

# PFC UNTERSUCHUNGEN MANNHEIM NORD

Orientierende Untersuchungen

Kurzstellungnahme zur Belastungssituation der 2019  
untersuchten Teilflächen I -III

Stadt Mannheim

11 MÄRZ 2020

## Ansprechpartner

**CHRISTOPHER SCHENKEL**  
Projektingenieur

M 01725202800  
E [Christopher.Schenkel@arcadis.com](mailto:Christopher.Schenkel@arcadis.com)

Arcadis Germany GmbH  
Griesbachstraße 10  
76185 Karlsruhe  
Deutschland

---

# INHALT

<b>1</b>	<b>VERANLASSUNG</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>VERWENDETE UNTERLAGEN</b>	<b>6</b>
2.1	Gutachten	6
2.2	Verordnungen, Gesetzestexte	6
2.3	Dokumente	6
<b>3</b>	<b>PROJEKTGEBIET</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>BEWERTUNGGRUNDLAGEN</b>	<b>9</b>
4.1	Wirkungspfad Boden - Mensch	9
4.2	Wirkungspfad Boden - Pflanze	9
4.3	Wirkungspfad Boden - Grundwasser	9
<b>5</b>	<b>KURZZUSAMMENFASSUNG DER VORHERIGEN BODENUNTERSUCHUNGEN</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>BODENUNTERSUCHUNGEN 2019</b>	<b>16</b>
6.1	Vorgehen	16
6.2	Ergebnisse und Bewertung	16
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>18</b>

## TABELLEN

Tabelle 1	Zusammengefasste Belastungssituation Mannheim Nord	5
Tabelle 2	GFS Werte und vorläufige GFS Werte für PFC nach [R 2]	10
Tabelle 3	Abgeschlossene Untersuchungen Mannheim Nord	12
Tabelle 4	Ergebnisse der Bodenbeprobungen 2019	16
Tabelle 5	Maximale Eluatkonzentrationen der maßgeblichen PFC Parameter	16
Tabelle 6	Zusammenfassung Belastungssituation Bodenuntersuchungen 2019	18

## ABBILDUNGEN

Abbildung 1	Lage des Untersuchungsgebietes	7
Abbildung 2	Pedologie im Untersuchungsgebiet	8

## ANLAGEN

Anlage 1	Lageplan
Anlage 2	Zusammenstellung Analyseergebnisse
Anlage 3	Analyseprotokolle

# 1 VERANLASSUNG

Seit dem Jahr 2015 finden in Mannheim Nord umfangreiche Boden- und Grundwasseruntersuchungen auf den Schadstoff Perfluorierte Chemikalien (PFC) statt. Die PFC wurden durch Ausbringung von belasteten Kompost auf Ackerflächen gebracht. Zu Beginn der Untersuchungen wurde von einer kleinräumigen Belastung weniger Flächen ausgegangen, welche zwischen den Jahren 2006 und 2008 mit belastetem Kompost beaufschlagt, wurden. Die durchgeführten Untersuchungen zeigten, dass diese Annahmen verworfen werden mussten. Sowohl der Zeitraum der Aufbringungen sowie das Ausmaß der Belastungssituation erforderten weitere Untersuchungen. Durch verschiedene Untersuchungskampagnen wurden bisher rund 540 Hektar Ackerflächen untersucht, von denen rund 70 % mit einer Quotientensumme (QS) von größer eins als belastet eingestuft wurden. Die nachfolgende Tabelle stellt die Situation in Mannheim zusammengefasst dar:

Tabelle 1 Zusammengefasste Belastungssituation Mannheim Nord

Untersuchungsgegenstand	Situation vor Ort
Untersuchte Flächen	Rd. 540 Hektar.
Belastete Flächen (QS größer eins)	Rd. 385 Hektar.
Schwankungsbereich der QS (belastete Flächen)	1,0 – 187,2.
Schwankungsbereich der Eluatkonzentration (belastete Flächen)	0,39 µg/l - 64,03 µg/l.
Schwankungsbereich Feststoffgehalte	5 µg/kg - 255,6 µg/kg.
Schadstoffquelle	Pflughorizont (meist bis 0,3 cm Tiefe).
Verlagerung der Schadstoffe	Teilweise bis in eine Tiefe von 1 m. Verlagerung erfolgt bis zur PFHpA. Mit zunehmender Kettenlänge findet eine Verlagerung retardiert statt. PFOA wird in humosen Boden (bis max. 1 m) sorbiert, während PFHpA, PFHxA, PFPeA und PFBA (mit abnehmender Konzentration) bis in das Grundwasser gelangen.
Ausbringungszeitraum	Annahme 2006 bis 2008 konnte wiederlegt werden, es muss mit einer deutlich größeren Zeitspanne gerechnet werden.
Schadstoffspektrum Boden (PFC)	Vorwiegend PFOA und PFDA. Geringere Eluatkonzentrationen PFHxA, PFPeA, PFBA. PFOS nur teilweise und meist in nur sehr geringen Konzentrationen.
Schadstoffsituation Grundwasser	Vorwiegend PFPeA und PFHxA. Geringere Konzentrationen PFBA und PFOA.
Schwankungsbereich Grundwasserkonzentration (belastet)	0,142 µg/l - 26,416 µg/l.
Schwankungsbereich QS Grundwasser (belastet)	1,0 - 18,7.

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse zeigen, dass eine großräumige, flächenhafte schädliche Bodenveränderung vorhanden ist. Am 12.09.2018 wurde die Stadt Mannheim durch das Regierungspräsidium Karlsruhe aufgefordert, einen Zeit- und Maßnahmenplan für die weiteren orientierenden Untersuchungen zur Beprobung sämtlicher Ackerflächen in Mannheim Nord vorzulegen und mit der Beprobung zu beginnen. Es wurde sich auf eine stufenweise Beprobung der noch zu untersuchenden rund 1.020 Hektar Ackerfläche bis 2021 verständigt. Im Jahr 2019 wurden die Teilbereiche I bis III mit insgesamt rund 230 Hektar beprobt. Die Lage der Teilbereiche kann in Anlage 1 nachvollzogen werden. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen werden im vorliegenden Kurzgutachten dargestellt.

## 2 VERWENDETE UNTERLAGEN

### 2.1 Gutachten

- [X 1] PFC-Untersuchungen an mit Papierschlämmen beaufschlagten Ackerflächen im Stadtkreis Mannheim, Pedos GmbH 02.03.2015.
- [X 2] PFC-Bodenuntersuchung in Mannheim – Nord Orientierende Untersuchung, Arcadis Deutschland GmbH, 10.09.2015.
- [X 3] PFC-Untersuchungen in Mannheim – Nord, Orientierende Untersuchung von nachgemeldeten Ackerschlägen, 1. Zwischenbericht, Arcadis Deutschland GmbH, 22.03.2016.
- [X 4] PFC-Untersuchungen in Mannheim – Nord, Orientierende Untersuchung, 2. Zwischenbericht zur dritten Untersuchungskampagne, Arcadis Germany GmbH, 7.11.2016.
- [X 5] PFC-Untersuchungen in Mannheim – Nord, Orientierende Untersuchung, 3. Zwischenbericht zur vierten Untersuchungskampagne, Arcadis Germany GmbH, 11.10.2017.
- [X 6] PFC Untersuchungen in Mannheim- Nord, Kurzbericht: Untersuchungen im Bereich der Landesgrenze zu Hessen, Arcadis Germany GmbH, 08.12.2017.
- [X 7] PFC- Untersuchungen in Mannheim Nord, Orientierende Untersuchung – Untersuchung von 12 Verdachtsflächen sowie Untersuchungen des Kompostwerks und der Coleman- Kaserne, 4. Bericht zur fünften Untersuchungskampagne, Arcadis Germany GmbH, 08.03.2019.

### 2.2 Verordnungen, Gesetzestexte

- [R 1] Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I S. 502), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 30 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- [R 2] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Anwendung der Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) für per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) zur Beurteilung nachteiliger Veränderungen der Beschaffenheit des Grund- und Sickerwassers aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten, (Erlass: 21.08.2018).
- [R 3] Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212) geändert worden ist.
- [R 4] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Vorläufige GFS-Werte PFC für das Grundwasser und Sickerwasser aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten, Erlass 17.06.2015, ersetzt durch Erlass vom 21.08.2018 [R 2].

### 2.3 Dokumente

- [D 1] Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Bodenschutz, ALEX-Informationsblatt 29 – Per- und Polyfluorierte Chemikalien (PFC) in der Umwelt, August 2016.
- [D 2] Von der Trenck (2012): „Begründung von Orientierungswerten für Boden und Grundwasser am Beispiel der perfluorierten Verbindungen (PFC) und Heterozyklen“ Vortrag in Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen HfWU, 02. 12. 2016 - [https://www.hfwu.de/fileadmin/user\\_upload/FLUS/UW/pdf\\_UW/Umwelttage/Beitraege/PFC\\_\\_\\_NSO-Het\\_Pruefw\\_Nuertingen\\_2-12-2016\\_6.pdf](https://www.hfwu.de/fileadmin/user_upload/FLUS/UW/pdf_UW/Umwelttage/Beitraege/PFC___NSO-Het_Pruefw_Nuertingen_2-12-2016_6.pdf) (abgerufen am 02.10.2017).

### 3 STANDORTSITUATION

**Lage.** Das Untersuchungsgebiet befindet sich am nördlichem Rand des Stadtgebietes Mannheim in den Bereichen Sandhofen und Scharhof. Es liegt damit im nördlichen Oberrheingraben innerhalb der Rheinniederung und der Niederterrasse des Rheins.

**Nutzung.** Ein Großteil der Untersuchungsflächen wird als Ackerflächen von der örtlichen Landwirtschaft genutzt. Bei Mannheim Sandhofen und Scharhof reichen die Ackerflächen bis an die Bebauungsgrenze des südlich gelegenen Stadtgebietes heran. Im Osten bildet die amerikanisch genutzte Coleman Kaserne die Begrenzung der ackerbaulich genutzten Flächen. Im nordwestlichen Bereich der Untersuchungsfläche ist, in der Nähe des Rheins, die Kläranlage angesiedelt (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1 Lage des Untersuchungsgebietes (orange)

**Geologie und Hydrogeologie.** Die quartäre Grabenfüllung ist durch mächtige fluviatile Ablagerungen gekennzeichnet, die sich entsprechend den Klima- und Sedimentationsbedingungen aus grobkörnigeren sandig-kiesigen Schichtpaketen mit feinsandigen schluffig-tonigen Zwischenhorizonten abwechseln.

Lithologisch ergibt sich eine Gliederung in ein oberes, mittleres und unteres Kieslager, in dem jeweils das obere, mittlere und untere Grundwasserstockwerk ausgebildet sind. Die Sande und Kiese des betroffenen oberen Grundwasserleiters stehen im Untersuchungsgebiet meist ab rund 1 bis 2 m u. GOK an und haben eine Mächtigkeit von ca. 30 m.

Die Grundwasserfließrichtung ist großräumig betrachtet in Richtung des Rheins nach West-Nordwest gerichtet. Mit zunehmender Nähe zum Rhein wird die Fließrichtung durch die Wasserstände des Rheins

beeinflusst. Bei hohen Rheinständen kann es aufgrund influenter Verhältnisse zu einer Umkehr der Fließrichtung bzw. zu einer Stagnation kommen.

**Pedologie.** Überprägt von der Auenlandschaft des Rheins entwickelten sich im Untersuchungsgebiet aus den schluffig-lehmigen Sedimenten in selten überschwemmten Gebieten Auengleye, Auengley-Auenpararendzinen sowie Braune Auenböden. In Senken (Blumenauer Bruch) sind stark humose bis anmoorige Böden anzutreffen. Auf vorherrschend trockenen Standorten mit größeren Grundwasserflurabständen entwickelten sich Braunerden und Parabraunerden aus Hochflutlehm.

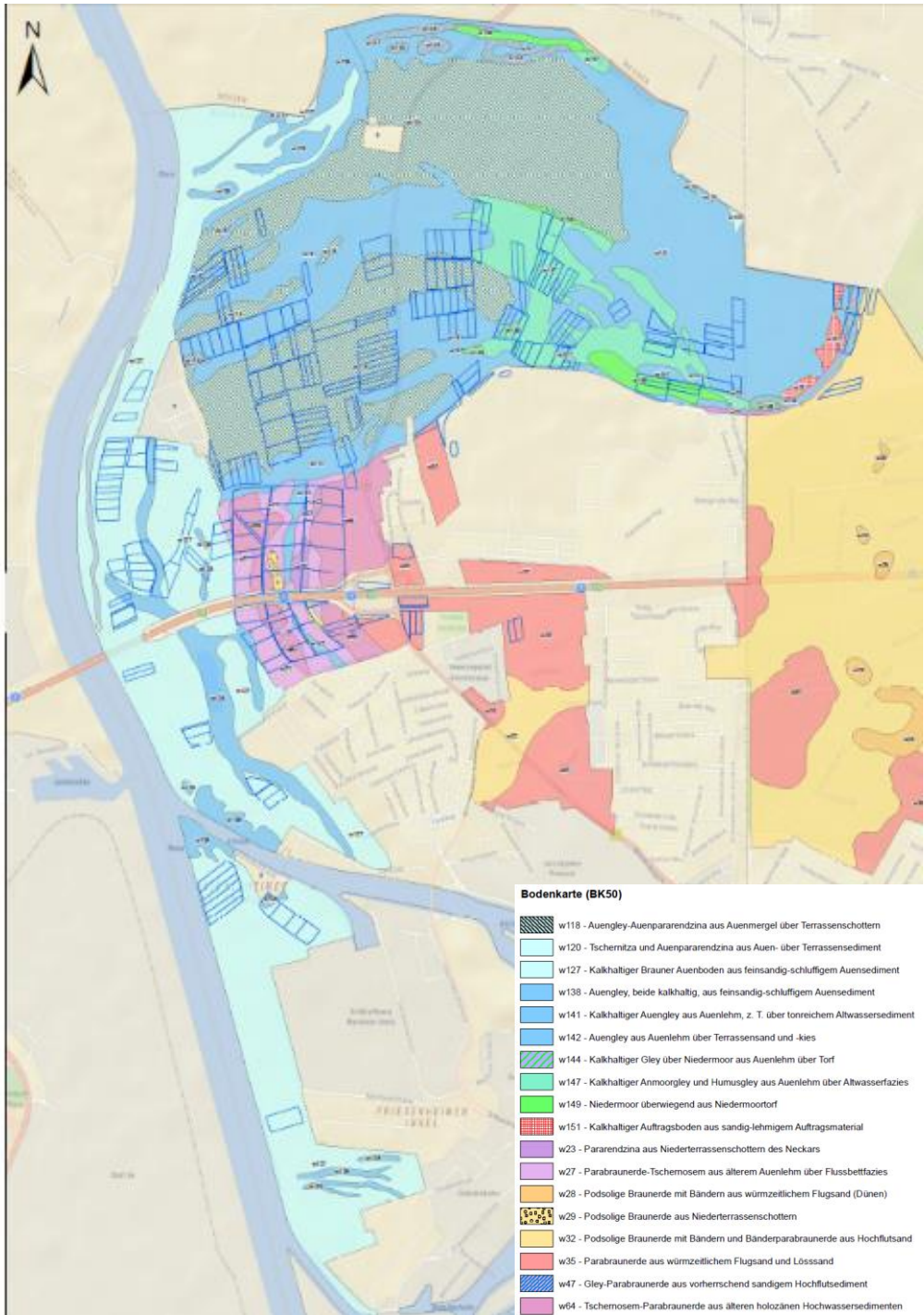


Abbildung 2 Pedologie im Untersuchungsgebiet



## 4 BEWERTUNGGRUNDLAGEN

### 4.1 Wirkungspfad Boden - Mensch

Entsprechend der Bewertungsgrundlagen der BBodSchV [R 3][R 1] halten sich bei einer landwirtschaftlichen Nutzung keine Menschen regelmäßig auf den Belastungsflächen auf. Deshalb ist der Wirkungspfad Boden – Mensch nicht betroffen.

Für den Wirkungspfad existieren derzeit keine bodenschutzrechtlichen Prüfwerte. Das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Bodenschutz, hatte im August 2016 ALEX-Informationsblatt 29 vorläufige Prüfwerte herausgegeben. Gleiche Ergebnisse veröffentlichte von der Trenck 2016. Für eine Nutzung als „Kinderspielflächen“ liegt der nach den Methoden und Maßstäben für die Ableitung der Prüf- und Maßnahmenwerte nach der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 16. Juli 1999 errechnete Wert für PFOS und PFOA bei 7 mg/kg bzw. 7.000 g/kg. Aufgrund ähnlicher Eliminationshalbwertszeiten sind die Verbindungen PFHxS, PFHpS, PFHpA, PFNoA und PFDeA wie PFOA und PFOS zu bewerten. Der errechnete Wert für PFBA liegt bei 140 mg/kg.

Diese Werte können für eine Sensitivitätsabschätzung herangezogen werden. Bei der genannten Größenordnung der Werte wäre auf allen untersuchten Ackerflächen eine Nutzung als Kinderspielfläche möglich.

### 4.2 Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze

Für den Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze existieren keine bodenschutzrechtlichen Prüfwerte für PFC.

Nachdem seitens des zuständigen Bundesinstituts für Risikobewertung (BfR) keine Aussagen über die gesundheitliche Einstufung der kurzkettigen PFC getroffen werden konnten, hatte das Ministerium für Ländlichen Raum und Verbraucherschutz Baden-Württemberg (MLR) auf der Basis der Verzehrsgewohnheiten für Obst und Gemüse Ausgangswerte errechnet und daraus Beurteilungswerte abgeleitet.

Lebensmittel, deren Gehalte mit kurzkettigen PFC analytisch sicher über den jeweils geltenden Beurteilungswerten liegen, sind lebensmittelrechtlich nicht verkehrsfähig. Zwischenzeitlich wurden für Obst und Gemüse, für Lebensmittel aus tierischer Erzeugung (Fleisch, Milch, Eier) und für Getreide Beurteilungswerte (BUW) für die kurz- und mittelkettigen PFC festgelegt. Erste Untersuchungen der Lebensmittelüberwachungs-behörden aus den Vorjahren haben gezeigt, dass langkettige PFC kaum, kurzkettige jedoch in gewissem Umfang von den Pflanzen aufgenommen werden können.

Bei inzwischen mehrfach durchgeführten Vor-Ernte-Monitorings durch das Amt für Landwirtschaft und Naturschutz des Landratsamts Rhein-Neckar-Kreis wurden in Gemüseproben geringe Gehalte von PFBA und/oder PFPeA vorgefunden. Bei den Getreideproben wurden geringfügig häufiger PFC festgestellt. Hierbei wurden ausschließlich kurzkettige PFC identifiziert.

### 4.3 Wirkungspfad Boden - Grundwasser

Die Gefahrenbeurteilung für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser erfolgt auf Grundlage des Erlasses „Anwendung der Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) für per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) zur Beurteilung nachteiliger Veränderungen der Beschaffenheit des Grund- und Sickerwassers aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten“ vom 21. August 2018 [R 2]

Mit dem Erlass werden die von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) empfohlenen GFS-Werte zur Beurteilung von schädlichen Boden- und Grundwasserveränderungen umgesetzt. Der Erlass „Vorläufige GFS-Werte PFC für das Grund- und Sickerwasser aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten“ vom 17. Juni 2015 wird damit ersetzt.

Von der LAWA wurden 13 PFC für das Grundwasser als prioritär benannt (s. Tabelle 2). Für sieben der 13 PFC wurden in Anlehnung an das Trinkwasserbewertungskonzept GFS-Werte abgeleitet und für die weiteren sechs PFC gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) festgelegt. Die GOW fungieren als vorläufige GFS-Werte.

Zur Beurteilung von PFC-Kontaminationen des Grund- und Sickerwassers gelten die in Tabelle 1 benannten GFS-Werte und vorläufigen GFS-Werte (GOW-Werte) für PFC.

Zur Bewertung des gemeinsamen Auftretens mehrerer PFC Substanzen ist die Quotientensumme analog der Additionsregel der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 403) heranzuziehen (BAuA, 2010; EU, 2012; LAWA, 2010).

Die Additionsregel bedeutet, dass Quotienten aus gemessener Konzentration und zugehöriger, stoffspezifischer Geringfügigkeitsschwelle gebildet und aufsummiert werden. Die Quotientensumme wird ausschließlich aus den PFC gebildet, für die GFS-Werte vorliegen. Die vorläufigen GFS-Werte werden nicht zur Bildung der Quotientensumme herangezogen.

Bei Überschreitung der Einzelwerte (GFS- und vorläufige GFS-Werte) im Grundwasser oder bei einer Quotientensumme > 1 liegt in der Regel eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit gemäß Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vor (LAWA, 2016).

Die Bewertung im Grund- und Sickerwasser erfolgt in der Regel nach der Überschreitung der Quotientensumme von 1. Die Überschreitung der Einzelwerte (GFS- und vorläufige GFS-Werte) wird zumeist nur im Einzelfall betrachtet.

Tabelle 2 GFS Werte und vorläufige GFS Werte für PFC nach [R 2]

Nr.	Stoff	GFS* [µg/l]	Vorläufige GFS [µg/l]
1	Perfluorbutansäure (PFBA)	10,0	
2	Perfluorpentansäure (PFPeA)		3,0
3	Perfluorhexansäure (PFHxA)	6,0	
4	Perfluorheptansäure (PFHpA)		0,3
5	Perfluoroctansäure (PFOA)	0,1	
6	Perfluornonansäure (PFNA)	0,06	
7	Perfluordecansäure (PFDA)		0,1
8	Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)	6,0	
9	Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)	0,1	
10	Perfluorheptansäure (PFHpS)		0,3
11	Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)	0,1	

Nr.	Stoff	GFS* [ $\mu\text{g/l}$ ]	Vorläufige GFS [ $\mu\text{g/l}$ ]
12	1H, 1H, 2H, 2H- Perfluorooctansulfonsäure 6:2 FTSA, H <sub>4</sub> PFOS		0,1
13	Perfluorooctansulfonamid (PFOSA =FOSA)		0,1
14	Weitere PFC		1,0

\* Für die Bildung der Quotientensumme nach Additionsregel werden ausschließlich die Werte der Spalte 3 herangezogen.

## 5 KURZZUSAMMENFASSUNG DER BISHER DURCHFÜHRTEN BODENUNTERSUCHUNGEN

Während der Jahre 2015 bis 2019 fanden in Mannheim Nord umfangreiche PFC Untersuchungen statt. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt und zusammengefasst. Die ausführlichen Gutachten sind in Kapitel 2.1 aufgeführt.

Tabelle 3 Abgeschlossene Untersuchungen Mannheim Nord

Untersuchung	Ziel / Maßnahmen / Ergebnisse
Pedos GmbH: Untersuchung von fünf Ackerflächen [X 1]	<p>Ziel der Untersuchung: Untersuchung zum Vorhandensein von Bodenbelastungen aus Papierfaserabfällen.</p> <p>Durchgeführte Maßnahmen: Oberbodenprobenahmen auf fünf Flächen in den Tiefenbereichen 0-30 cm und 30-60 cm. Untersuchung auf PFC im Eluat und im Feststoff.</p> <p>Ergebnisse: Im Feststoff wurden Gehalte in der oberen Bodenschicht zwischen 25,4 µg/kg und 256 µg/kg und in der unteren Bodenschicht zwischen „nicht nachweisbar“ und 228 µg/kg analysiert. Im Eluat liegen die Konzentrationen zwischen 0,969 µg/l und 17,7 µg/l (0-30 cm Tiefe) und zwischen 1,18 µg/l und 64,03 µg/l (30-60 cm Tiefe).</p>
Arcadis 2015: PFC Bodenuntersuchungen in Mannheim Nord – Orientierende Untersuchung [X 2]	<p>Ziel der Untersuchung: Untersuchung von weiteren neun Ackerflächen und 14 Referenzflächen zum Ausschluss anderer Eintragspfade. Klärung der Grundwasserbelastung.</p> <p>Durchgeführte Maßnahmen: Oberbodenprobenahmen je Fläche in den Tiefenbereichen 0-30 cm und 30-60 cm. Untersuchung auf PFC im Eluat und im Feststoff. Grundwasseruntersuchungen an elf Beregnungsbrunnen.</p> <p>Ergebnisse: Bei allen verdächtigen Ackerflächen wurde eine PFC Belastung mit Überschreitung der QS (Berechnung nach damals gültigem Erlass [R 4] festgestellt. Die Referenzflächen wiesen bis auf eine Ausnahme (Flächenbeaufschlagung vor/ oder nach 2006 bzw. 2008) keine Belastung auf. Von elf Beregnungsbrunnen wurde bei vier PFC nachgewiesen. Die QS von eins wurde bei keinem Brunnen überschritten.</p>
Arcadis 2016: PFC- Untersuchungen in Mannheim Nord, Orientierende Untersuchung von nachgemeldeten Ackerschlägen, 1. Zwischenbericht [X 3]	<p>Ziel der Untersuchung: Untersuchung von Ackerschlägen mit Kompostaufbringung während der Jahre 2006 bis 2008 auf PFC Belastungen. Klärung der Grundwasserbelastung.</p> <p>Durchgeführte Maßnahmen: Oberbodenprobenahmen je Fläche in den Tiefenbereichen 0-30 cm und 30-60 cm. Untersuchung auf PFC im Eluat und im Feststoff. Grundwasseruntersuchungen an 42 Beregnungsbrunnen.</p> <p>Ergebnisse:</p>

Untersuchung	Ziel / Maßnahmen / Ergebnisse
<p>Arcadis 2016: PFC- Untersuchungen in Mannheim Nord, Orientierende Untersuchung, Zweiter Zwischenbericht zur dritten Untersuchungskampagne [X 4].</p>	<p>Bei nahezu allen untersuchten Ackerflächen wurde eine PFC- Belastung nachgewiesen. Der höchste Gesamtgehalt lag bei 178 µg/kg. Bei 24 der 42 Beregnungsbrunnen wurde PFC in einer Konzentration von 0,001 µg/l bis maximal 16,3 µg/l nachgewiesen. Nach damals gültigem Erlass [R 4] überschritten 16 Beregnungsbrunnen die QS von 1 und wurden als belastet gewertet.</p> <p>Ziel der Untersuchung: Untersuchung von Ackerschlägen mit Kompostaufbringung, die während der vorhergehenden Kampagne nicht berücksichtigt werden konnten.</p> <p>Durchgeführte Maßnahmen: Oberbodenprobenahmen je Fläche in den Tiefenbereichen 0-30 cm und 30-60 cm. Untersuchung auf PFC im Eluat und im Feststoff.</p> <p>Ergebnisse: Bei lediglich einem untersuchten Ackerschlag wird die QS von 1 nicht überschritten. Die anderen 14 Ackerschläge werden als belastet eingestuft.</p>
<p>Arcadis 2017: PFC- Untersuchungen in Mannheim Nord, Orientierende Untersuchung, 3. Zwischenbericht zur vierten Untersuchungskampagne [X 5].</p>	<p>Ziel der Untersuchung: Untersuchung von Ackerschlägen mit Kompostaufbringungen vor 2006 und nach 2008. Rasterbeprobung von Ackerflächen, für die keine Kompostausbringung gemeldet wurden, welche allerdings im Zustrombereich von belasteten Beregnungsbrunnen liegen, für die keine korrespondierenden Belastungsflächen bekannt sind. Klärung der Grundwasserbelastung.</p> <p>Durchgeführte Maßnahmen: Oberbodenprobenahmen je Ackerfläche in den Tiefenbereichen 0-30 cm und 30-60 cm für Flächen mit bekannten Kompostausbringungen. Bei der Rasterbeprobung wurde nur der Tiefenbereich 0-30 cm entnommen. Untersuchung auf PFC im Eluat und im Feststoff. Grundwasseruntersuchungen an 56 Beregnungsbrunnen.</p> <p>Ergebnisse: Von den untersuchten Ackerflächen mit bekannten Kompostaufbringungen wurden rund 42 % als belastet mit einer QS von größer eins eingestuft. Bei der Beprobung der Rasterflächen wurden lediglich rund 3 Hektar der untersuchten 110 Hektar als gering belastet eingestuft. Rund 97 % der Flächen erwiesen sich als belastet, obwohl für diese Flächen keine Kompostaufbringungen gemeldet wurden. Es wurden an 54 von 56 untersuchten Beregnungsbrunnen PFC- Konzentrationen zwischen 0,003 µg/l und 19,097 µg/l analytisch bestimmt. Nach damals gültigem Erlass [R 4] überschritten 16 Beregnungsbrunnen die QS von 1 und wurden als belastet gewertet.</p>

Untersuchung	Ziel / Maßnahmen / Ergebnisse
<p>Arcadis 2017: Kurzbericht: Untersuchungen im Bereich der Landesgrenze zu Hessen [X 6].</p>	<p>Ziel der Untersuchung: Weiterführende Untersuchung der Grundwasserbeschaffenheit mit dem Schwerpunkt nördliche Landesgrenze zu Hessen. Es war zu ermitteln, ob die Grundwasserverunreinigungen des Gebietes Mannheim Nord auch bis in hessisches Landesgebiet reichen.</p> <p>Maßnahmen: Grundwasserprobenahme an sechs Grundwassermessstellen in der Nähe der hessischen Landesgrenze. Analyse der Proben auf PFC.</p> <p>Ergebnisse: Bei vier der sechs untersuchten Grundwassermessstellen wurden PFC bestimmt. Die Konzentrationen liegen zwischen 0,005 µg/l und 0,17 µg/l. Es sind vorwiegend kurzkettige PFC und weitergehend auch die gleichen Hauptschadstoffparameter vorhanden, die auch bei der Untersuchungen der Beregnungsbrunnen auf Mannheimer Gemarkung analysiert wurden. Zum Untersuchungszeitpunkt liegt noch keine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit vor, es muss allerdings nach den Erkenntnissen der bisherigen Untersuchungen mit einer weiteren Verschlechterung der Grundwasserqualität gerechnet werden.</p>
<p>Arcadis 2018: PFC- Untersuchungen in Mannheim Nord, Orientierende Untersuchung – Untersuchung von 12 Verdachtsflächen sowie Untersuchungen des Kompostwerks und der Coleman- Kaserne, 4. Bericht zur fünften Untersuchungskampagne [X 7].</p>	<p>Ziel der Untersuchung: Bei zwölf ausgewählten Ackerschlägen mit hohen PFC-Belastungen wurden detaillierte Untersuchungen durchgeführt um für dieses Flächen das Beweinsniveau einer Orientierenden Untersuchung zu Erreichen. Die weiterführende Untersuchungen auf dem Gelände des Erdenwerks Mannheim und der Coleman- Kaserne wurden in der ebenfalls durchzuführenden Verursachereanalyse betrachten.</p> <p>Maßnahme: Auf jedem der zwölf Ackerschläge wurde eine RKS-Linerbohrung bis zur Tiefe von 4 m unter GOK abgeteuft. Es wurden schicht- bzw. meterweise Proben entnommen und auf PFC untersucht. Im An- und Abstrom der jeweiligen Fläche wurde eine temporäre Grundwasserhilfsmessstelle errichtet. Aus dieser wurden Grundwasserproben entnommen und auf PFC analysiert. Im Randbereich der Coleman- Kaserne wurden Oberbodenproben entnommen, um Hinweise auf mögliche Löschschaumverwehungen zu erhalten. Hierbei wurden ebenfalls Grundwasserproben auf PFC analysiert. Auf dem Gelände eines Kompostwerks im Mannheimer Norden wurden mehrere Rammkernsondierungen durchgeführt sowie mehrere temporäre Grundwasserhilfsmessstellen errichtet. Die erhaltenen Boden- und Grundwasserproben wurden auf PFC untersucht.</p> <p>Ergebnisse: Bei acht der zwölf untersuchten Ackerschläge zeigt sich, dass die PFC in der Schluffschicht der ungesättigten Bodenzone noch weitgehend zurückgehalten werden und es daher aktuell nur zu einem sehr geringen</p>

Untersuchung	Ziel / Maßnahmen / Ergebnisse
	<p>Sickerwasseraustrag kommt. Eine durchgeführte Sickerwasserprognose prognostiziert eine zukünftige Überschreitung der QS von 1 am Ort der Beurteilung. Bei vier Ackerflächen hat der Sickerwasseraustrag bereits jetzt eine Grundwasserverunreinigung verursacht.</p> <p>Im Rahmen der Verursacheranalyse wurde festgestellt, dass die vorliegenden Untersuchungsergebnisse darauf schließen lassen, dass die PFC Belastung durch das Aufbringen von PFC-haltigen Papierfaserabfällen/ Kompostgemischen verursacht wurde. Andere mögliche Ursachen (bspw. ein Austrag aus der Coleman Kaserne) haben sich als nicht maßgeblich herausgestellt. Es besteht der begründete Verdacht, dass die PFC-Belastung auf einer Vielzahl der Äcker durch Materialien vom Erdenwerk Mannheim verursacht wurde.</p>

## 6 BODENUNTERSUCHUNGEN 2019

### 6.1 Vorgehen

Im Jahr 2019 wurden in den Teilbereichen I bis III (siehe Anlage 1) sämtliche Ackerflächen sowie potenzielle Ackerflächen (bspw. derzeitige Grünflächen) untersucht. Unter Zusammenarbeit mit dem Landwirtschaftsamt Rhein-Neckar wurden Ackerflächen zu Probenahmeflächen unterteilt. Diese sind bewirtschafteterbezogen, flurstücksgetreu sowie kleiner als 1,5 Hektar.

Auf der jeweiligen Probenahmefläche wurden mittels eines Pürckhauer Bodenstechers 20- 25 Einstiche durchgeführt. Hierbei wurden flächengemittelte Mischproben der Tiefenbereiche 0- 30 cm und 30- 60 cm (nach BBodSchV [R 3]) entnommen. Die Probenahme fand unter gutachterlicher Begleitung durch die Arcadis Germany GmbH statt. Die Proben wurden zur Analytik in das Labor Agrolab, Bruckberg verbracht. Dort wurden in einem ersten Arbeitsschritt die Proben des Tiefenbereichs 0- 30 cm chemisch auf PFC im Eluat untersucht. Hierbei wurde die Eluationsmethode nach DIN 19529 (2:1 Schütteleluat) angewendet. Die Proben des Tiefenbereichs 30- 60 cm wurden zunächst rückgestellt und nur untersucht, falls in der oberen Probe keine Überschreitung der Quotientensumme von 1 nachgewiesen werden konnte. Hierdurch sollte eine Tiefenverlagerung der PFC ausgeschlossen werden. Erst wenn beide Tiefenbereiche eine Quotientensumme von kleiner 1 aufweisen wird eine Fläche als gering belastet eingestuft.

### 6.2 Ergebnisse und Bewertung

Im Jahr 2019 wurden insgesamt rund 230 Hektar Ackerflächen untersucht, von denen rund 62 % mit einer Quotientensumme von größer 1 als belastet eingestuft werden. Als gering belastet sind rund 23 % der Flächen bewertet. Hier sind die PFC bestimmbar, die Quotientensumme von 1 wird allerdings nicht überschritten. Rund 15 % der Flächen sind nicht belastet, es konnten keine PFC oberhalb der Bestimmungsgrenze analysiert werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die Konzentrationsbereiche der gering belasteten sowie der belasteten Flächen angegeben. Die einzelnen Analysenergebnisse inklusive der Berechnung der Quotientensumme sind in Anlage 2 aufgeführt.

Tabelle 4 Ergebnisse der Bodenbeprobungen 2019

	Unbelastete Flächen	Gering belastete Flächen (QS < 1)	Belastete Flächen (QS > 1)
<b>Eluatkonzentrationen</b>	-	0,01 µg/l – 0,94 µg/l	0,17 µg/l - 31,24 µg/l
<b>Quotientensummen</b>	-	0 – 0,9	0,7* – 259,7

\* Überschreitung eines GFS Einzelwertes.

Bei den durchgeführten Analysen wurden folgende Parameter mit den eingetragenen Maximalkonzentrationen als maßgeblich für die Belastung identifiziert:

Tabelle 5 Maximale Eluatkonzentrationen der maßgeblichen PFC Parameter (Konzentration > 1,0 µg/l)

Parameter	Maximale Eluatkonzentration [µg/l]
<b>Perfluoroktansäure PFOA</b>	19,00
<b>Perfluorheptansäure PFHpA</b>	4,30
<b>Perfluorononansäure PFNA</b>	4,00
<b>Perfluorhexansäure PFHxA</b>	3,30
<b>Perfluorpentansäure PFPeA</b>	3,00
<b>Perfluordekansäure PFDA</b>	2,70
<b>Perfluorbutansäure</b>	1,30



Als Vertreter der Sulfonsäuren ist Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) mit einer maximalen Eluatkonzentration von 0,55 µg/l zu nennen.

Mit Berechnung der Quotientensumme sind nach [R 2] die 230 Hektar Ackerflächen folgendermaßen einzuteilen:

- unbelastete Ackerflächen mit keinem PFC Befund 35 Hektar;
- gering belastete Ackerflächen mit QS < 1 53 Hektar;
- belastete Ackerflächen mit QS >1 142 Hektar.

Die Flächeneinteilung kann sowohl im Lageplan der Anlage 1 wie auch in der tabellarischen Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse in Anlage 2 nachvollzogen werden.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass nicht nur Flächen mit konkreten Anhaltspunkten für eine Belastung (bspw. Meldung von Kompostaufbringungen) als belastet einzustufen waren, sondern auch Flächen ohne Anhaltspunkte. Aus fachlicher Sicht ist, um die Gesamtbelastungssituation erfassen zu können, eine flächige Beprobung sämtlicher Ackerschläge in Mannheim Nord erforderlich.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Im Jahr 2019 begann die, vom Regierungspräsidium Karlsruhe am 12.09.2018 angeordneten Untersuchung sämtlicher Ackerflächen auf PFC in Mannheim Nord. Diese wird abschnittsweise durchgeführt.

Von den geschätzten rund 1.020 Hektar umfasste die Untersuchung im Jahr 2019 rund 230 Hektar. Die Probenahme erfolgte dabei flurstücksgetreu sowie bewirtschafterbezogen in den Tiefenbereichen 0 – 30 cm und 30 – 60 cm.

In einem ersten Analyseschritt wurden die Proben des Tiefenbereichs 0 bis 30 cm auf PFC im Eluat (Eluatherstellung nach DIN 19529 [2:1 Schütteleluat]) analysiert. Die Analyse der rückgestellten Proben des Tiefenbereichs 30 – 60 cm fand nur statt, wenn aus der Analytik der oberen Probe eine Quotientensumme (QS) von kleiner 1 berechnet wurde.

Die Untersuchung des Jahres 2019 zeigte folgende Belastungssituation:

*Tabelle 6 Zusammenfassung Belastungssituation Bodenuntersuchungen 2019*

Parameter	Belastungssituation
belastete Flächen mit einer QS größer 1	143 Hektar (rd. 63 %)
gering belastete Flächen mit einer QS kleiner 1	53 Hektar (rd. 23 %)
nicht belastete Flächen, keine PFC bestimmbar	35 Hektar (rd. 15 %)
maximale Gesamteluatkonzentration	31,24 µg/l
maximale Quotientensumme	259,7
Hauptschadstoff	PFOA (maximale Konzentration 19,00 µg/l)
weitere maßgebliche Schadstoffparameter	PFHpA, PFNA, PFHxA, PFPeA, PFDA, PFBA
Vorkommen von Sulfonsäuren	Nur vereinzelt bestimmbar. Die Konzentrationen liegen, wenn überhaupt, nur gering oberhalb der Bestimmungsgrenze. Ausnahme PFOS, welche mit einer maximalen Konzentration von 0,55 µg/l bestimmt wurde.

Die Ergebnisse der Untersuchungen des Jahres 2019 zeigen, dass eine flächige Verunreinigung vorhanden ist. Eine Untersuchung sämtlicher Ackerflächen in Mannheim Nord ist notwendig, um die gesamte Belastungssituation erfassen zu können.

## IMPRESSUM

PFC UNTERSUCHUNGEN MANNHEIM NORD  
ORIENTIERENDE UNTERSUCHUNGEN

KURZSTELLUNGNAHME ZUR BELASTUNGSSITUATION DER 2019 UNTERSUCHTEN TEILFLÄCHEN I -  
III

**AUFTRAGGEBER**  
Stadt Mannheim

**AUTOR**  
Christopher Schenkel

**PROJEKTNUMMER**  
DE0115.000675.0120

**UNSER ZEICHEN**  
rh/senk

**DATUM**  
11. März 2020

**GESEHEN**

**ERSTELLT**

Michael Reinhard  
Leiter Altlasten und Flächenrecycling

Christopher Schenkel  
Projektingenieur

### **Arcadis Germany GmbH**

Griesbachstraße 10  
76185 Karlsruhe  
Deutschland  
0721 98580-0

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)