufen teilweise in Seen ein und strömen dann auf der gesamten Breite der Seen ab. Schlussendlich münden sie in den nächstgelegenen Strom (Oberflächengewässer).

Die Kontamination in Boden und Grundwasser wurde mit klassischen Verfahren (Boden- und Grundwasserproben) auskartiert. Es wurden Grundwasserprobenahmen mittels Direct-Push-Verfahren in mehreren Riegeln durchgeführt, um geeignete Standorte für den späteren Bau der Grundwassermessstellen festzulegen. Die Untersuchungen umfassten meist 10 Verbindungen, vereinzelt wurden später alle nachweisbaren Verbindungen (ca. 25) einschl. Capstone analysiert. Capstone wurde nur an einer Stelle nachgewiesen. Eine durchgeführte TOP-Analytik zeigte, dass auch Precursor vorliegen, die Analyseergebnisse bedürfen jedoch noch der Überprüfung.

Die betroffenen Wirkungspfade sind neben Boden → Grundwasser auch Grundwasser → Trinkwasser und andere. Das Nutzungsrecht (Trinkwasserrechte einer med. Einrichtung) war zwischenzeitlich ausgelaufen und wurde nicht verlängert. Ein Wasserwerk musste geschlossen werden. Derzeit laufen Diskussionen mit dem Betreiber, ob das Wasserwerk mit geeigneten Mitteln zur Eliminierung der PFAS im Rohwasser wieder in Betrieb genommen werden kann bzw. mit welchen Maßnahmen die direkt anschließenden weiteren Trinkwassergewinnungsanlagen geschützt werden können.

Die belasteten Seen (frühere Kiesgewinnung, Grundwasseranschluss) im Bereich der Fahne wurden als Angelteiche genutzt. Vom Gesundheitsamt wurde die Empfehlung ausgesprochen, die Fische der Seen nicht zu verzehren. Es wurde mit dem Angelverein eine Vereinbarung getroffen, dass die Seen nicht mit Fischen neu besetzt werden. Seeanrainer hatten zuvor das Seewasser als Brauchwasser (nicht Trinkwasser) genutzt, auch dies wurde untersagt. Ferner wurde die Nutzung von Seewasser zur landwirtschaftlichen Nutzung (Pferdehof) eingestellt, das entsprechende Nutzungsrecht wurde nicht verlängert.

Um Nutzungen des Grundwassers für Gartenbrunnen zu unterbinden, wurde eine Allgemeinverfügung nach BBodSchG erlassen. Die Begründung liegt darin, dass das Gießen der Gärten mit PFAS-belastetem Grundwasser zu einer schädlichen Bodenveränderung führen würde. Auch eine Anreicherung in Nutzpflanzen wäre nicht ausgeschlossen (vorsorgender Gesundheitsschutz).

Zur Quellensanierung (Direktmaßnahme) wurden das Übungsbecken und etwa 0,5 m Boden darunter entfernt und vor Wiederverfüllung eine Folie zur Abtrennung gegenüber dem belasteten Boden eingebaut. Das belastete Bodenreich ist in der flächigen Ausdehnung jedoch größer, da in früheren Zeiten die Feuerwehr bereits mit eingeschalteten Löschkanonen auf das Übungsbecken zugefahren ist.

Im Bereich des Brandes (ein Flugzeug war über die Landebahn hinausgefahren und hatte Feuer gefangen) wurde Boden in nur geringem Maße ausgehoben. Ein Bodenaustausch in der Nähe der Landebahnen ist aus sicherheitstechnischen Gründen nicht möglich. Daher wurde verstärkt untersucht, ob eine Bodendekontamination durch Bodenspülung möglich ist. Einige Vorversuche sind erfolgt, die gesamten Untersuchungen befinden sich jedoch noch am Anfang. Erste Ergebnisse zeigen, dass schluffige Bereiche schlechter und sandige Bereiche besser mit diesem Verfahren dekontaminiert werden können.

Die ausgehobenen Böden wurden deponiert und z. T. in separaten Kassetten auf der Deponie eingebaut.

Andererseits gibt es viele Baumaßnahmen auf dem Flughafen. Was aktuell noch fehlt, ist ein Sanierungsrahmenplan, in dem der Umgang mit Böden geregelt ist, dieser ist derzeit (Mitte 2019) in Arbeit.

Je Eintragsbereich wurde direkt abstromig davon ein hydraulischer Riegel installiert. Das gereinigte Wasser wird in ein Oberflächengewässer eingeleitet, das nach kurzer Strecke in einen Strom mündet. Die Ableitwerte betragen 200 ng/L Summe PFAS und 20 ng/L PFOS. Es wurde gezeigt, dass damit das Verschlechterungsverbot für die Oberflächengewässer eingehalten wird. Dazu wurden zahlreiche Proben der Oberflächengewässer auf PFAS analysiert.

Sanierungszielwerte für das Grundwasser wurden noch nicht festgelegt, diese werden derzeit abgeleitet.

Zur Sanierung der Fahnen wurden mehrere hydraulische Riegel in Betrieb genommen. Das soll auch den Zustrom zu dem Wasserwerk unterbinden, so dass dieses wieder in Betrieb genommen werden könnte.

In diesem Fallbeispiel wurde eine intensive Abstimmung installiert. Neben regelmäßigen Jour-Fixe-Terminen mit dem Sanierungspflichtigen wird die Öffentlichkeit regelmäßig informiert, u.a. auch in Bürgerinfoveranstaltungen. Weitere Informationen werden über das Internet bereitgestellt.

2.10 Feuerlöschmitteleinsatz Großbrand (Fall 10)

Bei einem durch Brandstiftung verursachten Großbrand in einer Lagerhalle für Getränkeflaschen-Kunststoffkästen wurden verschiedene Berufs- und Werksfeuerwehren eingesetzt. Es ist daher davon auszugehen, dass auch verschiedene Löschsäume zum Einsatz kamen. Das private Grundstück wurde später ohne Kenntnis des PFAS-Schadens von der Stadt gekauft. Heute ist der Standort eine Brachfläche, ein Nachnutzungskonzept liegt noch nicht vor. Insofern ist die Stadt als Grundstückseigentümer Zustandsstörer, der Verursacher (Brandstifter) konnte nicht ermittelt werden.

Die Kontamination in Boden und Grundwasser wurde mit klassischen Verfahren (Boden- und Grundwasserproben) auskartiert. Es wurden Grundwasserprobenahmen mittels Direct-Push durchgeführt, um geeignete Standorte für den späteren Bau der Grundwassermessstellen festzulegen. Die etwa 3 km lange Fahne dehnt sich aktuell noch rasch aus (200 m/a) und läuft an der Spitze mit einer LCKW-Fahne zusammen.

Precursor wurden vereinzelt untersucht und nachgewiesen, auch Capstone wurde untersucht, es wurden jedoch nur geringe Anteile an der PFAS-Belastung gefunden.

Sekundärschadstoffe aus dem brennenden Plastik wurden keine gefunden. Der Standort liegt jedoch auf einer mehrere Meter mächtigen Auffüllung mit den üblichen Schadstoffen aus Auffüllungsböden.

Der betroffene Wirkungspfad ist vor allem Boden → Grundwasser. Um Nutzungen des Grundwassers für Gartenbrunnen zu unterbinden wurde eine Allgemeinverfügung nach BBodSchG erlassen. Die Begründung liegt darin, dass das Gießen der Gärten mit PFAS-belastetem Grundwasser zu einer schädlichen Bodenveränderung führen würde. Auch eine Anreicherung in Nutzpflanzen wäre nicht ausgeschlossen (vorsorgender Gesundheitsschutz).

Zur Sanierung des Eintragsbereiches (Boden) wurden Vorversuche durchgeführt mit dem Ziel, die PFAS-Belastung definierten Korngrößen zuzuordnen. Dann hätte das hochbelastete Material durch eine Nassklassifizierung abgetrennt werden können. Wegen der Inhomogenität des belasteten Auffüllungskörpers waren die Ergebnisse nicht geeignet, um daraus ein wirtschaftliches Sanierungsverfahren zu entwickeln. Aktuell gibt es keine weiteren Planungen zur Bodensanierung.

Abstromig der Eintragsstelle wurde eine hydraulische Abschirmung (Pump-and-Treat) mit einer Entnahmerate von 30 m³/h, verteilt auf zwei Reinigungsstraßen, installiert. Geplant ist es, in einer der beiden Reinigungsstraßen PerfluorAd zusätzlich einzusetzen und die Stufe bis zum Durchbruch des nachfolgenden Aktivkohlefilters zu betreiben. Aus den Überwachungsdaten soll dann ermittelt werden, ob und in welchem Umfang die zusätzliche Nutzung von PerfluorAd zu einer Kostenersparnis führt.

Im Vorfeld der Etablierung der hydraulischen Abschirmung wurden im Rahmen eines geförderten Forschungsvorhabens im Hinblick auf die Ermittlung der besten Aktivkohle und der erzielbaren Wasserqualität einige Säulenversuche durchgeführt.

In der Fahne und an der Fahnen Spitze befinden sich Pump-and-Treat-Maßnahmen zur Sanierung der LCKW-Fahne. Der Sanierungspflichtige für die LCKW muss damit auch die PFAS mit abreinigen. Da die Maßnahme die PFAS-Fahne in der Vergangenheit angezogen hat, wurde das Grundwasserförderregime so verändert, dass dieser Prozess minimiert wird. Gegenwärtig wird seitens der Stadt diskutiert, ob eine der Grundwasserreinigungsanlagen von Privat zur Sanierung der PFAS-Fahnen Spitze und damit zu einem Unterbinden einer weiteren Fahnen-Ausdehnung übernommen werden kann.

Der Ableitwert liegt bei 200 ng/L Summe PFAS bzw. 20 ng/L PFOS. Sanierungszielwerte für das Grundwasser wurden noch nicht festgelegt.

3 Quellenverzeichnis

LUBW (Hrg.) (2015): Ermittlung fachtechnischer Grundlagen zur Vorbereitung der Verhältnismäßigkeitsprüfung von langlaufenden Pump-and-Treat-Maßnahmen. LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe. http://fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/103723/ermittlung_fachtechnischer_grundlagen_pump_and_treat.pdf?command=downloadContent&filename=ermittlung_fachtechnischer_grundlagen_pump_and_treat.pdf (26.11.2019).