

PFC-UNTERSUCHUNG NACH PHASE IIA/IIB – FLUGPLATZ INGOLSTADT/MANCHING

**ENDBERICHT ZUR ABSCHLIEßENDEN GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG DER
KONTAMINATIONSFLÄCHEN KF 066, 104 UND 105 (PHASE IIB)**

VERTRAGSNUMMER: 17 D 0574
MAßNAHMENNUMMER: 40213 C 0001
LIEGENSCHAFTSNUMMER: 643019

DATUM: 30. AUGUST 2018

AUFTRAGGEBER:

Staatliches Bauamt
Ingolstadt



STAATLICHES BAUAMT INGOLSTADT

ABTL. I

ELBRACHTSTR. 20

85049 INGOLSTADT

AUFTRAGNEHMER:



GEOLOGEN + INGENIEURE GMBH & CO. KG

DEICHSLERSTRASSE 25

D - 90489 NÜRNBERG

PROJEKTLEITER: DR. H. SCHOGER

PROJEKTNR. GIBS: 099-G-17/101

AUSFERTIGUNG:

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Anlass und Aufgabenstellung | 7 |
| 2 | Kenntnisstand vor Untersuchungsbeginn | 10 |
| 2.1 | Vorhandene Unterlagen und Berichte | 10 |
| 2.2 | Liegenschaftsbeschreibung | 11 |
| 2.2.1 | Lage und gegenwärtige Nutzung | 11 |
| 2.2.2 | Historische Entwicklung..... | 12 |
| 2.3 | Standortsituation | 13 |
| 2.3.1 | Niederschlag und GW-Neubildung..... | 13 |
| 2.3.2 | Geologie..... | 14 |
| 2.3.3 | Hydrogeologie | 14 |
| 2.3.4 | Hydrologie | 15 |
| 2.3.5 | Schutzgebiete | 16 |
| 3 | Grundlagen der Ergebnisbeurteilung | 17 |
| 3.1 | Eigenschaften von PFC..... | 17 |
| 3.2 | Bewertungskriterien und -maßstäbe | 19 |
| 3.2.1 | Wirkungspfad Boden – Mensch | 19 |
| 3.2.2 | Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze..... | 19 |
| 3.2.3 | Wirkungspfad Boden – Gewässer (LfW-Merkblatt 3.8/1)..... | 19 |
| 3.2.4 | Bewertungskriterien Oberflächenwasser | 23 |
| 3.2.5 | Kategorisierung nach AHBoGwS | 23 |
| 4 | Durchführung der Untersuchungen | 25 |
| 4.1 | Feldarbeiten..... | 25 |
| 4.1.1 | Erstellung der Grundwassermessstellen..... | 26 |
| 4.1.2 | Probenahmen | 31 |
| 4.1.3 | Vermessungsarbeiten..... | 34 |
| 4.2 | Begleitender Arbeits- und Immissionsschutz | 34 |
| 4.3 | Laboruntersuchungen/Chemische Analytik | 34 |
| 4.4 | Grundwasserstichtagsmessung | 35 |
| 5 | Untersuchungsergebnisse | 36 |
| 5.1 | Liegenschaftsbezogene Ergebnisse | 36 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.1.1 | Ergebnisse von Recherchen | 36 |
| 5.1.2 | Boden- und Untergrundaufbau | 37 |
| 5.1.3 | Hydrogeologische und hydrologische Beschreibung | 38 |
| 5.1.4 | PFC-Belastung Grundwasser | 42 |
| 5.1.5 | PFC-Belastung Oberflächengewässer | 52 |
| 5.2 | Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse einzelner KVF/KF | 55 |
| 5.2.1 | KF 066: Feuerlöschübungsbecken | 57 |
| 5.2.2 | KF 104: Alte Feuerwache | 70 |
| 5.2.3 | KF 105: Südbahn (westlich)..... | 88 |
| 6 | Empfehlungen für das weitere Vorgehen..... | 98 |
| 7 | Zusammenfassung | 100 |
| 8 | Literaturverzeichnis und Liste der Rechtsvorschriften | 102 |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|--|----|
| Abbildung 2-1: Übersichtsplan [17] | 11 |
| Abbildung 2-2: Geologischer Überblick Untersuchungsgebiet [15]..... | 14 |
| Abbildung 2-3: Oberflächengewässer Flugplatz Ingolstadt/Manching [17]..... | 16 |
| Abbildung 3-1: Modellstruktur und Strukturformel von PFOA und PFOS | 17 |
| Abbildung 3-2: Physikalische und chemische Eigenschaften der PFC in Abhängigkeit von der Kettenlänge..... | 18 |
| Abbildung 4-1: Liner-Sondierung | 33 |
| Abbildung 5-1: Schematischer Untergrundaufbau BwDLZ-GWM-024 | 38 |
| Abbildung 5-2: PFC-Belastung der Grundwasserproben nach Einzelparameter | 43 |
| Abbildung 5-3: Entwicklung der PFOS/PFHxS Konzentration im Abstrom..... | 49 |
| Abbildung 5-4: Prozentuale Verteilung Einzelparameter nach Medium | 56 |
| Abbildung 5-5: Lageplan Feuerlöschübungsbecken (KF 66)..... | 57 |
| Abbildung 5-6: Luftbildaufnahme ehemaliges Feuerlöschübungsbecken 1988 | 59 |
| Abbildung 5-7: Querschnitt Feuerlöschübungsbecken nach Standardplanung | 60 |
| Abbildung 5-8: Lageplan Alte Feuerwache (KF 104) | 72 |
| Abbildung 5-9: Luftbild „Alte Feuerwache“ 2008..... | 74 |
| Abbildung 5-10: Lageplan Südbahn (KF 105) | 88 |

TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Tabelle 1-1: Projektteam | 7 |
| Tabelle 2-1: Historische Entwicklung Flugplatz Manching/Ingolstadt | 12 |
| Tabelle 2-2: Langjährige Niederschlagswerte Station Baumannshof..... | 13 |
| Tabelle 3-1: Typische PFC-Konzentrationen in Feuerlöschmitteln, lanuv NRW [mg/kg][6] | 18 |
| Tabelle 3-2: Vorläufige Stufenwerte für den Pfad Boden-Grundwasser | 20 |
| Tabelle 3-3: Bewertung der Detailuntersuchung nach LfW Merkblatt 3.8/1 (Grundwasseruntersuchung) | 21 |
| Tabelle 3-4: Vorläufige Schwellenwerte für Grund- und Trinkwasser | 22 |

| | |
|--|----|
| Tabelle 3-5: Kriterien zur Prüfung Verhältnismäßigkeit nach LAWA/LABO..... | 22 |
| Tabelle 3-6: PNEC _{aquatisch} -Werte für PFC für die Beurteilung von Oberflächengewässern | 23 |
| Tabelle 4-1: Am Projekt beteiligte Unternehmen | 26 |
| Tabelle 4-2: Stammdaten 5“-Grundwassermessstellen | 28 |
| Tabelle 4-3: Stammdaten 2“-Grundwassermessstellen | 28 |
| Tabelle 4-4: Übersicht Bodenaufschlüsse | 32 |
| Tabelle 5-1: Abflussmessungen Seitenentwässerungskanal Ost, Feilenmooshauptkanal (IB BFM) [12]..... | 41 |
| Tabelle 5-2: Übersicht PFC-Untersuchungen Grundwasser | 44 |
| Tabelle 5-3: Konzentrationsentwicklung für PFOS und PFHxS in den Grundwasseraufschlüssen außerhalb der Liegenschaft..... | 46 |
| Tabelle 5-4: Konzentrationsentwicklung für PFOS und PFHxS in den 5“- Grundwassermessstellen innerhalb der Liegenschaft..... | 47 |
| Tabelle 5-5: Konzentrationsentwicklung für PFOS und PFHxS in den 2“- Grundwassermessstellen innerhalb der Liegenschaft..... | 48 |
| Tabelle 5-6: Frachtbetrachtung PFOS Hauptfahne Nordbahn..... | 51 |
| Tabelle 5-7: Konzentrationsentwicklung der Oberflächengewässer für PFOS (in µg/l)..... | 53 |
| Tabelle 5-8: PFC-Belastung der Bodenproben (S4-Eluat) nach Einzelparameter..... | 56 |
| Tabelle 5-9: Bisherige Untersuchungen KF 066 | 61 |
| Tabelle 5-10: Vergleich PFC-Belastung Feststoff / S4-Eluat anhand von PFOS..... | 62 |
| Tabelle 5-11: Kontaminationsverteilung Feuerlöschübungsbecken (KF 066) anhand des Einzelparameters PFOS | 63 |
| Tabelle 5-12: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) KF 066 | 65 |
| Tabelle 5-13: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) im Grundwasser KF 066..... | 65 |
| Tabelle 5-14: Zusammenfassung Feuerlöschübungsbecken (KF 066) | 69 |
| Tabelle 5-15: Übersicht über die bisherigen Untersuchungen an der KF 104 | 73 |
| Tabelle 5-16: Kontaminationsverteilung „Alte Feuerwache“ (KF 104) anhand des Einzelparameters PFOS..... | 78 |
| Tabelle 5-17: Vergleich PFC-Belastung Feststoff [µg/kg]/ S4-Eluat [µg/l] anhand von PFOS | 81 |
| Tabelle 5-18: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) KF 104 | 83 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 5-19: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) im Grundwasser KF 104..... | 84 |
| Tabelle 5-20: Zusammenfassung Alte Feuerwache (KF 104) | 87 |
| Tabelle 5-21: Bisherige Untersuchungen KF 105 | 90 |
| Tabelle 5-22: Kontaminationsverteilung Südbahn (westlich) (KF 104) anhand des Einzelparameters PFOS..... | 91 |
| Tabelle 5-23: Vergleich PFC-Belastung Feststoff / S4-Eluat anhand von PFOS..... | 92 |
| Tabelle 5-24: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) KF 105 | 94 |
| Tabelle 5-25: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) im Grundwasser KF 105..... | 94 |
| Tabelle 5-26: Zusammenfassung Südbahn (KF 105) | 97 |
| Tabelle 7-1: Zusammenfassende Bewertung der untersuchten KF | 101 |

ANLAGEN

Anlage 1: Karten

Anlage 2: Analysenergebnisse

Anlage 3: Probenahmeprotokolle Grund- und Oberflächenwasser

Anlage 4: Schichtenverzeichnisse der Sondierungen

Anlage 5: Bohr- und Ausbauprofile neue Grundwassermessstellen

Anlage 6: Analysenprotokolle

Anlage 7: Vermessungsdaten der Aufschlüsse

Anlage 8: Dokumentation Stichtagsmessung

1 Anlass und Aufgabenstellung

Mit Datum vom 26.09.2017 wurde das Ingenieurbüro Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG von Staatlichen Bauamt Ingolstadt mit dem Projekt „PFC-Untersuchung nach Phase IIa/IIb - Flugplatz Ingolstadt/Manching“ (Maßnahmennummer 40213 C 0001, Vertragsnr. 17 D 0574) nach Vorgabe der Arbeitshilfe Boden und Grundwasserschutz (AHBoGwS) [26] beauftragt.

Das Projektteam setzt sich aus den in Tabelle 1-1 gelisteten Personen zusammen.

Tabelle 1-1: Projektteam

| | |
|--------------------------------------|--|
| Auftraggeber: | Staatliches Bauamt Ingolstadt |
| Fachtechnische Leitung: | Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr, Kompetenzzentrum Baumanagement München Referat K 6 (Hr. Backes, Hr. Bauer) |
| Vertragsangelegenheiten: | Staatliches Bauamt Ingolstadt (Hr. Lefenda) |
| Auftragnehmer: | Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG |
| Abteilungsleitung: | Hr. Bühler |
| Projektleitung und -bearbeitung: | Hr. Dr. Schoger, Hr. Loy, Hr. Bühler |
| Sachverständiger gemäß §18 BBodSchG: | Hr. Dr. Schoger |

Auftragsgegenstand war die Erbringung von Leistungen für die Orientierende Untersuchung (Phase IIa) bzw. Detailuntersuchung (Phase IIb) des Grundwassers sowie der ungesättigten Bodenzone auf dem Flugplatz Ingolstadt/Manching. Dabei beziehen sich die Untersuchungen ausschließlich auf die Erkundung der festgestellten PFC-Kontaminationen im Bereich der Liegenschaft.

Die aktuellen Untersuchungen (**Phase IIa/IIb-2**) knüpfen an die Detailuntersuchung (**Phase IIb-1**) aus dem Jahr 2015 an, die von Gibs geologen + ingenieure durchgeführt wurde. Dabei wurden weiterführende Maßnahmen an drei Kontaminationsflächen (KF) abgeleitet, um eine abschließende Gefährdungsabschätzung durchführen zu können. Des Weiteren wurden im Zuge dieser Erkundung Hinweise auf weitere PFC-Einträge im Bereich von 18 Kontaminationsverdachtsflächen (KVF) abgeleitet.

Auf Grundlage der vorgenannten Erkenntnisse wurde durch Gibs geologen + ingenieure ein Untersuchungskonzept (mit Datum vom 30. November 2016) erstellt, welches mit dem BAIUDBw Kompetenzzentrum Baumanagement München Referat K6 (BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6) sowie den Fachbehörden (WWA Ingolstadt)

abgestimmt wurde. Mit Schreiben vom 21. Februar 2017 äußerte auch das Landratsamts Pfaffenhofen Einverständnis zum geplanten Vorgehen.

Auf Grundlage dieses Untersuchungskonzeptes wurde Gibs geologen + ingenieure beauftragt, an drei KF Detailuntersuchungen (Phase IIb-2) und an 18 KVF Orientierende Untersuchungen (Phase IIa) durchzuführen. Im Zuge dieser Untersuchungen wurden von September 2017 bis Juli 2018 folgende Leistungen durchgeführt (Hauptauftrag und Nachbeauftragungen):

- Errichtung von sieben 5" Grundwassermessstellen.
- Errichtung von 57 2" Grundwassermessstellen.
- Monitoring von 94 Grundwassermessstellen auf der Liegenschaft im Zuge von zwei Beprobungskampagnen zwischen Mai und Juli 2018.
- Untersuchung der ungesättigten Bodenzone durch insgesamt 184 Linersondierungen und 1.188 entnommenen Bodenproben.
- Vermessung der neu errichteten Grundwassermessstellen und der Linersondierungen.
- Durchführung einer Grundwasserstichtagsmessung an 209 Grundwasseraufschlüssen innerhalb und außerhalb der Liegenschaft.
- Analytik aller Wasserproben (188 Proben) und ausgewählter Bodenproben auf PFC (insgesamt 962 Bodenproben im S4-Eluat und 45 Bodenproben im Feststoff).
- Erstellung eines Grundwassergleichen- und Schadstoffverteilungsplans (PFOS).

Des Weiteren wurde von der Firma BFM Umwelt-Beratung-Forschung-Management GmbH (BFM) im Zuge der Fortführung des Grund- und Oberflächenwassermonitorings im Juni 2018 PFC-Untersuchungen außerhalb der Liegenschaft im nördlichen Abstrom und weitere Untersuchungen hinsichtlich des Fließregimes der Fließgewässer auf der Liegenschaft durchgeführt [12]. Diese werden, soweit sie von Relevanz sind, im vorliegenden Bericht mitberücksichtigt.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Phase IIb-2-Untersuchungen zur

- **KF 066: Feuerlöschübungsbecken**
- **KF 104: Alte Feuerwache**
- **KF 105: Südbahn (westlich)**

nach Vorgabe der Arbeitshilfe Boden und Grundwasserschutz (AHBoGWS) dokumentiert und bewertet. Die Lage der Kontaminationsflächen ist der Anlage 1, Blatt Nr. 1 zu entnehmen. Im Anschluss erfolgt eine Gefährdungsabschätzung hinsichtlich des Wirkungspfades Boden-Grundwasser inkl. Empfehlungen für die weitere Vorgehensweise und evtl. nötiger Gefahrenabwehrmaßnahmen.

Der Bericht enthält weiterhin eine KVF-übergreifende Bewertung der PFC-Belastungssituation im Grundwasser innerhalb und außerhalb der Liegenschaft.

Die Ergebnisse der Phase IIa-Untersuchungen werden in einem separaten Bericht dokumentiert und bewertet.

2 Kenntnisstand vor Untersuchungsbeginn

2.1 Vorhandene Unterlagen und Berichte

- [1] BFM UMWELT-BERATUNG-FORSCHUNG-MANAGEMENT GMBH (BFM) (2013): Erfassung von kontaminationsverdächtigten Flächen, Flughafen Manching, B100905-1E, (ALFV-Nr. 643 019 800 7-rüs). München.
- [2] BFM UMWELT-BERATUNG-FORSCHUNG-MANAGEMENT GMBH (BFM) (2013): Orientierende Untersuchung Phase IIa, Flughafen Manching, B130804-02B (ALFV-Nr. 643 019 800 7-rüs). München.
- [3] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs) (2014): PFT Untersuchungen Flugplatz Manching. Nürnberg.
- [4] BAIUDBw Kompetenzzentrum Baumanagement München Referat K6 (o. J.A.): Diverse Unterlagen zur PFC-Historie am Flugplatz Manching. München.
- [5] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (o. J.A.): Diverse PFC-Untersuchungen in Grund- und Oberflächenwasser und Boden. München.
- [6] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs) (2015): Detailuntersuchung Phase IIb am Flugplatz Ingolstadt/Manching – Endbericht. Nürnberg.
- [7] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs) (2016): Untersuchungskonzept PFC-Untersuchungen Flugplatz Manching. Nürnberg.
- [8] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs) (2016): PFC-Untersuchungen im Umfeld des Flugplatzes Manching/Ingolstadt - Dokumentation des Grund- und Oberflächenwassermonitorings. Nürnberg.
- [9] Landratsamt Pfaffenhofen a.d.Ilm (2017): Stellungnahme vom 21.02.2017 zum Untersuchungskonzept Gibs Geologen vom 30.11.2016; Az.: 40/178-09-3. Pfaffenhofen a.d.Ilm.
- [10] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs) (2018): PFC-Untersuchungen im Umfeld des Flugplatzes Manching/Ingolstadt - Dokumentation des Grund- und Oberflächenwassermonitorings, Beprobungsrunde November 2017. Nürnberg.
- [11] BFM UMWELT-BERATUNG-FORSCHUNG-MANAGEMENT GMBH (BFM) (2018): Grund- und Oberflächengewässermonitoring Flugplatz Ingolstadt/Manching; Fortführung 2018 - Diverse Untersuchungsergebnisse per E-Mail – München im Juli 2018.

2.2 Liegenschaftsbeschreibung

2.2.1 Lage und gegenwärtige Nutzung

Der Flugplatz Ingolstadt/Manching liegt ca. 1 km östlich von Manching bei einer West-Ost-Ausdehnung von ca. 3,5 km und einer Nord-Süd-Ausdehnung von ca. 2 km (siehe Abbildung 2-1). Auf dem Flugplatz befinden sich zwei Start-/Landebahnen, eine am Nord- und eine am Südrand der Liegenschaft gelegen.



Abbildung 2-1: Übersichtsplan [17]

2.2.2 Historische Entwicklung

Die historische Entwicklung des Flugplatzes Manching/Ingolstadt ist in Tabelle 2-1 aufgeführt [1].

Tabelle 2-1: Historische Entwicklung Flugplatz Manching/Ingolstadt

| Datum | Landnutzung |
|--------------------|--|
| Vor 1936 | Über die Nutzung der Liegenschaft vor 1936 liegen keine Informationen vor. |
| 1936 bis 1945 | Flugplatz war im Besitz der Deutschen Luftwaffe. |
| 1944 - 1945 | Häufige Angriffe der Alliierten; Teile des Kommandanturgebäudes, Staffelunterkünfte, Werfthalle und Flugleitung wurden zerstört. |
| 1945 | Flugplatz wurde von der Deutschen Luftwaffe verlassen. Das XI. US Armeekorps besetzte den Fliegerhorst am 26.04.1945. |
| 1945 bis 1948 | Im Rahmen der Demilitarisierung existierten auf dem Flugplatz ein Brandplatz und ein Sprenggelände. Der Brandplatz wurde um 1945 durch die USAAF genutzt. Das Sprenggelände wurde von 1946 bis 1948 errichtet. |
| 1950 bis 1952 | Erste Kampfmittelräumungen im den Bereichen des Brandplatzes und des Sprenggeländes. |
| 1956 | Der unter amerikanischer Verwaltung stehende Flugplatz wurde 1956 den deutschen Behörden übergeben. |
| 1960 | Fertigstellung der Start- und Landebahn. |
| 1961 | 1961 wurde die große Südbahn erbaut. Die Messerschmitt AG (heute Airbus Group) verlegte ihr Werk von München-Riem nach Manching. |
| Bis 1978 | Der südwestliche Abschnitt des Flugplatzes wurde durch die Firma Messerschmitt BB (MBB, heute Airbus Group) genutzt. |
| Von 1960 bis heute | Der Flugplatz wird von der Bundeswehr betrieben. |
| 1965/1966 | Verlegung des WTD 61 nach Manching. |
| 1964 bis 1971 | Zweite umfassende Kampfmittelräumung (ca. 500 ha). |
| 1994 | Weitere Kampfmittelräumung (17,76 ha). |
| 1995 | Integration der „Musterprüfstelle für Luftfahrtgeräte der Bundeswehr“ in die WTD 61, neuer Name: „Wehrtechnische Dienststelle für Luftfahrzeuge – Musterprüfwesen für Luftfahrtgeräte der Bundeswehr“ |
| 1999 | Neuer Flugsicherungskontrollturm wird in Betrieb genommen. |

2.3 Standortsituation

2.3.1 Niederschlag und GW-Neubildung

Unmittelbar südlich des Flugplatzes Manching/Ingolstadt wird im Bereich der Ortschaft Forstwiesen die von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft die Wetterstation Baumannshof seit dem Jahr 1989 betrieben (siehe Tabelle 2-2). Im langjährigen Mittel (1990 – 2017) wurde an dieser Station ein Jahresniederschlag von 685 mm/a ermittelt. Dies entspricht einem mittleren Monatsniederschlag von ca. 57 mm [13].

Im Jahr 2018 fielen bis Ende Juli 363 mm Niederschlag. Dies entspricht einem Monatsmittel von ca. 52 mm. Damit war das Jahr 2018 geringfügig trockener als im langjährigen Mittel.

Laut der Hydrogeologischen Karte von Bayern 1 : 500.000 (HK 500) kann im Bereich des Flugplatzes Manching von einer mittleren Grundwasserneubildung (1971 – 2000) von 50 mm/a ausgegangen werden. Im Trockenzeitraum (1971 – 1973) liegt die Grundwasserneubildung bei 25 mm/a, im Nasszeitraum (1979 – 1981) bei 100 mm/a.

Tabelle 2-2: Langjährige Niederschlagswerte Station Baumannshof

| Jahr | Niederschlag [mm] | Jahr | Niederschlag [mm] |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1991 | 575 | 2005 | 740 |
| 1992 | 544 | 2006 | 700 |
| 1993 | 368 | 2007 | 804 |
| 1994 | 568 | 2008 | 673 |
| 1995 | 666 | 2009 | 735 |
| 1996 | 596 | 2010 | 812 |
| 1997 | 545 | 2011 | 767 |
| 1998 | 765 | 2012 | 715 |
| 1999 | 733 | 2013 | 755 |
| 2000 | 730 | 2014 | 694 |
| 2001 | 916 | 2015 | 578 |
| 2002 | 935 | 2016 | 758 |
| 2003 | 466 | 2017 | 694 |
| 2004 | 673 | 2018 ¹ | 363 |
| Minimum | 368 | | |
| Maximum | 935 | | |
| Mittelwert | 685 | | |

¹ Bis einschließlich Juli 2018

2.3.2 Geologie

Der Untergrund des Untersuchungsgebietes besteht laut Geologischer Karte (GK) von Bayern Nr. 7235, Blatt Vohburg aus pleistozänen (würmzeitlichen) Flusssanden oder Flussschottern des „älteren Mündungsschwemmfächer der Paar“ und holozänen kiesigen Sanden des „jüngeren Mündungsschwemmfächer der Paar“, bereichsweise überlagert von sandigen bis schluffigen Auenablagerungen (siehe Abbildung 2-2).

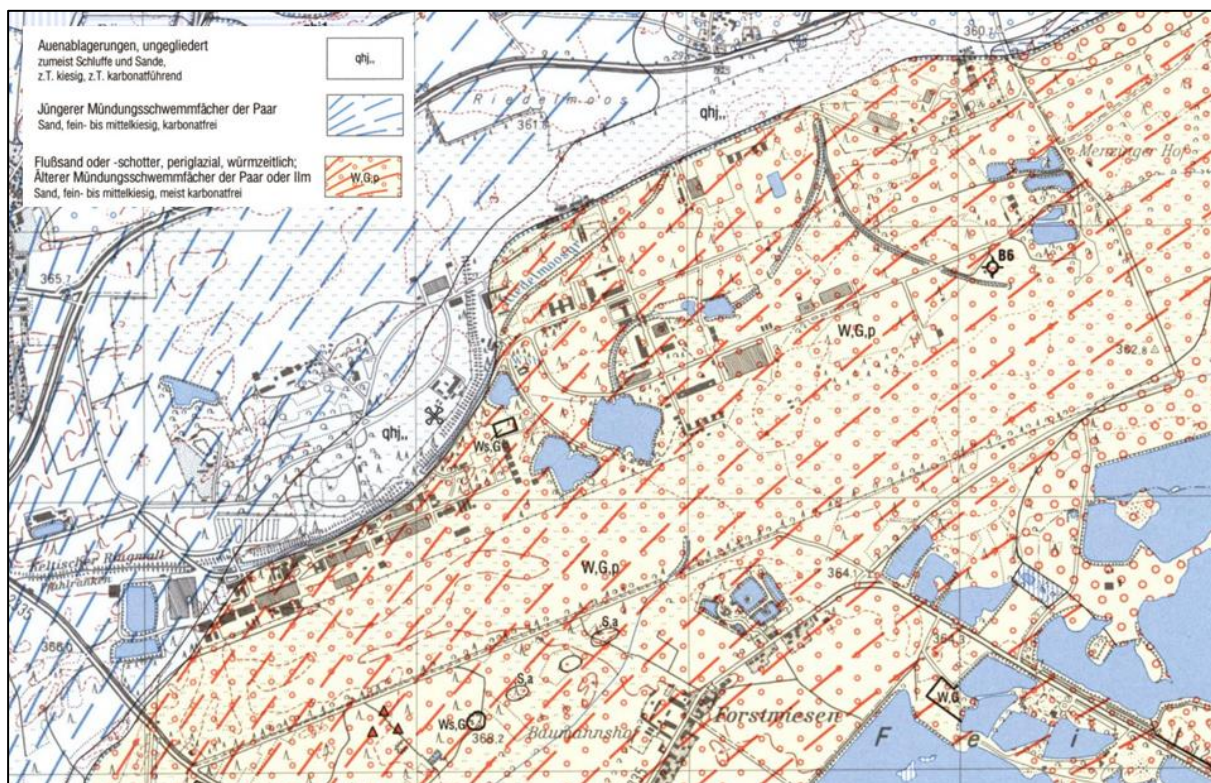


Abbildung 2-2: Geologischer Überblick Untersuchungsgebiet [15]

2.3.3 Hydrogeologie

Das quartäre Grundwasser wird innerhalb der Liegenschaft durch 94 Grundwassermessstellen erschlossen und steht oberflächennah bei ca. 361 mNN mit einem Flurabstand von ca. 1,3 – 3,5 m unter Gelände an. Die Basis des quartären Grundwasserleiters bilden die stauenden grauen Tone der Oberen Süßwassermolasse (Tertiär), die im Bereich des Flugplatzes bei ca. 7 – 10 m u. GOK angetroffen werden und eine mittlere Aquifermächtigkeit von ca. 6 m bedingen. Es handelt sich um einen homogenen Aquifer mit freien Grundwasserverhältnissen.

Außerhalb der Liegenschaft wird das Grundwasser durch zahlreiche landwirtschaftliche Bewässerungsbrunnen und private Hausbrunnen erschlossen. Die im Zuge der aktuellen Untersuchungskampagne berücksichtigten Grundwasseraufschlüsse sind in Anlage 1 (Plan 1 und Plan 2) abgebildet.

Hydraulische Tests (Pumpversuche) zur Ermittlung der maßgeblichen hydraulischen Parameter wie z.B. Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) oder effektive Porosität standen für folgende Bereiche zur Verfügung.

- Kurzpumpversuche in den Grundwassermessstellen BwDLZ-GWM-003 und BwDLZ-GWM-008 (2015)
- Hydraulische Auswertung der Leistungstest ausgewählter Löschwasserbrunnen auf der Airbus-Liegenschaft
- Hydraulische Auswertung der Versuchsbrunnen für eine Geothermieanlage auf dem MASC-Gelände der Airbus-Liegenschaft.

Im Mittel können für die Gesamtliegenschaft die folgenden maßgeblichen Parameter definiert werden:

- k_f -Wert: $5 \cdot 10^{-3}$ m/s
- effektive Porosität: 0,25
- Grundwasserregime: frei

Gemäß DIN 18130-1 kann der Aquifer demnach als „stark durchlässig“ bezeichnet werden.

Weitere Details aus den Erkenntnissen der vorliegenden Untersuchungsphase insbesondere zur Fließrichtung, etc. siehe Kapitel 5.1.3.

2.3.4 Hydrologie

Auf dem Flugplatz Manching/Ingolstadt befinden sich zahlreiche Oberflächengewässer, wie in Abbildung 2-3 dargestellt. Von Südwesten strömt der Riedelmoosgraben über das Airbus-Gelände in Richtung Flugplatzgelände. Auf Höhe des Baggersees 1 befindet sich ein Stauwehr, durch welches das Fließgewässer in den Baggersee 1 umgeleitet wird und dann weiter in die Baggerseen 4 fließt. Von Süden strömt der Kühpickelgraben ebenfalls dem Baggersee 4 zu. Die Südlandebahn wird in verrohrter Bauart unterquert. Der Baggersee 4 entwässert über die Baggerseen 5 und 6 in den Feilenmooshauptkanal. Ein weiterer Zufluss in den Feilenmooshauptkanal ist der Seitenentwässerungskanal Ost, der den südöstlichen Flugplatzbereich entwässert. Der Feilenmooshauptkanal unterquert die nördliche Start-/Landebahn und mündet in die Westenhauser Ach, die über die Irschinger Ach und die Kleine Donau der Donau zufließt. Über diesen Entwässerungspfad erfolgt der Großteil der oberflächlichen Entwässerung des Flugplatzes. Zwei weitere kleine Gräben (Ottergraben, Ablauf Ost) entwässern den Flugplatz in östliche/südöstliche Richtung. Der Ottergraben führt nur wenig Wasser, der Ablauf Ost weist nur eine temporäre Wasserführung auf (bei allen Beprobungskampagnen bislang trocken). Auf dem Gelände befinden sich weitere Baggerseen. Der Baggersee 3 ist mit dem Baggersee 4 verbunden. Der Baggersee 13 fließt dem Riedelmoosgraben zu. Die im Osten gelegenen fünf Baggerseen

(Baggersee 8 – 12) sowie der zentral gelegene Baggersee 7 haben keine Verbindung zu den Fließgewässern.

Um den Flugplatz befinden sich zahlreiche weitere Baggerseen. Die für die aktuellen Phase IIb-2 Untersuchungen relevanten Oberflächengewässer sind in Anlage 1 (Plan 1 und Plan 2) dargestellt.

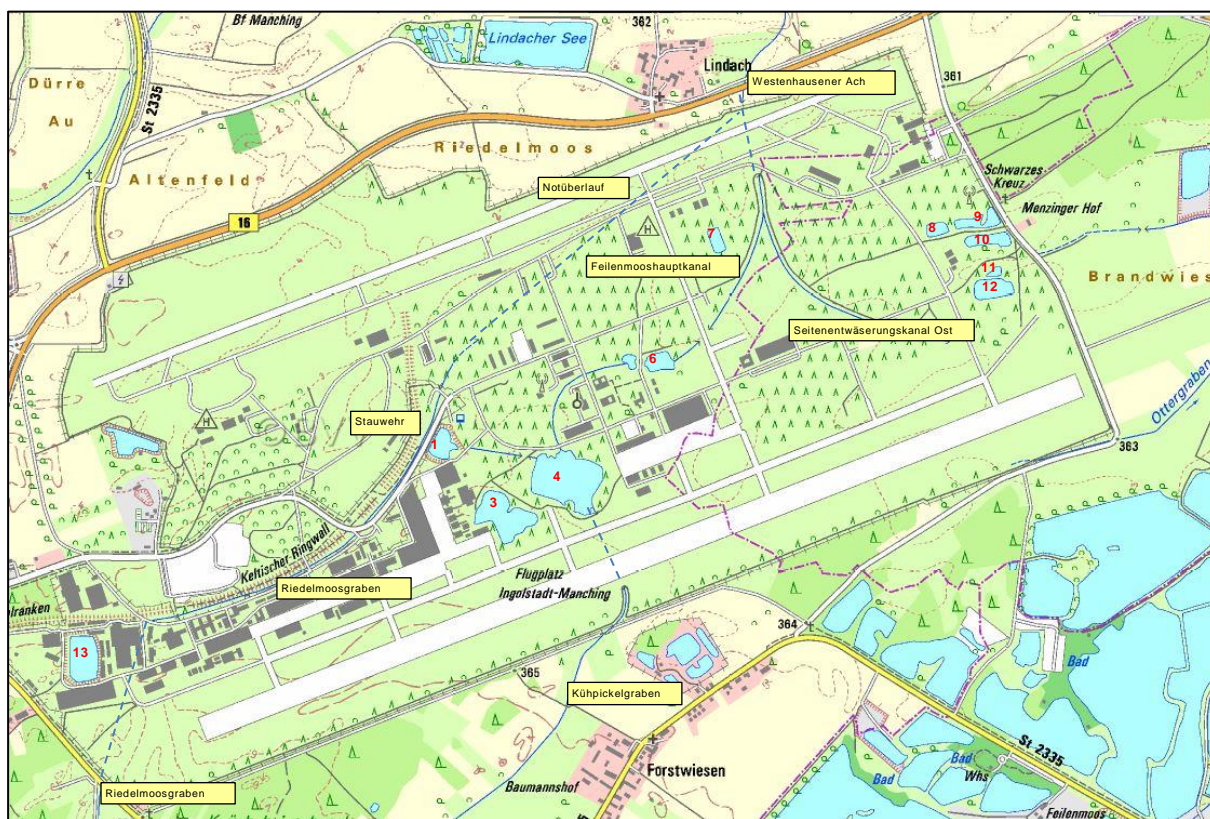


Abbildung 2-3: Oberflächengewässer Flugplatz Ingolstadt/Manching [17]

2.3.5 Schutzgebiete

Im Nahbereich bzw. im Abstrombereich des Flugplatz Manching/Ingolstadt befinden sich keine Trinkwasser- oder Heilwasserschutzgebiete. Das nächstgelegene Trinkwasserschutzgebiet mit dem Gebietsnamen „Manching“ liegt ca. 4 km westlich vom Flugplatz im Süden von Manching.

3 Grundlagen der Ergebnisbeurteilung

3.1 Eigenschaften von PFC

PFC (Per- und polyfluorierte Chemikalien) sind synthetisch hergestellte, organische und oberflächenaktive Kohlenwasserstoffketten mit Fluor als Endglied (siehe Abbildung 3-1), die unter Umweltbedingungen außerordentlich stabil (persistent) sind und mittlerweile ubiquitär in den verschiedensten Umweltmedien nachgewiesen werden können.

Sind alle kohlenstoffgebundenen Wasserstoffatome durch jeweils ein Fluoratom substituiert, spricht man von perfluorierten Alkylsubstanzen oder auch perfluorierten Tensiden (PFT).

Die wichtigsten Vertreter der PFC sind PFOA (Perfluoroktansäure) und PFOS (Perfluorooctansulfonsäure). Tenside sind aus einem unpolaren Alkylrest und einer polaren funktionellen Gruppe aufgebaut und besitzen somit einen hydrophoben (wasserabstoßend) als auch einen hydrophilen (wasserliebend) Teil.

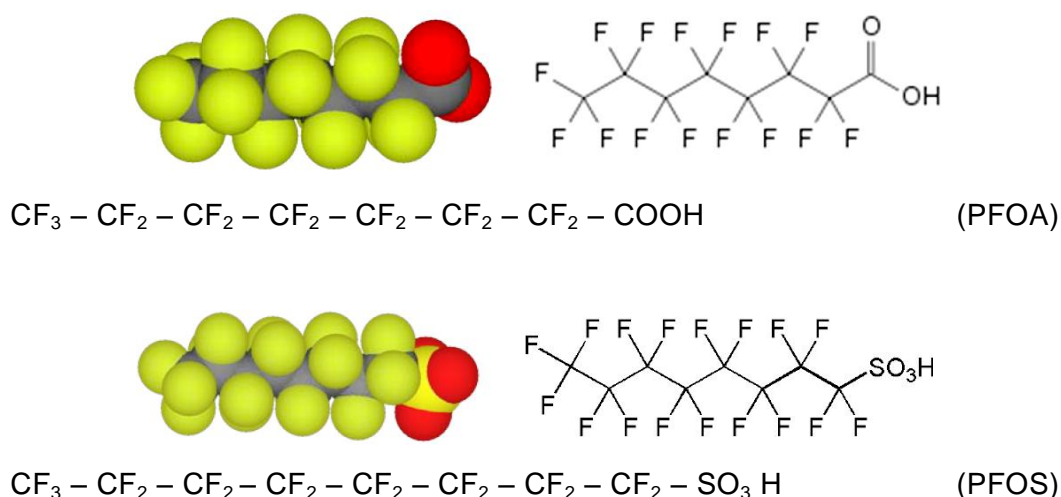


Abbildung 3-1: Modellstruktur und Strukturformel von PFOA und PFOS

Abbildung 3-2 zeigt die wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften in Abhängigkeit zur Kettenlänge und Alkylrest der wichtigsten PFC-Einzelsubstanzen.

Grundsätzlich weisen kurz-kettige PFC eine höhere Bodenmobilität auf als lang-kettige PFC, da die Molekülstruktur insgesamt kleiner ist. Somit gelangen kurz-kettige PFC auch schneller in das Grundwasser, sind hydrophiler und stellen daher höhere Anforderungen an die Wasseraufbereitung. Die Bindung zwischen Kohlenstoff und Fluor zählt zu den stärksten kovalenten Bindungen, weshalb PFC mit zunehmender Länge der Kohlenwasserstoffkette immer schwerer abbaubar werden. Die geschätzte Halbwertszeit

von PFOS im Grundwasser beträgt 41 Jahre. Gleichzeitig steigt auch der Sorptionskoeffizient mit zunehmender Kettenlänge.





| Substanzgruppe | Kettenlänge | Alkylrest | Sorptionskapazität | Abbaubarkeit | Wasser-aufbereitung | Mobilität |
|-----------------------------------|-------------|---------------------------------|---|--|---|---|
| Perfluorbutansäure (PFBA) | 4 | COOH |  - + |  + - |  - + |  + - |
| Perfluorbutansulfonsäure (gPFBS) | 4 | SO ₃ H | | | | |
| Perfluorpentansäure (PFPeA) | 5 | COOH | | | | |
| Perfluorhexansäure (PFHxA) | 6 | COOH | | | | |
| Perfluorhexansulfonsäure (gPFHxS) | 6 | SO ₃ H | | | | |
| Perfluorheptansäure (PFHpA) | 7 | COOH | | | | |
| Perfluoroctansäure (gPFOA) | 8 | COOH | | | | |
| Perfluoroctansulfonsäure (gPFOS) | 8 | SO ₃ H | | | | |
| Perfluoroctansulfonamid (PFOSA) | 8 | SO ₂ NH ₂ | | | | |
| Perfluorononansäure (PFNA) | 9 | COOH | | | | |
| Perfluordekansäure (PFDA) | 10 | COOH | | | | |
| Perfluordecansulfonsäure (PFDS) | 10 | COOH | | | | |
| Perfluorundecansäure (PFUnA) | 11 | COOH | | | | |
| Perfluordodecansäure (PFDoA) | 12 | COOH | | | | |

Abbildung 3-2: Physikalische und chemische Eigenschaften der PFC in Abhängigkeit von der Kettenlänge

Für PFOA und PFOS wurde die lebertoxische und reproduktionstoxische Wirkung durch Tierversuche nachgewiesen. Darauf basierend besteht auch ein Verdacht auf kanzerogene Wirkung. PFC reichern sich im Blut und Organgewebe an.

Auf Grund der schmutz-, farb-, fett-, öl- und wasserabweisenden Eigenschaften der PFC werden diese in vielen Industriebereichen verwendet. So kommen sie z.B. in der Textilindustrie (z.B. Gore-Tex®), Papierindustrie, zur Herstellung von Beschichtungen (z.B. Teflon®) oder in filmbildenden Feuerlösch-Schäumen zum Einsatz.

Durchschnittlich wurden in filmbildenden Feuerlöschmitteln, die bei Bränden eingesetzt wurden, die in Tabelle 3-1 aufgeführten Konzentrationen in mg/kg gemessen (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2010)[6]).

Tabelle 3-1: Typische PFC-Konzentrationen in Feuerlöschmitteln, lanuv NRW [mg/kg][6]

| Probe | PFBA | PFPA | PFBS | PFHxA | PFHpA | PFHxS | PFOA | PFNA | PFOS | PFDA |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| Löschschaum (Hallenbrand 2008) | 30 | 26 | 75 | 150 | 40 | 550 | 150 | <25 | 4100 | <25 |
| Schaummittel (Brand eines Baumarkts 2009) | 0,61 | 0,24 | <0,1 | 1,9 | 0,25 | <0,1 | 0,58 | <0,1 | 1,1 | 0,22 |
| Probe des unverdünnten Schaummittels am Einsatzort (2010) | 0,63 | 0,17 | <0,1 | 1,4 | 0,13 | 0,24 | 0,39 | <0,1 | 2,4 | <0,1 |

PFOS ist chemikalienrechtlich ein persistenter organischer Schadstoff (POP). Herstellung, Verwendung und das Inverkehrbringen von PFOS sind europaweit durch die Verordnung 850/2004/EG („POP“-Verordnung), aktualisiert durch die EU-Verordnungen 756/2010/EU und 757/2010/EU, verboten. Demnach dürfen, mit einigen Einschränkungen (z.B. Galvanotechnik, Fotoindustrie, Luft- und Raumfahrt), Stoffe oder Gemische mit einem PFOS-Gehalt von > 0,001% nicht in Verkehr gebracht und nicht verwendet werden [23].

PFOS-haltige Feuerlöschschäume (PFOS-Gehalt > 0,001%) durften noch bis zum 27. Juni 2011 verwendet werden. Die Industrie verwendet nun leichter abbaubare polyfluorierte Tenside (nicht alle C-Atome sind an ein Fluor-Atom gebunden) [23]. Inwieweit dies eine Verbesserung darstellt, muss bezweifelt werden, da polyfluorierte Tenside zu perfluorierten Tensiden abgebaut werden können.

3.2 Bewertungskriterien und -maßstäbe

3.2.1 Wirkungspfad Boden – Mensch

Eine Bewertung des Wirkungspfades Boden-Mensch war nicht Auftragsgegenstand.

3.2.2 Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze

Eine Bewertung des Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze war nicht Auftragsgegenstand.

3.2.3 Wirkungspfad Boden – Gewässer (LfW-Merkblatt 3.8/1)

In Bayern leisten die „*Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden*“ vom Bayer. Landesamt für Umwelt (April 2017) eine Hilfestellung für die Bewertung von PFC.

Aufgrund derzeit laufender Fachdiskussionen sind gemäß [27] die in den LfU-Leitlinien angeführten Regelungen für die Quotientensummen (Summenbedingungen) bis auf weiteres nicht als zusätzliches Kriterium für die Einhaltung von Geringfügigkeitsschwellen (GFS) und auch nicht als Entscheidungskriterium für Sanierungsmaßnahmen anzuwenden. Sie sollen lediglich als zusätzliche Bewertungshilfe für den Einzelfall dienen.

Gefährdungsabschätzung Boden

Bei **schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten** erfolgt die Bewertung analytisch-chemischer Befunde laut den LfU Leitlinien anhand der in Tabelle 3-2 aufgeführten vorläufigen Stufe-1 und Stufe-2 Werte entsprechend der im **LfU-Merkblatt 3.8/1** [24] beschriebenen Vorgehensweise. Zur Gefährdungsabschätzung des Wirkungspfades Boden - Grundwasser werden die Eluatwerte des S4-Eluats

herangezogen. Die ermittelten Eluatkonzentrationen werden auf das Sickerwasser am „Ort der Beurteilung“ übertragen.

Tabelle 3-2: Vorläufige Stufenwerte für den Pfad Boden-Grundwasser

| Stoff | Kürzel | Vorläufiger Stufe-1-Wert | Summenbedingung für Stufe-1 | Vorläufiger Stufe-2-Wert | Summenbedingung für Stufe-1 |
|------------------------------|--------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Perfluoromonansäure | PFNA | 0,06 | $\sum (C_n / \text{Stufe-1}) \leq 1$ | 0,25 | $\sum (C_n / \text{Stufe-2}) \leq 1$ |
| Perfluorooctansulfonsäure | PFOS | 0,1 | | 0,4 | |
| Perfluorooctansäure | PFOA | 0,1 | | 0,4 | |
| Perfluorhexansulfonsäure | PFHxS | 0,1 | | 0,4 | |
| Perfluorhexansäure | PFHxA | 6 | | 24 | |
| Perfluorbutansulfonsäure | PFBS | 6 | | 24 | |
| Perfluorbutansäure | PFBA | 10 | | 40 | |
| Perfluordecansäure | PFDA | 0,1 | | 0,4 | |
| H4-Polyfluoroktansulfonsäure | H4PFOS | 0,1 | | 0,4 | |
| Perfluorooctansulfonamid | PFOSA | 0,1 | | 0,4 | |
| Perfluorheptansulfonsäure | PFHpS | 0,3 | | 1 | |
| Perfluorheptansäure | PFHpA | 0,3 | | 1 | |
| Perfluorpentansäure | PFPeA | 3 | | 12 | |

Ergeben die Elutionsversuche eine Unterschreitung des Stufe-1-Wertes am Ort der Probenahme gilt der Verdacht einer Grundwassergefährdung als ausgeschlossen.

Überschreiten die Eluatwerte den Stufe-1-Wert am Ort der Probenahme, ist unter Würdigung sämtlicher relevanter Bedingungen eine Sickerwasserprognose zu erstellen, deren Ziel die Aussage sein muss, ob eine Überschreitung des Prüfwertes am Ort der Beurteilung nachhaltig auszuschließen ist.

Ergeben die Eluatuntersuchungen Stufe-2-Wert-Überschreitungen, ist der Gefahrenverdacht bereits abschließend bestätigt und das Ausmaß der Gefährdung ist abzuschätzen, falls aus der Sickerwasserprognose eine Überschreitung des Prüfwertes am Ort der Beurteilung zu erwarten ist.

Zusammenfassend ist die Bewertungschronologie in der Tabelle 3-3 wiedergegeben.

*Tabelle 3-3: Bewertung der Detailuntersuchung nach LfW Merkblatt 3.8/1
(Grundwasseruntersuchung)*

| Stoffkonzentration am Ort der Beurteilung | Bewertung (Detailuntersuchung) | |
|---|---|---|
| < Stufe-1-Wert | - Gefahrenverdacht ausgeräumt | - Maßnahmen nicht erforderlich |
| > Stufe-1-Wert | - Abschließende Gefährdungsabschätzung unter Berücksichtigung der Frachten und der Ausdehnung | - Erfordernis von Maßnahmen prüfen (§4 Abs. 2 BBodSchV) |
| > Stufe-2-Wert | - Gefahrenverdacht abschließend bestätigt - Ausmaß der Gefährdung abschätzen | Sanierungsmaßnahmen i.d.R. erforderlich (§4 Abs. 3 BBodSchG) - Verhältnismäßigkeit von Sanierungsmaßnahmen prüfen (§4 Abs. 7 BBodSchV) |

Gefährdungsabschätzung Grundwasser

In den LfU-Leitlinien sind für PFC bislang keine Stufenwerte zur Bewertung einer Grundwasserverunreinigung definiert. Stattdessen wurden vorläufige Schwellenwerte für **Grund- und Trinkwasser** definiert, die in Tabelle 3-4 aufgeführt sind. Für sieben Parameter wurden durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser und Boden (LAWA/LABO) Geringfügigkeitsschwellen (GFS) aufgrund der Leitwerte für Trinkwasser der Trinkwasserkommission abgeleitet. Für diese sieben Einzelparameter, für welche ein gleicher oder zumindest ähnlicher Wirkmechanismus vermutet wird, wurde aus Vorsorgegründen neben den Schwellenwerten (SW) für die Einzelstoffe eine Summenwertregelung (Summenbedingung) festgelegt, die allerdings laut LfU-Newsletter vom 26.06.2018 [27] nicht mehr als zusätzliches Kriterium für die Einhaltung von Geringfügigkeitsschwellen anzuwenden ist.

Laut den Leitlinien des LfU liegt bei Überschreitung dieser Werte im Grundwasser in der Regel eine schädliche Veränderung des Grundwassers im Sinne des Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vor.

Tabelle 3-4: Vorläufige Schwellenwerte für Grund- und Trinkwasser

| Stoff | Kürzel | Vorläufiger Schwellenwert [µg/l] | Summenbedingung | Begründung |
|------------------------------|--------|----------------------------------|--------------------------|--|
| Perfluomonansäure | PFNA | 0,06 | $\sum (C_n/SW_n) \leq 1$ | Jeweils Übernahme des aktuell vorliegenden GFS-Wert-Vorschlages der LAWA |
| Perfluorooctansulfonsäure | PFOS | 0,1 | | |
| Perfluorooctansäure | PFOA | 0,1 | | |
| Perfluorhexansulfonsäure | PFHxS | 0,1 | | |
| Perfluorhexansäure | PFHxA | 6 | | |
| Perfluorbutansulfonsäure | PFBS | 6 | | |
| Perfluorbutansäure | PFBA | 10 | | |
| Perfluordecansäure | PFDA | 0,1 | | Jeweils Übernahme des GOW |
| H4-Polyfluoroktansulfonsäure | H4PFOS | 0,1 | | |
| Perfluorooctansulfonamid | PFOSA | 0,1 | | |
| Perfluorheptansulfonsäure | PFHpS | 0,3 | | |
| Perfluorheptansäure | PFHpA | 0,3 | | |
| Perfluorpentansäure | PFPeA | 3 | | |

GOW = Gesundheitlicher Orientierungswert

Prüfung der Verhältnismäßigkeit

Nach BBodSchV (§4 Abs. 7) ist bei der Prüfung der Verhältnismäßigkeit von Untersuchungs- und Sanierungsmaßnahmen zu berücksichtigen, „wenn erhöhte Schadstoffkonzentrationen im Sickerwasser oder andere Schadstoffausträge auf Dauer nur geringe Schadstofffrachten und lokal begrenzt erhöhte Schadstoffkonzentrationen in Gewässern erwarten lassen.“ Hierzu wurden durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser/Boden (LAWA/LABO) in der Arbeitshilfe „Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen“ Kriterien für Boden und Grundwasser genannt, um diesen Sachverhalt zu prüfen (siehe Tabelle 3-5). Die genannte Fracht/Schadstoffmasse leitet sich von der Geringfügigkeitsschwelle (für PFOS der vorläufige Schwellenwert von 0,1 µg/l) ab.

Tabelle 3-5: Kriterien zur Prüfung Verhältnismäßigkeit nach LAWA/LABO

| Kriterien Boden |
|---|
| - Eintragsfläche für Schadstoffe: < 1.000 m ² und |
| - Frachten (bezogen auf PFOS): < 17 g/a |
| - dauerhaft |
| Kriterien Grundwasser |
| - Schadstoffmasse für PFOS im Grundwasser nach Bodensanierung < 100 g |

3.2.4 Bewertungskriterien Oberflächenwasser

Laut Leitlinien des LfU können zur Bewertung von **Oberflächenwasser** die sogenannten $PNEC_{\text{aquatisch}}$ -Werte (PNEC = Predicted No Effect Concentration, Konzentration bei der nach derzeitigem Kenntnisstand keine nachteiligen Effekte auf Gewässerorganismen auftreten) herangezogen werden, die für insgesamt sechs PFC-Einzelstoffe definiert wurden und in Tabelle 3-6 aufgeführt sind.

Für PFOS, PFOA, PFNA und PFDA ist aufgrund der Aufnahme als SVHC („Substance of very high concern“) in den Anhang der XIV der REACH-Verordnung als PBT-Stoffe (Persistent, Bioakkumulierend, Toxisch) eingestuft. Damit ist laut den Leitlinien „ein Schwellenwert (PNEC) als „sichere“ Konzentration in der Umwelt aufgrund ihrer Eigenschaften nicht ableitbar“.

Die EU hat im Jahr 2013 die Richtlinie 2013/39/EU verabschiedet, in der für PFOS eine Umweltqualitätsnorm (UQN) von **0,65 ng/l** als Jahresdurchschnittswert bzw. **36 µg/l** als zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) für Oberflächengewässer festgelegt wurde. Diese Werte wurden mit der Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 in nationales Recht überführt, ihre Einhaltung ist allerdings erst ab 2027 erforderlich.

Tabelle 3-6: $PNEC_{\text{aquatisch}}$ -Werte für PFC für die Beurteilung von Oberflächengewässern

| Stoff | Kürzel | $PNEC_{\text{aquatisch}}$ [µg/l] | Quelle |
|------------------------------|--------|----------------------------------|-----------|
| H4-Polyfluoroktansulfonsäure | H4PFOS | 870 | LAWA/LABO |
| Perfluorhexansulfonsäure | PFHxS | 250 | |
| Perfluorhexansäure | PFHxA | 1.000 | |
| Perfluorpentansäure | PFPeA | 320 | |
| Perfluorbutansulfonsäure | PFBS | 3.700 | |
| Perfluorbutansäure | PFBA | 1.260 | |

3.2.5 Kategorisierung nach AHBoGwS

Die untersuchten Flächen werden dem jeweiligen Kenntnisstand entsprechend nach der AHBoGwS in folgende Kategorien eingeteilt:

Kategorie A

Der Kontaminationsverdacht hat sich nicht bestätigt bzw. es wurde eine vollständige Sanierung durchgeführt. Außer einer Dokumentation besteht kein weiterer Handlungsbedarf.

Kategorie B

Die festgestellte oder nach einer Sanierung verbliebene Kontamination stellt zum gegenwärtigen Zeitpunkt und für die gegenwärtige Nutzung keine Gefährdung dar. Sie ist zu dokumentieren, damit bei einer Nutzungsänderung oder bei

Infrastrukturmaßnahmen eine Neubewertung durchgeführt werden kann. Daraus kann sich u. U. ein neuer Handlungsbedarf ergeben.

Kategorie C

Kontaminationen sind nachgewiesen und schädliche Bodenveränderungen oder schädliche Grundwasserverunreinigungen sind nicht auszuschließen. Der vorhandene Erkenntnisstand erlaubt aber noch keine abschließende Gefährdungsabschätzung, da vor allem Informationen zum zeitlichen Stoffverhalten fehlen; Überwachung (wenn Sanierungsmaßnahmen nicht nachhaltig und nicht verhältnismäßig); Überwachungen im Rahmen der Nachsorge zur Erfolgskontrolle einer durchgeführten Sanierungsmaßnahme werden ebenfalls als C-Flächen (C/III) kategorisiert.

Kategorie D

Schädliche Bodenveränderungen oder schädliche Grundwasserverunreinigungen wurden festgestellt, für die Maßnahmen zur Gefahrenabwehr erforderlich sind.

Kategorie E

Auf der Fläche wurden Kontaminationen festgestellt bzw. im Rahmen der Erfassung und Erstbewertung (Phase I) aufgrund der Nutzung vermutet. Für die abschließende Gefährdungsabschätzung sind weitere Daten erforderlich (z. B. Ausdehnung der Kontamination, Art der Schadstoffe, Mobilität, Toxizität etc.). Es besteht weiterer Untersuchungsbedarf. Dieser wird im Rahmen der Phase II gedeckt. Für E-Flächen kann keine abschließende Bewertung vorgenommen werden und sie können nicht aus der Bearbeitung ausscheiden.

4 Durchführung der Untersuchungen

4.1 Feldarbeiten

Die Untersuchungen wurden durch das Ingenieurbüro Gibs geologen + ingenieure koordiniert, das eine Zulassung als Untersuchungsstelle nach §18 BBodSchG hat. Der Projektleiter und Unterzeichner Dr. Heinrich Schoger ist zugelassener Sachverständiger nach §18 BBodSchG für die Sachgebiete 1, 2 und 5.

Die Feldarbeiten wurden im Zeitraum von November 2017 bis August 2018 durchgeführt und umfassten folgende Leistungen:

- Errichtung von sieben 5“ Grundwassermessstellen.
- Errichtung von 57 2“ Grundwassermessstellen.
- Monitoring von 94 Grundwassermessstellen auf der Liegenschaft im Zuge von zwei Beprobungskampagnen zwischen Mai und Juli 2018.
- Untersuchung der ungesättigten Bodenzone durch insgesamt 184 Linersondierungen und 1.188 entnommenen Bodenproben.
- Vermessung der neu errichteten Grundwassermessstellen und der Linersondierungen.
- Durchführung einer Grundwasserstichtagsmessung an 209 Grundwassseraufschlüssen innerhalb und außerhalb der Liegenschaft.
- Analytik aller Wasserproben (188 Proben) und ausgewählter Bodenproben auf PFC (insgesamt 962 Bodenproben im S4-Eluat und 45 Bodenproben im Feststoff).

Des Weiteren wurde von der Firma BFM Umwelt-Beratung-Forschung-Management GmbH (BFM) im Zuge der Fortführung des Grund- und Oberflächenwassermonitorings im Juni 2018 PFC-Untersuchungen außerhalb der Liegenschaft im nördlichen Abstrom (Entnahme/Analytik von 35 Grund- und 17 Oberflächenwasserproben) und weitere Untersuchungen hinsichtlich des Fließregimes der Fließgewässer auf der Liegenschaft (Vermessung ausgewählter Fließgewässer, Abflussmessungen, Entnahme/Analytik von 8 Oberflächenwasserproben) durchgeführt [12]. Diese werden, soweit sie von Relevanz sind, im vorliegenden Bericht mitberücksichtigt.

Die wasserrechtlich relevanten Maßnahmen (Erdaufschlüsse) wurden in der Wasserrechtsanzeige vom 30. Oktober 2017 angezeigt und durch die Behörden genehmigt.

Eine Übersicht über die beteiligten Unternehmen und deren Leistungsspektrum ist der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 4-1: Am Projekt beteiligte Unternehmen

| Firma | Leistung |
|---|--|
| Beintner Kampfmittelbergung Süddeutschland, Weidenberg | Unternehmen mit Zulassung nach §20 Sprengstoffgesetz - Begleitung der Feldarbeiten hinsichtlich Kampfmittelfreigabe |
| Institut für Grundwasser und Bodenschutz GbR, Fürth | Untersuchungsstelle nach §18 BBodSchG und Zertifizierung nach BAM/ODF - Entnahme von Grundwasserproben |
| Fugro Consult GmbH | Errichtung der 2“-Grundwassermessstellen, Durchführung Linersondierungen |
| AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg | Untersuchungsstelle nach §18 BBodSchG und DAkkS-Akkreditierung Chemische Untersuchung von Boden- und Wasserproben |
| Brunnenbau Kern, Münchsteinach | Errichtung der 5“-Grundwassermessstellen |
| Vermessungsbüro WM GmbH & Co. KG | Vermessung der neuen Grundwassermessstellen und der Linersondierungen |

4.1.1 Erstellung der Grundwassermessstellen

Errichtung der 5“-Grundwassermessstellen

Die Bohr- und Ausbauarbeiten für die sieben neu zu errichtenden 5“-Grundwassermessstellen wurden im Zeitraum vom 26. März 2018 bis zum 13. April 2018 von der Firma Brunnenbau Kern, Neuebersbach durchgeführt.

Im Vorfeld wurden die Bohrpunkte im Zuge eines Ortstermins am 22./29. März 2018 festgelegt und dabei die Kampfmittel- und Leitungsfreiheit der Ansatzpunkte geklärt. Aufgrund unklarer Sparten mussten vier Ansatzpunkte vorgeschachtet werden. Bei den Aufschlussarbeiten wurden keine Leitungen beschädigt.

Die Grundwassermessstellen BwDLZ-GWM-019 - BwDLZ-GWM-021 wurden im südöstlichen Randbereich der Liegenschaft bei der KF 066 „Feuerlöschübungsbecken“ abgeteuft, um in diesem Bereich den Grundwasserzustrom bzw. -abstrom der KF zu erfassen. Vier Messstellen (BwDLZ-GWM-022 - BwDLZ-GWM-024) wurden im Bereich der Nordbahn im Zu- bzw. Abstrom der KF 104 „Alte Feuerwache“ errichtet. Die Lage der Grundwassermessstellen kann Anlage 1, Plan 1 entnommen werden.

Die Messstellen wurden mittels Trockenbohrtechnik und Bohrschnecke/Ventilbohrer (\varnothing 290/280 mm) abgeteuft und mit einem Standrohr (\varnothing 324 mm) stabilisiert. Dabei wurden gestörte Bodenproben gewonnen.

Die Bohrtiefen lagen zwischen ca. 8,0 m (BwDLZ-GWM-021) und ca. 10,10 m (BwDLZ-GWM-020). Das Ziel der Bohrungen war es, den oberflächlichen, quartären Grundwasserleiter zu erschließen. Die quartären Schichten wurden unter geringmächtigen Auffüllungsbereichen bzw. geringmächtiger Mutterbodenaufgabe erschlossen und sind überwiegend sandig bzw. kiesig ausgebildet. Die Bohrungen wurden mit Erreichen der stauenden, grauen Lagen der Oberen Süßwassermolasse (Tertiär) beendet, die tonig, schluffig bzw. feinsandig ausgebildet waren. Die Bohrprofile sind in Anlage 5 dokumentiert.

Die Bohrlöcher wurden zu 5"-Grundwassermessstellen (PVC-U DN 125) gemäß DIN 4925-2 ausgebaut. Die Festlegung der Filter- und Vollwandrohrstrecken sowie der Filter- und Abdichtungsstrecken im Ringraum erfolgte nach den Gegebenheiten vor Ort. Als Schlitzweite für die Filterstrecken wurde generell 1,0 mm verwendet. Als Filterkies wurde Quarzkies 2 – 3,15 mm gemäß DIN 4924 eingebaut. Oberflächlich wurden alle Messstellen mit einer 1,2 – 1,5 m mächtigen Tonsperre aus Quellton abgedichtet.

Die Messstellen im Bereich der „Alten Feuerwache“ wurden im Unterflurausbau errichtet, die Messstellen im Bereich des „Feuerlöschübungsbeckens“ wurden im Überflur-Ausbau gesichert (bestehend aus 1,0 m Stahlrohr, 5" verzinkt, Pegelabschlusskappe 5" und Betonanfahrtschutz aus Betonring 500 mm). Die Ausbauprofile sind ebenfalls der Anlage 5 zu entnehmen.

Die Messstellen wurden klargepumpt (à 1 Std.) und das Wasser über Absetzbecken und Aktivkohlefilter abgereinigt und an geeigneter Stelle flächig versickert.

Nach Abschluss der Pegelbauarbeiten wurden die Messstellen durch das Vermessungsbüro WM GmbH & Co. Kg, Donauwörth lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Stammdaten der neuen 5"-Grundwassermessstellen sind in Tabelle 4-2 zusammengestellt.

Tabelle 4-2: Stammdaten 5“-Grundwassermessstellen

| Messstelle | X-Koordinate | Y-Koordinate | GOK | POK | Filter- oberkante | Filter- unterkante | Endtiefe |
|---------------|--------------|--------------|--------|--------|----------------------|-----------------------|----------|
| | | | mNN | mNN | m u. GOK | m u. GOK | m u. GOK |
| BwDLZ-GWM-019 | 4467445,13 | 5397914,54 | 362,61 | 363,42 | 2,2 | 9,2 | 9,2 |
| BwDLZ-GWM-020 | 4467446,83 | 5397888,84 | 362,73 | 363,50 | 1,8 | 9,8 | 9,8 |
| BwDLZ-GWM-021 | 4467515,17 | 5397884,60 | 362,50 | 363,32 | 1,8 | 7,8 | 7,8 |
| BwDLZ-GWM-022 | 4465420,04 | 5397969,02 | 363,78 | 363,65 | 2,3 | 8,3 | 8,3 |
| BwDLZ-GWM-023 | 4465472,18 | 5398120,13 | 362,43 | 362,35 | 2,3 | 8,3 | 8,3 |
| BwDLZ-GWM-024 | 4465560,31 | 5398154,02 | 362,60 | 362,41 | 2,3 | 8,3 | 8,3 |
| BwDLZ-GWM-025 | 4465580,93 | 5398089,28 | 363,20 | 363,03 | 2,3 | 8,3 | 8,3 |

Errichtung der 2“-Grundwassermessstellen

Im Zuge der aktuellen Untersuchungskampagne wurden von Anfang April 2018 bis Ende Juni 2018 insgesamt 57 Stück 2“-Grundwassermessstellen durch die Firma Fugro Germany Land GmbH mittels Direct-Push-Technik errichtet. Die Messstellen sind im Bereich der KVF platziert, die sich in der Phase IIa (Orientierende Untersuchung) befinden bzw. die aufgrund des Flugbetriebs nur schwer zugänglich sind (KF 105 „Südbahn (westlich)“).

Die Lage der Grundwassermessstellen kann Anlage 1, Plan 1 entnommen werden. Die Stammdaten der neuen 2“-Grundwassermessstellen sind unter Einbezug der KVF/KF in Tabelle 4-3 zusammengestellt.

Im Vorfeld wurden die Bohrpunkte im Zuge eines Ortstermins am 22./29. März 2018 festgelegt und dabei die Kampfmittel- und Leitungsfreiheit der Ansatzpunkte geklärt. Aufgrund unklarer Sparten mussten 39 Ansatzpunkte vorgeschachtet werden. Bei den Aufschlussarbeiten wurden keine Leitungen beschädigt.

Tabelle 4-3: Stammdaten 2“-Grundwassermessstellen

| KVF | Messstelle | Ausbau | X-Koordinate | Y-Koordinate | GOK | POK |
|---|------------|-----------|--------------|--------------|--------|--------|
| | | | | | mNN | mNN |
| Westlich alte Feuerwache | P01 | Unterflur | 4465221,07 | 5397928,70 | 362,87 | 362,72 |
| | P02 | Unterflur | 4465324,69 | 5397977,97 | 362,61 | 362,46 |
| | P03 | Unterflur | 4465209,34 | 5398016,86 | 362,91 | 362,80 |
| | P04 | Unterflur | 4465291,49 | 5398049,74 | 362,66 | 362,44 |
| | P05 | Unterflur | 4465362,26 | 5398076,11 | 362,46 | 362,27 |
| | P06 | Unterflur | 4465428,98 | 5398101,51 | 362,46 | 362,24 |
| Östlich alte Feuerwache | P07 | Unterflur | 4465559,85 | 5398059,87 | 363,25 | 363,10 |
| | P08 | Unterflur | 4465610,38 | 5398131,20 | 362,54 | 362,40 |
| | P09 | Unterflur | 4465678,62 | 5398143,18 | 362,90 | 362,71 |
| Löschschaumteppich Flugzeugabsturz PA 200 | P11 | Unterflur | 4465567,14 | 5398301,73 | 362,17 | 361,93 |

| KVF | Messstelle | Ausbau | X-Koordinate | Y-Koordinate | GOK mNN | POK mNN |
|---|------------|-----------|--------------|--------------|------------|------------|
| Löschschaumteppich Flugzeugabsturz C 172 | P12 | Unterflur | 4465761,23 | 5398247,73 | 362,52 | 362,36 |
| | P13 | Unterflur | 4465938,06 | 5398316,36 | 362,26 | 362,09 |
| | P14 | Unterflur | 4465716,14 | 5398358,69 | 362,13 | 361,92 |
| | P15 | Unterflur | 4465974,12 | 5398459,87 | 361,63 | 361,46 |
| Lager-/Umschlagfläche Schaummittel, Zentraler Bereich (Umgriff DP 39, DP 40 und GWM-008) | P16 | Überflur | 4465650,12 | 5397719,01 | 363,63 | 364,40 |
| | P17 | Überflur | 4465620,49 | 5397795,10 | 363,46 | 364,17 |
| | P18 | Überflur | 4465800,18 | 5397831,95 | 363,84 | 364,73 |
| | P19 | Überflur | 4465680,35 | 5397849,85 | 363,37 | 364,16 |
| Zustrom alte Feuerwache (DP 40, DP 41, DP 42) | P20 | Überflur | 4465629,44 | 5397929,29 | 363,69 | 364,47 |
| | P21 | Überflur | 4464828,35 | 5397310,68 | 365,07 | 365,93 |
| | P22 | Überflur | 4464884,85 | 5397522,09 | 364,62 | 365,48 |
| | P23 | Überflur | 4465056,51 | 5397481,38 | 364,43 | 365,27 |
| | P24 | Überflur | 4465033,16 | 5397690,99 | 364,21 | 365,07 |
| Übungsfläche 1 östl. Seitenentwässerungs- kanal | P25 | Überflur | 4465243,44 | 5397774,63 | 363,77 | 364,68 |
| | P26 | Überflur | 4465391,99 | 5397832,70 | 363,65 | 364,51 |
| | P27 | Überflur | 4466899,47 | 5398008,32 | 362,34 | 363,12 |
| Übungsfläche 2 östl. Seitenentwässerungs- kanal | P28 | Überflur | 4466756,14 | 5398023,20 | 362,88 | 363,65 |
| | P29 | Überflur | 4466836,39 | 5398090,09 | 362,92 | 363,70 |
| | P30 | Überflur | 4467145,42 | 5397807,39 | 362,66 | 363,45 |
| Südbahn westlich | P31 | Überflur | 4466970,91 | 5397860,00 | 363,00 | 363,75 |
| | P32 | Überflur | 4467017,94 | 5397879,15 | 362,72 | 363,50 |
| | P33 | Überflur | 4467076,14 | 5397902,03 | 362,29 | 363,12 |
| Standplatz 1 FLKfz | P34 | Unterflur | 4464665,33 | 5396346,14 | 365,86 | 365,69 |
| | P35 | Unterflur | 4464661,15 | 5396536,05 | 364,87 | 364,74 |
| | P36 | Unterflur | 4464762,25 | 5396589,44 | 365,43 | 365,31 |
| Südbahn Landebahn- schäumung 1 | P37 | Unterflur | 4464705,94 | 5396660,58 | 365,28 | 365,13 |
| | P38 | Unterflur | 4465197,18 | 5396533,68 | 365,01 | 364,86 |
| | P40 | Unterflur | 4465527,76 | 5396659,32 | 364,96 | 364,74 |
| | P41 | Unterflur | 4465713,14 | 5396731,13 | 364,03 | 363,83 |
| | P42 | Unterflur | 4464926,11 | 5396617,34 | 364,83 | 364,73 |
| | P43 | Unterflur | 4465170,18 | 5396719,58 | 364,65 | 364,57 |
| Südbahn Lande- bahnschäumung 2 | P44 | Unterflur | 4465347,45 | 5396790,03 | 364,72 | 364,54 |
| | P39 | Unterflur | 4465513,19 | 5396851,91 | 364,43 | 364,29 |
| Standplatz 2 FLKfz | P44 | Unterflur | 4465663,65 | 5396909,54 | 364,07 | 363,85 |
| | P46 | Unterflur | 4465565,12 | 5396925,00 | 364,09 | 363,95 |
| Südbahn Landebahn- schäumung 3 | P47 | Unterflur | 4465564,62 | 5397007,05 | 364,14 | 363,95 |
| | P48 | Unterflur | 4466579,42 | 5397078,46 | 363,91 | 363,74 |
| | P49 | Unterflur | 4466861,62 | 5397192,27 | 363,41 | 363,29 |
| | P50 | Unterflur | 4466466,02 | 5397215,34 | 363,87 | 363,74 |
| | P51 | Unterflur | 4466609,40 | 5397267,47 | 363,60 | 363,47 |
| | P52 | Unterflur | 4466771,55 | 5397329,61 | 363,38 | 363,28 |
| Standplatz 3 FLKfz | P53 | Unterflur | 4466930,12 | 5397388,03 | 363,46 | 363,31 |
| | P54 | Unterflur | 4466381,18 | 5397231,60 | 363,73 | 363,61 |
| Standplatz 4 FLKfz | P55 | Unterflur | 4466321,19 | 5397309,39 | 363,62 | 363,48 |
| | P56 | Unterflur | 4466980,46 | 5397478,67 | 363,38 | 363,25 |
| | P57 | Unterflur | 4466967,06 | 5397564,32 | 362,88 | 362,76 |

Für die Direct-Push-Sondierungen wurde die Sonde „SP16“ der Firma Geoprobe verwendet. Das Sondiergestänge (Außendurchmesser 3,25“) wurde unter Verwendung einer „verlorenen Spitze“ drehend/drückend/schlagend auf die geplante Sondierungstiefe (ca. 7 m unterhalb der Geländeoberkante) gebracht. Anschließend wurden die Filter- und Vollrohre (2“- HDPE) eingebaut und die Hilfsverrohrung gezogen. In allen Messstellen beträgt die Filterstrecke 5 m, reicht also von ca. 2 – 7 m u. GOK. Der verbleibende Ringraum wurde im Bereich der Filterstrecke mit Filterkies verfüllt und die Messstelle im Bereich der Vollrohre mit einer Bentonitsuspension abgedichtet. Abschließend wurden die Grundwassermessstellen zu Über- bzw. Unterflurmessstellen ausgebaut. Mittels Saugpumpe wurden die Messstellen klargepumpt (a 15 Minuten) und das Wasser über Aktivkohlefilter abgereinigt und an geeigneter Stelle flächig versickert.

Nach Abschluss der Pegelbauarbeiten wurden die Messstellen durch das Vermessungsbüro WM GmbH & Co. Kg, Donauwörth lage- und höhenmäßig eingemessen.

Die Ausbauprofile der neu errichteten 2“-Grundwassermessstellen befinden sich in Anlage 5.

4.1.2 Probenahmen

Bodenuntersuchungen an drei KF

Im November/Dezember 2017 sowie April/Mai 2018 wurden zur Erkundung der ungesättigten Bodenzone auf PFC-Belastungen und zur weiteren horizontalen und vertikalen Abgrenzung des PFC-Schadens insgesamt 184 Bodenaufschlüsse mit Linersondierungen angelegt.

Aufgrund unklarer Sparten musste eine Vielzahl der Ansatzpunkte (insgesamt 146 Stück, v.a. entlang der Nord- und Südbahn) vorgeschachtet werden. Bei den Aufschlussarbeiten wurden keine Leitungen beschädigt.

Die Bodenuntersuchungen konzentrieren sich auf insgesamt 18 KVF, wobei im vorliegenden Bericht nur auf die 121 Linersondierungen eingegangen wird, die im Zuge der Phase IIb-2 Untersuchungen an der KF 066 „Feuerlöschübungsbecken“, KF 104 „Alte Feuerwache“ und KF 105 „Südbahn (westlich)“ durchgeführt wurden. Eine Übersicht gibt Tabelle 4-4.

Die Lage der Ansatzpunkte ist den Lageplänen in Abbildung 5-5, Abbildung 5-8, und Abbildung 5-10 (siehe Kapitel 5.2) zu entnehmen. Diese wurden durch das Vermessungsbüro WM GmbH & Co. Kg, Donauwörth lage- und höhenmäßig eingemessen.

Die Linersondierungen wurden durch die Firma Fugro Germany Land GmbH abgeteuft. Hierzu wurde der Liner-Typ „Dual Tube DT325“ der Firma Geoprobe verwendet, mit dem ein Kerndurchmesser von 47 mm gewonnen werden kann.

Das Dual-Tube (DT) Verfahren basiert auf der Verwendung von zwei Rohrsätzen: der äußeren Schutzverrohrung mit offenem Schneidschuh und einer inneren Rohrtour mit dem Liner (siehe Abbildung 4-1). Der doppelte Rohrsatz wird abgeteuft, dabei wird die Kernprobe durch den offenen Schneidschuh in das Linerrohr überführt. Bei Erreichen der Unterkante des Probenahmeintervalls wird der Liner über das Innengestänge gezogen. Durch einen Kernfänger wird hierbei der Bohrkern im Liner gehalten. Für das nächste Intervall wird ein neuer Liner in das stehende Bohrgestänge eingebaut, d. h. die Sondierung kann bis zur Endtiefe kontinuierlich fortgesetzt werden. Die Liner selbst bestehen aus durchsichtigem Kunststoffmaterial (PVC). Zur Probenahme werden diese aufgeschnitten und daraus die nahezu ungestörten Proben entnommen.

Durch das Verfahren bleibt der ursprüngliche Schichtenverbund erhalten. So können diskrete, nahezu ungestörte Proben mit geringerer Gefahr einer Querkontamination oder Verschleppung entnommen werden.

Tabelle 4-4: Übersicht Bodenaufschlüsse

| Phase | Kontaminationsverdachtsfläche | Kürzel | Anzahl Aufschlüsse | Summe Bohrmeter [m] | mittlere Bohrtiefe [m] | Anzahl entnommene Bodenproben | Anzahl PFC-Analysen im S4-Eluat | Anzahl PFC-Analysen im Feststoff |
|-----------------------|---------------------------------------|--------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Phase IIb | Alte Feuerwache (KF 104) | AFW | 25 | 102,4 | 4,1 | 169 | 157 | 6 |
| | Westlich alte Feuerwache (bei KF 104) | WAFW | 32 | 129,9 | 4,1 | 206 | 158 | 10 |
| | Östlich Alte Feuerwache (bei KF 104) | ÖAFW | 24 | 95,9 | 4 | 168 | 132 | 14 |
| | Feuerlöschübungsbecken (KF 066) | FÜB | 23 | 87,9 | 3,8 | 146 | 127 | 11 |
| | Südbahn (westlich) (KF 105) | DPL | 17 | 72 | 4,2 | 109 | 87 | 4 |
| Gesamtergebnis | | | 121 | 488,1 | 4,0 | 798 | 661 | 45 |



Abbildung 4-1: Liner-Sondierung

Insgesamt konnten durch die 121 Sondierungen 798 Bodenproben gewonnen werden. Die Bodenproben wurden meter- bzw. horizontweise entnommen. Die Bodenaufnahme- bzw. Probenahmeprotokolle befinden sich in Anlage 4.

Monitoring von Grund- und Oberflächenwasser

Im Zuge von zwei Beprobungskampagnen (Mai/Juni 2018 und Juli 2018) des Grundwassermonitorings innerhalb der Liegenschaft wurden durch das Institut für Grundwasser und Bodenschutz, Fürth (IGB) insgesamt 94 Grundwassermessstellen beprobt und dabei insgesamt 188 Wasserproben entnommen.

Außerhalb der Liegenschaft wurde durch die Firma BFM Umwelt-Beratung-Forschungs-Management GmbH (BFM) im Juni 2018 Wasserproben an 33 Bewässerungsbrunnen, zwei Grundwassermessstellen sowie 17 Oberflächengewässern entnommen. Weitere acht Wasserproben aus Oberflächengewässern wurden innerhalb der Liegenschaft entlang der Fließgewässer „Seitenentwässerungskanal Ost“ und Feilenmooshauptkanal (je vier Stück) entnommen [12].

Im Zuge der Wasserprobenahmen wurden jeweils die Vor-Ort-Parameter bestimmt und bei den Grundwasserbeprobungen der Wasserspiegel erfasst.

Die Lage der Untersuchungspunkte ist in Anlage 1 (Plan 1, Plan 2) dargestellt. In Anlage 3 sind weiterhin die Probenahmeprotokolle der Grundwasseruntersuchungen dokumentiert.

4.1.3 Vermessungsarbeiten

Die Vermessungsarbeiten wurden durch die Firma Vermessungsbüro WM GmbH & Co. KG im Zuge mehrerer Ortstermine durchgeführt. Dabei wurden die Ansatzpunkte der 184 Linersondierungen, die 64 neu errichteten Grundwassermessstellen und 17 auf der Liegenschaft befindliche Löschbrunnen lage- und höhenmäßig eingemessen.

Die Vermessung erfolgte gemäß BFR Standard (Baufachliche Richtlinie) unter Einhaltung der vorgegebenen Genauigkeiten (Lage und Höhe 1 - 2 cm). Die Vermessungsdaten befinden sich im Anlage 7.

4.2 Begleitender Arbeits- und Immissionsschutz

Im Vorfeld der Phase IIa/b Untersuchungen wurde durch Gibs geologen + ingenieure mit Datum vom 30.10.2017 ein Arbeits- und Sicherheitsplan (ArSi-Plan) entsprechend den Vorgaben der Berufsgenossenschaftlichen Richtlinie BGR 128 erstellt.

Alle vor Ort eingesetzten Personen wurden entsprechend den Vorgaben des Arbeits- und Sicherheitsplans vor Ort unterwiesen.

4.3 Laboruntersuchungen/Chemische Analytik

Wasserproben

Die Laboruntersuchungen wurden durch das DakKS akkreditierte Labor Agrolab GmbH, Bruckberg durchgeführt. Alle Wasserproben wurden auf PFC (13 Einzelparameter) nach Vorgabe der „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“ (Stand April 2017) analysiert.

Die Analysenprotokolle befinden sich in Anlage 6, eine tabellarische Auswertung der Ergebnisse befindet sich in Anlage 2. Den Prüfberichten können die jeweiligen Analysemethoden, Bestimmungsgrenzen und Messgenauigkeiten entnommen werden.

Bodenproben

Die Laboruntersuchungen wurden durch das DakKS akkreditierte Labor Agrolab GmbH, Bruckberg durchgeführt. Die Bodenproben wurden auf PFC (13 Einzelparameter) im S4-Eluat bzw. im Feststoff nach Vorgabe der „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“ analysiert.

Bei den aktuellen Untersuchungen wurde, in Abhängigkeit der Untersuchungsphase, entweder alle oder ausgewählte Bodenproben analysiert. Die zu untersuchenden Proben wurden in Abstimmung mit BAIUDBw ausgewählt. An jedem Ansatzpunkt wurden mindestens drei Bodenproben zur Analytik ausgewählt. Meistens wurden dabei die obersten Bodenschichten sowie die unterste Lage der ungesättigten Bodenzone ausgewählt. Bei positiven Befunden wurden Nachanalysen zur Eingrenzung der Belastung veranlasst. Die restlichen Proben wurden bislang rückgestellt.

Insgesamt wurden 661 Bodenproben auf PFC (13 Einzelparameter) im S4-Eluat bzw. 45 Bodenproben im Feststoff nach Vorgabe der „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“ (Stand April 2017) analysiert.

Die Analysenprotokolle befinden sich in Anlage 6, eine tabellarische Auswertung der Ergebnisse befindet sich in Anlage 2. Den Prüfberichten können die jeweiligen Analysemethoden, Bestimmungsgrenzen und Messgenauigkeiten entnommen werden.

4.4 Grundwasserstichtagsmessung

Am 19./20. Juli 2018 wurde durch Gibs geologen + ingenieure und das Institut für Grundwasser und Bodenschutz, Fürth (IGB) eine Grundwasserstichtagsmessung an insgesamt 209 Grundwasseraufschlüssen innerhalb und außerhalb der Liegenschaft durchgeführt. Eine Liste der untersuchten Messpunkte ist in Anlage 8 aufgeführt.

5 Untersuchungsergebnisse

5.1 Liegenschaftsbezogene Ergebnisse

5.1.1 Ergebnisse von Recherchen

Auf dem Flugplatz Ingolstadt/Manching wurden erste PFC-Untersuchungen durch das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) im Boden, Grund- und Oberflächenwasser durchgeführt und dadurch flächige Belastungen im Grund- und Oberflächenwasser und punktuelle Kontaminationsschwerpunkte im Boden festgestellt.

Zwischen 2010 und 2013 erfolgte eine Phase I Untersuchung für den gesamten Flugplatz durch die Firma BFM. Es wurden insgesamt 103 kontaminationsverdächtige Flächen ausgewiesen. PFC-verdächtige Flächen wurden nicht explizit aufgeführt.

Darauf aufbauend erfolgte im Jahr 2013 die Orientierende Untersuchung (Phase IIa) ebenfalls durch die Firma BFM, bei der insgesamt 104 Verdachtsflächen erkundet wurden. Die Untersuchungen bezüglich PFC wurden ausschließlich in der gesättigten Bodenzone durchgeführt. In diesem Zuge wurden zwölf Grundwassermessstellen errichtet und eine anschließende Beprobung der neuen und bestehenden Grundwassermessstellen (insgesamt 24 Stück) durchgeführt. Dabei konnte der Gefahrenverdacht hinreichend bestätigt werden.

Eine historische Recherche hinsichtlich PFC wurde im Zuge der Phase IIb-1 durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 durchgeführt. Dabei wurden folgende Erkenntnisse ermittelt:

- PFC-haltige Löschmittel wurden in größeren Mengen in den Bundeswehr-Gebäuden (BW) 517 (Löschmitteltank), 609 (Fässer, Kanister) und in den Cassidian-Gebäuden 251 (33.000 l in Großbehälter und Containern), 261 (12.500 l, Löschfahrzeuge und Tankzuganhänger), 125 (2.000 l, Löschfahrzeuge) 252 (1.500 l, stationärer Vorratsbehälter), 254 (2.000 l, stationärer Vorratsbehälter) gelagert.
- Abstellplätze für Feuerwehr-Kfz: Geb. 430, 630, 647 (BW), 125, 261 (Cassidian).
- Regelmäßige Übungen mit PFC-haltigem Löschmittel wurden am Feuerlöschübungsbecken und im Bereich der alten Feuerwache (Geb. 226/227) durchgeführt; des Weiteren wurde der Verdacht zweier weiterer Übungsflächen (Übungsfläche 1, Übungsfläche 2) im Bereich des Seitenentwässerungskanal Ost geäußert.
- Bekannte „scharfe“ Einsätze von PFC-haltigem Löschmitteln in den letzten 20 Jahren:
 - Flugzeugbrand im Bereich Gebäude 636/Zaun (26. April 1989).
 - Flugzeugbrand im Bereich Nordbahn vor Feuerwache (23. Juni 1998).

- Schaumteppich Landebahn Süd zwischen A3 und A4 (14. April 2004).
- Flugzeugbrand/Startabbruch wegen Vogelschlag auf Landebahn Süd bei A4 (11. Juli 2005).
- Schaumteppich Landebahn Süd zwischen A2 und A3 (15.04.2008).
- Schaumteppich Landebahn Nord bei B4.

Angaben zu verbrauchten Mengen an PFC-Löschschäumen liegen nicht vor. Als einziger Hinweis auf das ausgebrachte Schadstoffpotential im Bereich des Feuerwehrübungsbeckens existiert die Information, nach der mindestens einmal im Monat geübt wurde mit Löschmittelmengen von je ca. je 500 bis 700 l. Die ermittelten Verdachtsflächen sind in Anlage 1, Blatt Nr. 1) dargestellt und wurden im Zuge der aktuellen Phase IIa gemäß Untersuchungskonzept untersucht. Die Ergebnisse werden in einem separaten Bericht dokumentiert.

5.1.2 Boden- und Untergrundaufbau

Der Untergrundaufbau der quartären Schichten bis zu den stauenden Lagen der Oberen Süßwassermolasse (Tertiär) wurden bei der Errichtung der sieben neuen Grundwassermessstellen (5“) erkundet. In allen Bohrungen wurden oberflächlich geringmächtige sandige Deckschichten (Oberboden- bzw. Auffüllungshorizonte) bis maximal 1,30 m u. GOK erkundet. Darunter folgen durchgehend die quartären Kiese und Sande bis in Tiefen zwischen 7,5 m u. GOK bis 9,9 m u. GOK, die ab ca. 1,5 bis 3,15 m u. GOK wasserführend waren. Im oberen Bereich konnten zum Teil auch feinsandige bis schluffige Einschaltungen erkundet werden. Die Bohrungen wurden mit Erreichen der tertiären Schichten der Oberen Süßwassermolasse beendet. Die tertiären Schichten sind im Übergangsbereich feinsandig bis tonig ausgebildet und fungieren im Untersuchungsgebiet als Hemmschicht für das quartäre Grundwasser. Im Bereich des Feuerlöschübungsbeckens sind die tertiären Lagen eher feinsandig bis schluffig ausgebildet, im Bereich der Nordlandebahn überwiegend durch graue Tone gekennzeichnet.

Abbildung 5-1 zeigt schematisch den erkundeten Untergrundaufbau am Beispiel der Grundwassermessstelle BwDLZ-GWM-024.

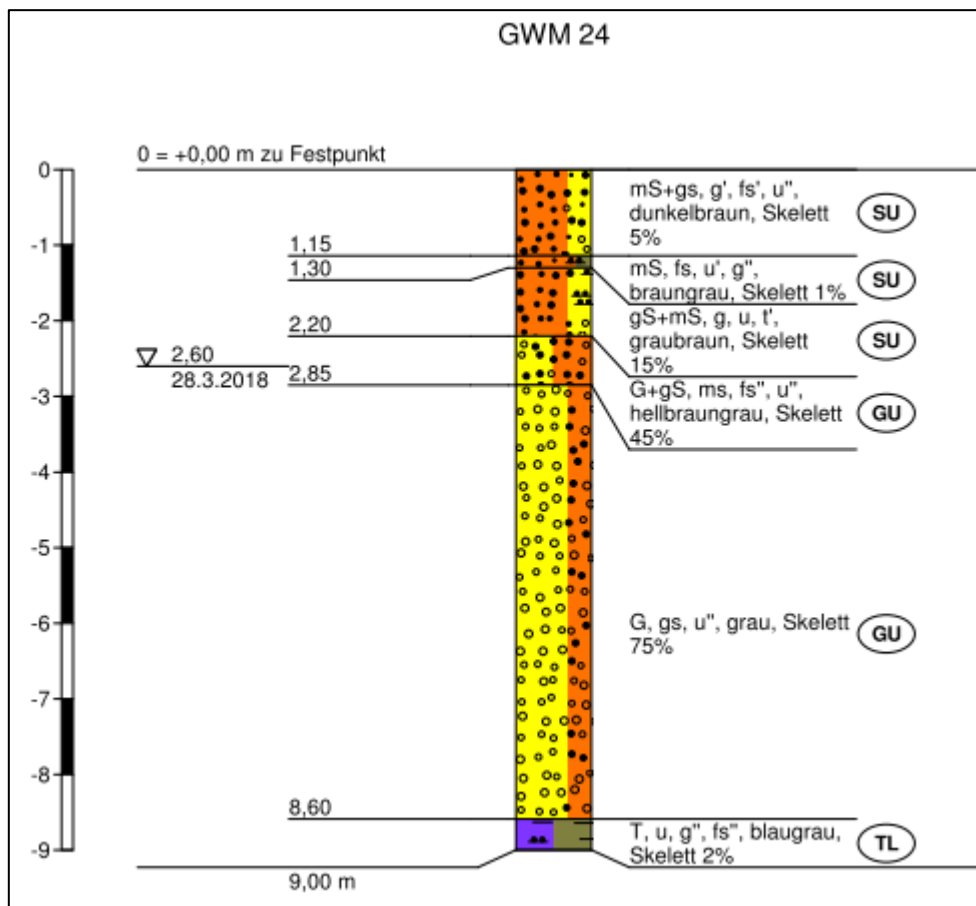


Abbildung 5-1: Schematischer Untergrundaufbau BwDLZ-GWM-024

5.1.3 Hydrogeologische und hydrologische Beschreibung

Die quartären Schotter stellen im Weiteren Umgriff des Flugplatzes Ingolstadt/Manching den maßgeblichen Grundwasserleiter dar. Die Basis des quartären Porengrundwasserleiters bilden die stauenden grauen Tone bzw. schluffigen Sande der Oberen Süßwassermolasse (Tertiär), die im Bereich des Flugplatzes bei ca. 7 – 10 m u. GOK angetroffen werden. Es handelt sich um einen homogenen Aquifer mit freien Grundwasserverhältnissen.

Das quartäre Grundwasser wird im Bereich des Flugplatzes Manching durch insgesamt 94 Grundwassermessstellen erschlossen.

Grundwasserneubildung

Laut der Hydrogeologischen Karte von Bayern 1 : 500.000 (HK 500) kann im Bereich des Flugplatzes Manching von einer mittleren Grundwasserneubildung (1971 – 2000) von ca. 50 mm/a ausgegangen werden. Im Trockenzeitraum (1971 – 1973) liegt die Grundwasserneubildung bei ca. 25 mm/a, im Nasszeitraum (1979 – 1981) bei 100 mm/a.

Deckschichten

Die vorgefunden Böden zeichnen sich durch geringe organische Bestandteile aus. Tonige Böden treten nur vereinzelt auf, so dass insgesamt von einem geringen Sorptionsvermögen des Bodens auszugehen ist.

Hydraulisch aktive Deckschichten fehlen oder sind nur geringmächtig vorhanden und in sandiger/kiesiger Ausführung als (stark) durchlässig zu bezeichnen. Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung ist demnach gering einzustufen.

Flurabstand, Grundwassermächtigkeit

Die Flurabstände beziehen sich auf die langjährigen Wasserspiegelmessungen an den vorhandenen Grundwasseraufschlüssen innerhalb/außerhalb der Liegenschaft im Zeitraum von Dezember 2013 bis Juli 2018.

Die Wasserspiegel bewegen sich zwischen ca. 359 mNN im Nordosten und ca. 364 mNN im Südwesten des Flugplatzes. Im zeitlichen Verlauf ergeben sich nur geringe Schwankungen bei den Wasserspiegelständen.

Der Flurabstand wurde zwischen ca. 0,5 m u. POK und 4,3 m u. POK ermittelt. Daraus ergibt sich ein mittlerer Grundwasserflurabstand von ca. 2,70 m u. POK.

Die Grundwassermächtigkeit variiert zwischen 3 m und ca. 10 m (Mittelwert ca. 5 m).

Grundwasserfließrichtung und -abstandsgeschwindigkeiten

Die großräumige Grundwasserfließrichtung im Bereich des Flugplatzes Manching kann auf der Grundlage einer aktuellen (Juli 2018) Mess- und Auswertungskampagne in Form eines Grundwassergleichenplans detailgetreu bestimmt werden. Neben der Auswertung der Wasserstände in über 200 Grundwasseraufschlüssen auf der Liegenschaft und im weiteren Umfeld wurden die folgenden weiteren hydrologischen Daten mitberücksichtigt:

- Grundwassergleichenplan HK 100;
- Grundwassergleichenplan für die Kiesgrubennutzung im Bereich südlich der Liegenschaft [14]
- Wasserspiegel- und Gewässerhöhen relevanter Fließ- und Standgewässer
- Durchflussdaten von Fließgewässern

Das Ergebnis (vgl. Anlage 1, Plan 7) ist ein hochaufgelöster (0,25 –m Isolinien) und detailgetreuer Grundwassergleichenplan, mit dem sowohl die großräumigen Grundwasserfließverhältnisse, als auch lokale Besonderheiten untersucht und bewertet

werden können. Die Dokumentation der Erstellung dieses Grundwassergleichenplanes erfolgt in einem separaten Bericht.

Die großräumige Grundwasserfließrichtung ist nach Nordosten in Richtung der Hauptvorfluter Paar bzw. Donau ausgerichtet. Lokale Vorfluter, wie der Riedelmoosgraben, Kühpickelgraben, Feilenmooshauptkanal / Seitenentwässerungskanal, Westenhauser Ach oder Moosgraben bewirken ein kleinräumiges Einschwenken der Grundwassergleichen zum Vorfluter mit nordöstlichen und nordwestlichen Fließkomponenten.

Das mittlere Grundwassergefälle liegt bei ca. 0,0013 (0,13%), zeigt aber v.a. im südlichen und südwestlichen Werte bis ca. 0,3% Gefälle.

Die mittlere Aquifermächtigkeit beträgt ca. 5 m, schwankt aber zwischen ca. 3 m und ca. 10 m.

Die rechnerische mittlere Abstandsgeschwindigkeit beträgt ca. 2 m/Tag bzw. ca. 800 m/a.

Vorflutverhältnisse

Als Hauptvorfluter für das quartäre Grundwassersystem fungiert die Donau, die ca. 5 km nördlich des Untersuchungsgebiets liegt. Im Grundwassergleichenplan zeichnet sich in dem berechneten Gebiet die Vorflutfunktion der Hauptgewässer (Feilenmoosgraben, Seitenentwässerungskanal Ost und diverse Baggerseen) ab, was die enge Verzahnung des Grundwassers mit den Vorflutern andeutet.

Tabelle 5-1 zeigt die im Zuge zweier Abflussmessungen ermittelten Durchflüsse am Seitenentwässerungskanal Ost und Feilenmooshauptkanal.

Tabelle 5-1: Abflussmessungen Seitenentwässerungskanal Ost, Feilenmooshauptkanal (IB BFM) [12]

| Messrunde 1 | | | | | |
|------------------------------|-----------|------------|-----------|---------------|---|
| Gewässer | Messpunkt | Breite [m] | Tiefe [m] | Abfluss [l/s] | Bemerkungen |
| Seitenentwässerungskanal Ost | 1 | 0,825 | 0,3 | 1 | Viel Vegetation |
| | 2 | 0,85 | 0,36 | 6 | Viel Vegetation |
| | 3 | 1 | 0,3 | 1 | Viel Vegetation |
| | 4 | 0,975 | 0,13 | 10 | Viel Vegetation |
| Feilenmooshauptkanal | 1 | 3,225 | 0,245 | 110 | |
| | 2 | 2,95 | 0,27 | 128 | |
| | 3 | 3,175 | 0,29 | - | |
| | 4 | 3,375 | 0,22 | - | Abbruch, Einsetzendes Gewitter und Starkregen |
| Messrunde 2 | | | | | |
| Gewässer | Messpunkt | Breite [m] | Tiefe [m] | l/s | Bemerkungen |
| Seitenentwässerungskanal Ost | 1 | 0,825 | 0,3 | 1 | Viel Vegetation |
| | 2 | 0,8 | 0,35 | 1 | Viel Vegetation |
| | 3 | 0,675 | 0,2 | 5 | Viel Vegetation |
| | 4 | 0,975 | 0,1 | 4 | Viel Vegetation |
| Feilenmooshauptkanal | 1 | 3,6 | 0,39 | 92 | |
| | 2 | 3,2 | 0,35 | 96 | |
| | 3 | 3,2 | 0,28 | 104 | |
| | 4 | 3,45 | 0,25 | 194 | |

Während der Seitenentwässerungskanal Ost mit max. 10 l/s relativ wenig Wasser führt, fließen über den Feilenmooshauptkanal knapp 200 l/s ab.

Im Jahr 2017 durchgeführte Durchflussmessungen im Riedelmoosgraben (Messpunkt RMG 2 und vor Ausfluss in den Baggersee 1) erbrachten eine durchschnittliche Abflussmenge von ca. 100 l/s sowohl im Bereich RMG 2 als auch im Bereich des Ausflusses in den Baggersee 1 (Lage siehe Abbildung 2-3).

Der Riedelmoosgraben ist auf Höhe des Airbus-Geländes (zwischen RMG 1 und RMG 2) als lokaler Grundwasservorfluter zu betrachten. Zwischen RMG 2 und dem Auslauf zum Baggersee 1 liegt aufgrund der Wehrhaltung der Wasserspiegel im Fließgewässer über den Grundwasserständen, was zu einer Versickerung des Oberflächenwassers in das Grundwasser und damit einhergehend zu einer lokalen Veränderung der Grundwasserfließrichtung führt.

Die gemessenen Abflusswerte am Auslauf zum Baggersee 1, der über den Baggersee 4 in den Feilenmooshauptkanal (Fmhk) mündet, stimmen gut mit den Abflussmengen am Messpunkt Fmhk 1 überein und plausibilisieren die Messung. Die steigenden

Abflussmengen am Feilenmooshauptkanal deuten die Vorflutfunktion auch dieses Gewässers an.

Lage zur Trinkwassernutzung

Im Nahbereich bzw. im Abstrombereich des Flugplatz Manching/Ingolstadt befinden sich keine Trinkwasser- oder Heilwasserschutzgebiete. Das nächstgelegene Trinkwasserschutzgebiet mit dem Gebietsnamen „Manching“ liegt ca. 4 km westlich vom Flugplatz im Süden von Manching und damit nicht im Einzugsgebiet des Flughafens.

Sonstige Nutzung

Aufgrund der guten Erschließbarkeit des quartären Grundwassers befinden sich in der Gegend jedoch zahlreiche private Grundwassernutzungen, die überwiegend zur Bewässerung dienen.

5.1.4 PFC-Belastung Grundwasser

Zur Bewertung der PFC-Belastungen im Grundwasser wurden die in den „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“ (Stand April 2017) definierten vorläufigen Schwellenwerte (für Grundwasser) herangezogen.

Die Analysenprotokolle der aktuellen Untersuchungskampagne sind in Anlage 6 dargestellt.

Bei der Bewertung der PFC-Belastung im Grundwasser werden alle Analysen seit Beginn der Untersuchungen im Jahr 2013 berücksichtigt. Insgesamt wurden seither ca. 500 Wasserproben innerhalb und außerhalb der Liegenschaft aus Grundwassermessstellen und Bewässerungsbrunnen entnommen und analysiert.

Abbildung 5-2 zeigt zusammenfassend die PFC-Belastung im Grundwasser (Gesamt, innerhalb und außerhalb der Liegenschaft) der gemäß LfU-Leitlinien untersuchten 13 Einzelparameter.

Die Abbildung macht deutlich, dass bodenschutzrechtlich relevante Konzentrationen oberhalb der vorläufigen Schwellenwerte vor allem bei den Einzelparametern PFOS, PFHxS und PFNA (bei ca. 50% der Wasserproben) auftreten. Bei den Einzelsubstanzen PFOA und H4PFOS wurden die vorläufigen Schwellenwerte bei ca. 15% der Wasserproben und bei PFHpA bei <5% der Wasserproben überschritten. Die restlichen Einzelparameter wurden bislang durchgängig in Konzentrationen unterhalb der vorläufigen Schwellenwerte detektiert.

| Einzelsubstanz | Gesamt | | | | Liegenschaft | | | | außerhalb Liegenschaft | | | |
|----------------|----------------------|------------------|-----------------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| | Mittelwert [µg/l] | Analysen <NWG | Analysen > NWG <SW | Analysen > SW | Mittelwert [µg/l] | Analysen <NWG | Analysen > NWG <SW | Analysen > SW | Mittelwert [µg/l] | Analysen <NWG | Analysen > NWG <SW | Analysen > SW |
| PFNA | 0,80 | 183 | 93 | 218 | 0,93 | 91 | 58 | 180 | 0,40 | 92 | 35 | 38 |
| PFOS | 1,63 | 110 | 151 | 233 | 2,03 | 49 | 90 | 190 | 0,54 | 61 | 61 | 43 |
| PFOA | 0,10 | 267 | 154 | 73 | 0,11 | 159 | 116 | 54 | 0,08 | 108 | 38 | 19 |
| PFHxS | 0,86 | 110 | 128 | 256 | 1,01 | 65 | 71 | 193 | 0,55 | 45 | 57 | 63 |
| PFHxA | 0,18 | 258 | 236 | 0 | 0,21 | 148 | 181 | 0 | 0,10 | 110 | 55 | 0 |
| PFBS | 0,07 | 276 | 218 | 0 | 0,08 | 171 | 158 | 0 | 0,06 | 105 | 60 | 0 |
| PFBA | 0,05 | 261 | 231 | 0 | 0,05 | 152 | 177 | 0 | 0,03 | 109 | 54 | 0 |
| PFDA | 0,02 | 443 | 51 | 0 | 0,03 | 285 | 44 | 0 | 0,01 | 158 | 7 | 0 |
| H4PFOS | 0,60 | 199 | 23 | 36 | 0,62 | 136 | 22 | 34 | 0,27 | 63 | 1 | 2 |
| PFOSA | 0,03 | 447 | 13 | 0 | 0,03 | 290 | 12 | 0 | 0,04 | 157 | 1 | 0 |
| PFHpS | 0,07 | 174 | 84 | 0 | 0,07 | 117 | 75 | 0 | 0,06 | 57 | 9 | 0 |
| PFHpA | 0,07 | 289 | 198 | 7 | 0,08 | 165 | 157 | 7 | 0,03 | 124 | 41 | 0 |
| PFPeA | 0,17 | 274 | 218 | 0 | 0,19 | 153 | 176 | 0 | 0,06 | 121 | 42 | 0 |
| S PFT | 3,30 | 72 | 422 | | 4,24 | 41 | 288 | | 1,27 | 31 | 134 | |

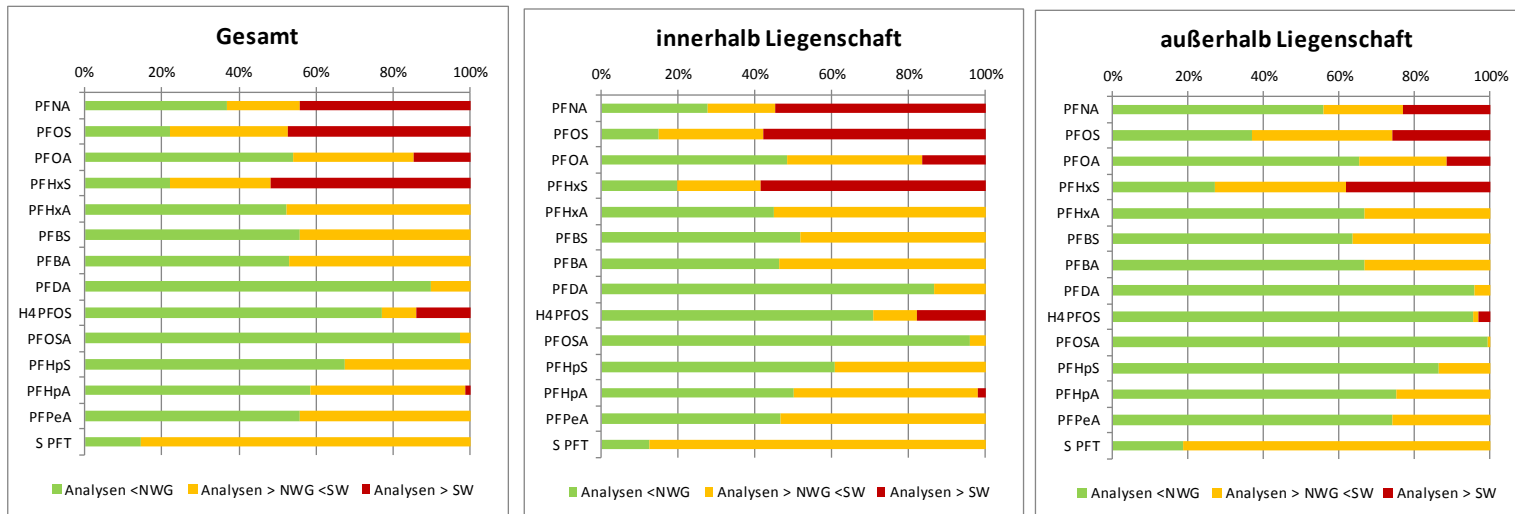


Abbildung 5-2: PFC-Belastung der Grundwasserproben nach Einzelparameter

In 105 der 129 untersuchten Grundwasseraufschlüsse konnten aktuell PFC-Belastungen festgestellt werden (siehe Tabelle 5-2). Dabei wurden die vorläufigen Schwellenwerte in 72 Grundwassermessstellen sowie in 12 Bewässerungsbrunnen überschritten.

Tabelle 5-2: Übersicht PFC-Untersuchungen Grundwasser

| Aufschlussart | Anzahl | | Aufschlüsse | | |
|---------------------------------|-------------|------------|-------------|-----------|-----------|
| | Aufschlüsse | Proben | < NWG | > NWG | > SW |
| Bewässerungsbrunnen (außerhalb) | 33 | 33 | 13 | 8 | 12 |
| GWM (innerhalb) | 94 | 188 | 10 | 13 | 71 |
| GWM (außerhalb) | 2 | 2 | 1 | | 1 |
| Gesamtergebnis | 129 | 223 | 24 | 21 | 84 |

Die Tabelle 5-3 bis 5-5 zeigen die Analysenergebnisse der PFC-Untersuchungen im Grundwasser anhand der Hauptparameter PFOS und PFHxS im zeitlichen Verlauf sowie mit einer Trendangabe in tabellarischer Form. Eindeutige Trends sind aufgrund der Messtoleranzen besonders im Zentrum der Schadstofffahne nur schwer ablesbar. Am Fahnenrand (speziell im nordwestlichen Bereich) scheinen sich zunehmende Trends abzuzeichnen (s. Abb. 5-3). Die räumliche Verteilung der PFC-Belastung (anhand der Hauptparameter PFOS und PFHxS) ist in Anlage 1 für die erste (Mai/Juni 2018, Plan 3, Plan 4) und zweite Beprobungsrunde (Juli 2018, Plan 5) dargestellt. Den Plänen können weiterhin potenzielle PFC-Eintragsherde entnommen werden.

Die höchsten PFC-Konzentrationen im quartären **Grundwasser** wurden im Bereich der nördlichen Start-/Landebahn auf Höhe der alten Feuerwache (KF 104) ermittelt. Dort wurden an allen Grundwassermessstellen deutliche Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte gemessen und damit - analog zu den Ergebnissen der ungesättigten Bodenzone (siehe Kapitel 5.2.3) - ein großflächiger PFC-Grundwasserschaden festgestellt, der als Kontaminationsschwerpunkt gewertet werden muss.

Im nordöstlichen Abstrom der KF werden an den Messstellen BwDLZ-GWM-024 und P08 – P10 (PFOS max. 11 – 23 µg/l) die höchsten Konzentrationen gemessen. Auf ähnlichem Konzentrationsniveau liegt die Messstelle P05 (PFOS max. 10 µg/l), die sich westlich der KF im Nahbereich des aktuell erkundeten Kontaminationsschwerpunkt in der ungesättigten Bodenzone befindet. Deutliche PFC-Belastungen wurden auch im weiteren Abstrom der „Alten Feuerwache“ in den Messstellen BwDLZ-GWM-013 – GWM-015 sowie P12, P13 und P15 (PFOS max. 4,2 – 8,2 µg/l) ermittelt. In den restlichen Messstellen um die „Alte Feuerwache“ wurden zwar geringere PFC-Belastungen gemessen, diese liegen jedoch immer noch deutlich oberhalb der vorläufigen Schwellenwerte (PFOS ca. 2 – 4 µg/l).

Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass bereits im Zustrom der KF 104 (BwDLZ-GWM-022, P01 und P02) PFOS-Konzentrationen zwischen 1,6 – 2,3 µg/l gemessen wurden, für die bislang keine eindeutige Ursache bekannt ist. Die

Grundwasseruntersuchungen deuten auf einen Eintrag im Bereich der Messstellen P21 – P24 hin. Die in den Messstellen BwDLZ-GWM-003 – GWM-004 und GWM-008 bzw. P19 – P20 festgestellten Belastungen (PFOS 0,1 – 0,4 µg/l) könnten auch in Zusammenhang mit diesen Belastungen stehen.

Tabelle 5-4: Konzentrationsentwicklung für PFOS und PFHxS in den 5“-Grundwassermessstellen innerhalb der Liegenschaft

| Messpunkt | PFOS [µg/l] | | | | | | | | | | | | | PFHxS [µg/l] | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|----------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|-------|--------------|----------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|-------|
| | Dez 2013 | Aug 2014 | Mrz 2015 | Apr 2015 | Mai/Jun 2015 | Jul 2015 | Aug 2016 | Nov 2016 | Feb 2017 | Nov 2017 | Mai/Jun 2018 | Jul 2018 | Trend | Dez 2013 | Aug 2014 | Mrz 2015 | Apr 2015 | Mai/Jun 2015 | Jul 2015 | Aug 2016 | Nov 2016 | Feb 2017 | Nov 2017 | Mai/Jun 2018 | Jul 2018 | Trend |
| BwDLZ-GWM-001 | 43,6 | 12 | | 18 | 4,4 | 5,6 | | | | | 2,4 | 2,8 | ↓ | 9,35 | 4,4 | | 3,3 | 3,4 | 3,1 | | | | | 1,5 | 1,5 | ↓ |
| BwDLZ-GWM-002 | 34,8 | 4,8 | | 8,9 | 3,7 | 2,7 | | | | | 3,4 | 2,1 | ↓ | 7,6 | 3,8 | | 3,3 | 3,1 | 2,9 | | | | | 2,6 | 1,3 | ↓ |
| BwDLZ-GWM-003 | 0,37 | 0,14 | | 0,24 | 0,22 | 0,22 | | | | | 0,1 | 0,1 | ↓ | 0,27 | 0,13 | | 0,23 | 0,21 | 0,23 | | | | | 0,2 | 0,1 | → |
| BwDLZ-GWM-004 | 0,3 | 0,1 | | 0,11 | 0,18 | 0,14 | | | | | 0,2 | 0,1 | ↓ | 0,24 | 0,14 | | 0,15 | 0,18 | 0,21 | | | | | 0,3 | 0,2 | → |
| BwDLZ-GWM-005 | 0,14 | 0,05 | | <0,01 | 0,04 | 0,06 | | | | | 0,05 | 0,06 | → | 0,21 | 0,12 | | <0,01 | 0,16 | 0,15 | | | | | 0,2 | 0,1 | → |
| BwDLZ-GWM-006 | 0,92 | 0,42 | | 0,26 | <0,01 | 0,35 | | | | | 0,1 | 0,1 | ↓ | 0,72 | 0,19 | | 0,19 | 0,28 | 0,26 | | | | | 0,2 | 0,1 | → |
| BwDLZ-GWM-007 | 16,8 | 4,8 | | 4,3 | 2,1 | 2,2 | | | | | 2 | 1,4 | ↓ | 4,74 | 3,1 | | 2,3 | 2,3 | 2,4 | | | | | 1,2 | 0,9 | ↓ |
| BwDLZ-GWM-008 | 0,7 | 0,58 | | 0,42 | <0,01 | 0,26 | | | | | 0,2 | 0,2 | ↓ | 0,97 | 0,73 | | 0,6 | 0,49 | 0,43 | | | | | 0,2 | 0,2 | ↓ |
| BwDLZ-GWM-009 | 9,57 | 1,4 | | 2,1 | 0,9 | 1,7 | | | | | 1,5 | 1 | ↓ | 4,1 | 1,8 | | 1,8 | 1,6 | 1,7 | | | | | 0,9 | 0,8 | ↓ |
| BwDLZ-GWM-010 | 3,34 | 2,9 | | 1,6 | 1,2 | 1,2 | | | | | 1,5 | 1,9 | → | 2,3 | 2 | | 1,4 | 1,7 | 1,9 | | | | | 1,4 | 1,6 | → |
| BwDLZ-GWM-011 | 0,13 | 0,15 | | 0,18 | 0,16 | 0,16 | | | | | 0,3 | 0,4 | ↑ | 0,67 | 0,86 | | 0,55 | 0,49 | 0,68 | | | | | 0,5 | 0,6 | → |
| BwDLZ-GWM-012 | 0,2 | 0,21 | | 0,22 | 0,18 | 0,23 | | | | | 0,4 | 0,3 | ↑ | 0,36 | 0,46 | | 0,24 | 0,23 | 0,28 | | | | | 0,4 | 0,4 | → |
| BwDLZ-GWM-013 | | | | | 7,3 | 4,5 | | | | | 4,7 | 3,5 | → | | | | | 2,8 | 4,3 | | | | | 2,2 | 2,2 | → |
| BwDLZ-GWM-014 | | | | | 4,9 | 4 | | | | | 4 | 3,4 | → | | | | | 9,1 | 3,9 | | | | | 1,8 | 1,4 | ↓ |
| BwDLZ-GWM-015 | | | | | 7,3 | 6,4 | | | | | 4,2 | 2,9 | ↓ | | | | | 4,6 | 4,1 | | | | | 1,9 | 1,4 | ↓ |
| BwDLZ-GWM-016 | | | | | 0,38 | 0,45 | | | | | 0,6 | 0,3 | ↑↓ | | | | | 0,5 | 0,57 | | | | | 0,6 | 0,4 | → |
| BwDLZ-GWM-017 | | | | | 0,25 | 0,22 | | | | | 0,7 | 0,09 | ↑↓ | | | | | 0,17 | 0,14 | | | | | 0,4 | <0,01 | ↑↓ |
| BwDLZ-GWM-018 | | | | | 0,17 | 0,07 | | | | | 0,4 | 0,09 | ↑↓ | | | | | 0,16 | 0,07 | | | | | 0,5 | 0,1 | ↑↓ |
| BwDLZ-GWM-019 | | | | | | | | | | | 0,3 | 0,06 | ↓ | | | | | | | | | | | 0,2 | 0,03 | ↓ |
| BwDLZ-GWM-020 | | | | | | | | | | | 0,03 | 0,06 | → | | | | | | | | | | | 0,01 | <0,01 | → |
| BwDLZ-GWM-021 | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | → | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | → |
| BwDLZ-GWM-022 | | | | | | | | | | | 1,7 | 2,3 | → | | | | | | | | | | | 1,2 | 1,4 | → |
| BwDLZ-GWM-023 | | | | | | | | | | | 2,6 | 1,5 | → | | | | | | | | | | | 1,3 | 1 | → |
| BwDLZ-GWM-024 | | | | | | | | | | | 11 | 23 | ↑ | | | | | | | | | | | 2,6 | 2,9 | → |
| BwDLZ-GWM-025 | | | | | | | | | | | 2,5 | 2,2 | → | | | | | | | | | | | 1,6 | 1,4 | → |
| BwDLZ-GWP-01 | <0,01 | <0,01 | | <0,01 | 0,01 | <0,01 | | | | | <0,01 | 0,04 | → | <0,01 | <0,01 | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | <0,01 | <0,01 | → |
| BwDLZ-GWP-02 | 7,35 | 1,6 | | 1,3 | 0,76 | 1,3 | | | | | 0,6 | 0,8 | ↓ | 2,7 | 1,6 | | 1,8 | 1,6 | 1,7 | | | | | 0,9 | 0,9 | ↓ |
| BwDLZ-GWP-03 | 0,13 | 0,08 | | 0,07 | 0,06 | 0,07 | | | | | 0,05 | 0,05 | → | 0,07 | 0,07 | | 0,064 | 0,07 | 0,06 | | | | | 0,06 | 0,07 | → |
| BwDLZ-GWP-04 | 0,14 | 0,18 | | 0,08 | 0,11 | 0,14 | | | | | 0,1 | 0,1 | → | 0,19 | 0,22 | | 0,16 | 0,23 | 0,2 | | | | | 0,2 | 0,2 | → |
| BwDLZ-GWP-05 | 3,19 | 2,2 | | 3,7 | 2,2 | 3,2 | | | | | 1,6 | 1,2 | ↓ | 0,7 | 0,77 | | 1,3 | 0,69 | 0,83 | | | | | 0,5 | 0,5 | → |
| BwDLZ-GWP-06 | <0,01 | <0,01 | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | <0,01 | <0,01 | → |
| BwDLZ-GWP-07 | 0,61 | 0,4 | | 0,6 | 0,45 | 0,3 | | | | | 0,4 | 0,3 | ↓ | 0,12 | 0,097 | | 0,16 | 0,13 | 0,11 | | | | | 0,09 | 0,05 | → |
| BwDLZ-GWP-08 | 0,06 | 0,02 | | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | | | | 0,06 | 0,02 | → | 0,05 | <0,01 | | <0,01 | 0,01 | <0,01 | | | | | <0,01 | <0,01 | → |
| BwDLZ-GWP-09 | <0,01 | <0,01 | | <0,01 | 0,02 | <0,01 | | | | | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | <0,01 | <0,01 | → |
| BwDLZ-GWP-16 | <0,01 | 0,03 | | 0,02 | 0,02 | 0,03 | | | | | 0,02 | 0,02 | → | <0,01 | 0,026 | | 0,016 | 0,02 | 0,02 | | | | | 0,02 | 0,02 | → |
| IMA-GWP-01 | 0,09 | 0,09 | | 0,07 | 0,07 | 0,07 | | | | | 0,07 | 0,06 | → | 0,08 | 0,056 | | 0,076 | 0,07 | 0,07 | | | | | 0,07 | 0,05 | → |
| IMA-GWP-02 | <0,01 | 0,01 | | | | | | | | | 0,04 | 0,03 | → | <0,01 | <0,01 | | | | | | | | | 0,02 | 0,02 | → |

| | | | |
|--|--|--|--|
| nicht nachweisbar (n.n.) | 1,01 - 1,50 | 0,01 - 0,10 | 0,11 - 0,40 (> Schwellenwert) |
| 1,51 - 4,00 | 0,41 - 1,00 | 4,01 - 45,00 | |

Tabelle 5-5: Konzentrationsentwicklung für PFOS und PFHxS in den 2"-
Grundwassermessstellen innerhalb der Liegenschaft

| Messpunkt | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | | | PFHxS [$\mu\text{g/l}$] | | |
|-----------|--------------------------|----------|-------|---------------------------|----------|-------|
| | Mai/Jun 2018 | Jul 2018 | Trend | Mai/Jun 2018 | Jul 2018 | Trend |
| P01 | 2 | 2 | → | 1,3 | 1,4 | → |
| P02 | 1,6 | 2 | → | 1,5 | 1,5 | → |
| P03 | 1,5 | 3,1 | ↑ | 1,4 | 2,4 | ↑ |
| P04 | 1,6 | 3,1 | ↑ | 1,4 | 1,9 | → |
| P05 | 4,4 | 10 | ↑ | 1,4 | 2 | → |
| P06 | 2,6 | 3,9 | ↑ | 1,7 | 2,4 | → |
| P07 | 0,6 | 1,7 | ↑ | 0,6 | 1,1 | ↑ |
| P08 | 6,4 | 11 | ↑ | 1,8 | 2,9 | → |
| P09 | 6,3 | 11 | ↑ | 1,6 | 2,2 | → |
| P10 | 3,9 | 18 | ↑ | 2,7 | 3,4 | → |
| P11 | 2,3 | 2,6 | → | 1,1 | 1,3 | → |
| P12 | 5,1 | 8,2 | ↑ | 1,7 | 2,7 | → |
| P13 | 2,5 | 6,2 | ↑ | 1,2 | 1,7 | → |
| P14 | 2 | 2,5 | → | 0,5 | 0,9 | → |
| P15 | 2,7 | 6,3 | ↑ | 1,2 | 1,4 | → |
| P16 | 0,04 | 0,04 | → | 0,1 | 0,1 | → |
| P17 | 0,09 | 0,1 | → | 0,1 | 0,1 | → |
| P18 | 0,09 | 0,1 | → | 0,1 | 0,2 | → |
| P19 | 0,2 | 0,2 | → | 0,2 | 0,3 | → |
| P20 | 0,4 | 0,4 | → | 0,4 | 0,5 | → |
| P21 | <0,01 | 0,02 | → | <0,01 | 0,05 | → |
| P22 | 1 | 1,2 | → | 0,6 | 0,9 | → |
| P23 | <0,01 | 0,02 | → | <0,01 | 0,09 | → |
| P24 | 2,9 | 3,6 | → | 1,5 | 1,9 | → |
| P25 | 3 | 2,1 | → | 1,3 | 1,4 | → |
| P26 | 1,1 | 1,3 | → | 1,6 | 1,4 | → |
| P27 | 0,04 | 0,09 | → | 0,02 | 0,05 | → |
| P28 | 2 | 1,9 | → | 0,6 | 0,7 | → |
| P29 | 0,2 | 0,2 | → | 0,1 | 0,1 | → |
| P30 | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P31 | 3,7 | 2,8 | → | 1,2 | 1,1 | → |
| P32 | 3,5 | 1,8 | ↓ | 0,9 | 0,6 | → |
| P33 | 0,03 | 0,06 | → | 0,01 | 0,03 | → |
| P34 | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P35 | 0,1 | 0,1 | → | 0,04 | 0,04 | → |
| P36 | 0,3 | 0,3 | → | 0,1 | 0,08 | → |
| P37 | 0,09 | 0,06 | → | 0,02 | 0,02 | → |
| P38 | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P39 | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P40 | 0,02 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P41 | 0,4 | 0,5 | → | 0,06 | 0,08 | → |
| P42 | 0,08 | 0,07 | → | 0,02 | 0,02 | → |
| P43 | 0,2 | 0,07 | → | 0,03 | <0,01 | → |
| P44 | 0,2 | 0,1 | → | 0,02 | 0,02 | → |
| P45 | <0,01 | 0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P46 | 0,03 | 0,04 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P47 | 0,06 | 0,06 | → | <0,01 | 0,01 | → |
| P48 | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P49 | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P50 | 0,09 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P51 | 0,2 | 0,1 | → | 0,06 | 0,04 | → |
| P52 | 0,06 | 0,02 | → | 0,04 | <0,01 | → |
| P53 | 0,02 | <0,01 | → | 0,03 | 0,01 | → |
| P54 | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P55 | <0,01 | <0,01 | → | <0,01 | <0,01 | → |
| P56 | 0,02 | 0,02 | → | 0,03 | 0,01 | → |
| P57 | 1,4 | 1,8 | → | 0,7 | 0,8 | → |

Auch die im nordöstlichen Abstrom außerhalb des Flugplatzgeländes gelegenen Bewässerungsbrunnen zeigen eine deutliche PFC-Belastung mit Schwellenwertüberschreitungen auf. [REDACTED]

[REDACTED] Die Kontaminationsfahne hat sich, dem Grundwasserstrom folgend, hauptsächlich in nordöstliche Richtung ausgebreitet. In Hauptabstromrichtung können bis in das etwa 2 km entfernte Westenhausen Schwellenwertüberschreitungen [REDACTED] PFOS 0,58/0,28/0,11 µg/l) festgestellt werden. Auch im nördlichen Seitstrom ([REDACTED], PFOS max. 0,07 – 0,2 µg/l, PFHxS 0,2 – 0,3 µg/l) wurden geringfügige Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte festgestellt. Mit zunehmender Entfernung zum Schadensherd erhöht sich bodenschutzrechtlich die Relevanz der Einzelsubstanz PFHxS, die mobiler als PFOS ist und deshalb dem PFOS „vorausleitet“. Dies wird in Abbildung 5-3 deutlich. Die Abbildung zeigt zum einen, dass in der Fahnen Spitze höhere Gehalte an PFHxS gemessen werden als an PFOS und dass ansteigende Gehalte tendenziell früher gemessen wurden. Bei den Brunnen [REDACTED] scheinen sich gewisse steigende Trends bis November 2017 abzuzeichnen, ehe in der darauf folgenden Messung eine Abnahme zu verzeichnen ist. Insbesondere beim PFHxS ist dies zu sehen. Grundsätzlich ist bei dem Versuch einer Trenderkennung im niedrigen Konzentrationsniveau jedoch die Unschärfe zu berücksichtigen, die durch weitere Einflüsse (z.B. Messtoleranzen, saisonale Schwankungen, etc.) bestimmt wird.

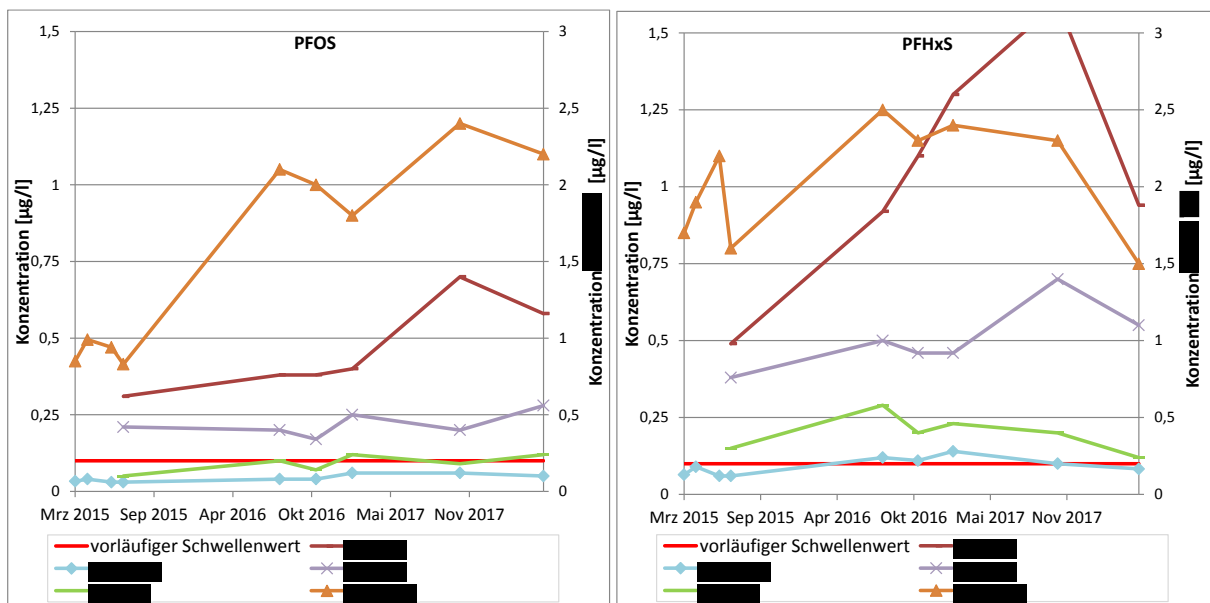


Abbildung 5-3: Entwicklung der PFOS/PFHxS Konzentration im Abstrom

Weitere Belastungsschwerpunkte mit Schwellenwertüberschreitungen sind weiträumig und z.T. diffus über den Flugplatz verteilt und können zum Großteil bekannten PFC-Eintragsquellen zugeordnet werden.

Östlich des „Seitenentwässerungskanal Ost“ wurde bei den Messstellen BwDLZ-GWP-05, P28, P31 und P32 ein weiterer Kontaminationsschwerpunkt festgestellt (PFOS max. 1,6 – 3,5). Die Konzentrationsverteilung spricht für einen Eintrag im Zustrom der Aufschlüsse P31/P32, was auch durch deutliche Bodenbelastungen der in Phase IIa befindlichen KVF „Übungsfläche 2“ bestätigt wird (Details dazu in separatem Gutachten Phase IIa).

Erhöhte Gehalte oberhalb der vorläufigen Schwellenwerte wurden auch im Abstrombereich der KF 066 „Feuerlöschübungsbecken“ festgestellt, wobei im Vergleich zu den vorgenannten KF/KVF deutlich geringere PFC-Konzentrationen ermittelt wurden. Die Konzentrationen für PFOS und PFHxS liegen in den belasteten Messstellen (BwDLZ-GWM-006, BwDLZ-GWM-017 - BwDLZ-GWM-019, PFOS max. 0,4 – 0,7 µg/l; PFHxS max. 0,5 – 0,6 µg/l) durchgängig < 1 µg/l. Aufgrund der festgestellten Kontaminationsverteilung/Grundwasserströmungsverhältnisse ist davon auszugehen, dass die PFC-Belastungen im Bereich der KF 066 keine direkten Auswirkungen auf die PFC-Belastung im Grundwasser außerhalb der Liegenschaft hervorrufen. Eine anteilige Beaufschlagung des Fließgewässers Seitenentwässerungskanal durch Grundwasser aus dem Bereich der KF 66 ist aber zu berücksichtigen.

Im Bereich der Südbahn (einschließlich der KF 105 „Südbahn westlich“), an der auch einige Löschschaumeinsätze stattfanden, wurden nur vereinzelt geringfügige Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte im nördlichen Abstrom der Landebahn (PFOS max. 0,2 – 0,4 µg/l) festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass die PFC-Belastungen, der nordöstlichen Grundwasserfließrichtung folgend, auf das Airbus-Gelände zuströmen.

Der Zustrom der Südbahn (und Liegenschaft) ist durchgängig unbelastet (PFOS max. 0,02 µg/l in der P40). Damit kann davon ausgegangen werden, dass die festgestellten Belastungen im Grundwasser auf PFC-Einträge innerhalb der Liegenschaft zurückzuführen sind.

Konkrete Hinweise auf zusätzliche PFC-Einträge aus dem Airbus-Gelände konnten durch die aktuellen Untersuchungen nicht abgeleitet werden. Potenzielle PFC-Einträge, die auf das Airbus-Gelände als Emittent zurückzuführen sind, machen vermutlich nur einen geringen Anteil des PFC-Eintrags im Grundwasser des Flugplatzes aus und können zu einer Erhöhung der Grundbelastung im Zustrom führen.

Aufgrund der heterogenen und weiträumigen Verteilung der PFC-Einträge kann im zeitlichen Verlauf keine generelle Trendentwicklung abgeleitet werden. Tendenziell steigende Konzentrationen können festgestellt werden

- Im weiteren Abstrom der KF „Alte Feuerwache“ außerhalb der Liegenschaft (Bewässerungsbrunnen XXXXXXXXXX).
- Im nördlicher Seitstrom des unbekanntem Eintrags bei P21 – P24 (BwDLZ-GWM-011 und GWM-012).

- Im Nahbereich der KF „Alte Feuerwache“ (BwDLZ-GWM-024, P03 – P10) und direkten Abstrom (P12, P13, P15; kurzzeitiger Trend basierend auf nur zwei aktuellen Messwerten).

Tendenziell fallende Konzentrationen werden festgestellt

- Im Abstrom des unbekanntes Eintrags bei P21 – P24 (BwDLZ-GWM-003 – GWM-004, GWM-008) bzw. im südlichen Seitstrom der KF „Alte Feuerwache“ (BwDLZ-GWM-001, GWM-002, GWM-007, GWM-015, GWP-02).
- Direkt bei der KF „Alte Feuerwache“ (BwDLZ-GWM-009).
- Im Abstrom KF „Feuerlöschübungsbecken“ (BwDLZ-GWM-006).
- Im Abstrom KVF „Übungsfläche 2“ (BwDLZ-GWP-05).
- Im zentralen Abstrombereich der Südbahn (BwDLZ-GWP-07).

Zusammenfassend erbrachten die Untersuchungen eine großflächige PFC-Kontamination im Grundwasser, die an einer Vielzahl von Grundwasseraufschlüssen zu Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte seit 2013 führte. Laut den Leitlinien des LfU liegt bei Überschreitung dieser Werte im Grundwasser in der Regel eine schädliche Veränderung des Grundwassers im Sinne des WHG vor.

Der Hauptschaden befindet sich im Bereich der nördlichen Start-/Landebahn auf Höhe der alten Feuerwache. Für diesen Bereich ergibt sich eine **Schadstofffracht von ca. 2,46 kg/a** PFOS (siehe Tabelle 5-6). Diese Frachten wurden auf der Grundlage der Beprobungskampagne Mai/Juni 2018 ermittelt. Der Vollständigkeit halber wird an dieser Stelle darauf verwiesen, dass die Beprobungskampagne Juli 2018 gerade in den zentralen Bereichen der Schadstofffahne deutlich höhere PFC-Konzentrationen ergeben hat. Bei einer Frachtbetrachtung mit den Werten aus der Juli-Kampagne würden dementsprechend deutlich höhere Frachten resultieren.

Tabelle 5-6: Frachtbetrachtung PFOS Hauptfahne Nordbahn

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Abstrombreite Fahne [m] | 1.300 |
| mittlere Aquifermächtigkeit [m] | 5,00 |
| kf-Wert [m/s] | $5 \cdot 10^{-3}$ |
| Hydraulisches Gefälle i [-] | 0,0009 |
| GW-Umsatz [l/s] | 30,2 |
| GW-Umsatz [m ³ /d] | 2.608 |
| PFOS – Konz. mittel [µg/l] | 2,59 |
| Fracht [g/d] | 6,75 |
| Fracht [kg/a] | 2,46 |

Zur Abschätzung der gesamten Schadstoffmenge im Grundwasser (nach der LAWA/LABO Arbeitshilfe „Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen“) wurde des Weiteren ein Kontaminationsbereich

abgegrenzt, für welchen der vorläufige Schwellenwert für PFOS überschritten wird. Dieser Kontaminationsbereich umfasst eine Fläche von ca. 5,4 km² und ist im Mittel mit 0,71 µg/l PFOS belastet. Für diesen Bereich ergibt sich eine Schadstoffmenge von **ca. 20 kg** an PFOS, die sich im Grundwasser befindet. Nach der Arbeitshilfe der LAWA/LABO kann bei einer Schadstoffmenge von 100 g für PFOS nicht mehr von einer punktuellen Schadstoffquelle gesprochen werden. Dieser Betrag wurde deutlich überschritten.

Im Bereich der Kontaminationsfahne, die mittlerweile deutlich die nördliche Liegenschaftsgrenze überschreitet, befinden sich bei aktuellem Kenntnisstand keine Trinkwasserschutzgebiete. Jedoch wird in diesem Bereich das Grundwasser (private Brauchwasserbrunnen und landwirtschaftliche Bewässerungsbrunnen) und Oberflächengewässer (Fischerei, Badeseen) genutzt. Diese Nutzungen müssen durch die zuständigen Behörden bewertet werden.

Auf dem Flugplatz selbst wird bei derzeitigem Kenntnisstand kein Grundwasser genutzt.

5.1.5 PFC-Belastung Oberflächengewässer

Zur Bewertung wurden die Leitwerte für Oberflächenwasser ($PNEC_{\text{aquatisch}}$) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) herangezogen. Mit Einführung der neuen Leitlinien existieren diese für H4PFOS, PFHxS, PFHxA, PFPeA, PFBS und PFBA. Für PFOS existiert aufgrund der Einstufung als SVHC-Stoff („Substance of very high concern“) kein $PNEC_{\text{aquatisch}}$. Für PFOS wurde eine Umweltqualitätsnorm (UQN) von **0,65 ng/l** als Jahresdurchschnittswert bzw. **36 µg/l** als zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) für Oberflächengewässer festgelegt. Diese Werte wurden mit der Oberflächenwasserverordnung vom 20. Juni 2016 in nationales Recht überführt, ihre Einhaltung ist allerdings erst ab 2027 erforderlich.

Im Oberflächenwasser wurden in fast allen Wasserproben PFC nachgewiesen. Dabei zeigt sich, ähnlich wie im Grundwasser, eine deutliche Dominanz der Einzelsubstanzen PFOS, PFHxS und PFNA. Die $PNEC_{\text{aquatisch}}$ -Werte wurden für keine der sechs PFC-Einzelparameter überschritten. Die für PFOS festgelegte UQN von 0,00065 µg/l wird dagegen in allen positiven Proben überschritten. Positive Befunde wurden in 21 der 25 untersuchten Oberflächengewässer festgestellt. Lediglich im Zulauf Süd (Kühpickelgraben), im Ablauf Südost (Ottergraben) im Wellenbach und im Reifsee konnten keine PFC nachgewiesen werden. Dennoch kann auch für diese Untersuchungsstellen nicht ausgeschlossen werden, dass die UQN nicht eingehalten wird, da die Nachweisgrenze von 0,01 µg/l um das ca. 15-fache oberhalb des UQN von 0,00065 µg/l liegt.

Die räumliche Verteilung der aktuellen PFOS-Konzentrationen ist in Anlage 1 (Plan 3 – 4) dargestellt. Tabelle 5-7 gibt einen Überblick über die bislang ermittelten Analysenwerte der Oberflächengewässer, dargestellt durch den Hauptparameter PFOS.

Tabelle 5-7: Konzentrationsentwicklung der Oberflächengewässer für PFOS (in µg/l)

| Oberflächengewässer | PFOS (Umweltqualitätsnorm (UQN) 0,00065 µg/l) | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| | Apr 2015 | Mai 2015 | Jul 2015 | Aug 2016 | Nov 2016 | Feb 2017 | Nov 2017 | Mai/Jun 2018 |
| Zulauf Süd (Kühpickelgraben) | <0,01 | <0,01 | trocken | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Zulauf Südwest (Riedelmoosgraben) | 0,04 | trocken | trocken | trocken | trocken | trocken | trocken | trocken |
| Ablauf Südost (Ottergraben) | <0,01 | <0,01 | trocken | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Ablauf Nordost | 0,21 | 0,14 | 0,38 | 0,39 | 0,17 | 0,17 | 0,2 | 0,15 |
| ██████████ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ |
| ██████████ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ |
| ██████████ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ |
| ██████████ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ |
| ██████████ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ |
| ██████████ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ |
| ██████████ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ |
| ██████████ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ | ██ |
| Graben Westenhausen P4 | | | 0,25 | 0,37 | 0,2 | 0,17 | 0,8 | 0,073 |
| Westerhauser Ach | | | 0,26 | 0,51 | 0,43 | 0,23 | 0,2 | 0,2 |
| Westerhauser Ach 2 | | | 0,3 | 0,6 | 0,36 | 0,27 | 0,2 | 0,17 |
| Westerhauser Ach 3 nach Zulauf Graben | | | 0,28 | 0,66 | 0,33 | 0,25 | 0,3 | 0,17 |
| Irschinger Ach | | | | 0,45 | 0,34 | 0,25 | 0,2 | 0,22 |
| Wellenbach | | | | | | | | <0,01 |
| Mischwasser | | | | | | | | 0,14 |
| ██████████ | | | | | | | | ██ |
| Baggersee 1 | 0,17 | 0,19 | 0,22 | | | | | |
| Baggersee 3 | 0,44 | 0,26 | 0,23 | | | | | |
| Baggersee 4 | 0,14 | 0,16 | 0,28 | | | | | |
| Baggersee 6 | 0,12 | 0,13 | 0,23 | | | | | |
| Baggersee 9 | 0,05 | 0,07 | 0,06 | | | | | |
| Baggersee 12 | 0,51 | 0,39 | 0,48 | | | | | |
| Baggersee 13 | 1,2 | 0,15 | 0,04 | | | | | |
| RMG 1 | 0,09 | 0,07 | 0,02 | | | | | |
| RMG 2 | 0,14 | 0,14 | 0,11 | | | | | |
| Seitenentwässerungskanal Ost | 0,39 | 0,24 | 0,25 | | | | | |
| Seitenentwässerungskanal Ost 1 | | | | | | | | 0,044 |
| Seitenentwässerungskanal Ost 2 | | | | | | | | 0,29 |
| Seitenentwässerungskanal Ost 3 | | | | | | | | 0,23 |
| Seitenentwässerungskanal Ost 4 | | | | | | | | 0,26 |
| Feilenmooshauptkanal 1 | | | | | | | | 0,14 |
| Feilenmooshauptkanal 2 | | | | | | | | 0,13 |
| Feilenmooshauptkanal 3 | | | | | | | | 0,14 |
| Feilenmooshauptkanal 4 | | | | | | | | 0,13 |

| | | | |
|--|--------------------------|--|-------------|
| | nicht nachweisbar (n.n.) | | 0,21 - 0,40 |
| | 0,01 - 0,05 | | 0,41 - 1,00 |
| | 0,06 - 0,20 | | 1,00 - 2,00 |

Auf dem Flugplatz wurden aktuell der Seitenentwässerungskanal Ost (Sewo) und der Feilenmooshauptkanal (Fmhk) an je vier Stellen untersucht. Während am Feilenmooshauptkanal konstant PFOS-Belastungen von ca. 0,14 µg/l gemessen wurden, kann am Seitenentwässerungskanal Ost ein deutlicher Anstieg zwischen Messpunkt 1 und Messpunkt 2 - 4 von 0,04 µg/l auf 0,23 - 0,29 µg/l PFOS festgestellt werden. Messpunkt 1 liegt südöstlich und Messpunkt 2 liegt auf Höhe der KVF „Übungsfläche 2“, sodass auch diese Untersuchungen die Beeinflussung durch die KVF belegen. Die aktuell gemessenen Werte am Seitenentwässerungskanal Ost stimmen gut mit den 2015 gemessenen PFOS-Werten überein.

In Verbindung mit den unter 5.1.3 beschriebenen Abflussmengen von ca. 200 l/s, die die Liegenschaft im Nordosten verlassen, werden über die Westenhauser Ach ca. **800 g/a PFOS** abtransportiert. Ein Großteil der Fracht geht dabei auf den Feilenmooshauptkanal zurück. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass bereits der Riedlmoosgraben unter Annahme einer Abflussmenge von ca. 100 l/s (siehe Kapitel 5.1.3) und einer PFOS-Konzentrationen von ca. 0,1 – 0,15 µg/l mit ca. **300 – 450 g/a** PFOS die Hälfte der die Liegenschaft verlassenden Gesamtfracht beisteuert. Die in diesen beiden Vorflutern ermittelten PFOS-Frachten passen gut zu den abgeschätzten Grundwasserfrachten der Fahnen südlich beider Vorfluter, die ihre PFC-Frachten überwiegend in die Vorfluter abgeben, was sich in der PFOS-Verteilungskarte als nördliche Berandung der PFOS-Fahnen widerspiegelt.

Das den Flugplatz in nördliche Richtung verlassende Oberflächenwasser am Messpunkt „Ablauf Nordost“ weist aktuell eine PFOS-Konzentration von 0,15 µg/l auf, ebenso wie die Westenhauser Ach (an allen vier Messpunkten, PFOS 0,073 – 0,2 µg/l) deutliche PFC-Belastungen aufweist. Selbst in der Irschinger Ach, die ca. fünf km nördlich des Flugplatzes im Nahbereich der Donau verläuft (siehe Abbildung 2-1), sind noch deutliche Belastungen (PFOS 0,22 µg/l) mit ähnlichem Konzentrationsniveau wie in der Westenhauser Ach feststellbar. Auch nach Zusammenfluss mit dem Wellenbach können an der Irschinger Ach noch deutliche Belastungen (PFOS 0,14 µg/l, Probe „Mischwasser“) nachgewiesen werden. Im nördlich von Rockolding verlaufenden Wellenbach, der 2018 erstmalig untersucht wurde, konnten keine PFC nachgewiesen werden.

Dies zeigt die weiträumige Verfrachtung der PFC-Verunreinigungen über den Oberflächenwasserpfad auf.

Auch in den nördlich des Flugplatzes gelegenen, grundwassergespeisten Baggerseen zeigt sich die nach Nordosten gerichtete Hauptkontaminationsfahne durch die höchsten Belastungen in den ██████████ ██ ██ ██. Deutliche Belastungen werden des Weiteren im ████████████████████ ████████████████████ gemessen. In den Baggerseen ████████████████████ liegt die PFOS-Konzentration etwas niedriger. Bislang nahezu unbelastet ist ██ ████████████████████.

Die am Südrand der Liegenschaft gelegenen Zuflüsse/Abflüsse sind dagegen nahezu unbelastet.

Im zeitlichen Verlauf kann weiterhin kein eindeutiger Trend erkannt werden. Aktuell sind sowohl steigende, gleichbleibende und fallende PFOS-Konzentrationen gemessen worden. Die Konzentrationsschwankungen sind vermutlich auf jahreszeitlich bedingte Änderungen des Abflussregimes zurückzuführen.

5.2 Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse einzelner KVF/KF

Die Bewertung der Gefährdung des Grundwassers für die einzelnen Teilflächen wird aus der Summe der Ergebnisse der Phase I, Phase-IIa, Phase-IIb-1 Untersuchungen und sonstiger Voruntersuchungen abgeleitet. Dazu wurden eine repräsentative Anzahl von Untersuchungspunkten und ein durch BBodSchV und LfW Merkblatt 3.8/1 vorgegebener Parameterumfang nach Stand des bodenschutzrechtlichen Vorgehensweise untersucht. Räumliche Restrisiken (punktuelle Belastungen zwischen den Untersuchungspunkten) sind nicht zu vermeiden. Eine abfallrechtliche Beurteilung war nicht Teil des Auftrages.

Die durchgeführten Phase IIb-2 Untersuchungen beschränken sich rein auf die Klärung PFC-bedingter Kontaminationen.

Zur Bewertung der PFC-Verunreinigung im Boden/Grundwasser wird in Abstimmung mit dem BAIUDBw Kompetenzzentrum Baumanagement München Referat K6 der Einzelparameter PFOS als Leitparameter definiert, da die PFC-Belastung hauptsächlich auf PFOS zurückzuführen ist und PFOS für einen Großteil der Überschreitungen der vorläufigen Stufen- bzw. Schwellenwerte verantwortlich ist.

Die Dominanz der Einzelsubstanz PFOS wird vor allem bei den Eluat- bzw. Feststoffuntersuchungen deutlich (siehe Abbildung 5-4). Im Grund- und Oberflächenwasser ist die Dominanz von PFOS zwar weniger deutlich ausgeprägt, dennoch ist auch hier PFOS der Hauptparameter. Daneben wurden auch für PFHxS, PFNA und H4PFOS noch nennenswerte Belastungen gemessen.

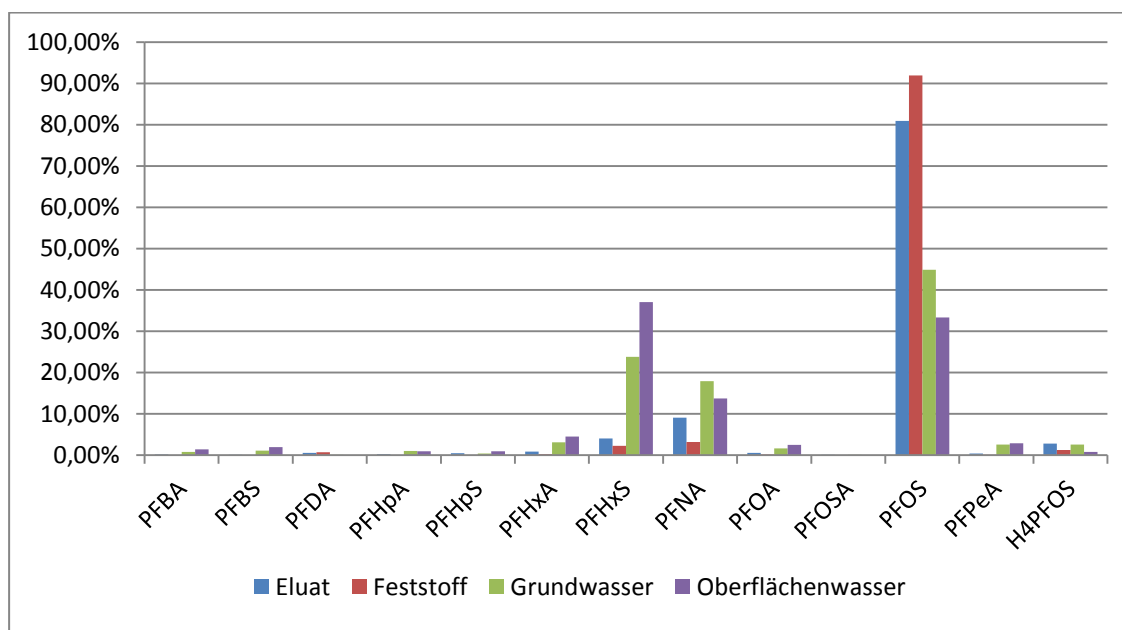


Abbildung 5-4: Prozentuale Verteilung Einzelparameter nach Medium

Bei den Bodenuntersuchungen (S4-Eluat) wurden die vorläufigen Stufenwerte des LfU hauptsächlich für PFOS, PFNA und PFHxS überschritten (siehe Tabelle 5-8). Zahlreiche Überschreitungen wurden des Weiteren für H4PFOS und PFOA festgestellt. Für die restlichen Einzelparameter wurden vereinzelt bzw. keine Stufenwertüberschreitungen festgestellt.

In 573 von 661 Proben wurden PFC nachgewiesen. Dabei kam es zur Überschreitung der (vorläufigen) Stufe-2-Werte bei 161 Proben und zur Überschreitung der (vorläufigen) Stufe-1-Werte bei 162 Proben.

Tabelle 5-8: PFC-Belastung der Bodenproben (S4-Eluat) nach Einzelparameter

| Einzelsubstanz | Mittelwert [µg/l] | Anzahl Analysen (661 Stück) | | | | prozentuale Verteilung |
|----------------|-------------------|-----------------------------|------|-----|-----|------------------------|
| | | <NWG | >NWG | >S1 | >S2 | |
| PFBA | 0,03 | 607 | 54 | 0 | 0 | 0,2% |
| PFBS | 0,03 | 653 | 8 | 0 | 0 | 0,0% |
| PFDA | 0,10 | 598 | 51 | 8 | 4 | 0,6% |
| PFHpA | 0,07 | 624 | 35 | 2 | 0 | 0,2% |
| PFHpS | 0,08 | 598 | 58 | 5 | 0 | 0,5% |
| PFHxA | 0,07 | 528 | 133 | 0 | 0 | 0,9% |
| PFHxS | 0,12 | 300 | 278 | 57 | 26 | 4,1% |
| PFNA | 0,26 | 285 | 228 | 100 | 48 | 9,1% |
| PFOA | 0,06 | 555 | 95 | 6 | 5 | 0,6% |
| PFOSA | 0,02 | 646 | 15 | 0 | 0 | 0,0% |
| PFOS | 1,61 | 111 | 259 | 149 | 142 | 80,9% |
| PFPeA | 0,06 | 588 | 73 | 0 | 0 | 0,4% |
| H4PFOS | 0,35 | 574 | 68 | 8 | 11 | 2,8% |
| PFC Summe | 1,91 | 88 | 573 | | | |

5.2.1 KF 066: Feuerlöschübungsbecken

Abbildung 5-5 zeigt einen Übersichtsplan der KF 066.

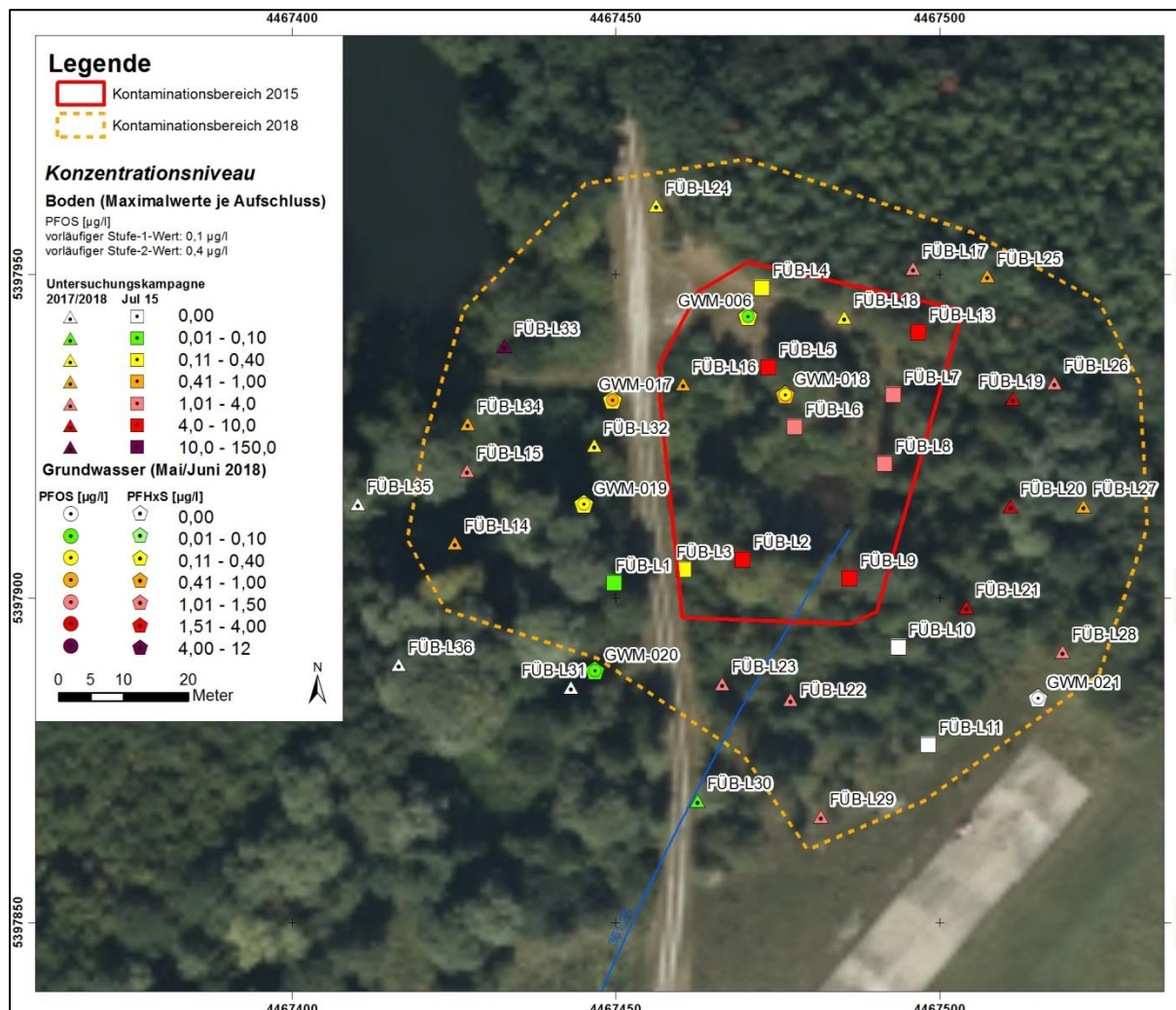


Abbildung 5-5: Lageplan Feuerlöschübungsbecken (KF 66)

5.2.1.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Durch den Einsatz von PFC-haltigen Feuerlöschmitteln im Zuge von regelmäßigen Übungen der Standortfeuerwehr wurden Bodenbelastungen in der ungesättigten Bodenzone hervorgerufen, die erhöhte PFC-Gehalte im Grundwasser im Abstrombereich der KF 066 nach sich ziehen.

Dieser Sachverhalt wurde im Zuge der Phase IIb-1 Untersuchungen im Jahr 2015 festgestellt. Die Untersuchungen erbrachten damals an sieben Aufschlüssen Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte am Ort der Probenahme. Stufe-2-Wert-Überschreitungen wurden auch im Grundwasserschwankungsbereich festgestellt, sodass auch für den Ort der Beurteilung von Stufe-2-Wert-Überschreitungen ausgegangen werden konnte. Dies wurde auch durch Grundwasserbelastungen in den

abstromig gelegenen Grundwassermessstellen über den vorläufigen Schwellenwerten belegt. Damit hatte sich der Gefahrenverdacht für die KF 066 bestätigt, die eine erhebliche Grundwasserverunreinigung bewirkt.

Durch die durchgeführten Untersuchungen konnte jedoch keine vollständige laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche erzielt werden, womit für die KF 066 die Gefährdungsabschätzung nicht abgeschlossen werden konnte. Es waren somit weitere Erkundungsmaßnahmen zur weiteren Abgrenzung des Kontaminationsbereichs angezeigt.

Im Untersuchungskonzept vom 30. Oktober 2016 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an zehn Ansatzpunkten (im Weiteren Umgriff der bislang bekannten Kontaminationsfläche und im vermuteten Anfahrbereich der Feuerwehr-KFZ, Bezeichnung FÜB-L14 – FÜB-L23) zur Eingrenzung der Belastungen im Boden bis in die wassergesättigte Bodenzone. Schicht- bzw. meterweise Probenahme. Untersuchung aller Proben auf PFC (13 Einzelparameter) gemäß LfU-Leitlinien im S4-Eluat.
- Errichtung von drei Grundwassermessstellen (DN 125, GWM-019 - GWM-021) im potenziellen An-/Abstrom der KF zur Ermittlung der hydrogeologischen Verhältnisse und zur Abgrenzung der Belastungen im Grundwasser durch Entnahme von jeweils mindestens zwei Grundwasserproben inkl. Analytik auf PFC gemäß LfU-Leitlinien.

Nachdem die im November/Dezember 2017 durchgeführten Liner-Sondierungen weiterhin keine vollständige laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche zuließen, wurden im April/Mai 2018 weitere 13 Liner-Sondierungen (Bezeichnung FÜB-L24 – FÜB-L36) im Umgriff abgeteuft und daraus ausgewählte Proben auf PFC (13 Einzelparameter) gemäß LfU-Leitlinien im S4-Eluat analysiert.

5.2.1.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

In der Phase I Erkundung durch BFM wurde für die KF 066 lediglich die Aussage getroffen, dass „Schaumflüssigkeiten“ verwendet wurden und der Verdacht einer PFC-Kontamination geäußert.

Laut einer „Historischen Recherche“ des BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 wurden an der KF 066 regelmäßige Übungen mit PFC-haltigem Löschmittel durchgeführt. Das Feuerlöschübungsbecken wurde im Jahr 1979 errichtet. Bei der heute bewachsenen Fläche handelte es sich früher um ein Freigelände (siehe Abbildung 5-6).

Historische Planunterlagen deuten darauf hin, dass das Feuerlöschübungsbecken nach der „Standardplanung“ des Finanzbauamtes Düren errichtet wurde. Der Durchmesser nach Standardplanung betrug 24 m. Der Aufbau des Feuerlöschübungsbeckens ist in Abbildung 5-7 dargestellt. Es handelt sich um ein technisches Bauwerk mit mehreren

Dichtelementen (Pflasterung gesägtes Eichenholzpflaster, Schutzfolie, Baustahlgewebe, Unterbeton B 15). In der Mitte der befestigten Übungsfläche war eine Entleerungsleitung angebracht, über die das anfallende Gemisch aus Brennstoff, Löschmittel und Wasser über einen Schlammfang und Ölabscheider in den nahegelegenen Baggersee 12 eingeleitet wurde. Die Beprobung und Analyse des Baggerseewassers erbrachte lediglich PFC-Belastungen in der Größenordnung der umliegenden Grundwassermessstellen (drei Untersuchungen in 2015, PFOS 0,39 – 0,51 µg/l), was plausibel erscheint, da der Baggersee nichts anderes als ein größerer Grundwasseraufschluss ist.

Das Feuerlöschübungsbecken wird seit Anfang 1987 nicht mehr genutzt. Abbildung 5-6 zeigt das Feuerlöschübungsbecken kurz nach der Stilllegung im Jahr 1988.



Abbildung 5-6: Luftbildaufnahme ehemaliges Feuerlöschübungsbecken 1988

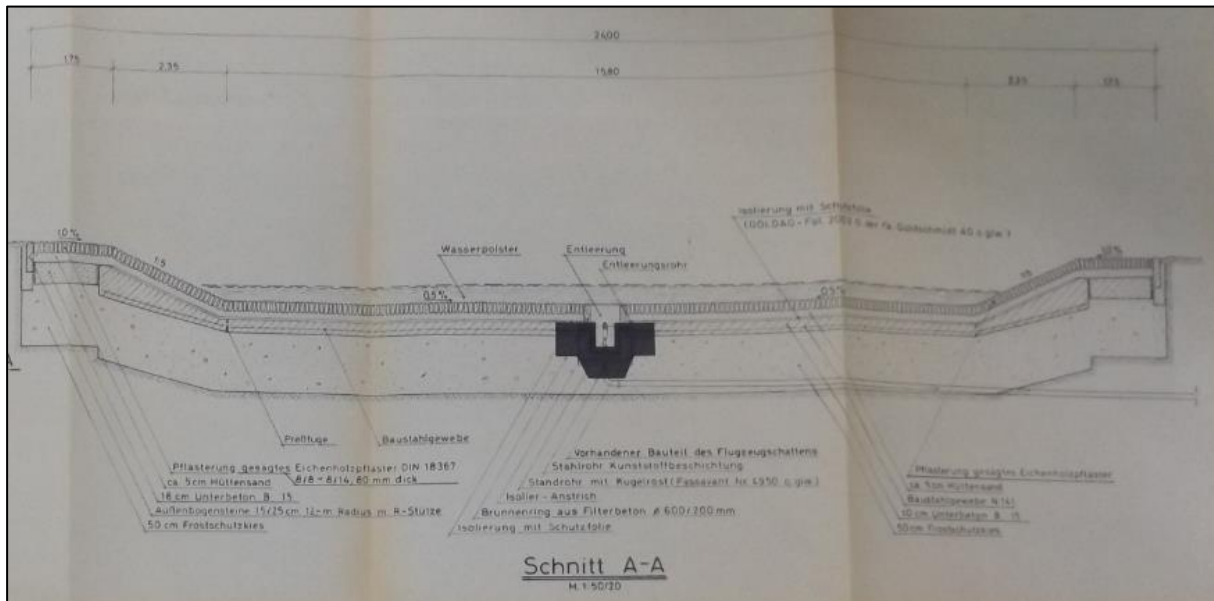


Abbildung 5-7: Querschnitt Feuerlöschübungsbecken nach Standardplanung

Bei den Übungen, die mindestens einmal pro Monat abgehalten wurden, wurde Wasser ins Becken eingelassen und anschließend Kerosin darauf verteilt. Der Schaum ist durch das Löschen auch im Umkreis des Beckens zu finden. Nach Angaben der Feuerwehr, die durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 erhoben wurden, wurde ca. 500 - 700 l Schaummittel pro Übung ausgebracht. Das Becken wurde meistens von Westen angefahren. Die Feuerwehrfahrzeuge (FW-KFZ) begannen ca. 50 – 60 m vor dem Becken das Schaummittel anzustellen. Dabei wurde das Wurfrohr jedoch zunächst auf den Boden gerichtet, um einen Schaumteppich zum Schutz des FW-KFZ zu bilden. Kurz vor Erreichen des Übungsbeckens wurde das Wurfrohr aufgerichtet.

Die bislang durchgeführten Untersuchungen an der KF 066 sind in Tabelle 5-9 dargestellt. Die Untersuchungsergebnisse der Bodenuntersuchungen (anhand des Einzelparameters PFOS) sind des Weiteren in Tabelle 5-11 dargestellt.

Tabelle 5-9: Bisherige Untersuchungen KF 066

| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIa (BFM, 2013): | |
|---|---|
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung und Untersuchung einer Grundwassermessstelle (BwDLZ-GWM-006); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (0,92 µg/l) und PFHxS (0,72 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1 (Gibs, 2015): | |
| Boden: | 12 Linersondierungen, 65 Bodenproben, Analyse von 52 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung des vorläufigen Stufe-2-Wertes in 18 Proben, Überschreitung des vorläufigen Stufe-1-Wertes in 6 Proben Erkundete Kontaminationsfläche: ca. 2.000 m ² Fracht mittel/max: ca. 0,2 g/a / 0,4 g/a |
| Grundwasser: | Errichtung von 2 und Untersuchung von 3 Grundwassermessstellen (BwDLZ-GWM-017, BwDLZ-GWM-018, BwDLZ-GWM-006), Geringfügige Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,17 – 0,35 µg/l) und PFHxS (max. 0,16 – 0,28 µg/l) |

5.2.1.3 Boden- und Untergrunderbau

Der bei den 23 Linersondierungen angetroffene Untergrunderbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden durchgehend sandige und kiesige Lagen bis zur Endteufe erkundet. Die Sondierungen reichen bis in Tiefen von 3,9 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.1.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-11 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS dargestellt. Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt.

Am ehemaligen Feuerlöschübungsbecken wurden an 16 der 23 Aufschlüsse die vorläufigen Stufe-2-Werte und an vier weiteren die vorläufigen Stufe-1-Werte überschritten. An den restlichen drei Aufschlüssen wurden keine Stufenwertüberschreitungen festgestellt.

Die höchsten Gehalte wurden östlich des Übungsbeckens an den Aufschlüssen FÜB-L19 (PFOS 8,2 µg/l), FÜB-L20 (PFOS 5,3 µg/l) und FÜB-L21 (PFOS 10 µg/l) und nordwestlich des Übungsbeckens bei FÜB-L33 (PFOS 11 µg/l) gemessen. Mit zunehmendem Abstand zum Übungsbecken nehmen die Gehalte ab, wobei vor allem in östlicher Richtung weiterhin deutliche Belastungen mit Überschreitungen der Stufe-2-Werte an den Aufschlüssen FÜB-L17, FÜB-L26, FÜB-L27 und FÜB-L28 (PFOS 0,86 –

2,8 µg/l) gemessen wurden. Die Aufschlüsse, die im Westen bzw. Südwesten (FÜB-L30, FÜB-L21, FÜB-L35, FÜB-L36) sowie im Norden (FÜB-L18, FÜB-L24) des Übungsbeckens liegen, weisen dagegen deutlich niedrigere Gehalte auf. In diesem Bereich wurden die vorläufigen Stufe-1-Wert nur vereinzelt überschritten.

Des Weiteren wurden zur Ermittlung des PFC-Potenzials im Boden Feststoffuntersuchungen an ausgewählten Bodenproben durchgeführt. Tabelle 5-10 zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchungen im Vergleich zur ermittelten PFC-Belastung im S4-Eluat anhand des Hauptparameters PFOS.

Tabelle 5-10: Vergleich PFC-Belastung Feststoff / S4-Eluat anhand von PFOS

| Aufschluss | FÜB-L26 | | | FÜB-L33 | | |
|------------------|----------|-------|------------------------------------|----------|-------|------------------------------------|
| | S4-Eluat | Boden | Verhältnis Boden / S4- Eluat | S4-Eluat | Boden | Verhältnis Boden / S4- Eluat |
| Medium | | | | | | |
| Schicht 1 | 0,15 | 27 | 180 | 2,1 | 110 | 52 |
| Schicht 2 | 1,4 | 44 | 31 | 6,3 | 520 | 83 |
| Schicht 3 | 0,28 | 6,3 | 23 | 11 | 420 | 38 |
| Schicht 4 | 1,2 | 32 | 27 | 0,66 | 100 | 152 |
| Schicht 5 | 0,44 | 7,4 | 17 | 0,06 | <5 | - |
| Schicht 6 | 0,27 | <5 | - | | | |
| Schicht 7 | | | | | | |
| Schicht 8 | | | | | | |
| Mittel | 0,62 | 23 | 55 | 4,02 | 288 | 81 |
| Max | 1,40 | 44 | 180 | 11,00 | 520 | 152 |

Insgesamt belegen die durchgeführten Bodenuntersuchungen eine heterogene bzw. diffuse laterale/vertikale Verteilung der PFC-Kontamination (Tabelle 5-11). In den obersten Bodenschichten (Oberboden/Auffüllungsbereiche) wurden zumeist niedrigere Konzentrationen festgestellt als in den unterlagernden Schichten, was als Teilentfrachtung gewertet wird. Angesichts der kommunizierten Betriebseinstellung im Jahr 1987 erscheint dies plausibel. Mit Übergang zur gesättigten Bodenzone bei ca. 1,5 m u. GOK wurden dagegen deutlich niedrigere PFC-Gehalte und nur vereinzelte Stufe-1-Wert-Überschreitungen festgestellt.

In den randlichen Untersuchungspunkten wurden zumeist fallende PFC-Konzentrationen ermittelt.

Aus den Verhältnissen der Analysenergebnisse Feststoffextraktion zu Elutionswerten wird deutlich, dass eine Multiplikation der Eluatkonzentration mit dem Faktor 10 zu kurz gegriffen ist, um das Schadstoffpotential im Feststoff zu erhalten.

Tabelle 5-11: Kontaminationsverteilung Feuerlöschübungsbecken (KF 066) anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Endtiefe [m u. GOK] | Phase Schicht | PFOS [µg/l] | | | | | | | | | | Andere einstufigsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|---------------------|------------------|-------------|--------|--------|------|-------|------|------|------|--------|------|--|-----------------------------------|
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Mittel | Max | | |
| FÜB-L1 | 4 | 3 | 2,4 | 2015 | 0,091 | 0,086 | 0,069 | | | | | | | 0,08 | 0,09 | |
| FÜB-L2 | 6 | 6 | 2,4 | 2015 | 0,058 | 0,37 | 6,5 | 3 | 1,2 | 0,12 | | | | 1,88 | 6,50 | |
| FÜB-L3 | 5 | 4 | 2,4 | 2015 | <0,050 | <0,050 | 0,17 | 0,22 | | | | | | 0,10 | 0,22 | |
| FÜB-L4 | 5 | 3 | 2,4 | 2015 | <0,050 | 0,11 | 0,19 | | | | | | | 0,10 | 0,19 | |
| FÜB-L5 | 6 | 5 | 2,4 | 2015 | 0,63 | 1,3 | 6,1 | 0,33 | 0,052 | | | | | 1,68 | 6,10 | |
| FÜB-L6 | 5 | 5 | 2,4 | 2015 | <0,050 | 3,5 | 2,3 | 2,4 | 0,12 | | | | | 1,66 | 3,50 | |
| FÜB-L7 | 6 | 5 | 2,4 | 2015 | <0,050 | 0,32 | 0,99 | 1,8 | 0,3 | | | | | 0,68 | 1,80 | |
| FÜB-L8 | 5 | 5 | 2,4 | 2015 | 0,14 | 1,7 | 0,54 | 2,1 | 0,25 | | | | | 0,95 | 2,10 | |
| FÜB-L9 | 6 | 5 | 2,4 | 2015 | 0,3 | 0,21 | 2 | 4,6 | 0,21 | | | | | 1,46 | 4,60 | |
| FÜB-L10 | 4 | 3 | 2,4 | 2015 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | | | | | | | n.n. | n.n. | |
| FÜB-L11 | 7 | 3 | 2,4 | 2015 | <0,050 | <0,050 | <0,050 | | | | | | | n.n. | n.n. | |
| FÜB-L13 | 6 | 5 | 2 | 2015 | 0,19 | 1 | 4,2 | 1,8 | 0,098 | | | | | 1,46 | 4,20 | |
| FÜB-L14 | 5 | 5 | 3,6 | 2017 | 0,2 | 0,82 | 0,13 | 0,04 | 0,02 | | | | | 0,24 | 0,82 | |
| FÜB-L15 | 5 | 5 | 3,6 | 2017 | 0,11 | 1,2 | 0,02 | 0,04 | <0,0 | | | | | 0,34 | 1,20 | |
| FÜB-L16 | 7 | 7 | 3,6 | 2017 | 0,02 | 0,22 | 0,09 | 0,52 | 0,1 | 0,05 | 0,06 | | | 0,15 | 0,52 | |
| FÜB-L17 | 7 | 7 | 3,9 | 2017 | 0,03 | 1 | 2,8 | 0,89 | 0,07 | 0,03 | <0,0 | | | 0,80 | 2,80 | |
| FÜB-L18 | 5 | 5 | 3,9 | 2017 | 0,21 | 0,23 | 0,03 | 0,01 | <0,0 | | | | | 0,12 | 0,23 | |
| FÜB-L19 | 7 | 7 | 3,9 | 2017 | 0,7 | 0,69 | 3,9 | 8,2 | 0,17 | 0,06 | 0,11 | | | 1,98 | 8,20 | |
| FÜB-L20 | 8 | 8 | 3,9 | 2017 | 0,54 | 1,5 | 5,3 | 2 | 0,67 | 0,24 | 0,04 | <0,0 | | 1,47 | 5,30 | |
| FÜB-L21 | 7 | 7 | 3,6 | 2017 | 0,07 | 0,14 | 10 | 1,6 | 0,02 | 0,02 | <0,0 | | | 1,98 | 10,0 | |
| FÜB-L22 | 5 | 5 | 3,6 | 2017 | 0,25 | 2,8 | 1,7 | 0,06 | 0,02 | | | | | 0,97 | 2,80 | |
| FÜB-L23 | 7 | 7 | 3,6 | 2017 | 0,01 | 0,03 | 2 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | <0,0 | | | 0,36 | 2,00 | |
| FÜB-L24 | 8 | 6 | 3,9 | 2018 | <0,01 | 0,01 | 0,29 | 0,14 | 0,03 | <0,0 | | | | 0,12 | 0,29 | |
| FÜB-L25 | 6 | 5 | 3,9 | 2018 | <0,01 | 0,58 | 0,04 | 0,1 | 0,06 | | | | | 0,20 | 0,58 | Schicht 3: PFHxS > S1 (0,29 µg/l) |
| FÜB-L26 | 6 | 6 | 3,9 | 2018 | 0,15 | 1,4 | 0,28 | 1,2 | 0,44 | 0,27 | | | | 0,62 | 1,40 | Schicht 3: PFHxS > S2 (3,1 µg/l) |
| FÜB-L27 | 7 | 4 | 3,9 | 2018 | 0,86 | 0,73 | 0,08 | 0,07 | <0,0 | | | | | 0,44 | 0,86 | Schicht 3: PFHxS > S1 (0,11 µg/l) |
| FÜB-L28 | 6 | 5 | 3,9 | 2018 | 0,29 | 1,1 | 0,08 | <0,0 | <0,0 | | | | | 0,49 | 1,10 | |
| FÜB-L29 | 7 | 5 | 3,9 | 2018 | 0,08 | 1,2 | 1,3 | 1,9 | 0,07 | | | | | 0,91 | 1,90 | |
| FÜB-L30 | 6 | 5 | 3,9 | 2018 | <0,01 | <0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | | | | | 0,03 | 0,05 | |
| FÜB-L31 | 6 | 4 | 3,9 | 2018 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,0 | | | | | | n.n. | n.n. | Schicht 4: PFNA > S1 (0,11 µg/l) |
| FÜB-L32 | 7 | 5 | 3,9 | 2018 | 0,11 | 0,03 | 0,24 | <0,0 | | 0,02 | | | | 0,10 | 0,24 | |
| FÜB-L33 | 6 | 5 | 3,9 | 2018 | 2,1 | 6,3 | 11 | 0,66 | 0,06 | | | | | 4,02 | 11,0 | Schicht 5: PFHxS > S1 (0,13 µg/l) |
| FÜB-L34 | 6 | 5 | 3,9 | 2018 | <0,01 | <0,03 | 1 | 0,01 | <0,0 | | | | | 0,51 | 1,00 | |
| FÜB-L35 | 5 | 4 | 3,9 | 2018 | <0,01 | <0,03 | <0,03 | <0,0 | | | | | | n.n. | n.n. | |
| FÜB-L36 | 7 | 4 | 3,9 | 2018 | <0,01 | <0,03 | <0,03 | <0,0 | | | | | | n.n. | n.n. | |

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind im Kapitel 5.1.5 in Tabelle 5-4 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Im Nahbereich des Feuerlöschübungsbeckens befinden sich insgesamt sechs Grundwassermessstellen. Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden für PFOS und PFHxS an den Messstellen BwDLZ-GWM-006 sowie BwDLZ-GWM-017 - BwDLZ-GWM-019 festgestellt, die alle im Abstrombereich der KF liegen. Die aktuellen Untersuchungen lieferten für die Messstellen BwDLZ-GWM-017 - BwDLZ-GWM-019 die höchsten Konzentrationen (PFOS max. 0,4 – 0,7 µg/l; PFHxS max. 0,5 – 0,6 µg/l), an der BwDLZ-GWM-006 wurden etwas geringere Gehalte festgestellt (PFOS max. 0,1 µg/l, PFHxS max. 0,2 µg/l). Keine Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden in der im Anstrom gelegenen BwDLZ-GWM-021 (alle Parameter unterhalb der Nachweisgrenze) bzw. im Seitstrom gelegenen BwDLZ-GWM-020 (PFOS und PFHxS in Spuren) festgestellt.

Die Konzentrationen für PFOS und PFHxS liegen in den belasteten Messstellen durchgängig < 1 µg/l. Ein genereller Konzentrationstrend ist nicht erkennbar. Während an der BwDLZ-GWM-006 die Konzentrationen kontinuierlich sinken, wurde an den Messstellen BwDLZ-GWM-017 - BwDLZ-GWM-019 im Mai 2018 Maximalkonzentrationen detektiert, die im Juli 2018 jedoch wieder deutlich zurückgingen.

5.2.1.5 Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen am Feuerlöschübungsbecken belegen eindeutig den Eintrag von PFC-haltigen Schaummitteln in die ungesättigte und gesättigte Bodenzone. Insgesamt belegen die durchgeführten Bodenuntersuchungen eine heterogene bzw. diffuse laterale/vertikale Verteilung der PFC-Kontamination. Die Konzentrationsverteilung deutet auf eine langsame vertikale Verfrachtung der PFC hin. Da das Feuerlöschübungsbecken nicht mehr zu Übungszwecken verwendet wird und somit kein weiterer oberflächlicher Eintrag stattfinden kann, sind die Gehalte oberflächlich geringer als in den unterlagernden Bodenpartien (Teilentfrachtung).

Durch die durchgeführten Untersuchungen konnte zwar keine vollständige laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche erzielt werden, fallende PFC-Konzentrationen in den randlichen Untersuchungspunkten deuten jedoch einen Rückgang der PFC-Belastung an, so dass damit für eine Gefährdungsabschätzung ausreichend plausible Grundlageninformationen vorliegen. Dass weitere Detailuntersuchungen in der hier dokumentierten Untersuchungsphase notwendig waren, wird an der dadurch deutlich gewonnenem Erkenntnis offensichtlich, was die Flächengröße der Kontamination anbelangt (s. Abb. 5-6). Der Kontaminationsbereich hat sich gegenüber der Phase IIa/b-1 mehr als versechsfacht.

Die bislang erkundete Kontaminationsfläche, auf der Stufenwertüberschreitungen festgestellt wurden, umfasst eine Fläche von ca. 8.500 m². Für diesen Kontaminationsbereich wurde eine mittlere (berechnet als Mittelwert der Maximalkonzentrationen je Ansatzpunkt) und eine maximale Konzentration ermittelt, mit welcher über die Sickerwassermenge eine mittlere bzw. maximale Fracht berechnet wurde. Die Ergebnisse der Frachtbetrachtung (für PFOS) sind in Tabelle 5-12 dargestellt.

Tabelle 5-12: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) KF 066

| Bereich | Flächen- größe | GW- Neubildung | Sickerwasser- menge | Konz. mittel | Konz. max. | Fracht mittel | Fracht max. |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|
| | [m ²] | [mm] | [m ³ /d] | [µg/l] | [µg/l] | g/a | g/a |
| Phase 2015 | 1.300 | 50 | 0,18 | 3,10 | 6,50 | 0,2 | 0,4 |
| Phase 2017/2018 | 7.200 | 50 | 0,99 | 2,8 | 11 | 1,0 | 4,0 |
| Gesamt | 8.500 | 50 | 1,16 | 2,8 | 11 | 1,2 | 4,7 |

Aus den ermittelten Elutionsraten (Vergleich Feststoffextraktion/Elution) lassen sich die Schadstoffpotentiale (PFOS) aus den durchschnittlichen Elutionskonzentrationen und der ermittelten Kubatur abschätzen. Im Bereich der KF 066 ergibt sich eine Bandbreite des Schadstoffpotentials von ca. 5 – 8 kg PFOS.

Die nachfolgende Tabelle 5-13 zeigt die wesentlichen Daten im Bereich zweier Transekte (An-/Abstrom) und die sich daraus ergebenden Frachten, die den Standort im Grundwasser verlassen. Daraus ergibt sich mit ca. 30 g PFOS p.a. eine deutlich höhere Fracht wie über die Grundwasserneubildung abgeschätzt (siehe Tabelle 5-12). Für die Gefährdungsabschätzung empfehlen wir, die aus den Grundwassertransekten ermittelten Schadstofffrachten heran zu ziehen. Diese sind aus unserer Erfahrung deutlich plausibler als die Frachten, die sich aus der Abschätzung der Grundwasserneubildung ergeben.

Tabelle 5-13: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) im Grundwasser KF 066

| Kontaminationsfläche | Feuerlöschübungsbecken | | |
|---------------------------------|------------------------|----------------------|-----------|
| | Anstrom | Abstrom | Differenz |
| Abstrombreite Fahne [m] | 70 | 81 | |
| mittlere Aquifermächtigkeit [m] | 7,5 | 7,5 | |
| kf-Wert [m/s] | 5 • 10 ⁻³ | 5 • 10 ⁻³ | |
| Hydraulisches Gefälle i [-] | 0,0014 | 0,0014 | |
| GW-Umsatz [l/s] | 3,5 | 4,1 | |
| GW-Umsatz [m ³ /d] | 306 | 355 | |
| mittlere Konz. PFOS [µg/l] | 0,00 | 0,25 | |
| Fracht PFOS [g/d] | 0,00 | 0,09 | 0,09 |
| Fracht PFOS [g/a] | 0 | 32 | 32 |

Nach der Arbeitshilfe LAWA/LABO-Arbeitshilfe „Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen“ überschreitet die berechnete Fracht die zu tolerierende Fracht einer kleinräumigen Grundwasserverunreinigung, die bei PFOS rechnerisch bei ca. 17 g/a liegt. Zusätzlich ergibt sich aus den ermittelten Flächen (Kontaktfläche, Fläche Grundwasserfahne), dass keine Einordnung als kleinräumige Grundwasserverunreinigung (1.000 m²) vorgenommen werden kann.

5.2.1.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-14 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KF 066. Die Untersuchungen erbrachten an 16 der 23 Aufschlusspunkten Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte und an vier weiteren Überschreitungen der vorläufigen Stufe-1-Werte am Ort der Probenahme. Stufe-2-Wert-Überschreitungen wurden auch im Grundwasserschwankungsbereich festgestellt, sodass auch für den Ort der Beurteilung von Stufe-2-Wert-Überschreitungen ausgegangen werden kann. Dies wird auch durch die Grundwasserbelastungen in den abstromig gelegenen Grundwassermessstellen über dem vorläufigen Schwellenwert belegt.

Obwohl auch durch die aktuellen Untersuchungen keine vollständige laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche erzielt werden konnte (jedoch aufgrund des Konzentrationsverlaufes erahnt werden kann), ist aus Sicht des Gutachters bei derzeitigem Kenntnisstand eine abschließende Gefährdungsabschätzung für die KF 066 möglich.

Damit ergibt sich an der KF 66 eine erhebliche Grundwasserverunreinigung, die aufgrund der berechneten Ausmaße des Kontaminationsbereichs bereits bei aktuellem Kenntnisstand als großflächige Kontamination betrachtet werden muss. Für die KF 66 hat sich der Gefahrenverdacht damit bestätigt.

Die im Grundwasser ermittelte Schadstofffracht kann nicht einer kleinräumigen Grundwasserverunreinigung zugeordnet werden.

Zusammenfassende Bewertung

Die innerhalb der Phase I-Untersuchung festgestellten Hinweise auf schädliche Bodenveränderungen haben sich in der Phase IIa-Untersuchung bestätigt. Der Altlastenverdacht konnte damit bestätigt werden.

Innerhalb der anschließenden Untersuchungen der Phase IIb wurde diese bodenschutzrechtliche Einschätzung weiter bestätigt und eine laterale und vertikale Abgrenzung der schädlichen Bodenveränderung für die Zielsetzung Gefährdungsabschätzung ausreichend vorgenommen. Die PFC-Konzentrationen überschreiten den Stufenwert-2 auf einer nicht unerheblichen Flächengröße mehrerer Tausend m². In Verbindung mit dem Schadstoffbefund in den Teufen der ungesättigten

Zone ergibt sich damit ein deutliches Schadstoffpotential, das noch über sehr lange Zeiträume Schadstoff an das Grundwasser abgeben kann.

Über die zuvor beschriebene statistische Bandbreite der Konzentrationsverhältnisse zwischen Feststoff und Eluat wurde der Versuch unternommen, das Schadstoffpotential abzuschätzen. Hieraus resultiert rein rechnerisch ein PFOS-Potential von ca. 5 – 8 kg, dessen Höhe aber natürlich mit Unsicherheiten behaftet ist.

Durchgeführte Grundwasseruntersuchungen belegen eindeutig einen kausalen Zusammenhang zwischen den vorgefundenen PFC-Befunden im Boden (Mobilisierung durch Elution nachgewiesen) und den PFC-Befunden im Grundwasserabstrom des FÜB, die deutlich über den vorläufigen Schwellenwerten liegen (PFC in Anstrommessstellen < NG). Dies wurde durch mehrere Messungen an mehreren Messpunkten festgestellt. Im Sinne der PFC-Leitlinie (April 2017) liegt bei Überschreiten der vorläufigen Schwellenwerte *„...i.d.R. eine schädliche Veränderung des Grundwassers im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vor“*.

Damit ist belegt, dass von dem untersuchten Standort für das Allgemeingut Grundwasser eine Gefahr ausgeht. Erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit über den Pfad Grundwasser über die Grenzen der Liegenschaft hinaus, sind bei derzeitigem Kenntnisstand aufgrund der kleinräumigen Grundwasserfließrichtung und anzunehmenden Verdünnungseffekten eher unwahrscheinlich. Dadurch unterscheidet sich die KF 066 „Feuerlöschübungsbecken“ maßgeblich von der KF 104 „Alte Feuerwache“.

Allerdings existieren für das Grundwasser mehrere Gräben mit Vorflutfunktion. Dadurch resultieren erhebliche PFC-Befunde im Oberflächenwasser, die deutlich über der anzustrebenden Umweltqualitätsnorm liegen. Über den Pfad Oberflächenwasser existiert eine Außenwirkung, die i.S. des BBodSchG §4 als *„erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit“* gewertet werden können.

Eine akute Gefahr für Leib und Leben besteht aufgrund der bereits vorgenommenen Vorsorgemaßnahmen sowie dadurch, dass keine Trinkwassergewinnung im unmittelbaren Abstrom des Standortes liegt, nicht.

Für den Wirkungspfad Boden – Pflanze wurden innerhalb des Flughafenbereichs bereits Vorkehrungen getroffen (Mulchen), um den Grünschnitt an diesem Standort nicht in den Verkehr bzw. in die Nahrungskette zu bringen.

Nach BBodSchG §4 sind *„...Boden und Altlasten sowie durch schädliche Bodenverunreinigungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen.“*

Damit sind Maßnahmen i.S. des BBodSchG §4 angezeigt, was Dekontaminations- oder Sicherungsmaßnahmen oder – soweit nicht möglich oder unzumutbar – weitere Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen bedeuten kann.



Hierzu empfehlen wir unter Beachtung des BBodSchG §13 in einem abgestimmten Vorgehen Sanierungsuntersuchungen und Sanierungsplanungen anzugehen, in denen durch Varianten- und Machbarkeitsstudien unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit Maßnahmen zur dauerhaften Abwehr der zuvor beschriebenen Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen geprüft werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt trifft die zuständige Verwaltungsbehörde.

Laut AHBoGwS ergibt sich u. E. eine Einstufung in die Kategorie D.

Aufgrund der abgeschätzten Schadstoffpotentialhöhe und der Mobilisierung, der dadurch im Grundwasser verursachten Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte und der Schadstofffrachten ist die KF 066 (Feuerlöschübungsbecken) gegenüber der KF 104 (Alte Feuerwache) nachrangig zu behandeln, wobei mögliche Synergien im Gesamtkontextes eines Sanierungsplanes nicht unberücksichtigt bleiben sollten.

Tabelle 5-14: Zusammenfassung Feuerlöschübungsbecken (KF 066)

| KF 066: Feuerlöschübungsbecken (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|--|--|
| Nutzung: | Feuerlöschübungsbecken, Übungen mindestens einmal pro Monat, ca. 500 – 700 l Schaummittel pro Übung |
| Dauer: | Von 1979 bis 1987 |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIa: BfM (2013): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung einer Grundwassermessstelle (BwDLZ-GWM-006) Errichtung und Untersuchung einer Grundwassermessstelle (BwDLZ-GWM-006); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (0,92 µg/l) und PFHxS (0,72 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2015): | |
| Boden: | 12 Linersondierungen, 65 Bodenproben, Analyse von 52 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 7 Sondierungen bzw. 16 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte 2 Sondierungen bzw. 16 Proben Erkundete Kontaminationsfläche: ca. 2.000 m ² |
| Grundwasser: | Errichtung von 2 Grundwassermessstellen (BwDLZ-GWM-017, BwDLZ-GWM-018), dreimalige Beprobung/Analytik BwDLZ-GWM-006, BwDLZ-GWM-017, BwDLZ-GWM-018; Geringfügige Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,17 – 0,35 µg/l) bzw. PFHxS (0,16 - 0,28 µg/l) an allen drei GWMs |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-2: Gibs (2017): | |
| Boden: | 23 Linersondierungen, 146 Bodenproben, Analyse von 127 Bodenproben (S4-Eluat) bzw. 11 Bodenproben (Feststoff) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 16 Sondierungen bzw. 36 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte in 4 Sondierungen bzw. 18 Proben Erkundete Kontaminationsfläche: ca. 8.500 m ² Schadstoffpotential (PFOS): 5 - 8 kg Fracht (PFOS) aus Grundwasserneubildung/Eluat: 1 - 5 g/a |
| Grundwasser: | Errichtung/Untersuchung von 3 Grundwassermessstellen (BwDLZ-GWM-019 - BwDLZ-GWM-021), zweimalige Beprobung/Analytik an sechs GWMs (BwDLZ-GWM-006, BwDLZ-GWM-017 - BwDLZ-GWM-021); Geringfügige Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an vier GWMs für PFOS (max. 0,7 µg/l) bzw. PFHxS (max. 0,6 µg/l) Fracht mittel (PFOS): ca. 30 g/a |
| Bewertung und Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht und erhebliche Grundwasserverunreinigung bestätigt; Kontaminationsbereich weitestgehend abgegrenzt; abschließende Gefährdungsabschätzung möglich |
| Bewertung nach AHBöGwS: | Kat. D |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen im Sinne einer Sanierungsuntersuchung erforderlich |

5.2.2 KF 104: Alte Feuerwache

Abbildung 5-8 zeigt einen Übersichtsplan der KF 104 „Alte Feuerwache“. Im Zuge der aktuellen Untersuchungskampagne wurde deutlich, dass eine räumliche Trennung zu den KVF „westlich Alte Feuerwache“ bzw. der zwischenzeitlich recherchierten KVF „östlich Alte Feuerwache“ nicht zielführend ist, sodass die beiden genannten Bereiche der KF „Alte Feuerwache“ angefügt wurden und im vorliegenden Bericht als eine KF bewertet werden.

5.2.2.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Durch den Einsatz von PFC-haltigen Feuerlöschmitteln im Zuge der Wartung der Feuerwehr-KFZ nach Einsätzen/Übung bzw. regelmäßige Übungen der Standortfeuerwehr wurden Bodenbelastungen in der ungesättigten Bodenzone hervorgerufen, die erhöhte PFC-Gehalte im Grundwasser im Abstrombereich der KF 104 „Alte Feuerwache“ nach sich ziehen.

Dieser Sachverhalt wurde im Zuge der Phase IIb-1-Untersuchungen im Jahr 2015 festgestellt. Die Untersuchungen erbrachten damals an neun Aufschlüssen Überschreitungen des vorläufigen Stufe-2-Wertes am Ort der Probenahme. Stufe-2-Wert-Überschreitungen wurden auch im Grundwasserschwankungsbereich festgestellt, sodass auch für den Ort der Beurteilung von Stufe-2-Wert-Überschreitungen ausgegangen werden konnte. Dies wurde auch durch die Grundwasserbelastungen in den abstromig gelegenen Grundwassermessstellen über dem vorläufigen Schwellenwert belegt. Damit hatte sich der Gefahrenverdacht für die KF 104 bestätigt, die eine erhebliche Grundwasserverunreinigung bewirkt.

Durch die durchgeführten Untersuchungen konnte jedoch keine vollständige laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche erzielt werden, womit für die KF 104 die Gefährdungsabschätzung nicht abgeschlossen werden konnte. Es waren somit weitere Erkundungsmaßnahmen zur weiteren Abgrenzung des Kontaminationsbereichs angezeigt.

Im Untersuchungskonzept vom 30. Oktober 2016 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 13 Ansatzpunkten (im Weiteren Umgriff der bislang bekannten Kontaminationsfläche, Bezeichnung AFW-L12 – AFW-L24) zur Eingrenzung der Belastungen im Boden bis in die wassergesättigte Bodenzone. Schicht- bzw. meterweise Probenahme. Untersuchung aller Proben auf PFC gemäß LfU-Leitlinien im S4-Eluat.
- Errichtung von 4 Grundwassermessstellen (DN 125, GWM-022 - GWM-025) im potenziellen An-/Abstrom der KF zur Ermittlung der hydrogeologischen Verhältnisse und zur Abgrenzung der Belastungen im Grundwasser durch

Entnahme von jeweils mindestens zwei Grundwasserproben inkl. Analytik auf PFC gemäß LfU-Leitlinien.

Des Weiteren wurde für die KVF „westlich Alten Feuerwache“ folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 8 Ansatzpunkten (je vier auf beiden Seiten des Weges, Bezeichnung WAFW-L01 – WAFW-L08) zur Überprüfung des Kontaminationsverdachts im Boden bis in die wassergesättigte Bodenzone. Schicht- bzw. meterweise Probenahme. Untersuchung ausgewählter Proben auf PFC gemäß LfU-Leitlinien im S4-Eluat.
- Errichtung von 6 Piezometern (2“-Messstellen, P01 - P06) im potenziellen An-/Abstrom der KVF zur Ermittlung der hydrogeologischen Verhältnisse und zur Untersuchung der PFC-Belastungen im Grundwasser durch Entnahme von jeweils mindestens zwei Grundwasserproben inkl. Analytik auf PFC gemäß LfU-Leitlinien.

Im Bereich östlich der „Alten Feuerwache“ ergaben sich durch weitere Recherchen des BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 im Vorfeld der aktuellen Untersuchungen weitere Verdachtsmomente (siehe Kapitel 5.2.3.2). Zur Erkundung der KVF „östlich alte Feuerwache“ wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 24 Ansatzpunkten (Bezeichnung ÖAFW-L01 – ÖAFW-L24) zur Überprüfung des Kontaminationsverdachts im Boden bis in die wassergesättigte Bodenzone. Schicht- bzw. meterweise Probenahme. Untersuchung ausgewählter Proben auf PFC gemäß LfU-Leitlinien im S4-Eluat.
- Errichtung von vier Piezometern (2“-Messstellen, P07 – P10) im potenziellen An-/Abstrom der KVF zur Ermittlung der hydrogeologischen Verhältnisse und zur Untersuchung der PFC-Belastungen im Grundwasser durch Entnahme von jeweils mindestens zwei Grundwasserproben inkl. Analytik auf PFC gemäß LfU-Leitlinien.

Nachdem die im November/Dezember 2017 durchgeführten Liner-Sondierungen weiterhin keine vollständige laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche zuließen, wurden im April/Mai 2018 weitere 36 Liner-Sondierungen (Bezeichnung AFW-L25 – AFW-L36, WAFW-L09 – WAFW-L32) im Weiteren Umgriff abgeteuft und daraus ausgewählte Proben auf PFC (13 Einzelparameter) gemäß LfU-Leitlinien im S4-Eluat analysiert.

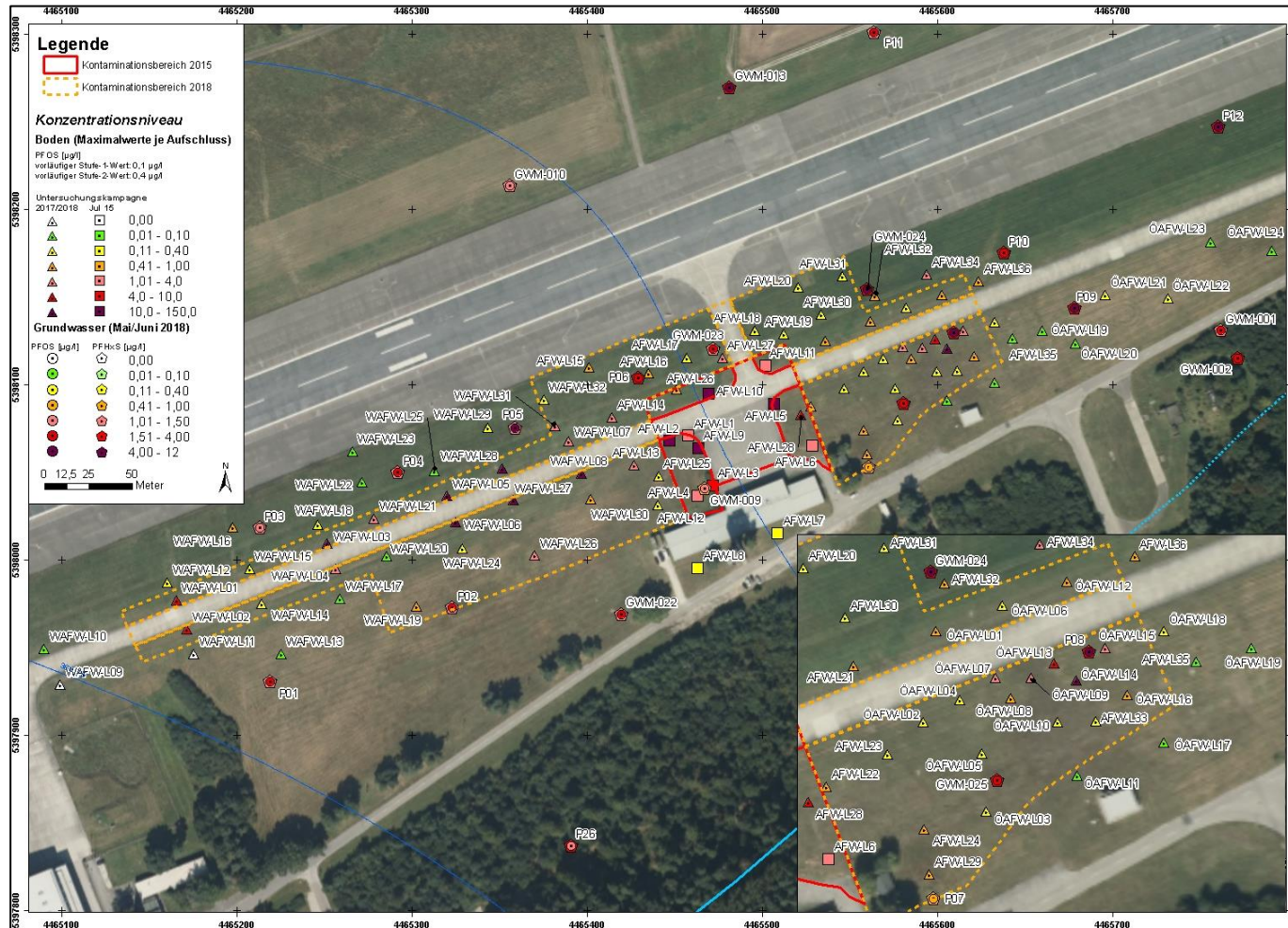


Abbildung 5-8: Lageplan Alte Feuerwache (KF 104)

5.2.2.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Die KF 104 „Alte Feuerwache“ war nicht Bestandteil der Phase I Erkundung. Eine Übersicht über die bisher durchgeführten Untersuchungen ist der Tabelle 5-15 zu entnehmen.

Tabelle 5-15: Übersicht über die bisherigen Untersuchungen an der KF 104

| Durchgeführte Untersuchungen Bodenuntersuchungen LfU, 2012: | |
|--|---|
| Boden: | Entnahme/Analytik von 2 Bodenproben auf PFC im Feststoff; deutliche PFC-Belastungen von ca. 2.600 µg/kg bzw. 10.600 µg/kg PFC |
| Grundwasser: | keine Grundwasseruntersuchungen |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIa (BFM, 2013): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung einer Grundwassermessstelle (BwDLZ-GWM-009); Deutliche Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an BwDLZ-GWM-009 (PFOS max. 9,57 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1 (Gibs, 2015): | |
| Boden: | 11 Linersondierungen, 63 Bodenproben, Analyse von 48 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 9 Sondierungen bzw. 27 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte 2 Sondierungen bzw. 13 Proben Erkundete Kontaminationsfläche: ca. 5.100 m ² |
| Grundwasser: | dreimalige Beprobung/Analytik BwDLZ-GWM-009 Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an BwDLZ-GWM-009 (PFOS max. 2,1 µg/l) |

Eine Befragung der Feuerwehr durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 im Zuge der Phase IIb-1 im Jahr 2015 erbrachte weitere wichtige Erkenntnisse zur KF 104. Das Gebäude wurde in den 60er Jahren gebaut und bis zur Fertigstellung der neuen Feuerwache im Jahr 2013 genutzt. Nach Einsätzen/Übungen wurden die Feuerwehr-KFZ (FW-KFZ) im Bereich des Hydranten (an der Südwestecke des Vorfelds) gereinigt. Dieser Bereich der Vorfeldfläche (entspricht dem ausgegrenzten Vorfeldbereich in Abbildung 5-8) ist an die Kanalisation angebunden. Dennoch sind auch in diesem Bereich Kontaminationen der seitlich angrenzenden Grünflächen möglich. Zur Reinigung des Löschschaums wurden sämtliche Ventile geöffnet. Generell wurde der restliche Löschschaum von diesem Standort aus „verspritzt“, bis kein Schaum mehr austrat. Die Länge und Breite der Schaumfläche betrug ca. 80 x 40 m, was durch die Wurfweite der FW-KFZ (ca. 70 - 80 m) bedingt ist. Allerdings ist davon auszugehen, dass der größte Teil dieser Reinigungen auf den befestigten Flächen stattgefunden hat.

Außerdem wurden auch an der alten Feuerwache Übungen durchgeführt. Hierzu wurde der „Taxiway“ westlich der „Alten Feuerwache“ auf einer Länge von ca. 150 Meter und etwas über die Breite des Weges geschäumt. Über die Häufigkeit dieser Übungen bzw. die dabei eingesetzten Schaummittelmengen liegen keine Angaben vor.

Weitere Recherchen des BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 im Vorfeld der aktuellen Untersuchungen erbrachten, dass östlich der „Alten Feuerwache“ weitere Betriebsflächen bzw. -gebäude durch die Feuerwehr genutzt wurden (siehe Abbildung 5-9). Das zentrale Gebäude mit Weganschluss zum „Taxiway“ wurde als Werkstatt- und Fahrzeughalle für FW-KFZ genutzt. Für Wartungsarbeiten war die Werkstatt bis ca. 1980 in Betrieb, danach wurde das Gebäude nur noch als Fahrzeughalle für FW-KFZ genutzt. Während der gesamten Nutzung bis zum Rückbau erfolgte jedoch das Reinigen/Spülen von FW-KFZ in diesem Bereich. Reinigungs- bzw. Spülarbeiten wurden an dem in Abbildung 5-9 dargestellten Unterflurhydrant durchgeführt.

Des Weiteren fanden westlich und östlich des Betriebsgebäudes sporadisch Übungen mit Löschschaum im Rahmen von Vorführungen („Tag der offenen Tür“) statt. Die genaue Lage und Häufigkeit solcher Vorführungen ist jedoch nicht bekannt.



Abbildung 5-9: Luftbild „Alte Feuerwache“ 2008

5.2.2.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den 81 Linersondierungen angetroffene Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden durchgehend sandige und kiesige Lagen bis zur Endteufe erkundet. Die Sondierungen reichen bis in Tiefen von 4,1 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

In einigen Aufschlüssen (WAFW-L17, WAFW-L32) konnten organoleptische Auffälligkeiten (fauliger/chemischer Geruch bzw. MKW-Geruch) festgestellt werden.

Zwei dieser entnommenen Bodenproben wurden analytisch auf Kohlenwasserstoffe (C10 – C40) untersucht. In beiden Proben konnten im Feststoff keine Kohlenwasserstoffe nachgewiesen werden.

5.2.2.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-16 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS dargestellt. Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt.

Im Bereich der „Alten Feuerwache“ wurden an 42 der 81 Aufschlüsse die vorläufigen Stufe-2-Werte und an 25 weiteren die vorläufigen Stufe-1-Werte überschritten. An den restlichen 14 Aufschlüssen wurden keine Stufenwertüberschreitungen festgestellt.

Die höchsten Gehalte wurden entlang des „Taxiway“ westlich der „Alten Feuerwache“ an den Aufschlüssen WAFW-L05, WAFW-L06, WAFW-L08, WAFW-L27, WAFW-L28 festgestellt (PFOS 36 – 130 µg/l). Entlang des „Taxiway“ konnten bis ca. 300 m in westliche Richtung deutlich erhöhte Gehalte mit durchgängigen Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte festgestellt werden (WAFW-L01 – WAFW-L08). Die PFC-Belastungen wurden an diesen Sondierungen im kompletten Schichtprofil bis zum Übergang in die gesättigte Bodenzone detektiert.

Erst im Zuge der zweiten Untersuchungskampagne konnten die Belastungen westlich der „Alten Feuerwache“ lateral eingegrenzt werden. Nach Süden wurden jedoch auch im Randbereich des Untersuchungsgebietes noch deutliche Belastungen (WAFW-L19, WAFW-L26) mit Überschreitungen des vorläufigen Stufe-2-Wertes gemessen. Nach Westen, Norden und im Südwesten (WAFW-L09 – L13, L16 - L18, L20, L22 – L25, L29, L32) nehmen die Konzentrationen deutlich ab. Hier werden zwar noch vereinzelt Überschreitungen der Stufe-1 bzw. Stufe-2-Werte (zumeist nördlich des Taxiway) festgestellt, diese treten jedoch erst im Grundwasserschwankungsbereich auf und deuten auf keine oberflächlichen Einträge hin, sondern auf eine Sekundärkontamination im belasteten Grundwasserabstrom.

Die Sondierungen im weiteren Umfeld des Vorplatzes der „Alten Feuerwache“ erbrachten zwar geringere PFC-Belastungen als entlang des westlichen Taxiways, dennoch konnte hier großräumig Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte festgestellt werden. Die höchsten Belastungen wurden im Bodenaufschluss AFW-L28 gemessen (PFOS 7,3 µg/l). Um die „Alte Feuerwache“ zeigt sich ein recht heterogenes vertikales und horizontales Verteilungsmuster. In den meisten Sondierungen wurden bereits oberflächennah PFC-Belastungen festgestellt, die im Nahbereich (z.B. AFW-L13, L14, L26 – L29) nach unten hin zumeist abnehmen. Die höchsten oberflächennahen PFOS-Befunde im Boden wurden bei AFW-L5 mit 180 µg/l und AFW-L10 mit 100 µg/l

festgestellt. Im weiteren Umfeld (z.B. AFW-L15 bis AFW-L19) steigen die Konzentrationen mit zunehmender Tiefe bis im Grundwasserschwankungsbereich wieder eine Abnahme festzustellen ist.

Bei den östlich der Alten Feuerwache gelegenen Bodenaufschlüsse ergaben die Untersuchungen einen Kontaminationsschwerpunkt im Vorfeldebereich des recherchierten Betriebsgebäudes bei den Aufschlüssen ÖAFW-L09, L13 – L14 (PFOS 4 – 11 µg/l). Damit konnten ein oberflächlicher Eintrag durch die recherchierten Reinigungs-/Spültätigkeiten in diesem Bereich verifiziert werden. Die Aufschlüsse zeigten über das gesamte Bodenprofil hohe Belastungen, die erst im Grundwasserschwankungsbereich abnahmen. Um diesen Kontaminationsschwerpunkt nehmen die Konzentrationen zwar ab, dennoch können z.B. bei den umliegenden Aufschlüssen (ÖAFW-L07 – L08, ÖAFW-L13 – L14) deutliche Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte (PFOS 0,52 – 1,9 µg/l) festgestellt werden, die auch auf oberflächliche Einträge zurückzuführen sein dürften.

PFC-Belastungen mit vereinzelt Überschreitungen der Stufe-2-Werte wurden auch nördlich des Taxiways bei den Aufschlüssen ÖAFW-L01, L06, L12 sowie AFW-L32, L34 und L36 festgestellt. Bei den im Nahbereich des Taxiways gelegenen ÖAFW-L01, L06, L12 (PFOS 0,35 – 0,45 µg/l) wurden oberflächlich Belastungen festgestellt, die nach unten hin weiter zunahm (bis zum Grundwasserschwankungsbereich). Bei den weiter entfernten AFW-L32, L34 und L36 (PFOS 0,16 – 1,4 µg/l) konnten oberflächlich keine Belastungen festgestellt werden. Hier wurden deutliche PFC-Belastungen erst im Grundwasserschwankungsbereich detektiert. Selbiges Verteilungsmuster wurde auch für die Aufschlüsse AFW-L30, L31, L33 und L35 festgestellt, wobei an diesen maximal Überschreitungen der vorläufigen Stufe-1-Werte festgestellt wurden.

Zwischen der „Alten Feuerwache“ und dem östlich gelegenen Betriebsgebäude (Ansatzpunkte ÖAFW-L2 – L5, PFOS 0,13 – 0,35 µg/l) wurden deutlich niedrigere Konzentrationen und maximal Überschreitungen des Stufe-1-Wertes ermittelt, die keinem generellen vertikalen Verteilungsmuster folgen.

Nach Osten hin gehen die ermittelten Konzentrationen deutlich zurück. In den Aufschlüssen ÖAFW-L18 – L24 (PFOS max. 0,26 µg/l) wurden maximal Überschreitungen der vorläufigen Stufe-1-Werte festgestellt. Des Weiteren wurden in diesem Bereich die höchsten Konzentrationen im Grundwasserschwankungsbereich ermittelt, was für eine Sekundärkontamination durch das belastete Grundwasser und gegen direkte oberflächliche Einträge spricht. Die durch Zeitzeugen geäußerten Schauübungen in diesem Bereich konnten somit nicht bestätigt werden.

Im Süden des Betriebsgebäudes (ÖAFW-L11, L17, PFOS 0,04 – 0,08 µg/l) wurden die Stufenwerte ebenfalls nicht überschritten.

Vergleicht man die Untersuchungsergebnisse der aktuellen Kampagne mit denen der Phase IIb-1 aus dem Jahr 2015 (siehe Tabelle 5-16), so ist im weiteren Umfeld der „Alten Feuerwache“ ein deutlicher Rückgang der Konzentrationen erkennbar. Damals

wurden in allen Sondierungen um das Vorfeld der „Alten Feuerwache“ deutliche Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte mit Maximalkonzentrationen von 180 µg/l PFOS detektiert, die zumeist oberflächennah festgestellt wurden.

Tabelle 5-16: Kontaminationsverteilung „Alte Feuerwache“ (KF 104) anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Endtiefe [m u. GOK] | Phase Schicht | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | | | | | | | | | | Andere einstufrungsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|---------------------|------------------|--------------------------|--------|--------|--------|-------|------|------|------|--------|--------|--|--|
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Mittel | Max | | |
| AFW | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AFW-L1 | 4 | 3 | 3,9 | 2015 | 2,7 | 1,3 | 0,19 | | | | | | 1,40 | 2,70 | | |
| AFW-L2 | 5 | 5 | 3,9 | 2015 | 19 | 8,6 | 7,1 | 0,34 | 0,21 | | | | 7,05 | 19,00 | | |
| AFW-L3 | 6 | 4 | 3,9 | 2015 | 7,3 | 8 | <0,050 | 0,07 | | | | | 3,84 | 8,00 | Schicht 3: PFHxS > S2 (0,61 $\mu\text{g/l}$), Schicht 4: PFHxS/PFNA > S1 (0,13/0,071 $\mu\text{g/l}$) | |
| AFW-L4 | 5 | 4 | 3,9 | 2015 | 1,6 | 0,081 | 0,037 | 0,053 | | | | | 0,44 | 1,60 | Schicht 2: PFNA > S2 (0,57 $\mu\text{g/l}$) | |
| AFW-L5 | 6 | 5 | 3,9 | 2015 | 180 | 12 | 0,98 | 0,17 | 0,32 | | | | 38,69 | 180,00 | | |
| AFW-L6 | 7 | 4 | 3,9 | 2015 | 1,4 | 0,61 | 0,72 | <0,050 | | | | | 0,68 | 1,40 | Schicht 4: PFNA > S1 (0,12 $\mu\text{g/l}$) | |
| AFW-L7 | 7 | 3 | 3,9 | 2015 | 0,13 | <0,050 | <0,050 | | | | | | 0,04 | 0,13 | | |
| AFW-L8 | 5 | 3 | 3,9 | 2015 | 0,36 | <0,050 | <0,050 | | | | | | 0,12 | 0,36 | | |
| AFW-L9 | 6 | 6 | 3,9 | 2015 | 23 | 12 | <0,010 | 42 | 0,56 | 0,3 | | | 12,98 | 42,00 | | |
| AFW-L10 | 6 | 6 | 3,8 | 2015 | 100 | 29 | 25 | 0,088 | 1,3 | 0,36 | | | 25,96 | 100,00 | Schicht 4: PFHxS > S2 (6,7 $\mu\text{g/l}$) | |
| AFW-L11 | 6 | 5 | 3,9 | 2015 | 3,8 | <0,050 | 0,099 | 0,72 | 0,12 | | | | 0,95 | 3,80 | Schicht 3: PFHxS > S1 (0,13 $\mu\text{g/l}$) | |
| AFW-L12 | 7 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,14 | 0,04 | 0,1 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 0,02 | | 0,07 | 0,14 | | |
| AFW-L13 | 7 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,99 | 1,2 | 0,4 | 0,13 | 0,11 | 0,04 | 0,04 | | 0,42 | 1,20 | | |
| AFW-L14 | 8 | 8 | 4,1 | 2017 | 0,72 | 0,17 | 0,02 | 0,26 | 1,3 | 0,11 | 0,04 | 0,1 | 0,34 | 1,30 | Schicht 2: PFHxS > S2 (1,1 $\mu\text{g/l}$), Schicht 3: PFHxS > S1 (0,35 $\mu\text{g/l}$) | |
| AFW-L15 | 7 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,19 | <0,01 | 0,47 | 0,08 | 0,05 | 0,14 | 0,05 | | 0,16 | 0,47 | | |
| AFW-L16 | 7 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,09 | 0,01 | 0,1 | 0,7 | 0,18 | 0,05 | 0,06 | | 0,17 | 0,70 | | |
| AFW-L17 | 7 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,32 | 0,03 | 0,03 | 0,38 | 0,1 | 0,04 | 0,02 | | 0,13 | 0,38 | | |
| AFW-L18 | 7 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,13 | 0,12 | 0,06 | 0,14 | 0,05 | 0,07 | 0,02 | | 0,08 | 0,14 | | |
| AFW-L19 | 5 | 5 | 4,1 | 2017 | 0,04 | 0,04 | 0,1 | 0,14 | 0,03 | | | | 0,07 | 0,14 | | |
| AFW-L20 | 7 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,02 | <0,01 | 0,02 | 0,22 | 0,14 | 0,06 | 0,06 | | 0,09 | 0,22 | | |
| AFW-L21 | 7 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,31 | 0,23 | 0,09 | 0,5 | 0,1 | 0,11 | 0,09 | | 0,20 | 0,50 | | |
| AFW-L22 | 6 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,62 | 0,06 | 0,02 | 0,25 | 0,02 | 0,12 | | | 0,18 | 0,62 | Schicht 3/4/5: H4PFOS > S2 (5,1/4,3/5,7 $\mu\text{g/l}$) | |
| AFW-L23 | 8 | 8 | 4,1 | 2017 | 0,14 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,12 | 0,03 | 0,23 | 0,06 | 0,08 | 0,23 | | |
| AFW-L24 | 8 | 8 | 4,1 | 2017 | 0,03 | 0,53 | 0,09 | 0,14 | 0,17 | 0,89 | 0,03 | 0,06 | 0,24 | 0,89 | | |
| AFW-L25 | 7 | 6 | 4 | 2018 | 0,06 | 0,17 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | | | 0,05 | 0,17 | Schicht 2/3 PFNA > S2 (0,35/0,26 $\mu\text{g/l}$), Schicht 4/6: H4PFOS > S1 (0,22/0,23 $\mu\text{g/l}$), Schicht 5: H4PFOS | |
| AFW-L26 | 6 | 5 | 4,1 | 2018 | 0,63 | 0,1 | 0,05 | 0,48 | 0,36 | | | | 0,32 | 0,63 | Schicht 2/3: PFHxS > S1 (0,35/0,14 $\mu\text{g/l}$) | |
| AFW-L27 | 6 | 5 | 4,1 | 2018 | 1,6 | 0,97 | 0,39 | 0,05 | 0,12 | | | | 0,63 | 1,60 | | |
| AFW-L28 | 7 | 6 | 4,1 | 2018 | 0,21 | 0,27 | 0,49 | 7,3 | 1,1 | 0,42 | | | 1,63 | 7,30 | Schicht 1/2: PFOA > S2 (0,48/0,46 $\mu\text{g/l}$) | |
| AFW-L29 | 6 | 5 | 4,1 | 2018 | 0,47 | 0,39 | 0,09 | 0,02 | 0,05 | | | | 0,20 | 0,47 | Schicht 2: PFNA > S2 (0,56 $\mu\text{g/l}$), Schicht 5: PFNA > S1 (0,08 $\mu\text{g/l}$) | |

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Endtiefe [m u. GOK] | Phase Schicht | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | | | | | | | | | | Andere einstufrungsrelevante Einzelparameter | |
|-------------|---------------|-----------------|---------------------|---------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|--------|------|--|---|
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Mittel | Max | | |
| AFW-L30 | 5 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,05 | <0,01 | 0,09 | 0,12 | | | | | | 0,09 | 0,12 | |
| AFW-L31 | 6 | 5 | 4,1 | 2018 | <0,01 | <0,01 | 0,23 | 0,34 | 0,12 | | | | | 0,23 | 0,34 | |
| AFW-L32 | 7 | 5 | 4,1 | 2018 | 0,02 | 0,03 | <0,01 | 0,63 | 0,16 | 0,14 | | | | 0,21 | 0,63 | |
| AFW-L33 | 6 | 6 | 4,1 | 2018 | <0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | | | | 0,07 | 0,14 | Schicht 2: PFNA > S1 (0,07 $\mu\text{g/l}$), Schicht 3/4/5: PFNA > S2 (9,4/0,59/0,47 $\mu\text{g/l}$) |
| AFW-L34 | 8 | 7 | 4,1 | 2018 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 1,1 | 1,4 | 0,15 | 0,07 | | | 0,68 | 1,40 | |
| AFW-L35 | 7 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,05 | 0,02 | | | <0,01 | 0,01 | | | | 0,03 | 0,05 | |
| AFW-L36 | 7 | 7 | 4,1 | 2018 | 0,04 | <0,01 | <0,03 | 0,07 | 0,94 | 0,14 | 0,13 | | | 0,26 | 0,94 | |
| ÖAFW | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ÖAFW-L01 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,09 | 0,27 | 0,45 | 0,43 | 0,13 | 0,14 | | | | 0,25 | 0,45 | |
| ÖAFW-L02 | 8 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,1 | 0,02 | <0,01 | 0,1 | 0,01 | 0,19 | | | | 0,08 | 0,19 | |
| ÖAFW-L03 | 8 | 5 | 4,1 | 2017 | 0,06 | 0,13 | 0,11 | <0,01 | 0,09 | | | | | 0,10 | 0,13 | Schicht 5: H4PFOS > S1 (0,11 $\mu\text{g/l}$) |
| ÖAFW-L04 | 7 | 5 | 4,1 | 2017 | 0,21 | 0,21 | 0,02 | 0,17 | 0,35 | | | | | 0,19 | 0,35 | |
| ÖAFW-L05 | 8 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,16 | 0,02 | <0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,14 | | | | 0,07 | 0,16 | |
| ÖAFW-L06 | 7 | 5 | 4,1 | 2017 | 0,09 | 0,17 | 0,11 | 0,35 | 0,12 | | | | | 0,17 | 0,35 | |
| ÖAFW-L07 | 6 | 5 | 4,1 | 2017 | 0,24 | 0,14 | 0,41 | 1,9 | 0,07 | | | | | 0,55 | 1,90 | |
| ÖAFW-L08 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,69 | 0,84 | 0,21 | 0,41 | 0,34 | 0,05 | | | | 0,42 | 0,84 | |
| ÖAFW-L09 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,43 | 2,4 | 2,4 | 4 | 0,15 | 0,15 | | | | 1,59 | 4,00 | |
| ÖAFW-L10 | 8 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | <0,01 | 0,07 | 0,12 | 0,12 | | | 0,07 | 0,12 | Schicht 5 > S1 (0,07 $\mu\text{g/l}$), Schicht 6: PFNA > S2 (0,26 $\mu\text{g/l}$) |
| ÖAFW-L11 | 7 | 4 | 4,1 | 2017 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | | 0,08 | | | | | 0,06 | 0,08 | |
| ÖAFW-L12 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,05 | 0,05 | 0,12 | 0,43 | 0,1 | 0,18 | | | | 0,16 | 0,43 | |
| ÖAFW-L13 | 7 | 7 | 4,1 | 2017 | 4 | 1,5 | 3,7 | 2 | 4,1 | 0,35 | 0,07 | | | 2,25 | 4,10 | |
| ÖAFW-L14 | 10 | 8 | 4,1 | 2017 | 1 | 3,3 | 2,2 | 0,54 | 3,8 | 11 | 0,12 | 1,3 | | 2,91 | 11,00 | |
| ÖAFW-L15 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,52 | 1,5 | 0,31 | 0,04 | 1,1 | 0,17 | | | | 0,61 | 1,50 | Schicht 3: PFNA > S2 (0,48 $\mu\text{g/l}$) |
| ÖAFW-L16 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,07 | 0,52 | 0,12 | <0,01 | 0,14 | 0,09 | | | | 0,19 | 0,52 | Schicht 1: PFNA > S1 (0,07 $\mu\text{g/l}$) |
| ÖAFW-L17 | 6 | 5 | 4,1 | 2017 | 0,01 | 0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,04 | | | | | 0,02 | 0,04 | Schicht 5: PFNA > S1 (0,09 $\mu\text{g/l}$) |
| ÖAFW-L18 | 8 | 7 | 4,1 | 2017 | 0,03 | 0,04 | <0,01 | 0,14 | 0,16 | 0,26 | 0,16 | | | 0,13 | 0,26 | |
| ÖAFW-L19 | 7 | 5 | 4,1 | 2017 | 0,06 | 0,02 | <0,10 | <0,01 | 0,05 | | | | | 0,04 | 0,06 | |
| ÖAFW-L20 | 3 | 3 | 1,6 | 2017 | <0,01 | <0,01 | 0,04 | | | | | | | 0,04 | 0,04 | |
| ÖAFW-L21 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 0,2 | 0,18 | 0,07 | | | | 0,12 | 0,20 | |
| ÖAFW-L22 | 6 | 5 | 4,1 | 2017 | <0,01 | <0,01 | 0,15 | 0,24 | 0,08 | | | | | 0,16 | 0,24 | |
| ÖAFW-L23 | 6 | 3 | 4,1 | 2017 | 0,02 | <0,01 | 0,05 | | | | | | | 0,04 | 0,05 | |
| ÖAFW-L24 | 7 | 4 | 4,1 | 2017 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | | <0,01 | | | | | 0,02 | 0,02 | |

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Endtiefe [m u. GOK] | Phase Schicht | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | | | | | | | | | | Andere einstufrungsrelevante Einzelparameter | |
|-------------|---------------|-----------------|---------------------|------------------|--------------------------|-------|-------|-------|------|------|---|---|--------|--------|---|--|
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Mittel | Max | | |
| WAFW | | | | | | | | | | | | | | | | |
| WAFW-L01 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,43 | 1,3 | 2,3 | 4,8 | 0,33 | 0,1 | | | 1,54 | 4,80 | | |
| WAFW-L02 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 1,6 | 2,6 | 2,4 | 5,4 | 0,55 | 0,02 | | | 2,10 | 5,40 | | |
| WAFW-L03 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 0,89 | 4,5 | 11 | 0,66 | 0,14 | 0,12 | | | 2,89 | 11,00 | | |
| WAFW-L04 | 6 | 5 | 4,1 | 2017 | 1,7 | 0,11 | 0,1 | 0,1 | 0,02 | | | | 0,41 | 1,70 | Schicht 3: PFHxS > S1 (0,11 $\mu\text{g/l}$) | |
| WAFW-L05 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 8,1 | 42 | 22 | 10 | 0,52 | 0,14 | | | 13,79 | 42,00 | | |
| WAFW-L06 | 5 | 5 | 4,1 | 2017 | 18 | 36 | 36 | 3,6 | 0,05 | | | | 18,73 | 36,00 | | |
| WAFW-L07 | 7 | 6 | 4,1 | 2017 | 3,6 | 3,4 | 0,6 | 3,4 | 1,3 | 0,08 | | | 2,06 | 3,60 | | |
| WAFW-L08 | 6 | 5 | 4,1 | 2017 | 79 | 24 | 12 | 8 | 0,24 | | | | 24,65 | 79,00 | | |
| WAFW-L09 | 6 | 3 | 4,1 | 2018 | <0,01 | <0,01 | | <0,01 | | | | | n.n. | 0,00 | | |
| WAFW-L10 | 7 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,03 | <0,01 | <0,03 | 0,03 | | | | | 0,03 | 0,03 | | |
| WAFW-L11 | 6 | 4 | 4,1 | 2018 | <0,03 | <0,03 | <0,01 | <0,01 | | | | | n.n. | 0,00 | | |
| WAFW-L12 | 6 | 6 | 4,1 | 2018 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,19 | 0,18 | 0,05 | | | 0,11 | 0,19 | | |
| WAFW-L13 | 5 | 3 | 4,1 | 2018 | <0,01 | <0,01 | | 0,05 | | | | | 0,05 | 0,05 | | |
| WAFW-L14 | 5 | 4 | 3,6 | 2018 | 0,33 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | | | | | 0,11 | 0,33 | Schicht 2: PFHxS > S1 (0,12 $\mu\text{g/l}$) | |
| WAFW-L15 | 7 | 6 | 4,1 | 2018 | 0,16 | 0,06 | 0,02 | 0,18 | 0,14 | 0,07 | | | 0,11 | 0,18 | Schicht 3: PFHxS > S1 (0,13 $\mu\text{g/l}$) | |
| WAFW-L16 | 7 | 6 | 3,5 | 2018 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,11 | 0,42 | | | 0,18 | 0,42 | | |
| WAFW-L17 | 6 | 3 | 4,1 | 2018 | 0,02 | 0,07 | | 0,07 | | | | | 0,05 | 0,07 | | |
| WAFW-L18 | 7 | 5 | 4 | 2018 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,36 | 0,09 | | | | 0,23 | 0,36 | | |
| WAFW-L19 | 7 | 6 | 4,1 | 2018 | 0,03 | <0,03 | <0,01 | <0,01 | 0,51 | 0,02 | | | 0,19 | 0,51 | | |
| WAFW-L20 | 6 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,03 | <0,03 | | 0,03 | 0,05 | | | | 0,04 | 0,05 | | |
| WAFW-L21 | 6 | 5 | 4 | 2018 | 0,08 | 0,62 | 2,1 | 0,12 | 0,13 | | | | 0,61 | 2,10 | Schicht 1: PFHxS > S1 (0,16 $\mu\text{g/l}$) | |
| WAFW-L22 | 6 | 3 | 4,1 | 2018 | <0,01 | <0,01 | | 0,05 | | | | | 0,05 | 0,05 | | |
| WAFW-L23 | 6 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | | 0,02 | | | | 0,04 | 0,05 | | |
| WAFW-L24 | 8 | 6 | 4,1 | 2018 | 0,04 | <0,03 | <0,05 | <0,01 | 0,14 | 0,06 | | | 0,08 | 0,14 | | |
| WAFW-L25 | 8 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,05 | 0,02 | 0,1 | | 0,05 | | | | 0,06 | 0,10 | Schicht 1: PFHxS > S1 (0,12 $\mu\text{g/l}$) | |
| WAFW-L26 | 6 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,17 | 2,1 | 0,16 | 0,07 | | | | | 0,63 | 2,10 | | |
| WAFW-L27 | 6 | 6 | 4,1 | 2018 | 44 | 130 | 25 | 17 | 0,85 | 1,3 | | | 36,36 | 130,00 | | |
| WAFW-L28 | 6 | 5 | 4,1 | 2018 | 14 | 26 | 55 | 0,03 | 0,75 | | | | 19,16 | 55,00 | Schicht 4: H4PFOS > S2 (2,4 $\mu\text{g/l}$) | |
| WAFW-L29 | 7 | 6 | 4,1 | 2018 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | 0,07 | 0,23 | 0,06 | | | 0,10 | 0,23 | | |
| WAFW-L30 | 7 | 5 | 4,1 | 2018 | 1 | 0,08 | <0,03 | | 0,03 | 0,13 | | | 0,31 | 1,00 | Schicht 2: PFHxS > S1 (0,15 $\mu\text{g/l}$) | |
| WAFW-L31 | 7 | 6 | 4,1 | 2018 | 0,2 | 0,07 | 0,01 | 0,47 | 0,81 | 1,6 | | | 0,53 | 1,60 | | |
| WAFW-L32 | 6 | 5 | 4,1 | 2018 | 0,03 | <0,03 | <0,01 | 0,2 | 0,37 | | | | 0,20 | 0,37 | | |

Des Weiteren wurden zur Ermittlung des PFC-Potenzials im Boden Feststoffuntersuchungen an ausgewählten Bodenproben durchgeführt. Tabelle 5-17 zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchungen im Vergleich zur ermittelten PFC-Belastung im S4-Eluat anhand des Hauptparameters PFOS.

Tabelle 5-17: Vergleich PFC-Belastung Feststoff [$\mu\text{g}/\text{kg}$]/ S4-Eluat [$\mu\text{g}/\text{l}$] anhand von PFOS

| Auf- schluss | AFW-L28 | | | ÖAFW-L13 | | | ÖAFW-L14 | | | WAFW-L26 | | | WAFW-L27 | | |
|------------------|----------|-------|-----------------------------|----------|-------|-----------------------------|----------|-------|-----------------------------|----------|-------|-----------------------------|----------|-------|-----------------------------|
| | S4-Eluat | Boden | Verhältnis Boden / S4-Eluat | S4-Eluat | Boden | Verhältnis Boden / S4-Eluat | S4-Eluat | Boden | Verhältnis Boden / S4-Eluat | S4-Eluat | Boden | Verhältnis Boden / S4-Eluat | S4-Eluat | Boden | Verhältnis Boden / S4-Eluat |
| Medium | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schicht 1 | 0,21 | <5 | - | 4 | 370 | 93 | 1 | 52 | 52 | 0,17 | 7,3 | 43 | 44 | 1400 | 32 |
| Schicht 2 | 0,27 | 26 | 96 | 1,5 | 33 | 22 | 3,3 | 44 | 13 | 2,1 | <5 | - | 130 | 2000 | 15 |
| Schicht 3 | 0,49 | 12 | 24 | 3,7 | 72 | 19 | 2,2 | 45 | 20 | 0,16 | <5 | - | 25 | 1900 | 76 |
| Schicht 4 | 7,3 | 140 | 19 | 2 | 72 | 36 | 0,54 | 8,6 | 16 | 0,07 | <5 | - | 17 | 200 | 12 |
| Schicht 5 | 1,1 | 14 | 13 | 4,1 | 41 | 10 | 3,8 | 43 | 11 | | | | 0,85 | 23 | 27 |
| Schicht 6 | 0,42 | 8,6 | 20 | 0,35 | 11 | 31 | 11 | 180 | 16 | | | | 1,3 | <5 | - |
| Schicht 7 | | | | 0,07 | | | 0,12 | <5 | - | | | | | | |
| Schicht 8 | | | | | | | 1,3 | 20 | 15 | | | | | | |
| Mittel | 1,63 | 40 | 35 | 2,25 | 100 | 35 | 2,91 | 56 | 21 | 0,63 | 7 | 43 | 36,36 | 1105 | 32 |
| Max | 7,30 | 140 | 96 | 4,10 | 370 | 93 | 11,00 | 180 | 52 | 2,10 | 7 | 43 | 130,00 | 2000 | 76 |

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind im Kapitel 5.1.5 in Tabelle 5-4 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Im Nahbereich der KF „Alten Feuerwache“ befinden sich fünf 5“-Grundwassermessstellen und zehn 2“-Grundwassermessstellen. Im weiteren Abstrom befinden sich noch weitere Grundwassermessstellen süd- und nördlich der nördlichen Landebahn.

An allen untersuchten Grundwassermessstellen im Umfeld der „Alten Feuerwache“ wurden die vorläufigen Schwellenwerte für PFOS, PFHxS und PFNA deutlich überschritten. Die höchsten Belastungen wurden für den Einzelparameter PFOS festgestellt. Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden des Weiteren für PFOA (BwDLZ-GWM-009, BwDLZ-GWM-024, BwDLZ-GWM-025, P08 – P10) und H4PFOS (BwDLZ-GWM-024, BwDLZ-GWM-025, P08 – P10) detektiert. Diese zwei

Einzelparameter wurden somit erst auf Höhe (PFOA) bzw. im Abstrom der Alten Feuerwache (H4PFOS) in bodenschutzrechtlich relevanten Konzentrationen festgestellt.

Die höchsten Konzentrationen wurden im Abstrom der „Alten Feuerwache“ an den neu errichteten Messstellen BwDLZ-GWM-024 (PFOS max. 23 µg/l) und P08- P10 (PFOS max. 11 – 18 µg/l) festgestellt. Etwas geringere PFC-Belastungen wurden im weiteren Abstrom bei P12 und P13 (PFOS max. 6,2 – 8,2 µg/l) ermittelt.

Im Zu- und Seitstrom wurden, mit Ausnahme der im Nahbereich des Kontaminationsschwerpunkts westlich der Alten Feuerwache gelegene P05 (PFOS max. 10 µg/l), zwar geringere PFC-Belastungen gemessen, diese liegen jedoch immer noch deutlich oberhalb der vorläufigen Schwellenwerte. Die im Zustrom befindlichen Messstellen BwDLZ-GWM-022, P01 und P02 weisen bereits eine PFOS-Belastung zwischen 1,6 – 2,3 µg/l auf. In ähnlicher Größenordnung liegen auch die westlich der Alten Feuerwache im Seitstrom gelegenen Messstellen P03 – P06 sowie BwDLZ-GWM-023 (nördlich des Taxiway von West nach Ost, mit Ausnahme der eingangs erwähnten P05) bzw. die im seitlichen Abstrom der „Alten Feuerwache“ gelegene BwDLZ-GWM-025 und die westlich der versiegelten Vorfeldfläche der „alten Feuerwache“ liegende BwDLZ-GWM-009.

In der zeitlichen Entwicklung kann bei den meisten abstromig gelegenen Messstellen im Bereich der „Alten Feuerwache“ ein Anstieg der PFC-Konzentrationen zwischen Mai/Juni 2018 und Juli 2018 festgestellt werden. Die langjährige Konzentrationsentwicklung kann nur durch die seit 2013 untersuchte Messstelle BwDLZ-GWM-009 betrachtet werden. Mit Ausnahme der Erstbeprobung 2013, bei der PFOS-Konzentrationen von fast 10 µg/l gemessen wurden, liegen die Konzentrationen seither konstant zwischen ca. 1 – 2 µg/l.

Auffällig ist jedoch im Vergleich zu anderen Messstellen ein überproportional deutlicher Anstieg der PFC-Konzentrationen zwischen Mai/Juni 2018 und Juli 2018 im Bereich der Messstellen P08 – P10. Da diese starken Konzentrationsschwankungen in kürzester Zeit nicht mit saisonalen Einflüssen (über Grundwasserneubildung) begründet werden können, erklärt sich dieses Phänomen nur durch die Lage der Messstellen im Zentrum der Schadstoffpotentiale. Durch ggf. auch kleindimensioniert schwankende Wasserspiegel können Potentiale mobilisiert werden. An dieser Stelle wird erneut auf das Problem der Schadstoffpotentialabschätzung aus den Eluatbefunden hingewiesen. Scheinbar wird in der gesättigten Zone bei höheren Wasser-Feststoff-Verhältnissen bzw. im Grundwasserschwankungsbereich eine merkliche Mobilisierung erreicht.

5.2.2.5 Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen an der alten Feuerwache belegen eindeutig den Eintrag von PFC-haltigen Schaummitteln in die ungesättigte und gesättigte Bodenzone. Es handelt sich um ein heterogenes Schadensmuster mit diffuser lateraler und vertikaler Schadstoffverteilung. Die Konzentrationsverteilung deutet auf eine langsame vertikale

Verfrachtung der PFC hin. Vor allem der Oberboden wies zum Teil noch erhebliche Belastungen auf.

Durch die aktuell durchgeführten Untersuchungen konnte eine hinreichende laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche erzielt werden.

Die bislang erkundete Kontaminationsfläche, auf der Stufenwertüberschreitungen festgestellt wurden, umfasst eine Fläche von ca. 37.000 m². Im Vergleich zur Phase IIb-1 hat sich der Kontaminationsbereich von damals ca. 5.100 m² mehr als versiebenfacht.

Hieraus wird die Notwendigkeit zur durchgeführten weiteren Detailuntersuchung offensichtlich.

Für diesen Kontaminationsbereich wurde eine mittlere (berechnet als Mittelwert der Maximalkonzentrationen je Ansatzpunkt) und eine maximale Konzentration ermittelt, mit welcher über die Sickerwassermenge eine mittlere bzw. maximale Fracht berechnet wurde. Die Sickerwassermenge fällt aufgrund der versiegelten, nicht an die Kanalisation angeschlossenen Flächen höher aus. Für die versiegelten Flächen (Vorfeldfläche/Taxiway) wurden 90% des mittleren Niederschlags als Grundwasserneubildungsrate angenommen. Im Mittel ergeben sich, je nach Verhältnis versiegelter zu unversiegelter Fläche, Grundwasserneubildungsraten von 343 mm/a (Phase 2015) bzw. 139 mm/a (Phase 2017/2018). Die Ergebnisse der Frachtbetrachtung (für PFOS) sind in Tabelle 5-18 dargestellt.

Für die KF 104 ergibt sich bei der derzeitigen Kontaminationsfläche eine Fracht, die zwischen 100 g/a bis 900 g/a schwankt und damit deutlich über der „geringen Fracht“ der LAWA/LABO-Arbeitshilfe liegt.

Tabelle 5-18: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) KF 104

| Bereich | Flächen- größe | GW- Neubildung | Sickerwasser- menge | Konz. mittel | Konz. max. | Fracht mittel | Fracht max. |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|
| | [m ²] | [mm] | [m ³ /d] | [µg/l] | [µg/l] | g/a | g/a |
| Phase 2015 | 5140 | 343 | 4,83 | 40 | 180 | 70 | 317 |
| Phase 2017/2018 | 32000 | 139 | 12,19 | 8,2 | 130 | 36 | 579 |
| Gesamt | 37140 | | 17,02 | | | 107 | 896 |

Aus den ermittelten Elutionsraten (Vergleich Feststoffextraktion/Elution) lassen sich die Schadstoffpotentiale (PFOS) aus den durchschnittlichen Elutionskonzentrationen und der ermittelten Kubatur abschätzen. Im Bereich „Alte Feuerwache“ ergibt sich eine grob abgeschätzte Bandbreite des Schadstoffpotentials von ca. 25 – 50 kg PFOS.

Die nachfolgende Tabelle 5-19 zeigt die wesentlichen Daten im Bereich zweier Transekte (An-/Abstrom) und die sich daraus ergebenden Frachten, die den Standort im Grundwasser verlassen. Daraus ergibt sich mit ca. 1,5 kg PFOS p.a. eine höhere Fracht wie über die Grundwasserneubildung abgeschätzt (siehe Tabelle 5-18). Für die Gefährdungsabschätzung empfehlen wir, die aus den Grundwassertransekten

ermittelten Schadstofffrachten heran zu ziehen. Diese sind aus unserer Erfahrung deutlich plausibler als die Frachten, die sich aus der Abschätzung der Grundwasserneubildung ergeben.

Tabelle 5-19: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) im Grundwasser KF 104

| Kontaminationsfläche | Alte Feuerwache | | |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------|
| | Anstrom | Abstrom | Differenz |
| Abstrombreite Fahne [m] | 345 | 475 | |
| mittlere Aquifermächtigkeit [m] | 5,3 | 5,3 | |
| kf-Wert [m/s] | $5 \cdot 10^{-3}$ | $5 \cdot 10^{-3}$ | |
| Hydraulisches Gefälle i [-] | 0,0011 | 0,0011 | |
| GW-Umsatz [l/s] | 9,6 | 13,3 | |
| GW-Umsatz [m ³ /d] | 831 | 1.145 | |
| mittlere Konzentration PFOS [µg/l] | 1,49 | 4,58 | |
| Fracht [g/d] | 1,24 | 5,24 | 4,00 |
| Fracht [g/a] | 452 | 1.914 | 1.462 |

5.2.2.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-20 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KF 104. Die Untersuchungen erbrachten an 42 Aufschlüssen Überschreitungen des vorläufigen Stufe-2-Wertes und an 25 weiteren Überschreitungen der vorläufigen Stufe-1-Werte am Ort der Probenahme. Stufe-2-Wert-Überschreitungen wurden auch im Grundwasserschwankungsbereich festgestellt, sodass auch für den Ort der Beurteilung von Stufe-2-Wert-Überschreitungen ausgegangen werden kann. Dies wird auch durch die Grundwasserbelastungen in den abstromig gelegenen Grundwassermessstellen deutlich über dem vorläufigen Schwellenwert belegt. Damit ergibt sich an der KF 104 eine erhebliche Grundwasserverunreinigung, die aufgrund der berechneten Frachten und Ausmaße des Kontaminationsbereichs bei aktuellem Kenntnisstand als großflächige Kontamination betrachtet werden muss. Obwohl auch durch die aktuellen Untersuchungen keine vollständige laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche erzielt werden konnte, ist aus Sicht des Gutachters bei derzeitigem Kenntnisstand eine abschließende Gefährdungsabschätzung für die KF 104 möglich.

Zusammenfassende Bewertung

Die innerhalb der Phase I-Untersuchung festgestellten Hinweise auf schädliche Bodenveränderungen haben sich in der Phase IIa-Untersuchung bestätigt. Der Altlastenverdacht konnte damit bestätigt werden.

Innerhalb der anschließenden Untersuchungen der Phase IIb wurde diese bodenschutzrechtliche Einschätzung weiter bestätigt und eine laterale und vertikale

Abgrenzung der schädlichen Bodenveränderung für die Zielsetzung Gefährdungsabschätzung ausreichend vorgenommen. Die PFC-Konzentrationen überschreiten den Stufenwert-2 auf einer erheblichen Flächengröße von knapp 4 ha. In Verbindung mit dem Schadstoffbefund in den Teufen der ungesättigten Zone ergibt sich damit ein deutliches Schadstoffpotential, das noch über sehr lange Zeiträume Schadstoff an das Grundwasser abgeben kann.

Über die zuvor beschriebene statistische Bandbreite der Konzentrationsverhältnisse zwischen Feststoff und Eluat wurde der Versuch unternommen, das Schadstoffpotential abzuschätzen. Hieraus resultiert rein rechnerisch ein PFOS-Potential von ca. 25 – 50 kg, dessen Höhe aber natürlich mit Unsicherheiten behaftet ist.

Durchgeführte Grundwasseruntersuchungen belegen eindeutig einen kausalen Zusammenhang zwischen den vorgefundenen PFC-Befunden im Boden (Mobilisierung durch Elution nachgewiesen) und den PFC-Befunden im Grundwasserabstrom der „Alten Feuerwache“, die deutlich über den vorläufigen Schwellenwerten liegen. Der Grundwasseranstrom des KF 104 ist bereits in einer Größenordnung von 1 bis 2 µg/l mit PFOS vorbelastet. Jedoch ist aufgrund der ganz klaren Zunahme der Konzentration im Abstrom auf Konzentrationswerte im Bereich von ca. 10 bis 20 µg/l die Einflussnahme des Standortes zu erkennen. Dies wurde durch mehrere Messungen an mehreren Messpunkten festgestellt. Im Sinne der PFC-Leitlinie (April 2017) liegt bei Überschreiten der vorläufigen Schwellenwerte *„...i.d.R. eine schädliche Veränderung des Grundwassers im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vor“*. Der Standort trägt mit der Schadstofffracht (1,5 kg/a) zu der sich außerhalb der Flughafengrenzen hinausbewegenden Fracht (2,5 kg/a) der Schadstofffahne ganz wesentlich bzw. vorrangig bei.

Damit ist belegt, dass von dem untersuchten Standort für das Allgemeingut Grundwasser eine Gefahr ausgeht und auch erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit verursacht werden können. Letzteres wird durch die wasserrechtlichen und abfallrechtlichen Auflagen bei Baumaßnahmen, die Einschränkungen zur Verwendung von Grundwasser zur Bewässerung der Hausgärten sowie die Notwendigkeit eines Erntegutmonitorings mit entsprechenden Auswirkungen offensichtlich.

Da für das Grundwasser mehrere Gräben Vorflutfunktion haben, resultieren dadurch erhebliche PFC-Befunde im Oberflächenwasser, die deutlich über der anzustrebenden Umweltqualitätsnorm liegen. Über den Pfad Oberflächenwasser ist die Reichweite der Außenwirkung nochmals merklich höher als über den Pfad Grundwasser.

Eine akute Gefahr für Leib und Leben besteht aufgrund der bereits vorgenommenen Vorsorgemaßnahmen sowie dadurch, dass keine Trinkwassergewinnung im unmittelbaren Abstrom des Standortes liegt, nicht.

Für den Wirkungspfad Boden – Pflanze wurden innerhalb des Flughafenbereichs bereits Vorkehrungen getroffen (Mulchen), um den Grünschnitt an diesem Standort nicht in den Verkehr bzw. in die Nahrungskette zu bringen.

Nach BBodSchG §4 sind *„...Boden und Altlasten sowie durch schädliche Bodenverunreinigungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen.“*

Damit sind Maßnahmen i.S. des BBodSchG §4 angezeigt, was Dekontaminations- oder Sicherungsmaßnahmen oder – soweit nicht möglich oder unzumutbar – weitere Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen bedeuten kann.

Hierzu empfehlen wir unter Beachtung des BBodSchG §13 in einem abgestimmten Vorgehen Sanierungsuntersuchungen und Sanierungsplanungen anzugehen, in denen durch Varianten- und Machbarkeitsstudien unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit Maßnahmen zur dauerhaften Abwehr der zuvor beschriebenen Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen geprüft werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt trifft die zuständige Verwaltungsbehörde.

Laut AHBoGwS ergibt sich u.E. eine Einstufung in die Kategorie D.

Die KF 104 „Alte Feurwache“ ist gegenüber den beiden KF 066 (Feuerlöschübungsbecken) und KF 105 (Südbahn westlich) vorrangig zu behandeln aufgrund der deutlich höheren

- Schadstoffpotentiale
- Schadstoffmobilisierungen und –frachten
- Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte.

Mögliche Synergien im Gesamtkontext eines Sanierungsplanes sollten jedoch nicht unberücksichtigt bleiben.

Tabelle 5-20: Zusammenfassung Alte Feuerwache (KF 104)

| KF 104: Alte Feuerwache (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|---|--|
| Nutzung: | Feuerwehreinsatzstelle des Flugplatzes Ingolstadt/Manching |
| Dauer: | unbekannt |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIa: BfM (2013): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung einer Grundwassermessstelle (BwDLZ-GWM-009) Deutliche Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an BwDLZ-GWM-009 (PFOS 9,57 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2015): | |
| Boden: | 11 Linersondierungen, 63 Bodenproben, Analyse von 48 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 9 Sondierungen bzw. 27 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte 2 Sondierungen bzw. 13 Proben Erkundete Kontaminationsfläche: ca. 5.100 m ² Fracht mittel/max: ca. 70 g/a / 320 g/a |
| Grundwasser: | dreimalige Beprobung/Analytik BwDLZ-GWM-009, Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an BwDLZ-GWM-009 (PFOS max. 2,1 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-2: Gibs (2017): | |
| Boden: | 81 Linersondierungen, 543 Bodenproben, Analyse von 447 Bodenproben (S4-Eluat) bzw. 30 Bodenproben (Feststoff) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 42 Sondierungen bzw. 120 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte in 25 Sondierungen bzw. 120 Proben Erkundete Kontaminationsfläche: ca. 37.000 m ² Schadstoffpotential (PFOS): ca. 25 – 50 kg Fracht (PFOS) mittel/max über Grundwasserneubildung/Elution: ca. 100 g/a / 900 g/a |
| Grundwasser: | Errichtung/Untersuchung von 14 Grundwassermessstellen (BwDLZ-GWM-022 - BwDLZ-GWM-025; P01-P10), zweimalige Beprobung/Analytik an 15 GWMs (BwDLZ-GWM-009, BwDLZ-GWM-022 - BwDLZ-GWM-025; P01-P10); Deutliche Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an allen GWMs für PFOS (max. 23 µg/l) bzw. PFHxS (max. 4,1 µg/l), PFNA (max. 7,9 µg/l) und an 6 GWMs für PFOA (max. 0,6 µg/l) und an 5 GWMs für H4PFOS (max. 2,5 µg/l) Fracht mittel (PFOS): ca. 1,5 kg/a |
| Bewertung und Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht und erhebliche großräumige Grundwasserverunreinigung bestätigt; Kontaminationsbereich weitestgehend abgegrenzt; abschließende Gefährdungsabschätzung möglich |
| Bewertung nach AHBoGwS: | Kat. D |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen im Sinne einer Sanierungsuntersuchung erforderlich |

5.2.3 KF 105: Südbahn (westlich)

Abbildung 5-10 zeigt einen Übersichtsplan der KF 105.

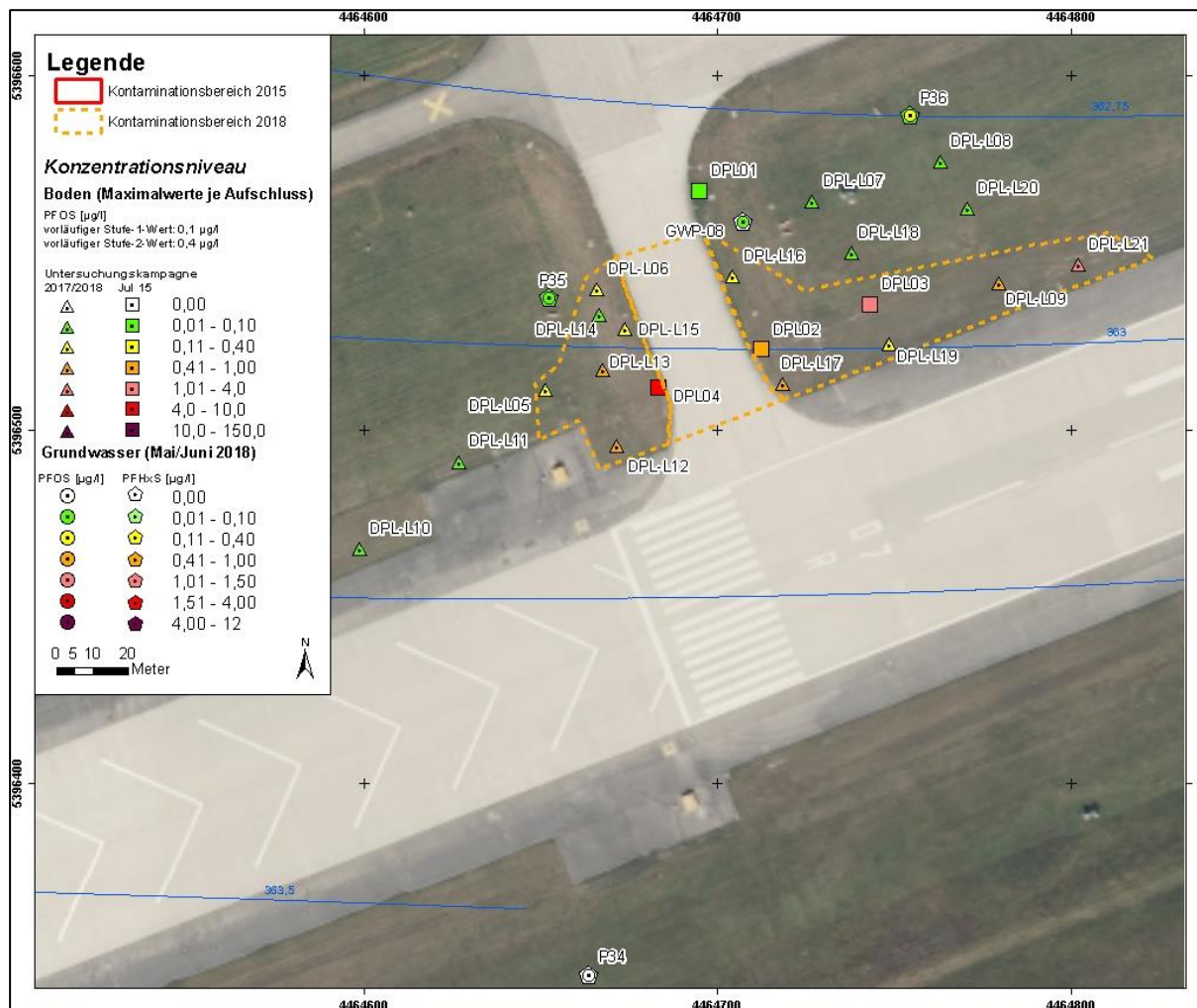


Abbildung 5-10: Lageplan Südbahn (KF 105)

5.2.3.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Durch den Einsatz von PFC-haltigen Feuerlöschmitteln wurden diffus verteilte Bodenbelastungen in der ungesättigten Bodenzone hervorgerufen.

Dieser Sachverhalt wurde im Zuge der Phase IIb-1-Untersuchungen im Jahr 2015 festgestellt. Die Untersuchungen erbrachten damals an zwei Aufschlüssen Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte am Ort der Probenahme bis in den Grundwasserschwankungsbereich, sodass auch für den Ort der Beurteilung von Stufe-2-Wert-Überschreitungen ausgegangen werden konnte. Dieser Umstand konnte durch 2015 durchgeführte Grundwasseruntersuchungen nicht bestätigt werden.

Durch die durchgeführten Untersuchungen konnte jedoch keine abschließende Gefährdungsabschätzung durchgeführt werden. Es waren somit weitere Erkundungsmaßnahmen zur Abgrenzung des Kontaminationsbereichs angezeigt.

Im Untersuchungskonzept vom 30. Oktober 2016 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 5 Ansatzpunkten (im Weiteren Umgriff der bislang bekannten Kontaminationsfläche, Bezeichnung DPL-L05 – DPL-L09) zur Eingrenzung der Belastungen im Boden bis in die wassergesättigte Bodenzone. Schicht- bzw. meterweise Probenahme. Untersuchung ausgewählter Proben auf PFC gemäß LfU-Leitlinien im S4-Eluat.
- Errichtung von 3 Grundwassermessstellen (DN 125, GWM-026 - GWM-028) im potenziellen An-/Abstrom der KF zur Ermittlung der hydrogeologischen Verhältnisse und zur Abgrenzung der Belastungen im Grundwasser durch Entnahme von jeweils mindestens zwei Grundwasserproben inkl. Analytik auf PFC gemäß LfU-Leitlinien.

Aufgrund der stark limitierten Zugangs- bzw. Arbeitsbedingungen im Bereich der Südbahn aufgrund des regulären Flugbetriebs wurden anstatt der geplanten 5“-Grundwassermessstellen 2“-Grundwassermessstellen (Piezometer, P34 – P36) errichtet.

Nachdem die im November/Dezember 2017 durchgeführten Liner-Sondierungen weiterhin keine vollständige laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche zuließen, wurden, im April/Mai 2018 weitere 12 Liner Sondierungen (Bezeichnung DPL-L10 – DPL-L21, WAFW-L09 – WAFW-L32) im weiteren Umgriff abgeteuft und daraus ausgewählte Proben auf PFC (13 Einzelparameter) gemäß LfU-Leitlinien im S4-Eluat analysiert.

5.2.3.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Die KF 105 „Südbahn (westlich)“ war nicht Bestandteil der Phase I Erkundung. Allerdings wurden durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 durch Nachrecherchen verschiedene Havarien und Störfälle recherchiert, die Landebahnschäumungen in diesem Bereich der Star-/Landebahn notwendig machten.

Die bislang durchgeführten Untersuchungen an der KF 105 sind in Tabelle 5-21 dargestellt. Die Untersuchungsergebnisse der Bodenuntersuchungen (anhand des Einzelparameters PFOS) sind des Weiteren in Tabelle 5-22 dargestellt.

Tabelle 5-21: Bisherige Untersuchungen KF 105

| Durchgeführte Untersuchungen Bodenuntersuchungen LfU, 2012: | |
|--|--|
| Boden: | Entnahme/Analytik einer Bodenprobe auf PFC im Feststoff; geringe PFC-Belastungen von ca. 120 µg/kg PFC |
| Grundwasser: | keine Grundwasseruntersuchungen |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIa (BFM, 2013): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Beprobung Grundwassermessstelle BwDLZ-GWP-08; keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte (PFOS 0,06 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1 (Gibs, 2015): | |
| Boden: | 4 Linersondierungen, 14 Bodenproben, Analyse von 13 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung des vorläufigen Stufe-2-Wertes in 9 Proben, Überschreitung des vorläufigen Stufe-1-Wertes in 2 Proben Abgrenzung Kontaminationsbereich nicht möglich |
| Grundwasser: | dreimalige Beprobung/Analytik BwDLZ-GWP-08 keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte (PFOS max. 0,02 µg/l) |

5.2.3.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den 17 Linersondierungen erkundete Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberbodenbereichen wurden überwiegend sandige und kiesige Lagen bis zur Endteufe erkundet. Die Sondierungen reichen bis in Tiefen von 4,5 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.3.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-22 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS dargestellt. Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt.

Bereits auf den ersten Blick sind im Vergleich zu den anderen beiden Standorten KF 066 (Feuerlöschübungsbecken) und KF 104 (Alte Feuerwache) folgende Auffälligkeiten festzustellen:

- die deutlich niedrigeren Konzentrationen
- die deutlich niedrigere Anzahl an Stufe-2 Wertüberschreitungen
- die flächig deutlich inhomogene Kontamination
- die deutlich kleinere Fläche (s. Abb. 5-10)

Tabelle 5-22: Kontaminationsverteilung Südbahn (westlich) (KF 104) anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Endtiefe | Phase Schicht | PFOS | | | | | | | | Andere einstufrrelevante Einzelparameter | | | |
|------------|---------------|-----------------|----------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|--|------|------|----------------------------------|
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Mittel | Max | | |
| DPL | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DPL01 | 2 | 2 | 0,6 | 2015 | 0,028 | 0,024 | | | | | | | | 0,03 | 0,03 | |
| DPL02 | 2 | 2 | 1 | 2015 | 0,23 | 0,44 | | | | | | | | 0,34 | 0,44 | |
| DPL03 | 5 | 4 | 3 | 2015 | 1,8 | 0,73 | 1,8 | 0,66 | | | | | | 1,25 | 1,80 | |
| DPL04 | 5 | 5 | 3 | 2015 | 0,28 | 1,7 | 2,1 | 9,4 | 3,2 | | | | | 3,34 | 9,40 | |
| DPL-L05 | 6 | 6 | 4,5 | 2017 | 0,21 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | | | | 0,06 | 0,21 | |
| DPL-L06 | 6 | 6 | 4,5 | 2017 | 0,17 | 0,04 | 0,05 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | | | | 0,07 | 0,17 | |
| DPL-L07 | 6 | 6 | 4,5 | 2017 | <0,03 | <0,01 | 0,02 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | 0,02 | 0,02 | |
| DPL-L08 | 6 | 6 | 4,5 | 2017 | 0,03 | 0,02 | <0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | | | | 0,03 | 0,05 | |
| DPL-L09 | 6 | 6 | 4,5 | 2017 | 0,26 | 0,42 | 0,03 | 0,28 | 0,03 | <0,01 | | | | 0,20 | 0,42 | Schicht 4: PFNA > S2 (0,4 µg/l) |
| DPL-L10 | 7 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | 0,02 | | | | | 0,02 | 0,02 | |
| DPL-L11 | 6 | 3 | 4,1 | 2018 | <0,01 | 0,03 | | <0,01 | | | | | | 0,03 | 0,03 | |
| DPL-L12 | 7 | 6 | 4,1 | 2018 | 0,07 | 0,07 | 0,53 | 0,13 | 0,02 | 0,09 | | | | 0,15 | 0,53 | Schicht 6: PFNA > S1 (0,11 µg/l) |
| DPL-L13 | 7 | 5 | 4,5 | 2018 | 0,16 | 0,2 | 0,43 | 0,06 | 0,02 | | | | | 0,17 | 0,43 | |
| DPL-L14 | 6 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | <0,01 | | | | | | 0,04 | 0,05 | |
| DPL-L15 | 6 | 4 | 4,5 | 2018 | 0,17 | 0,07 | 0,02 | 0,02 | | | | | | 0,07 | 0,17 | |
| DPL-L16 | 7 | 5 | 4,1 | 2018 | 0,12 | 0,05 | 0,19 | 0,12 | 0,02 | | | | | 0,10 | 0,19 | |
| DPL-L17 | 7 | 6 | 3,6 | 2018 | 0,02 | 0,02 | 0,19 | 0,59 | 0,27 | 0,23 | | | | 0,22 | 0,59 | |
| DPL-L18 | 7 | 5 | 4,1 | 2018 | 0,1 | 0,07 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | | | | | 0,04 | 0,10 | |
| DPL-L19 | 7 | 6 | 4,1 | 2018 | 0,07 | 0,04 | 0,14 | 0,27 | 0,19 | 0,06 | | | | 0,13 | 0,27 | |
| DPL-L20 | 6 | 4 | 4,1 | 2018 | 0,03 | <0,03 | <0,01 | 0,06 | | | | | | 0,05 | 0,06 | |
| DPL-L21 | 6 | 5 | 4,1 | 2018 | 0,04 | 0,11 | 0,11 | 0,21 | 2,3 | | | | | 0,55 | 2,30 | |

Im Bereich der KF 105 „Südbahn westlich wurden an vier der 17 Aufschlüsse die vorläufigen Stufe-2-Werte und an sechs weiteren die vorläufigen Stufe-1-Werte überschritten. An den restlichen sieben Aufschlüssen wurden keine Stufenwertüberschreitungen festgestellt.

Die höchsten Gehalte mit Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte wurden an den Aufschlüssen DPL-L09 (PFOS 0,42 µg/l, PFNA 0,4 µg/l), DPL-L13 (PFOS 0,43 µg/l), DPL-L17 (PFOS 0,81 µg/l) und DPL-L21 (PFOS 2,3 µg/l, PFNA 0,35 µg/l) festgestellt, die alle in der Nähe versiegelter Flächen liegen. In allen vier Aufschlüssen konnte eine heterogene vertikale Schadstoffverteilung ermittelt werden, die keine tiefenabhängige Konzentrationsentwicklung erkennen lässt. Die Stufe-2-Wert-Überschreitungen wurden zumeist in Tiefen zwischen 0,5 – 1,5 m u. GOK ermittelt und werden zumeist von Stufe-1-Wert-Überschreitungen ober- bzw. unterhalb flankiert.

In den Aufschlüssen DPL-L05 – L06, L12, L15 – L16 und L19 wurden maximal Überschreitungen der vorläufigen Stufe-1-Werte (PFOS max. 0,17 µg/l – 0,36 µg/l) ermittelt. Auch in diesen Aufschlüssen konnte eine heterogene Schadstoffverteilung festgestellt werden.

In den restlichen Sondierungen (DPL-L07 – L08, L10- L11, L13, L18 und L20) konnten keine Überschreitungen der vorläufigen Stufe-Werte festgestellt werden, wodurch eine grobe Abgrenzung der Kontaminationsbereiche möglich ist.

Im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen der Phase IIb-1 aus dem Jahr 2015 wurden aktuell deutlich niedrigere PFC-Belastungen festgestellt.

Des Weiteren wurden zur Ermittlung des PFC-Potenzials im Boden Feststoffuntersuchungen an ausgewählten Bodenproben durchgeführt. Tabelle 5-23 zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchungen im Vergleich zur ermittelten PFC-Belastung im S4-Eluat anhand des Hauptparameters PFOS.

Tabelle 5-23: Vergleich PFC-Belastung Feststoff / S4-Eluat anhand von PFOS

| Aufschluss | DPL-L13 | | |
|------------|----------|-------|-----------------------------|
| | S4-Eluat | Boden | Verhältnis Boden / S4-Eluat |
| Medium | | | |
| Schicht 1 | 0,16 | 37 | 231 |
| Schicht 2 | 0,2 | 11 | 55 |
| Schicht 3 | 0,43 | 6,6 | 15 |
| Schicht 4 | 0,06 | <5 | - |
| Schicht 5 | 0,02 | | |
| Schicht 6 | | | |
| Schicht 7 | | | |
| Schicht 8 | | | |
| Mittel | 0,17 | 18,20 | 100,53 |
| Max | 0,43 | 37,00 | 231,25 |

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind im Kapitel 5.1.5 in Tabelle 5-4 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Im Bereich der KF „Südbahn westlich“ befinden sich eine 5“-Grundwassermessstelle und drei 2“-Grundwassermessstellen. Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden für PFOS und PFNA an den Messstellen P35 und P36 festgestellt, die im Abstrombereich bzw. im seitlichen Abstrom der KF liegen. Die höchsten Konzentrationen wurden an der P36 (PFOS 0,3 µg/l, PFNA 0,1 µg/l) ermittelt. An der P35 wurden leicht niedrigere Gehalte (PFOS 0,1 µg/l, PFNA 0,09 µg/l) gemessen. Keine Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurde in der im Anstrom gelegenen P34 (alle Parameter unterhalb der Nachweisgrenze) sowie in der im potenziellen Abstrom gelegenen BwDLZ-GWP-08 ermittelt (PFOS und PFNA in Spuren) festgestellt.

Die langjährige Konzentrationsentwicklung kann nur durch die seit 2013 untersuchte Messstelle BwDLZ-GWP-08 betrachtet werden. An dieser liegen die PFC-Konzentrationen seit Beginn auf einem gleichbleibenden Niveau unterhalb der vorläufigen Schwellenwerte.

Auch mit der Größe der PFC-Konzentrationen im Grundwasser unterscheidet sich diese KF von den übrigen beiden Kontaminationsflächen 066 (Feuerlöschübungsbecken) und 104 (Alte Feuerwache) ganz deutlich.

5.2.3.5 Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen im Bereich der KF 105 „Südbahn (westlich)“ belegen eindeutig den Eintrag von PFC-haltigen Schaummitteln in die ungesättigte und gesättigte Bodenzone. Es handelt sich um ein heterogenes Schadensmuster mit diffuser lateraler und vertikaler Schadstoffverteilung.

Durch die aktuell durchgeführten Untersuchungen konnte eine hinreichende laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche erzielt werden.

Die bislang erkundete Kontaminationsfläche, auf der Stufenwertüberschreitungen festgestellt wurden, umfasst eine Fläche von ca. 5.300 m².

Für diesen Kontaminationsbereich wurde eine mittlere (berechnet als Mittelwert der Maximalkonzentrationen je Ansatzpunkt) und eine maximale Konzentration für PFOS ermittelt, mit welcher über die Sickerwassermenge eine mittlere bzw. maximale Fracht berechnet wurde. Für die KF 105 ergibt sich bei der derzeitigen Kontaminationsfläche eine PFOS-Fracht, die zwischen 0,3 g/a bis 0,5 g/a (siehe Tabelle 5-24) schwankt.

Tabelle 5-24: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) KF 105

| Bereich | Flächen- größe | GW- Neubildung | Sickerwasser- menge | Konz. mittel | Konz. max. | Fracht mittel | Fracht max. |
|-----------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|
| | [m ²] | [mm] | [m ³ /d] | [µg/l] | [µg/l] | g/a | g/a |
| Phase 2017/2018 | 5300 | 210 | 3,05 | 0,23 | 0,42 | 0,3 | 0,5 |

Aus den ermittelten Elutionsraten (Vergleich Feststoffextraktion/Elution) lassen sich die Schadstoffpotentiale (PFOS) aus den durchschnittlichen Elutionskonzentrationen und der ermittelten Kubatur abschätzen. Im Bereich der KF 105 ergibt sich eine Größenordnung des Schadstoffpotentials von ca. 0,5 kg PFOS.

Die nachfolgende Tabelle 5-25 zeigt die wesentlichen Daten im Bereich zweier Transekte (An-/Abstrom) und die sich daraus ergebenden Frachten, die den Standort im Grundwasser verlassen. Daraus ergibt sich mit ca. 60 g PFOS p.a. eine deutlich höhere Fracht wie über die Grundwasserneubildung abgeschätzt (siehe Tabelle 5-24). Für die Gefährdungsabschätzung empfehlen wir, die aus den Grundwassertransekten ermittelten Schadstofffrachten heran zu ziehen. Diese sind aus unserer Erfahrung deutlich plausibler als die Frachten, die sich aus der Abschätzung der Grundwasserneubildung ergeben.

Tabelle 5-25: Ermittelte Schadstofffracht (PFOS) im Grundwasser KF 105

| Kontaminationsfläche | Südbahn (westlich) | | |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------|
| | Anstrom | Abstrom | Differenz |
| Abstrombreite Fahne [m] | 165 | 165 | |
| mittlere Aquifermächtigkeit [m] | 7,0 | 7,0 | |
| kf-Wert [m/s] | 5 · 10 ⁻³ | 5 · 10 ⁻³ | |
| Hydraulisches Gefälle i [-] | 0,0034 | 0,0034 | |
| GW-Umsatz [l/s] | 19,9 | 19,9 | |
| GW-Umsatz [m ³ /d] | 1.721 | 1.721 | |
| mittlere Konzentration PFOS [µg/l] | 0,03 | 0,13 | |
| Fracht [g/d] | 0,05 | 0,23 | 0,17 |
| Fracht [g/a] | 19 | 83 | 63 |

5.2.3.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-26 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KF 105. Die Untersuchungen erbrachten an vier Aufschlüssen Überschreitungen des vorläufigen Stufe-2-Wertes am Ort der Probenahme. Stufe-2-Wert-Überschreitungen wurden auch im Grundwasserschwankungsbereich festgestellt, sodass auch für den Ort der Beurteilung von Stufe-2-Wert-Überschreitungen ausgegangen werden kann. Laut Merkblatt 3.8/1 ergibt sich daraus eine erhebliche Grundwasserverunreinigung.

Im Grundwasserabstrom selbst, welcher durch die Grundwassermessstellen P35, P36 und BwDLZ-GWP-08 erschlossen wird, wurden die Ergebnisse durch Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bestätigt.

Damit ergibt sich an der KF 105 eine erhebliche Grundwasserverunreinigung, die aufgrund der berechneten Frachten und Ausmaße des Kontaminationsbereichs bei aktuellem Kenntnisstand nicht als kleinräumige Kontamination betrachtet werden kann. Durch die aktuellen Untersuchungen kann die Kontaminationsfläche aus Sicht des Gutachters hinreichend abgegrenzt werden und damit eine abschließende Gefährdungsabschätzung durchgeführt werden.

Zusammenfassende Bewertung

Die innerhalb der Phase I-Untersuchung bzw. bei den Nachrecherchen festgestellten Hinweise auf schädliche Bodenveränderungen (Landbahnschäumungen) haben sich in der Phase IIa-Untersuchung bestätigt. Der Altlastenverdacht konnte damit bestätigt werden.

Innerhalb der anschließenden Untersuchungen der Phase IIb wurde diese bodenschutzrechtliche Einschätzung weiter bestätigt und eine laterale und vertikale Abgrenzung der schädlichen Bodenveränderung für die Zielsetzung Gefährdungsabschätzung ausreichend vorgenommen. Die PFC-Konzentrationen überschreiten den Stufenwert-2 auf einer deutlich kleineren Flächengröße. In Verbindung mit dem Schadstoffbefund in den Teufen der ungesättigten Zone mit Stufe-1 Wertüberschreitung auf einer Fläche von ca. 5.300 m² ergibt sich ein deutlich niedrigeres Schadstoffpotential als bei der KF 066, das jedoch auch in der Lage ist, noch über sehr lange Zeiträume Schadstoff an das Grundwasser abzugeben und das mit höheren PFC-Frachten, als dies beim Feuerwehrrübsbecken der Fall ist. Im Vergleich zur Alten Feuerwache sind die Frachten natürlich viel niedriger.

Durchgeführte Grundwasseruntersuchungen belegen eindeutig einen kausalen Zusammenhang zwischen den vorgefundenen PFC-Befunden im Boden (Mobilisierung durch Elution nachgewiesen) und den PFC-Befunden im Grundwasserabstrom, die nur gemäßigt über den vorläufigen Schwellenwerten liegen. Der Grundwasseranstrom ist nahezu unbelastet. Dies wurde durch mehrere Messungen an mehreren Messpunkten festgestellt. Im Sinne der PFC-Leitlinie (April 2017) liegt bei Überschreiten der vorläufigen Schwellenwerte „...i.d.R. eine schädliche Veränderung des Grundwassers im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vor“. Der Standort trägt mit der Schadstofffracht zu der sich außerhalb der Flughafengrenzen hinausbewegenden Fracht der Schadstofffahne wenn überhaupt aufgrund der Vorflutfunktion des Riedelmoosgrabens nur sehr nachrangig bei. Jedoch ist eine Einflussnahme auf das Airbus-Gelände gegeben.

Damit ist belegt, dass von dem untersuchten Standort für das Allgemeingut Grundwasser eine Gefahr ausgeht sowie erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit vorliegen.

Allerdings existiert für das Grundwasser der Riedelmoosgraben mit Vorflutfunktion. Dadurch resultieren erhebliche PFC-Befunde im Oberflächenwasser, die über der anzustrebenden Umweltqualitätsnorm liegen. Über den Pfad Oberflächenwasser existiert eine Außenwirkung, die i.S. des BBodSchG §4 als „*erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit*“ gewertet werden können.

Eine akute Gefahr für Leib und Leben besteht aufgrund der bereits vorgenommenen Vorsorgemaßnahmen sowie dadurch, dass keine Trinkwassergewinnung im unmittelbaren Abstrom des Standortes liegt, nicht.

Für den Wirkungspfad Boden – Pflanze wurden innerhalb des Flughafenbereichs bereits Vorkehrungen getroffen (Mulchen), um den Grünschnitt an diesem Standort nicht in den Verkehr bzw. in die Nahrungskette zu bringen.

Nach BBodSchG §4 sind „*...Boden und Altlasten sowie durch schädliche Bodenverunreinigungen oder Altlasten verursachte Verunreinigungen so zu sanieren, dass dauerhaft keine Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit entstehen.*“

Damit sind Maßnahmen i.S. des BBodSchG §4 angezeigt, was Dekontaminations- oder Sicherungsmaßnahmen oder – soweit nicht möglich oder unzumutbar – weitere Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen bedeuten kann.

Hierzu empfehlen wir unter Beachtung des BBodSchG §13 in einem abgestimmten Vorgehen Sanierungsuntersuchungen und Sanierungsplanungen anzugehen, in denen durch Varianten- und Machbarkeitsstudien unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit Maßnahmen zur dauerhaften Abwehr der zuvor beschriebenen Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen geprüft werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Laut AHBoGwS ergibt sich u. E. eine Einstufung in die Kategorie D.

Aufgrund der abgeschätzten Schadstoffpotentialhöhe und der Mobilisierung, der dadurch im Grundwasser verursachten Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte und der Schadstofffrachten ist die KF 105 (Südbahn westlich) gegenüber der KF 104 (Alte Feuerwache) nachrangig zu behandeln, wobei mögliche Synergien im Gesamtkontextes eines Sanierungsplanes nicht unberücksichtigt bleiben sollten.

Tabelle 5-26: Zusammenfassung Südbahn (KF 105)

| KF 105: Südbahn (westlich) | |
|---|--|
| Nutzung: | Südliche Start-/Landebahn |
| Dauer: | unbekannt |
| Durchgeführte Untersuchungen LfU (2012): | |
| Boden: | Untersuchung einer Oberbodenprobe (ca. 120 µg/kg PFC) |
| Grundwasser: | Keine Grundwasseruntersuchungen |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIa: BfM (2013): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Untersuchung einer Grundwassermessstelle (BwDLZ-GWP-08); keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte (PFOS 0,06 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2015): | |
| Boden: | 4 Linersondierungen, 14 Bodenproben, Analyse von 13 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung des vorläufigen Stufe-2-Wertes in 9 Proben, Überschreitung des vorläufigen Stufe-1-Wertes in 2 Proben |
| Grundwasser: | dreimalige Beprobung/Analytik BwDLZ-GWP-08 keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte (PFOS max. 0,02 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-2: Gibs (2017): | |
| Boden: | 17 Linersondierungen, 109 Bodenproben, Analyse von 87 Bodenproben (S4-Eluat) bzw. 4 Bodenproben (Feststoff) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 4 Sondierungen bzw. 5 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte in 6 Sondierungen bzw. 21 Proben Erkundete Kontaminationsfläche: ca. 5.300 m ² Schadstoffpotential (PFOS): ca. 0,5 kg Fracht (PFOS) mittel/max über Grundwasserneubildung/Elution: ca. 0,3 g/a / 0,5 g/a |
| Grundwasser: | Errichtung/ von 3 Grundwassermessstellen (P34-P36), zweimalige Beprobung/Analytik an 4 GWMs (BwDLZ-GWP-08, P34-P36); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an 2 GWMs für PFOS (P35, max. 0,3 µg/l) bzw. PFNA (P35/P36, max. 0,09/0,1 µg/l) Fracht mittel (PFOS): ca. 60 g/a |
| Bewertung und Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht und erhebliche Grundwasserverunreinigung bestätigt; Kontaminationsbereich weitestgehend abgegrenzt; abschließende Gefährdungsabschätzung möglich |
| Bewertung nach AHBöGwS: | Kat. D |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen im Sinne einer Sanierungsuntersuchung erforderlich |

6 Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Die Gefährdungsabschätzung hat ergeben, dass bei allen drei Kontaminationsflächen Handlungsbedarf besteht:

- **KF 066: Feuerlöschübungsbecken**
- **KF 104: Alte Feuerwache**
- **KF 105: Südbahn (westlich)**

Hierzu sind im Einklang mit der Bundesbodenschutzgesetzgebung Sanierungsuntersuchungen und Sanierungsplanungen in Form von Varianten- und Machbarkeitsstudien durchzuführen.

Bei den Planungen wird empfohlen, die Standorte nicht isoliert zu betrachten sondern im Kontext auch mit den anderen noch in der Orientierenden Untersuchung befindlichen Flächen.

Als Maßnahmen können Dekontamination (Aushub), Sicherung (Versiegelung) sowie Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen in Frage kommen.

Weiterhin sind Überlegungen für Maßnahmen am Grund- und Oberflächenwasser anzustellen. Dabei ist jedoch jetzt schon absehbar, dass aufgrund der enormen Wasserumsätze und der wasserrechtlichen Einleitekriterien die Verhältnismäßigkeitsprüfung nicht einfach sein wird.

Insgesamt sind jedoch alle möglichen und machbaren Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen zu erarbeiten, zu bewerten und unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit für die Zielsetzung zu vergleichen, um zu einer sinnvollen und zielführenden Lösung zu kommen. Aus gutachterlicher Sicht ist jedoch davon auszugehen, dass ein unbelasteter Urzustand sowohl im Boden als auch im Grund- und Oberflächenwasser nicht zu erreichen sein wird. Dazu ist über einen zu langen Zeitraum auf zu vielen und zu großen Flächen mit Substanzen umgegangen worden, die zum damaligen Zeitpunkt als wasserrechtlich unbedenklich galten und entsprechend der gesetzlichen Regelungen eingesetzt wurden.

Durch die Forschungserkenntnisse der letzten Zeit hat sich dies als unrichtig herausgestellt. Zusammen mit den sehr niedrig festgelegten Konzentrationswerten für die Beurteilung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser ergibt sich daraus eine Problematik, bei der selbst Dekontamination- und Sicherungsmaßnahmen ggf. nur Minimierungsmaßnahmen darstellen können. Bei den Bodendekontaminationen ist hierbei die komplexe Infrastruktur (insbesondere Bebauung und Sparten, die darüber hinaus auf einem in Betrieb befindlichen militärischen Flugplatz liegen) anzusprechen, bei Maßnahmen am Grundwasser die sehr aufwändige Fassung und noch viel aufwändigere Aufbereitung des Grundwassers.

Weiterhin werden die Maßnahmen beim Oberflächenwasser nicht zum Erreichen der Umweltqualitätsnorm bis zum Jahre 2027 führen können.



Weiterhin wird an dieser Stelle die gutachterliche Empfehlung ausgesprochen, die o.g. Planungen mit der ausreichenden Tiefenschärfe und Sorgfalt durchzuführen. Wie bereits mehrfach angesprochen besteht aktuell auf Grund der bereits ausgeführten Vorsorgemaßnahmen keine akute Gefahr für Leib und Leben.

Die letztendliche Entscheidung über notwendige Maßnahmen treffen die zuständigen Behörden.

7 Zusammenfassung

Mit den vorliegenden Phase IIb-2 Untersuchungen konnte die Gefährdungsabschätzung für die drei KF

- **KF 066: Feuerlöschübungsbecken**
- **KF 104: Alte Feuerwache**
- **KF 105: Südbahn (westlich)**

abgeschlossen werden. Durch die Untersuchungen konnte der eindeutige Zusammenhang zwischen flächigen Bodenverunreinigungen und davon ausgehenden erheblichen Grundwasser- und Oberflächenwasserverunreinigungen belegt werden. Die ermittelten Schadstoffpotenziale im Boden und Schadstofffrachten im Grundwasser können nicht als kleinräumig eingestuft werden.

Eine Außenwirkung größeren Ausmaßes resultiert insbesondere an der nördlichen Liegenschaftsgrenze verursacht durch den Standort der KF „Alten Feuerwache“. Auch die anderen Standorte erzeugen eine nachteilige Außenwirkung insbesondere über das Oberflächenwasser.

Bei allen drei Standorten konnte der Gefahrenverdacht für das Allgemeingut Grundwasser und Oberflächenwasser nachgewiesen werden.

Aus diesem Grunde wird aus gutachterlicher Sicht empfohlen, Maßnahmen i.S. des BBodSchG §4 innerhalb einer Sanierungsuntersuchung zu prüfen (siehe nachfolgende Tabelle 7-1).

Bei den Planungen wird empfohlen, die Standorte nicht isoliert zu betrachten sondern im Kontext auch mit den anderen noch in der Orientierenden Untersuchung befindlichen Flächen.

Die letztendliche Entscheidung hierüber treffen die zuständigen Behörden.

Tabelle 7-1: Zusammenfassende Bewertung der untersuchten KF

| KF | Lokalität | Bewertung und Schadensbereiche: | Bewertung nach AHBöGwS: | Vorgeschlagene Maßnahmen: |
|-----|-------------------------|---|-------------------------|--|
| 066 | Feuerlösch-übungsbecken | Gefahrenverdacht und erhebliche Grundwasserverunreinigung bestätigt; Gefährdungsabschätzung abgeschlossen Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit i.S. §4 BBodSchG belegt | Kat. D | Sanierungsuntersuchung zur Auswahl von Maßnahmen nach §4 BBodSchG erforderlich |
| 104 | Alte Feuerwache | Gefahrenverdacht und erhebliche Grundwasserverunreinigung bestätigt; Gefährdungsabschätzung abgeschlossen Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit i.S. §4 BBodSchG belegt | Kat. D | Sanierungsuntersuchung zur Auswahl von Maßnahmen nach §4 BBodSchG erforderlich |
| 105 | Südbahn (westlich) | Gefahrenverdacht und erhebliche Grundwasserverunreinigung bestätigt; Gefährdungsabschätzung abgeschlossen Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit i.S. §4 BBodSchG belegt | Kat. D | Sanierungsuntersuchung zur Auswahl von Maßnahmen nach §4 BBodSchG erforderlich |

8 Literaturverzeichnis und Liste der Rechtsvorschriften

Literatur

- [1] bfm GmbH (2013): Erfassung von kontaminationsverdächtigten Flächen, Flughafen Manching, (ALFV-Nr. 643 019 800 7-rüs). München.
- [2] bfm GmbH (2013): Orientierende Untersuchung Phase IIa, Flughafen Manching (ALFV-Nr. 643 019 800 7-rüs), München.
- [3] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (2014): PFT Untersuchungen Flugplatz Manching. Nürnberg.
- [4] BAIUDBw Kompetenzzentrum Baumanagement München Referat K6 (o. J.A.): Diverse Unterlagen zur PFC-Historie am Flugplatz Manching. München.
- [5] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (o. J.A.): Diverse PFC-Untersuchungen in Grund- und Oberflächenwasser und Boden. München.
- [6] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2010): Umgang mit fluorhaltigen Löschschäumen in NRW. Recklinghausen.
- [7] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs) (2015): Detailuntersuchung Phase IIb am Flugplatz Ingolstadt/Manching – Endbericht. Nürnberg.
- [8] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs) (2016): Untersuchungskonzept PFC-Untersuchungen Flugplatz Manching. Nürnberg.
- [9] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs) (2016): PFC-Untersuchungen im Umfeld des Flugplatzes Manching/Ingolstadt - Dokumentation des Grund- und Oberflächenwassermonitorings. Nürnberg.
- [10] Landratsamt Pfaffenhofen a.d.Ilm (2017): Stellungnahme vom 21.02.2017 zum Untersuchungskonzept Gibs Geologen vom 30.11.2016; Az.: 40/178-09-3. Pfaffenhofen a.d.Ilm.
- [11] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs) (2018): PFC-Untersuchungen im Umfeld des Flugplatzes Manching/Ingolstadt - Dokumentation des Grund- und Oberflächenwassermonitorings, Beprobungsrunde November 2017. Nürnberg.
- [12] BFM UMWELT-BERATUNG-FORSCHUNG-MANAGEMENT GMBH (BFM) (2018): Grund- und Oberflächengewässermonitoring Flugplatz Ingolstadt/Manching; Fortführung 2018 - Diverse Untersuchungsergebnisse per E-Mail – München im Juli 2018.
- [13] Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2018): Klimadaten Wetterstation Baumannshof.

- [14] Büro für Geotechnik und Umweltfragen (BGU) – Dr. Schott & Partner (2004): Hydrogeologisches Gutachten Nasskiesabbaugebiet Feilenmoos. Starnberg.

Kartengrundlagen

- [15] Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Nr. 7235, Blatt Vohburg.
[16] Hydrogeologischer Karte (HK) von Bayern im Maßstab 1:500.000.
[17] BayernAtlas, Bayerische Vermessungsverwaltung.

Rechtsvorschriften, Richtlinien und Merkblätter

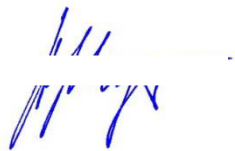
- [18] Bundes-Bodenschutzgesetz: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG) vom 17.03.1998.
[19] Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999.
[20] Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31.07.2009.
[21] Bayerisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Bayerisches Bodenschutzgesetz – BayBodSchG) vom 23.02.1999.
[22] Bayerisches Wassergesetz (BayWG) vom 25.02.2010.
[23] Bayer. Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2017): Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden. München.
[24] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Merkblatt 3.8.1: Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer, 31.10.2001.
[25] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser/Boden (LAWA/LABO) (2006): Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen, Mainz.
[26] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (2014): Arbeitshilfen Boden- und Grundwasserschutz, Berlin.
[27] Bayer. Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2018): Hinweise für Sachverständige und Untersuchungsstellen Boden/Wasser, Newsletter vom 26.06.2018. Augsburg.

Nürnberg, 30. August 2018



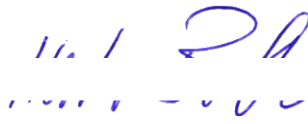
GEOLOGEN + INGENIEURE GMBH & Co. KG

DEICHSLERSTRASSE 25, D - 90489 NÜRNBERG



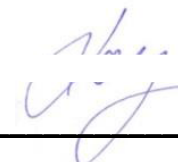
Dr. H. Schoger

(Sachverständiger §18
BBodSchG)



H. Bühler

(Abteilungsleitung)



M. Loy

(Projektleitung)