

PFC-UNTERSUCHUNG NACH PHASE IIA/IIB – NATO-FLUGPLATZ NEUBURG A.D. DONAU

**ENDBERICHT DER ORIENTIERENDEN UNTERSUCHUNGEN VON 12
KONTAMINATIONSVERDÄCHTIGEN FLÄCHEN (PHASE IIA)**

VERTRAGSNUMMER: 19 D 0346
MAßNAHMENNUMMER: 40352 C 0001
LIEGENSCHAFTSNUMMER: 643701

DATUM: 10. MÄRZ 2020

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: ██████████
PROJEKTNR. GIBS: **099-G-19/053**

AUSFERTIGUNG:



INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Aniass und Aufgabenstellung | 9 |
| 2 | Kenntnisstand vor Untersuchungsbeginn | 12 |
| 2.1 | Vorhandene Unterlagen und Berichte | 12 |
| 2.2 | Liegenschaftsbeschreibung | 13 |
| 2.2.1 | Lage und gegenwärtige Nutzung | 13 |
| 2.2.2 | Historische Entwicklung | 14 |
| 2.3 | Standortsituation | 14 |
| 2.3.1 | Niederschlag und GW-Neubildung | 14 |
| 2.3.2 | Geologie | 15 |
| 2.3.3 | Hydrogeologie | 17 |
| 2.3.4 | Hydrologie | 18 |
| 2.3.5 | Schutzgebiete | 19 |
| 3 | Grundlagen der Ergebnisbeurteilung | 20 |
| 3.1 | Eigenschaften von PFC | 20 |
| 3.2 | Bewertungskriterien und -maßstäbe | 22 |
| 3.2.1 | Wirkungspfad Boden – Mensch | 22 |
| 3.2.2 | Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze | 22 |
| 3.2.3 | Wirkungspfad Boden – Gewässer (LfW-Merkblatt 3.8/1) | 22 |
| 3.2.4 | Bewertungskriterien Oberflächenwasser | 26 |
| 3.2.5 | Kategorisierung nach BFR BoGwS | 26 |
| 4 | Durchführung der Untersuchungen | 28 |
| 4.1 | Feldarbeiten | 28 |
| 4.1.1 | Probenahmen | 29 |
| 4.1.2 | Vermessungsarbeiten | 37 |
| 4.2 | Begleitender Arbeits- und Immissionsschutz | 37 |
| 4.3 | Laboruntersuchungen/Chemische Analytik | 38 |
| 4.4 | Untersuchungen zur Bestimmung hydraulischer Parameter | 39 |
| 5 | Untersuchungsergebnisse | 41 |
| 5.1 | Liegenschaftsbezogene Ergebnisse | 41 |
| 5.1.1 | Ergebnisse von Recherchen | 41 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.1.2 | Boden- und Untergrundaufbau | 44 |
| 5.1.3 | Hydrogeologische und hydrologische Beschreibung | 46 |
| 5.1.4 | PFC-Belastung Grundwasser | 53 |
| 5.1.5 | PFC-Belastung Oberflächengewässer | 61 |
| 5.1.6 | PFC-Belastung Entwässerungssystem | 64 |
| 5.2 | Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse einzelner KVF/KF | 65 |
| 5.2.1 | KVF 037: Lagerraum für Löschmittel (Gebäude 234) | 68 |
| 5.2.2 | KVF 264: Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr (inkl. KVF 390 und KVF 439) | 73 |
| 5.2.3 | KVF 299: Feuerwehrstellplatz West | 79 |
| 5.2.4 | KVF 301: Feuerwehrstellplatz Mitte | 83 |
| 5.2.5 | KVF 438: ehemaliger Feuerwehrstellplatz West | 87 |
| 5.2.6 | KVF 440: ehemaliger Feuerwehrstellplatz Ost | 94 |
| 5.2.7 | KVF 448: Baggerbrand | 101 |
| 5.2.8 | KVF 501: Neue Feuerwache | 108 |
| 5.2.9 | KVF 502: Lärmschutzhalle/Triebwerksstände | 117 |
| 5.2.10 | KVF 503: Löschschaumteppich für F-4F | 123 |
| 5.2.11 | KVF 504: Löschschaumteppich Hakenfänge | 129 |
| 5.2.12 | KVF 505: Landebahn allgemein | 134 |
| 6 | Empfehlungen für das weitere Vorgehen | 140 |
| 7 | Zusammenfassung und Empfehlung | 141 |
| 8 | Literaturverzeichnis und Liste der Rechtsvorschriften | 143 |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|--|-----|
| Abbildung 2-1: Übersichtsplan (BayernAtlas, Bayerische Vermessungsverwaltung)..... | 13 |
| Abbildung 2-2: Geologischer Überblick Untersuchungsgebiet [17]..... | 16 |
| Abbildung 2-3: Kontinuierliche Wasserstandsaufzeichnung Messstation Heinrichsheim [15]..... | 18 |
| Abbildung 3-1: Modellstruktur und Strukturformel von PFOA und PFOS..... | 20 |
| Abbildung 3-2: Physikalische und chemische Eigenschaften der PFC in Abhängigkeit von der Kettenlänge..... | 21 |
| Abbildung 4-1: Liner-Sondierung..... | 31 |
| Abbildung 4-2: Absenkungsverlauf Förderbrunnen/Rammpegel inkl. Förderrate..... | 40 |
| Abbildung 5-1: PFC-Untersuchungen Oberflächengewässer LfU..... | 41 |
| Abbildung 5-2: Klärschlammaufbringungen im Umfeld der Liegenschaft..... | 44 |
| Abbildung 5-3: Schematischer Untergrundaufbau Grundwassermessstelle P20..... | 45 |
| Abbildung 5-4: PFC-Belastung der Grundwasserproben nach Einzelparameter..... | 55 |
| Abbildung 5-5: Prozentuale Verteilung Einzelparameter nach Medium..... | 66 |
| Abbildung 5-6: Lageplan KVF 037: „Lageraum für Löschmittel (Gebäude 234)“..... | 68 |
| Abbildung 5-7: Lageplan KVF 264..... | 73 |
| Abbildung 5-8: Lageplan KVF 299..... | 79 |
| Abbildung 5-9: Feuerwehrrstellplatz West [Quelle: Mull & Partner]..... | 80 |
| Abbildung 5-10: Lageplan KVF 301..... | 83 |
| Abbildung 5-11: Feuerwehrrstellplatz Mitte [Quelle: Mull & Partner]..... | 84 |
| Abbildung 5-12: Lageplan KVF 438..... | 87 |
| Abbildung 5-13: Luftbildaufnahme KVF 438 aus dem Jahr 1993..... | 89 |
| Abbildung 5-14: Lageplan KVF 440..... | 94 |
| Abbildung 5-15: Luftbildaufnahme KVF 440 aus dem Jahr 1993..... | 96 |
| Abbildung 5-16: Lageplan KVF 448..... | 101 |
| Abbildung 5-17: Löschaumeinsatz Baggerbrand..... | 103 |
| Abbildung 5-18: Lageplan KVF 501..... | 108 |
| Abbildung 5-19: Regenrückhaltebecken (RRB) im Bereich der KVF 501..... | 110 |
| Abbildung 5-20: Lageplan KVF 502..... | 117 |



| | |
|--|-----|
| Abbildung 5-21: Lageplan KVF 503 | 123 |
| Abbildung 5-22: Lageplan KVF 504 | 129 |
| Abbildung 5-23: Lageplan KVF 505 | 134 |

TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Tabelle 1-1: Projektteam | 9 |
| Tabelle 1-2: Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb/Phase IIa | 10 |
| Tabelle 2-1: Historische Entwicklung NATO-Flugplatz Neuburg | 14 |
| Tabelle 2-2: Langjährige Niederschlagswerte Station Burgheim [14] | 15 |
| Tabelle 2-3: Ermittelte hydraulische Parameter | 17 |
| Tabelle 3-1: Typische PFC-Konzentrationen in Feuerlöschmitteln, lanuv NRW [mg/kg] [16] | 21 |
| Tabelle 3-2: Vorläufige Stufenwerte für den Pfad Boden-Grundwasser | 23 |
| Tabelle 3-3: Bewertung der orientierenden Untersuchung nach LfW Merkblatt 3.8/1 | 24 |
| Tabelle 3-4: Vorläufige Schwellenwerte für Grund- und Trinkwasser | 25 |
| Tabelle 3-5: Kriterien zur Prüfung Verhältnismäßigkeit nach LAWA/LABO | 25 |
| Tabelle 3-6: PNEC _{aquatisch} -Werte für PFC für die Beurteilung von Oberflächengewässern | 26 |
| Tabelle 4-1: Am Projekt beteiligte Unternehmen | 29 |
| Tabelle 4-2: Übersicht Bodenaufschlüsse | 30 |
| Tabelle 4-3: Übersicht Flächenmisch- und Sedimentproben | 31 |
| Tabelle 4-4: Untersuchte Grundwasseraufschlüsse | 32 |
| Tabelle 4-5: Untersuchte Oberflächenwassermesspunkte | 34 |
| Tabelle 4-6: Beprobungsstellen Entwässerungssystem | 37 |
| Tabelle 4-7: Pumpversuchsdaten | 39 |
| Tabelle 5-1: Übersicht Grundwassermessstellen | 47 |
| Tabelle 5-2: Reaktion der einzelnen Messstellen während des Pumpversuchs | 49 |
| Tabelle 5-3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Pumpversuchsauswertungen | 50 |
| Tabelle 5-4: Übersicht PFC-Untersuchungen Grundwasser | 56 |



| | |
|---|-----|
| Tabelle 5-5: Konzentrationsentwicklung für PFOS und PFHxS im Grundwasser | 57 |
| Tabelle 5-6: Konzentrationsentwicklung PFOS/PFHxS Direct-Push- Grundwassersondierungen | 58 |
| Tabelle 5-7: Tiefenabhängige Konzentrationsverteilung CMT-Messstellen | 59 |
| Tabelle 5-8: Konzentrationsentwicklung der Oberflächengewässer für PFOS | 63 |
| Tabelle 5-9: PFOS-Konzentration Entwässerungssystem..... | 65 |
| Tabelle 5-10: PFC-Belastung der Bodenproben (S4-Eluat) nach Einzelparameter | 67 |
| Tabelle 5-11: Konzentrationsentwicklung KVF 037 für PFOS und PFHxS..... | 70 |
| Tabelle 5-12: Zusammenfassung KVF 037: „Lagerraum für Löschmittel (Gebäude 234)“ | 72 |
| Tabelle 5-13: Kontaminationsverteilung KVF 264 anhand des Einzelparameters PFOS | 75 |
| Tabelle 5-14: Konzentrationsentwicklung KVF 264 für PFOS und PFHxS..... | 76 |
| Tabelle 5-15: Zusammenfassung KVF 264 „Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr (inkl. KVF 390 und KVF 439)“ | 78 |
| Tabelle 5-16: Kontaminationsverteilung KVF 299 anhand des Einzelparameters PFOS | 81 |
| Tabelle 5-17: Zusammenfassung KVF 299 „Feuerwehrstellplatz West“ | 82 |
| Tabelle 5-18: Kontaminationsverteilung KVF 301 anhand des Einzelparameters PFOS | 85 |
| Tabelle 5-19: Zusammenfassung KVF 301: „Feuerwehrstellplatz Mitte“ | 86 |
| Tabelle 5-20: Analyseergebnisse TAUW [8] [$\mu\text{g/l}$] | 89 |
| Tabelle 5-21: Kontaminationsverteilung KVF 438 anhand des Einzelparameters PFOS | 90 |
| Tabelle 5-22: Konzentrationsentwicklung KVF 438 für PFOS und PFHxS..... | 91 |
| Tabelle 5-23: Zusammenfassung KVF 438 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz West“ | 93 |
| Tabelle 5-24: Kontaminationsverteilung KVF 440 anhand des Einzelparameters PFOS | 97 |
| Tabelle 5-25: Konzentrationsentwicklung KVF 440 für PFOS und PFHxS..... | 97 |
| Tabelle 5-26: Zusammenfassung KVF 440 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz Ost“ | 100 |
| Tabelle 5-27: Kontaminationsverteilung KVF 448 anhand des Einzelparameters PFOS | 104 |
| Tabelle 5-28: Konzentrationsentwicklung KVF 448 für PFOS und PFHxS..... | 105 |

| | |
|--|-----|
| Tabelle 5-29: Zusammenfassung KVF 448 „Baggerbrand“ | 107 |
| Tabelle 5-30: Ermittelte PFC-Konzentrationen Baugrube Tower | 111 |
| Tabelle 5-31: Kontaminationsverteilung KVF 501 anhand des Einzelparameters PFOS | 112 |
| Tabelle 5-32: Analysenergebnisse Flächenmischproben KVF 501 | 112 |
| Tabelle 5-33: Konzentrationsentwicklung KVF 501 für PFOS und PFHxS | 113 |
| Tabelle 5-34: Zusammenfassung KVF 501 „Neue Feuerwache“ | 116 |
| Tabelle 5-35: Analysenergebnisse Flächenmischprobe KVF 502 [in µg/l] | 119 |
| Tabelle 5-36: Konzentrationsentwicklung KVF 502 für PFOS und PFHxS | 120 |
| Tabelle 5-37: Zusammenfassung KVF 502 „Lärmschutzhalle/Triebwerksstände“ | 122 |
| Tabelle 5-38: Kontaminationsverteilung KVF 503 anhand des Einzelparameters PFOS | 126 |
| Tabelle 5-39: Konzentrationsentwicklung KVF 503 für PFOS und PFHxS | 126 |
| Tabelle 5-40: Zusammenfassung KVF 503 „Löschschaumteppich für F-4F“ | 128 |
| Tabelle 5-41: Kontaminationsverteilung KVF 504 anhand des Einzelparameters PFOS | 131 |
| Tabelle 5-42: Konzentrationsentwicklung KVF 504 für PFOS und PFHxS | 131 |
| Tabelle 5-43: Zusammenfassung KVF 504 „Löschschaumteppich Hakenfänge“ | 133 |
| Tabelle 5-44: Kontaminationsverteilung KVF 505 anhand des Einzelparameters PFOS | 136 |
| Tabelle 5-45: Konzentrationsentwicklung KVF 505 für PFOS und PFHxS | 137 |
| Tabelle 5-46: Zusammenfassung KVF 505 „Landebahn allgemein“ | 139 |
| Tabelle 7-1: Zusammenfassende Bewertung der untersuchten KF/KVF | 142 |

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 07. Juni 2019 wurde das Ingenieurbüro Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG vom Staatlichen Bauamt Ingolstadt mit dem Projekt „PFC-Untersuchung nach Phase IIa/b am NATO-Flugplatz Neuburg a.d. Donau“ (Vertragsnr. 19 D 0346, Maßnahmenummer 40352 C 0001) nach Vorgabe der Baufachlichen Richtlinien Boden- und Grundwasserschutz (BFR BoGwS) [29] 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 (██████████, ██████████, ██████████) |
| Vertragsangelegenheiten: | Staatliches Bauamt Ingolstadt (██████████) |
| Auftragnehmer: | Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG |
| Abteilungsleitung: | ██████████ |
| Projektleitung und -bearbeitung: | ██ |
| Sachverständige gemäß §18 BBodSchG: | ██████████ (Sachgebiete 1, 2, 5) ██████████ (Sachgebiete 2, 6) |

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

Die aktuellen Untersuchungen (**Phase IIa-2/IIb-1**) knüpfen an die Orientierende Untersuchung (**Phase IIa-1**) aus dem Jahr 2015 an, die von Gibs geologen + ingenieure durchgeführt wurde. Dabei wurden weiterführende Maßnahmen an zwei Kontaminationsflächen (KF) abgeleitet, um eine abschließende Gefährdungsabschätzung durchführen zu können. Des Weiteren wurden im Zuge dieser Erkundung Hinweise auf weitere PFC-Einträge abgeleitet, die im Zuge einer Historischen Erkundung (HE, Phase I) durch Mull & Partner Ingenieurgesellschaft GmbH aus dem Jahr 2017/2018 überprüft wurden.

Auf Grundlage der vorgenannten Erkenntnisse wurde durch Gibs geologen + ingenieure ein Untersuchungskonzept (mit Datum vom 08. November 2018) 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 19. Dezember 2018 (Az. 320-178-2/1) äußerte auch das Landratsamts Neuburg-Schrobenhausen Einverständnis zum geplanten Vorgehen.

Auf Grundlage dieses Untersuchungskonzeptes wurde Gibs geologen + ingenieure beauftragt, an zwei KF Detailuntersuchungen (Phase IIb-1) und an 12 kontaminationsverdächtige Fläche (KVF) Orientierende Untersuchungen (Phase IIa-2) durchzuführen. Im Zuge dieser Untersuchungen wurden von Juni 2019 bis November 2019 die in Tabelle 1-2 aufgeführten Untersuchungen (Hauptauftrag und Nachbeauftragungen) durchgeführt.

Tabelle 1-2: Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb/Phase IIa

| Phase | Phase IIb | Phase IIa |
|---|--|--|
| ungesättigte Bodenzone | 24 Linersondierungen, 129 entnommene Bodenproben, 1 Flächenmisch- und 1 Sedimentprobe | 38 Linersondierungen, 213 entnommene Bodenproben, 3 Flächenmischproben |
| | PFC-Analytik von 90 Bodenproben im S4-Eluat bzw. 1 Bodenproben im Feststoff | PFC-Analytik von 157 Bodenproben im S4-Eluat |
| gesättigte Bodenzone | Errichtung von fünf 5" Grundwassermessstellen | |
| | Entnahme von 47 Grundwasserproben mittels Direct-Push-Grundwassersondierungen | |
| | Monitoring an 40 Grundwassermessstellen (GWM) auf der Liegenschaft, 27 Grundwasseraufschlüssen (GWM, Bewässerungsbrunnen, Hausbrunnen) außerhalb der Liegenschaft und 18 Oberflächengewässer-Messpunkten im Zuge von zwei Beprobungskampagnen im Juli/August 2019 und Oktober 2019 | |
| | Einmalige Untersuchung des Entwässerungssystems an elf Beprobungsstellen | |
| | Durchführung eines 24-stündigen Pumpversuchs (Aquifertest) inkl. zweifacher Grundwasserprobenahme während des Pumpversuchs | |
| | PFC-Analytik aller Wasserproben (230 Proben) | |
| | Durchführung einer Grundwasserstichtagsmessung an 91 Grundwasseraufschlüssen und sieben Oberflächenwassermesspunkten innerhalb und außerhalb der Liegenschaft | |
| Erstellung eines Grundwassergleichen- und Schadstoffverteilungsplans (PFOS) | | |



Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Phase IIa-2-Untersuchungen nach Vorgabe der Baufachlichen Richtlinien Boden- und Grundwasserschutz (BFR BoGwS) dokumentiert und bewertet.

Die Untersuchungen wurden an den folgenden KVF durchgeführt:

- **KVF 037: Lagerraum für Löschmittel (Gebäude 234; inkl. KVF 407 ehemaliger Abscheider Gebäude 234)**
- **KVF 264: Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr (inkl. KVF 390: ehemaliger Abscheider nordwestlich Geb. 202 und KVF 439: ehemaliger Feuerwehrstellplatz Mitte)**
- **KVF 299: Feuerwehrstellplatz West**
- **KVF 301: Feuerwehrstellplatz Mitte**
- **KVF 438: ehemaliger Feuerwehrstellplatz West**
- **KVF 440: ehemaliger Feuerwehrstellplatz Ost**
- **KVF 448: Baggerbrand**
- **KVF 501: Neue Feuerwache**
- **KVF 502: Lärmschutzhalle/Triebwerksstände**
- **KVF 503: Löschschaumteppich für F-4F**
- **KVF 504: Löschschaumteppich Hakenfänge**
- **KVF 505: Landebahn allgemein**

Die Lage der KVF ist der Anlage 1, Blatt Nr. 1 zu entnehmen. Im Anschluss erfolgt eine Gefährdungsabschätzung hinsichtlich des Wirkungspfad des Boden-Grundwasser inkl. Empfehlungen für die weitere Vorgehensweise und evtl. nötiger Gefahrenabwehrmaßnahmen.

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

Die Ergebnisse der Phase IIb-1-Untersuchungen bei

- **KF 029: Feuerlöschübungsbecken**
- **KF 500: Alte Feuerwache**

werden in einem separaten Bericht dokumentiert und bewertet.

2 Kenntnisstand vor Untersuchungsbeginn

2.1 Vorhandene Unterlagen und Berichte

- [1] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2014): NATO-Flugplatz Neuburg, Grundwasseruntersuchung PFT – Nürnberg.
- [2] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2015): NATO-Flugplatz Neuburg, Bodenuntersuchungen im Bereich des ehem. Feuerwehrübungsbeckens – Nürnberg.
- [3] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2015): "Neubau Kontrollturm" Neuburg a. d. Donau; Bauwasserhaltung; Abschlussbericht zum Betrieb einer Aktivkohle-Reinigungsanlage – Nürnberg.
- [4] BAIUDBw Kompetenzzentrum Baumanagement München Referat K6: diverse Unterlagen zur PFC-Historie am NATO-Flugplatz Neuburg/Donau – München.
- [5] Staatliches Bauamt Ingolstadt: diverse Unterlagen zur PFC-Historie am NATO-Flugplatz Neuburg/Donau – Ingolstadt.
- [6] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU, 2012): PFC-Untersuchungen in Oberflächengewässern in Umfeld von Flughäfen – München.
- [7] Pionierschule und Fachschule des Heeres für Bautechnik (1995): Geologische / Hydrogeologische Verhältnisse im Bereich des Fliegerhorst Neuburg / Donau – München.
- [8] Tauw gmbH (2014): Fliegerhorst Neuburg a.d. D., Untersuchung von Boden und Grundwasser auf Schadstoffe inkl. PFT – Regensburg.
- [9] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2015): Endbericht Orientierende Untersuchung Phase IIa am Nato-Flugplatz Neuburg a.d. Donau – Nürnberg.
- [10] Mull & Partner Ingenieurgesellschaft GmbH (M&P, 2018): Historische Erkundung NATO-Flugplatz Neuburg – München.
- [11] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2018): PFC-Untersuchungskonzept für weitere Untersuchungen nach Phase IIa/b NATO-Flugplatz Neuburg/D – Nürnberg.
- [12] Sellhoff GmbH (2014): LAK Teil A
- [13] Peter Fischer (2016): „Fluviale Morphodynamik und eigendynamische Entwicklung“. Untersuchungen an einem naturnahen Umgebungsbach im Auwald zwischen Neuburg und Ingolstadt. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Mathematisch-Geographischen Fakultät der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt.

[14] Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2015): Klimadaten Wetterstation Burgheim.

[15] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): Tageswerte Grundwasserstände 2014 – 2019 Grundwassermessstelle Heinrichsheim 34.02, Messstellen-Nr.: 11664, Betreiber Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt, Augsburg.

2.2 Liegenschaftsbeschreibung

2.2.1 Lage und gegenwärtige Nutzung

Der NATO-Flugplatz Neuburg liegt ca. 2,5 km südöstlich von Neuburg a. d. Donau (siehe Abbildung 2-1) und umfasst eine Fläche von ca. 200 ha bei einer Ost-West-Ausdehnung von ca. 3 km und einer Nord-Süd-Ausdehnung von ca. 750 m. Das Flugplatzgelände liegt auf einer Höhe von ca. 380 m im Westen bzw. 379 m im Osten und ist damit geringfügig nach Osten geneigt. Auf dem Flugplatz befindet sich eine Start-/Landebahn, die zentral auf der Liegenschaft liegt und in Ost-West-Richtung verläuft. Das Gelände um den Flugplatz ist überwiegend landwirtschaftlich genutzt.

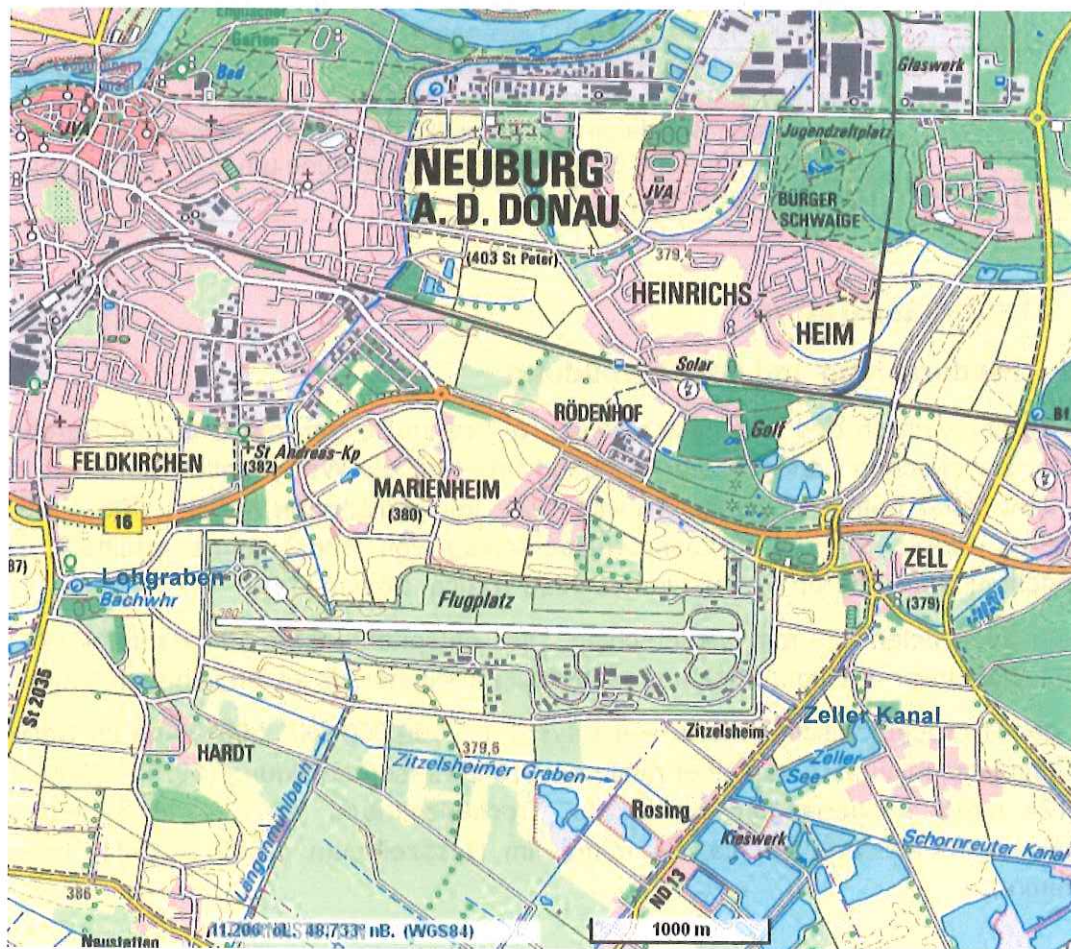


Abbildung 2-1: Übersichtsplan (BayernAtlas, Bayerische Vermessungsverwaltung)



2.2.2 Historische Entwicklung

Die historische Entwicklung des NATO-Flugplatzes Neuburg ist in Tabelle 2-1 aufgeführt.

Tabelle 2-1: Historische Entwicklung NATO-Flugplatz Neuburg

| Datum | Landnutzung |
|--------------------|---|
| 1935 | Errichtung des Flugplatzes durch die Wehrmacht (Luftwaffe). |
| 1935 bis 1945 | Nutzung durch Deutsche Luftwaffe. |
| Frühjahr 1945 | Flugplatz durch US-Luftwaffe schwer bombardiert und nahezu völlig zerstört. |
| 1945 | Einnahme durch US Streitkräfte, Flugplatz erhielt die alliierte Code-Bezeichnung R-60. |
| Von 1961 bis heute | Der Flugplatz wird von der Bundeswehr betrieben. Seither ist das „Taktische Luftwaffengeschwader 74“ (TaktLwG 74), früher als „Jagdgeschwader 74“ (JG 74) bezeichnet, am Flugplatz stationiert. Seit 1962 ist es der NATO assigniert. |
| 2003 | Wegen der Umstellung vom Flugzeugtyp F-4 Phantom zu Eurofighter wird seit 2003 die Infrastruktur am Flugplatz angepasst und erweitert, u.a. wurden Simulator- und Liegeplatzgebäude, Feuerwache, Flugzeugwerft und QRA-Bereitschaftsgebäude um- bzw. neugebaut. |
| 2013 - 2015 | Sanierung Start-/Landebahn. |

2.3 Standortsituation

2.3.1 Niederschlag und GW-Neubildung

Etwa 12 km westlich des Flugplatzes Neuburg wird im Bereich der Ortschaft Burgheim von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft die Wetterstation Burgheim seit dem Jahr 2004 betrieben (siehe Tabelle 2-2). Im langjährigen Mittel (2005 – 2019) wurde an dieser Station ein Jahresniederschlag von 698,3 mm/a ermittelt. Dies entspricht einem mittleren Monatsniederschlag von ca. 58 mm [14].

Im Jahr 2019 fielen 679 mm Niederschlag. Dies entspricht einem Monatsmittel von ca. 57 mm. Damit war das Jahr 2019 nur geringfügig trockener als im langjährigen Mittel.

Laut der Hydrogeologischen Karte von Bayern 1 : 500.000 (HK 500) kann im Bereich des Flugplatzes Neuburg von einer mittleren Grundwasserneubildung (1971 – 2000) von ca. 124 mm/a ausgegangen werden. Im Trockenzeitraum (1971 – 1973) liegt die Grundwasserneubildung bei ca. 64 mm/a, im Nasszeitraum (1979 – 1981) bei ca. 155 mm/a.

Tabelle 2-2: Langjährige Niederschlagswerte Station Burgheim [14]

| Jahr | Niederschlag Burgheim [mm] |
|-------------------|----------------------------|
| 2005 | 793,9 |
| 2006 | 545,2 |
| 2007 | 718,3 |
| 2008 | 595,6 |
| 2009 | 743,7 |
| 2010 | 731,7 |
| 2011 | 638,5 |
| 2012 | 663,7 |
| 2013 | 753 |
| 2014 | 739 |
| 2015 | 585,5 |
| 2016 | 812 |
| 2017 | 806,1 |
| 2018 | 668,8 |
| 2019 | 679 |
| Minimum | 545,2 |
| Maximum | 812 |
| Mittelwert | 698,3 |

2.3.2 Geologie

Der Untergrund des Untersuchungsgebietes besteht laut Geologischer Karte (GK) von Bayern Nr. 7233, Blatt Neuburg a. d. Donau aus pleistozänen, sandig ausgebildeten Kiesablagerungen der hochwürmzeitlichen Niederterrasse bzw. der spätwürmzeitlichen Spätglazialterrasse. Westlich der Liegenschaft, auf Höhe der Ortschaften Feldkirchen und Hardt, geht die würmzeitliche Niederterrasse in die rißzeitliche Hochterrasse über, die aus Schmelzwasser –und Flussschottern aufgebaut wird.

Westlich des Längenmühlbachs wurden laut GK pleistozäne Flugsande abgelagert, in der Nordostecke des Flugplatzes werden diese Kiese von Lößlehmdecken überdeckt. Nördlich der Liegenschaft folgen alt- bis mittelholozäne Flussschotter, südlich der Liegenschaft anmoorige Bereiche (siehe Abbildung 2-2).

Das Unterlager der pleistozänen Kiese wird durch die Schichten der Oberen Süßwassermolasse (OSM) gebildet, die zumeist aus wechselgelagertem Ton, Mergel, Schluff und Sand aufgebaut sind.

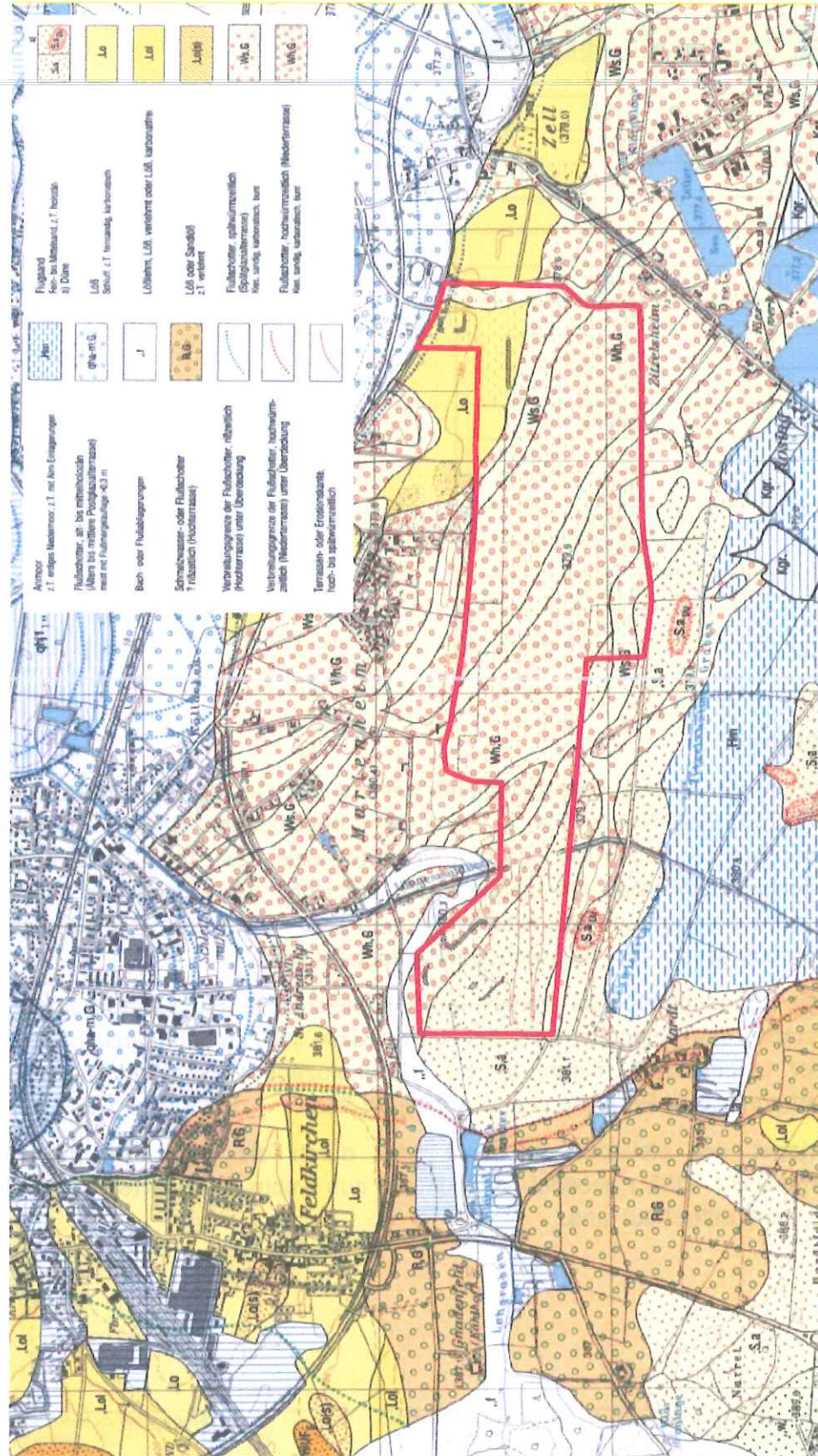


Abbildung 2-2: Geologischer Überblick Untersuchungsgebiet [17]

2.3.3 Hydrogeologie

Das quartäre Grundwasser wird auf dem Flugplatz durch 24 Grundwassermessstellen und 16 CMT-Messstellen erschlossen und steht oberflächennah bei ca. 376 bis 379 mNN mit einem Flurabstand von ca. 1,5 – 3,7 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. 9 – 10 m u. GOK angetroffen werden und eine mittlere Aquifermächtigkeit von ca. 7,6 m bedingen. Es handelt sich um einen homogenen Aquifer mit überwiegend freien Grundwasserverhältnissen. Bei höheren Grundwasserständen kann der quartäre Aquifer aufgrund der feinkörnigen Lockergesteinsauflage leicht gespannt sein [7].

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 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.

- Pumpversuch „NATO-Brunnen“ außerhalb des Flugplatzes im Bereich der Südwestecke der Liegenschaft (1995) [7]
- 24-stündiger Pumpversuch Grundwassermessstelle P7 (2019).

Im Mittel können für die Gesamtliegenschaft die folgenden maßgeblichen Parameter definiert werden (siehe Tabelle 2-3). Gemäß DIN 18130-1 kann der Aquifer demnach als „stark durchlässig“ bezeichnet werden.

Tabelle 2-3: Ermittelte hydraulische Parameter

| Pumpversuch | NATO-Brunnen | P7 |
|-------------------------|---------------------|---------------------|
| kf-Wert [m/s] | $5,6 \cdot 10^{-3}$ | $4,7 \cdot 10^{-3}$ |
| effektive Porosität [-] | | 0,11 |
| Grundwasserregime | frei | |

Im Bereich des Flugplatzes Neuburg fließt das quartäre Grundwasser laut hydrogeologischer Karte von Bayern im Maßstab 1:100.000 (HK 100) in östliche Richtung. Dies wurde auch durch die großräumige Stichtagsmessung im Zuge der aktuellen Untersuchungen bestätigt. Großräumig besteht laut HK 100 eine zum Hauptvorfluter Donau hin gerichtete nordöstliche Grundwasserfließrichtung. Der Grundwasserspiegel wird neben dem Hauptvorfluter Donau (insbesondere durch die Staustufe Bergheim) auch durch die zahlreichen künstlich angelegten Entwässerungsgräben beeinflusst.

Abbildung 2-3 zeigt den Wasserspiegelverlauf der letzten fünf Jahre in der vom Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt betriebenen Grundwassermessstelle Heinrichsheim 34.02 (Messstellen-Nr.: 11664). Diese liegt ca. 600 m nördlich der Liegenschaft und erschließt den quartären Grundwasserleiter. Die Messstelle zeigt jahreszeitlich bedingte Wasserstandsschwankungen von ca. 1 m auf und deutet eine jahreszeitliche Periodik an. Die Höchststände werden zu Beginn des Jahres im Januar/Februar gemessen. Von da an fallen die Wasserspiegel kontinuierlich bis in den Spätsommer/Herbst ab. In der danach einsetzenden Grundwasserneubildungsphase steigen die Wasserstände innerhalb von zwei bis drei Monate wieder deutlich an. Dieser Trend zeigte sich auch im Jahr 2019. Der letzte deutliche Grundwasseranstieg wurde Anfang 2019 verzeichnet, seither kann ein kontinuierlich fallender Wasserspiegel festgestellt werden, was zu Tiefstständen im Dezember 2019 bezogen auf den fünfjährigen Beobachtungszeitraum führt [15].

Weitere Details aus den Erkenntnissen der vorliegenden Untersuchungsphase, insbesondere die des integralen Grundwassergleichenplans aus dem Jahr 2019, können Kapitel 5.1.3 entnommen werden.

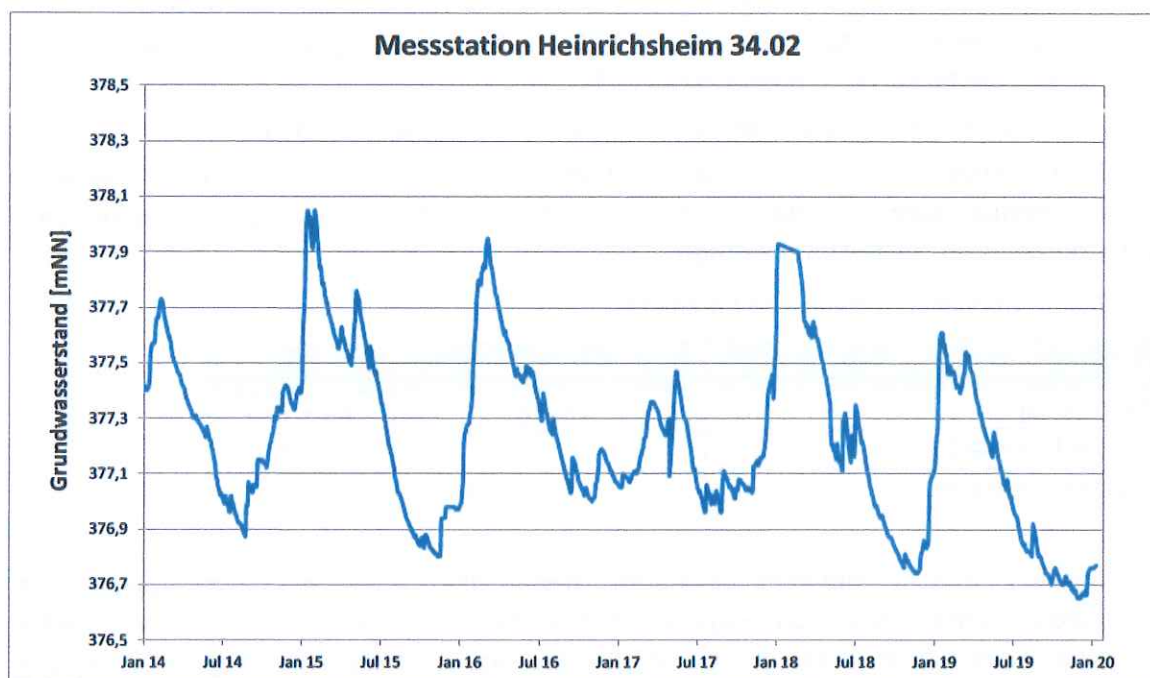


Abbildung 2-3: Kontinuierliche Wasserstandsaufzeichnung Messstation Heinrichsheim [15]

2.3.4 Hydrologie

Hauptvorfluter ist die Donau, die ca. 3,7 km nördlich der Liegenschaft verläuft. Der Längenmühlbach, der in N-S-Richtung verläuft und in die Donau mündet, quert die

Liegenschaft im westlichen Teil (siehe Abbildung 2-1). Dem Längenmühlbach strömt der nur temporär wasserführende Lohgraben zu, der in E-W-Richtung verläuft und die Liegenschaft in der Nordwestecke südlich des ehemaligen Feuerlöschübungsbeckens quert. In den Lohgraben mündet auch der Regenwasserkanal, der das Regenwasser im Nordwesten der Liegenschaft sammelt.

Südlich des Flugplatzes verläuft in einer Entfernung von ca. 350 m der Zitzelsheimer Graben in E-W-Richtung. Dieser entwässert in den Zeller Kanal, der an der Südostecke der Liegenschaft vorbeifließt und ebenfalls in die Donau mündet. In den Zeller Kanal mündet des Weiteren der Großteil der Regenwasserentwässerung des Flugplatzes.

Südlich der Liegenschaft befinden sich weitere zahlreiche Entwässerungsgräben, die den ursprünglich sehr hohen Grundwasserspiegel des Donau-Mooses absenken sollten und somit auch das Grundwasserregime lokal beeinflussen.

Der Flugplatz wird von zahlreichen Oberflächengewässern umgeben, die gehäuft im Südosten jenseits des Zeller Kanals auftreten. Es handelt sich, mit Ausnahme des aufgestauten Bachweihers im Westen der Liegenschaft, um Baggerseen, bei denen der Grundwasserspiegel durch den Kiesabbau freigelegt wurde.

2.3.5 Schutzgebiete

Im Nahbereich bzw. im direkten Abstrombereich des Flugplatz Neuburg befinden sich keine Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiete. Das Trinkwasserschutzgebiet „Weichering“ liegt ca. 6 km östlich im Abstrombereich des Flugplatzes.

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.

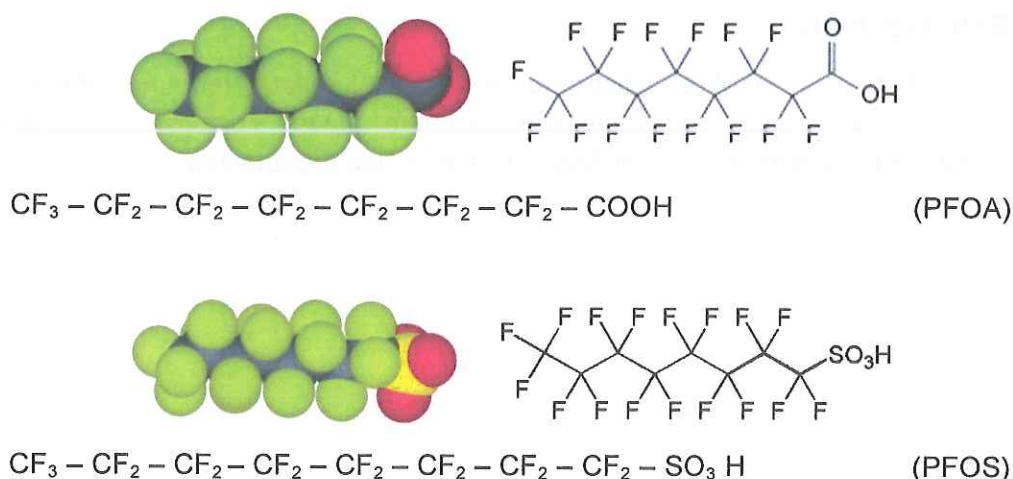


Abbildung 3-1: Modellstruktur und Strukturformel von PFOA und PFOS

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

Grundsätzlich weisen kurzkettige PFC eine höhere Bodenmobilität auf als langkettige PFC, da die Molekülstruktur insgesamt kleiner ist. Somit gelangen kurzkettige 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 | | | | |
| Perfluorooctansäure (gPFOA) | 8 | COOH | | | | |
| Perfluorooctansulfonsäure (gPFOS) | 8 | SO ₃ H | | | | |
| Perfluorooctansulfonamid (PFOSA) | 8 | SO ₂ NH ₂ | | | | |
| Perfluornonansäure (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 Organewebe 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) [16]).

Tabelle 3-1: Typische PFC-Konzentrationen in Feuerlöschmitteln, lanuv NRW [mg/kg] [16]

| 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 [26].

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) [26]. 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 Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze war nicht Auftragsgegenstand.

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

Eine Überarbeitung des LfW-Merkblattes Nr. 3.8/1 ist im Zuge der Novellierung der BBodSchV im Kontext des Entwurfes der Mantelverordnung vorgesehen. Bis zum Vorliegen dieser Überarbeitung wird mit dem bestehenden Merkblatt Nr. 3.8/1 vom 31.10.2001 gearbeitet.

Des Weiteren leisten in Bayern die „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“ vom Bayer. Landesamt für Umwelt (April 2017) eine spezielle Hilfestellung für die Bewertung von PFC [26].

Aufgrund derzeit laufender Fachdiskussionen sind gemäß [30] 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 [27]** 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 |
|------------------------------|--------|--------------------------|--|--------------------------|--|
| Perfluorononansäure | PFNA | 0,06 | $\sum (C_n / \text{Stufe-1}_n) \leq 1$ | 0,25 | $\sum (C_n / \text{Stufe-2}_n) \leq 1$ |
| 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 im Zuge der „Orientierenden Untersuchung“ (Phase IIa) durchgeführten Elutionsversuche eine Unterschreitung des Stufe-1-Wertes (\cong Prüfwert) am Ort der Probenahme, kann auch für den „Ort der Beurteilung“ von einer Prüfwertunterschreitung ausgegangen werden. Damit gilt der Gefahrenverdacht als ausgeräumt.

Überschreiten die Eluatwerte den Stufe-1-Wert am Ort der Probenahme, kann unter Würdigung der vorgenannten LfU-Leitlinie auch am „Ort der Beurteilung“ (O. d. B.) von einer Prüfwertüberschreitung ausgegangen werden. Damit gilt der Gefahrenverdacht als hinreichend erhärtet. Dies macht in der Regel weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung erforderlich. Zusammenfassend ist die Bewertungschronologie in der Tabelle 3-3 wiedergegeben.

Tabelle 3-3: Bewertung der orientierenden Untersuchung nach LfW Merkblatt 3.8/1

| Stoffkonzentration am Ort der Beurteilung | Bewertung (orientierende Untersuchung) |
|---|--|
| < Prüfwert | - Gefahrenverdacht ausgeräumt |
| > Prüfwert | - hinreichender Gefahrenverdacht erhärtet - Detailuntersuchung erforderlich |

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 [30] 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. Da diese vorläufigen Schwellenwerte auch den GFS-Werten (vorläufig) gleichzusetzen sind, ist mit Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte gleichzeitig auch die Erheblichkeit der Grundwasserverunreinigung zu postulieren.

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 [28].

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 BFR BoGwS

Die untersuchten Flächen werden dem jeweiligen Kenntnisstand entsprechend nach der BFR BoGwS 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



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 (Untersuchungsstellenleiter [REDACTED]). Der Projektleiter und Unterzeichner [REDACTED] ist zugelassener Sachverständiger nach §18 BBodSchG für die Sachgebiete 1, 2 und 5. Der Abteilungsleiter und Unterzeichner [REDACTED] ist zugelassener Sachverständiger nach §18 BBodSchG für die Sachgebiete 2 und 6.

Die Feldarbeiten wurden im Zeitraum von Juni 2019 bis November 2019 durchgeführt. Im Zuge der Phase IIa Untersuchungen (inkl. der phasenübergreifenden Untersuchungen, siehe Tabelle 1-2) wurden folgende Leistungen ausgeführt:

- Untersuchung der ungesättigten Bodenzone durch insgesamt 38 Linersondierungen mit 213 entnommenen Bodenproben und drei Flächenmischproben.
- Zwei Grundwasserbeprobungsrunden (Juli/August 2019 und Oktober 2019) an 40 Grundwassermessstellen (GWM) auf der Liegenschaft, 27 Grundwasseraufschlüsse (GWM, Bewässerungsbrunnen, Hausbrunnen) außerhalb der Liegenschaft und 18 Oberflächengewässern.
- Einmalige Entnahme von 47 Grundwasserproben mittels Direct-Push-Grundwassersondierungen.
- Einmalige Untersuchung des Entwässerungssystems an elf Beprobungsstellen.
- Durchführung eines 24-stündigen Pumpversuchs (Aquifertest) zur repräsentativen Ermittlung der hydraulischen Parameter (Transmissivität, Kf-Wert, Porosität) inkl. zweifacher Grundwasserprobenahme während des Pumpversuchs.
- Durchführung einer Grundwasserstichtagsmessung an 91 Grundwasseraufschlüssen und sieben Oberflächenwassermesspunkten innerhalb und außerhalb der Liegenschaft.
- Vermessung der Linersondierungen und sonstiger Hilfspunkte für die Grundwasserstichtagsmessung.
- Analytik aller Wasserproben (230 Proben) und ausgewählter Bodenproben auf PFC (insgesamt 157 Bodenproben im S4-Eluat).
- Erstellung eines Grundwassergleichen- und Schadstoffverteilungsplans (PFOS).

Die wasserrechtlich relevanten Maßnahmen (Erdaufschlüsse) wurden in der Wasserrechtsanzeige vom 05. Juli 2019 angezeigt und durch die Behörden genehmigt.

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

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.

Tabelle 4-1: Am Projekt beteiligte Unternehmen

| Firma | Leistung |
|---|---|
| Institut für Grundwasser und Bodenschutz GbR, Fürth | Untersuchungsstelle nach §18 BBodSchG und Zertifizierung nach BAM/ODF - Entnahme von Grund- und Oberflächenwasserproben/Bodenproben |
| Fugro Consult GmbH | Durchführung Direct-Push-Grundwassersondierungen, 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, Durchführung Pumpversuch |
| Vermessungsbüro WM GmbH & Co. KG | Vermessung der (neuen) Grundwasseraufschlüsse und der Linersondierungen |

4.1.1 Probenahmen

Lineruntersuchungen

Im Juli/August 2019 wurden zur Erkundung der ungesättigten Bodenzone auf PFC-Belastungen und zur weiteren horizontalen und vertikalen Abgrenzung des PFC-Schadens insgesamt 62 Bodenaufschlüsse mit Linersondierungen angelegt.

Die Ansatzpunkte für die Bodenuntersuchungen wurden unter Berücksichtigung des Untersuchungskonzeptes vom 08. November 2018 bzw. des Digitalen Geländehöhenmodells (DGM, vom AG zur Verfügung gestellt) in Abstimmung mit BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 festgelegt und im Zuge eines Ortstermins die Kampfmittel- und Leitungsfreiheit der Ansatzpunkte geprüft. Aufgrund unklarer Sparten musste eine Vielzahl der Ansatzpunkte (insgesamt 22 Stück) vorgeschachtet werden. Bei den Aufschlussarbeiten wurden keine Leitungen beschädigt.

Die Bodenuntersuchungen im Zuge Phase IIa-2 konzentrieren sich auf insgesamt 10 KF/KVF, an welchen insgesamt 38 Linersondierungen durchgeführt wurden (siehe Tabelle 4-2).

Die Lage der Ansatzpunkte ist den Lageplänen der KF/KVF-bezogenen Bewertung (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 Proben entnommen. Die Probenahme und Schichtaufnahme erfolgte, mit Ausnahme der im Zuge des Vorschachtens entnommenen Proben, durch Gibs geologen + ingenieure.

Tabelle 4-2: Übersicht Bodenaufschlüsse

| Kontaminationsverdachtsfläche | KVF-Nr | Kürzel | Anzahl Liner | Summe Bohrmeter [m] | mittlere Bohrtiefe [m] | Entnommene Bodenproben | PFC-Analysen im S4-Eluat |
|-------------------------------------|--------|---------|--------------|---------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| Neue Feuerwache | 501 | NFW | 2 | 8 | 4,0 | 15 | 10 |
| Löschschaumteppich für F-4F | 503 | LT1-6 | 6 | 24 | 4,0 | 29 | 16 |
| Löschschaumteppich Hakenfänge | 504 | LT7-12 | 6 | 24 | 4,0 | 33 | 20 |
| Landebahn allgemein | 505 | LT13-16 | 4 | 16 | 4,0 | 21 | 14 |
| Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr | 264 | LHF | 7 | 24,7 | 3,5 | 39 | 33 |
| Feuerwehrstellplatz West | 299 | SPF4-5 | 2 | 8 | 4,0 | 11 | 6 |
| Feuerwehrstellplatz Mitte | 301 | SPF6-7 | 2 | 8 | 4,0 | 8 | 6 |
| ehemaliger Feuerwehrstellplatz West | 438 | SPF1-3 | 3 | 13 | 4,3 | 20 | 16 |
| ehemaliger Feuerwehrstellplatz Ost | 440 | SPF8-9 | 2 | 8 | 4,0 | 11 | 9 |
| Baggerbrand | 448 | BB | 4 | 16 | 4,0 | 26 | 24 |
| Gesamtergebnis | | | 38 | 149,7 | 4,0 | 213 | 154 |



Abbildung 4-1: Liner-Sondierung

Insgesamt konnten durch die 38 Sondierungen 213 Bodenproben gewonnen werden. Die Bodenproben wurden meter- bzw. horizontweise entnommen. Die Bodenaufnahme- bzw. Probenahmeprotokolle befinden sich in Anlage 4.

Entnahme Flächenmisch- und Sedimentprobe

Neben den Liner Sondierungen wurden zur Erkundung von oberflächennahen Einträgen im August 2019 durch IGB/Gibs drei Bodenmischproben (IGB) entnommen (siehe Tabelle 4-3). Die Lage der Ansatzpunkte ist in Anlage 1 (Plan 1) dargestellt. Die Probenahmeprotokolle befinden sich in Anlage 3.

Tabelle 4-3: Übersicht Flächenmisch- und Sedimentproben

| Bezeichnung | Entnahmestelle | Art | Datum | Beschreibung |
|-------------|--|----------------------|------------|--|
| LSH_MP_01 | Umgriff KVF 502 "Lärmschutzhalle/Trie- bwerksstände" | Bodenmisch- probe | 08.08.2019 | Erkundungstiefe 0 - 10 cm, 15 Einzelproben zu einer Mischprobe vereinigt |
| NFW_MP_01 | Versickerungsbecken südl. KVF 501 "Neue Feuerwache" | Bodenmisch- probe | 08.08.2019 | Erkundungstiefe 0 - 10 cm, 15 Einzelproben zu einer Mischprobe vereinigt |
| NFW_MP_02 | Versickerungsbecken östl. KVF 501 "Neue Feuerwache" | Bodenmisch- probe | 08.08.2019 | Erkundungstiefe 0 - 10 cm, 15 Einzelproben zu einer Mischprobe vereinigt |

Monitoring von Grund- und Oberflächenwasser

Im Zuge von zwei Beprobungskampagnen (Juli/August 2019 und Oktober 2019) des Grundwassermonitorings innerhalb der Liegenschaft wurden durch Gibs geologen + ingenieure bzw. das Institut für Grundwasser und Bodenschutz, Fürth (IGB) insgesamt 67 Grundwasseraufschlüsse innerhalb und außerhalb der Liegenschaft beprobt und dabei insgesamt 130 Wasserproben entnommen. Bei den CMT-Messstellen wurde in Abstimmung mit BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 nur die mittlere Beprobungstiefe (5 m) untersucht. Eine Auflistung der entnommenen Wasserproben zeigt Tabelle 4-4.

Tabelle 4-4: Untersuchte Grundwasseraufschlüsse

| Beprobungs- punkt | Art | Probenahmerunde August 2019 | | Probenahmerunde Oktober 2019 | |
|--|-----|-----------------------------|---|------------------------------|---|
| | | Datum | Bemerkung | Datum | Bemerkung |
| Grundwasseraufschlüsse innerhalb der Liegenschaft | | | | | |
| DP1 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP2 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP3 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP4 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP5 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP6 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP7 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP8 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP9 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP10 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP11 | CMT | 15.08.2019 | Doppel- /Parallelanalytik (Doppelprobe Q2) | 16.10.2019 | |
| DP12 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP13 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP14 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP15 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| DP16 | CMT | 15.08.2019 | | 16.10.2019 | Doppel- /Parallelanalytik (Doppelprobe Q2) |
| P0 | GWM | 30.07.2019 | | 16.10.2019 | |
| P1 | GWM | 31.07.2019 | | 21.10.2019 | |
| P2 | GWM | 31.07.2019 | | 21.10.2019 | |
| P3 | GWM | 01.08.2019 | | 21.10.2019 | |
| P4 | GWM | 19.07.2019 | | 15.10.2019 | |
| P5 | GWM | 19.07.2019 | | 15.10.2019 | |
| P6 | GWM | 19.07.2019 | | 15.10.2019 | |
| P7 | GWM | 19.07.2019 | | 15.10.2019 | |
| P8 | GWM | 19.07.2019 | | 15.10.2019 | |
| P9 | GWM | 01.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| P10 | GWM | 30.07.2019 | | 16.10.2019 | |
| P11 | GWM | 01.08.2019 | | 21.10.2019 | |
| P12 | GWM | 30.07.2019 | Doppel- /Parallelanalytik (Doppelprobe Q1) | 22.10.2019 | Parallelanalytik |
| P13 | GWM | 31.07.2019 | | 22.10.2019 | |
| P14 | GWM | 30.07.2019 | | 22.10.2019 | |

| Beprobungs- punkt | Art | Probenahmerunde August 2019 | | Probenahmerunde Oktober 2019 | |
|---|-----|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | Datum | Bemerkung | Datum | Bemerkung |
| P15 | GWM | 31.07.2019 | | 14.10.2019 | |
| P16 | GWM | 01.08.2019 | | 21.10.2019 | |
| P17 | GWM | - | keine Probenahme möglich | 16.10.2019 | |
| P18 | GWM | 31.07.2019 | | 14.10.2019 | |
| P19 | GWM | 31.07.2019 | | 21.10.2019 | |
| P20 | GWM | 30.07.2019 | | 22.10.2019 | |
| P21 | GWM | 30.07.2019 | | 22.10.2019 | |
| P22 | GWM | 30.07.2019 | | 22.10.2019 | |
| P23 | GWM | 31.07.2019 | | 22.10.2019 | |
| Grundwasseraufschlüsse außerhalb | | | | | |
| BWB2 | BWB | 01.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| GWM3 | GWM | 05.08.2019 | | 09.10.2019 | |
| BWB5 | BWB | 05.08.2019 | | 14.10.2019 | |
| BWB6 | BWB | 05.08.2019 | | 08.10.2019 | |
| GWM7 | GWM | 06.08.2019 | | | |
| GWM10 | GWM | 08.08.2019 | | 15.10.2019 | |
| GWM11 | GWM | 08.08.2019 | | 15.10.2019 | |
| BWB13 | BWB | 05.08.2019 | | 14.10.2019 | |
| GWM14 | GWM | 07.08.2019 | | 15.10.2019 | |
| BWB15 | BWB | 05.08.2019 | | 16.10.2019 | |
| GWM16 | GWM | 06.08.2019 | | 15.10.2019 | |
| BWB17 | BWB | 05.08.2019 | | 08.10.2019 | |
| HB18 | HB | 07.08.2019 | | trocken | |
| HB19 | HB | 07.08.2019 | | 08.10.2019 | |
| HB20 | HB | 07.08.2019 | | 15.10.2019 | |
| HB21 | HB | 07.08.2019 | | 15.10.2019 | |
| HB22 | HB | 06.08.2019 | | 09.10.2019 | |
| HB23 | HB | 07.08.2019 | | 08.10.2019 | |
| HB24 | HB | 06.08.2019 | | 14.10.2019 | |
| HB25 | HB | 06.08.2019 | | 14.10.2019 | |
| HB27 | HB | 08.08.2019 | | 14.10.2019 | |
| HB28 | HB | 07.08.2019 | | 08.10.2019 | |
| HB29 | HB | 07.08.2019 | | 08.10.2019 | |
| HB30 | HB | 06.08.2019 | | 09.10.2019 | |
| HB32 | HB | 07.08.2019 | | 08.10.2019 | |
| HB33 | HB | 06.08.2019 | | 09.10.2019 | |
| BWB34 | BWB | | | 09.10.2019 | Brunnen Sportplatz Zell- |

Neben den regulären Grundwasserproben wurden im Zuge des Pumpversuchs an der Messstelle P7 (siehe Kapitel 4.4) zwei Grundwasserproben entnommen.

Des Weiteren wurden durch IGB im Zuge des Monitorings insgesamt 18 Oberflächenwassermesspunkte beprobt und dabei insgesamt 33 Wasserproben entnommen (siehe Tabelle 4-5). Zwei Probenahmestellen („Zitzelsheimer Graben“, „Schornreuther Kanal“) waren im Zuge der regulären Monitoringrunden beide Male trocken, sodass keine Beprobung stattfand. Im Zuge eines Vor-Ort-Termins am

20.01.2020, bei der erstmals eine Wasserführung im Zitzelsheimer Graben feststellbar war, konnte durch Gibs geologen + ingenieure eine Wasserprobe entnommen werden. In diesem Zuge wurde auch an der Probenahmestelle Zeller Kanal 4 (Zeller Kanal auf Höhe Einmündung Zulauf aus der Liegenschaft) eine weitere Oberflächenwasserprobe entnommen.

Im August waren des Weiteren beide Probenahmestellen entlang des Lohgrabens (Zulauf/Ablauf Lohgraben) trocken.

Tabelle 4-5: Untersuchte Oberflächenwassermesspunkte

| Beprobungspunkt | Probenahme- runde August 2019 | Probenahme- runde Oktober 2019 | Bemerkung |
|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Lohgraben Zulauf | trocken | 09.10.2019 | |
| Lohgraben Ablauf | trocken | 09.10.2019 | |
| Längenmühlbach Zulauf | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Längenmühlbach Ablauf 1 | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Längenmühlbach Ablauf 2 | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Zitzelsheimer Graben | trocken | trocken | Beprobung im Zuge Vor-Ort- Begehung am 20.01.2020 |
| Zeller Kanal 0 | | 09.10.2019 | Zustrom Zeller Kanal 1 |
| Zeller Kanal 1 | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Zeller Kanal 2 | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Zeller Kanal 3 | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Zeller Kanal 4 | 06.08.2019 | 09.10.2019 | Nochmalige Beprobung im Zuge Vor-Ort-Begehung am 20.01.2020 |
| Zeller Kanal 5 | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Zeller Kanal Ablauf | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Schornreuther Kanal | trocken | trocken | |
| Baggersee 1 | 08.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Baggersee 2 | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Baggersee 3 | 07.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Baggersee 4 | 06.08.2019 | 09.10.2019 | |
| Zeller See | 07.08.2019 | 08.10.2019 | |
| Wasser FÜB | 15.08.2019 | | Sonderprobe, Oberflächenwasser aus Feuerlöschübungsbecken |

Neben dem regulären Monitoring wurde einmalig durch Gibs geologen + ingenieure eine Wasserprobe aus dem ehemaligen Feuerlöschübungsbecken entnommen.

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 Wasseruntersuchungen dokumentiert.

Grundwassersondierungen mittels Direct-Push

Im Juli/August 2019 wurden durch die Firma Fugro Germany Land GmbH zur Erkundung der gesättigten Bodenzone insgesamt 47 Grundwassersondierungen mittels Direct-Push durchgeführt.

Die Ansatzpunkte für die Grundwasseruntersuchungen wurden unter Berücksichtigung des Untersuchungskonzeptes vom 08. November 2018 in Abstimmung mit dem Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr, Kompetenzzentrum Baumanagement München Referat K 6 (BAIUDBw) festgelegt und im Zuge eines Ortstermins die Kampfmittel- und Leitungsfreiheit der Ansatzpunkte geprüft. Aufgrund unklarer Sparten mussten insgesamt 14 Ansatzpunkte vorgeschachtet werden. Bei den Aufschlussarbeiten wurden keine Leitungen beschädigt.

Die Lage der Direct-Push-Bohrungen ist in Anlage 1 (Plan 1) dargestellt. Die Ansatzpunkte wurden durch das Vermessungsbüro WM GmbH & Co. Kg, Donauwörth lage- und höhenmäßig eingemessen (Koordinatensystem UTM 32N/ETRS 89, Höhenbezugssystem DHNN 2016).

Für die Grundwassersondierungen wurde die Sonde „SP16“ der Firma Geoprobe verwendet. Das Sondiergestänge (Außendurchmesser 4 cm) wurde unter Verwendung einer „verlorenen Spitze“ drehend/drückend/schlagend auf die Sondierungstiefe (ca. 1 - 2 m unterhalb des Grundwasserspiegels) gebracht. Anschließend wurde das Schutzrohr angehoben (max. 1 m) und damit die Filterstrecke aus Edelstahl frei gelegt. Mittels Fußventilpumpe (Schlauchmaterial HDPE) wurde das Wasservolumen mehrfach ausgetauscht (Fördermenge ca. 10 l) und anschließend eine fachgerechte Grundwasserbeprobung inkl. der Bestimmung des Wasserspiegels und der Vor-Ort-Parameter durchgeführt. Das geförderte Wasser wurde über Aktivkohle abgereinigt und in Messstellennähe versickert. Nach erfolgter Probenahme wurde das Sondiergestänge gezogen und der Aufschluss verschlossen.

In Anlage 3 sind die Probenahmeprotokolle der Grundwasseruntersuchungen dokumentiert.

Untersuchung Entwässerungssystem

Aufgrund der PFC-Befunde an der Einleitestelle zum „Zeller Kanal“ wurde das Entwässerungssystem im Detail betrachtet und untersucht. Hierzu wurde das von der SEHLHOFF GMBH im Jahr 2014 erstellte LAK (Liegenschaftsbezogenes Abwasserentsorgungskonzept) ausgewertet und ein Beprobungskonzept erstellt [12].

Das Abwasser der Liegenschaft wird über ein Trennsystem gesammelt und abgeführt. Es untergliedert sich in Regenwassernetz, Schmutzwassernetz sowie ein Sondersystem.

Das Regenwassernetz und das Sondersystem entwässern in die umliegenden Oberflächengewässer „Zeller Kanal“ bzw. „Lohgraben“. Über das Regenwassernetz erfolgt die Entwässerung der Start-/Landebahn sowie Teile des nördlichen Geländes des Flugplatzes in den „Zeller Kanal“. Das Sondersystem erfasst das Niederschlagswasser und anfallende Abwasser der Vorflächen der Washallen und Werkstätten. Das Wasser wird in Regenrückhaltebecken (RRB) gesammelt und dann über Leichtflüssigkeitsabscheider in das Regenwassernetz geleitet und den bereits genannten Oberflächengewässern „Zeller Kanal“ und „Lohgraben“ zugeführt. Das gespeicherte Regenwasser in den Regenrückhaltebecken wird nach Erreichen einer gewissen Einschaltsschwelle durch Pumpwerke abgepumpt.

Nach Auswertung des LAK wurden insgesamt 11 Beprobungsstellen festgelegt, die in Tabelle 4-6 aufgeführt sind bzw. in Anlage 1 (Plan 2) lagemäßig verortet werden. Die Untersuchungsstellen wurden am 04. November 2019 nach anhaltenden Regenfällen an den Vortagen von Gibs geologen + ingenieure unter Begleitung des BwDLZ (Hr. Steidl, Hr. Klemm) beprobt. Die Regenrückhaltebecken waren zum Beprobungszeitpunkt geringfügig aufgestaut. Hierbei handelte es sich um das restliche Regenwasser der anhaltenden Niederschläge der Vortage. Zum Zeitpunkt der Untersuchung war an den meisten Stellen kein nennenswerter Zufluss feststellbar. Für die Probenahme an den meisten RRBs wurden die Pumpwerke manuell gestartet und die Beprobung in den nachfolgenden Beprobungsschächten durchgeführt.

In Anlage 3 sind die Probenahmeprotokolle der Untersuchungen des Entwässerungssystems dokumentiert.

Tabelle 4-6: Beprobungsstellen Entwässerungssystem

| Messpunkt | Art | Lage | Bemerkung |
|---------------------|------------|--|--|
| 107RRB01 | RRB | Nordwestecke | Beprobung direkt aus RRB, kein Zufluss zu RRB, Einstau ca. 30 cm |
| 106060A | Ablaufrohr | Nordwestecke | Beprobung an Ablaufrohr bei laufendem Pumpbetrieb nach RRB 106RRB01, geringer Zufluss (<0,1 l/s) |
| 102RRB02 | Schacht | Entwässerung AFW Vorfeld | Beprobung an Probenahmeschacht bei laufendem Pumpbetrieb, Zufluss ca. 0,3 l/s (Strang AFW) |
| 101249a | Schacht | Entwässerung Mittelteil | Beprobung an Probenahmeschacht bei laufendem Pumpbetrieb nach RRB 112RRB01, kein Zufluss zu RRB |
| 101196 | Schacht | Landebahn Südstrang | Schacht mit Sumpf, Durchfluss < 0,1 l/s |
| 101024 | Schacht | Nordostecke | Beprobung an Probenahmeschacht bei laufendem Pumpbetrieb nach RRB 101RRB01, kein Zufluss zu RRB |
| 101148 | Schacht | Landebahn Nordstrang | Schacht mit Sumpf, Durchfluss < 0,1 l/s |
| 101278 | Schacht | Landebahn Südstrang | Schacht mit Sumpf, Durchfluss < 0,1 l/s |
| 101322 | Schacht | Entwässerung Südostteil 1 | Beprobung an Probenahmeschacht bei laufendem Pumpbetrieb nach RRB 101319, kein Zufluss zu RRB |
| 102B02 | Schacht | Entwässerung Südostteil 2 | Beprobung an Probenahmeschacht bei laufendem Pumpbetrieb nach RRB 102RRB01, kein Zufluss zu RRB |
| Zeller Kanal Ablauf | Graben | Entwässerung Liegenschaft Zeller Kanal | Abfluss geschätzt ca. 10 l/s |

4.1.2 Vermessungsarbeiten

Die Vermessungsarbeiten wurden durch die Firma Vermessungsbüro WM GmbH & Co. KG im Zuge mehrerer Ortstermine durchgeführt. Dabei wurden die Ansatzpunkte der 62 Linersondierungen, die fünf neu errichteten Grundwassermessstellen, 47 Direct-Push-Grundwassersondierungen sowie 71 weitere Grund- und Oberflächenwasseraufschlüsse lage- und höhenmäßig eingemessen (Koordinatensystem UTM 32N/ETRS 89, Höhenbezugssystem DHNN 2016).

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 10. Juli 2019 ein Arbeits- und Sicherheitsplan (ArSi-Plan) entsprechend den Vorgaben der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 524 / DGUV-Regel 101-004 (ehemals 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 230 Wasserproben wurden auf PFC (13 Einzelparameter) nach Vorgabe der „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“ (Stand April 2017) analysiert.

Zur Qualitätssicherung der Analysenergebnisse wurden stichprobenartig durch anonymisierte Doppelbeprobungen das beauftragte Analysenlabor Agrolab kontrolliert. Weiterhin wurden stichprobenartig Vergleichsanalysen durch das Analytik Institut Rietzler GmbH, Fürth veranlasst, welches ebenfalls nach DakKS akkreditiert ist.

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 wurden 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.

Im Zuge der Phase IIa-2 Untersuchungen wurden 247 insgesamt 157 Bodenproben auf PFC (13 Einzelparameter) im S4-Eluat bzw. eine Bodenprobe im Feststoff nach Vorgabe der „Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“ (Stand April 2017) analysiert.

Insgesamt wurden 247 Bodenproben auf PFC (13 Einzelparameter) im S4-Eluat bzw. eine Bodenprobe 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 Untersuchungen zur Bestimmung hydraulischer Parameter

Pumpversuch

An der Grundwassermessstelle P7 wurde am 29. / 30. Juli 2019 ein 24-stündiger Pumpversuch durch die Firma Brunnenbau Kern durchgeführt. Ziel des Versuchs war die Bestimmung der wichtigsten hydraulischen Parameter (kf-Wert, Transmissivität, Speicherkoeffizient) für den quartären Grundwasserleiter. Beim Pumpversuch wurde ein temporärer 2"-Rammpegel in ca. 4 m Entfernung mitbeobachtet.

Das geförderte Wasser wurde in die ca. 200 m entfernte Messstelle P5 eingeleitet und dort der Wasserspiegel ebenfalls mitbeobachtet.

Im Förderbrunnen, in der Beobachtungsmessstelle und im Schluckbrunnen wurden die Wasserspiegel kontinuierlich mittels Drucksonden erfasst sowie die Förderrate mittels IDM (induktiven Durchflussmesser) aufgezeichnet. In Tabelle 4-7 ist eine übersichtliche Zusammenstellung der wichtigsten Pumpversuchsdaten dargestellt.

Tabelle 4-7: Pumpversuchsdaten

| Messstelle | P7 |
|------------------------------|---|
| POK [mNN] | 379,66 |
| Endteufe [m u. GOK] | 5,8 |
| Beobachtungsmessstelle | Temporärer 2"-Rammfilterpegel |
| Pumpenart: | U-Pumpe |
| Einbautiefe: | ca. 0,5 m über Endtiefe |
| Ableitung: | Ableitung über Schlauchleitung in P5 (Schluckbrunnen, kont. Aufzeichnung Wasserspiegel) |
| Durchschnitt Förderleistung: | ca. 2,20 l/s |
| Start PV: | 29.07.2019, |
| | 11:00 Uhr |
| Ende PV: | 30.07.2019, |
| | 11:00 Uhr |
| Aufzeichnung Wiederanstieg: | 31.07.2019, |
| | 08:00 Uhr |

Abbildung 4-2 zeigt die Förderrate im Förderbrunnen P7 sowie den damit erzeugten Absenkungsverlauf im Förderbrunnen und der Beobachtungsmessstelle (Rammpegel). Bei der Planung des Pumpversuchs wurde eine Förderrate von 10 l/s angenommen, mit der Pumpversuch durchgeführt werden sollte. Nach dem Start senkte der Wasserspiegel bei einer maximalen Förderrate von 2,8 l/s unmittelbar auf Pumpenniveau (Absenkbetrag Δs : ca. 1,12 m) ab. Durch die Reduzierung der Förderrate auf ca. 2,2 l/s stieg der Wasserspiegel kurzfristig an (Δs : ca. 0,80 m), um danach kontinuierlich bis zum Ende des Pumpversuchs zu fallen (Δs max: 0,91 m). Nach Pumpenstopp kehrte der

Wasserspiegel bis zum Ende der Aufzeichnung nahezu auf Ruhewasserverhältnisse zurück (Restabsenkung 0,01 m).

Der nahegelegenen Rammpegel zeigte sowohl in der Absenkungs- als auch in der Wiederanstiegsphase eine eindeutige, nahezu unverzögerte hydraulische Reaktion. Nach dem Start senkte der Wasserspiegel kontinuierlich auf einen maximalen Absenkungsbetrag von 0,12 m zum Ende der Pumpphase ab. Bis zum Ende der Aufzeichnung stieg der Wasserspiegel fast auf Ruhewasserverhältnisse (Restabsenkung 0,01 m) an.

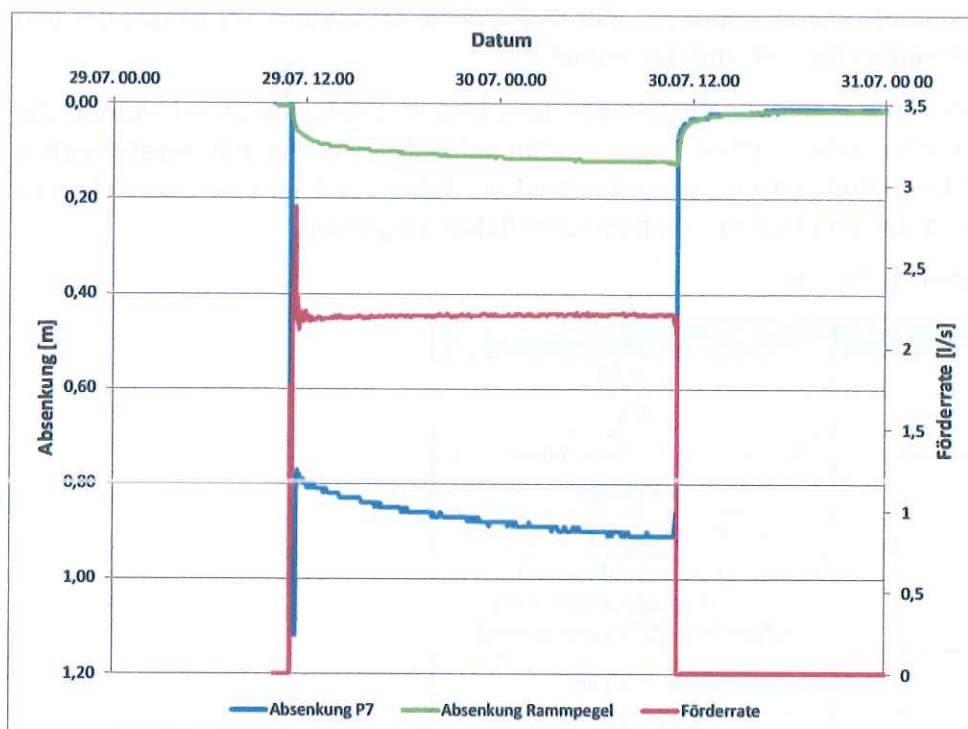


Abbildung 4-2: Absenkungsverlauf Förderbrunnen/Rammpegel inkl. Förderrate

Im Zuge des Pumpversuchs wurden durch Gibs geologen + ingenieure zwei Grundwasserproben (nach zwei Stunden und 24 Stunden Förderdauer, Probenahmeprotokolle siehe Anlage 3) entnommen und analog der anderen Proben durch die Agrolab GmbH, Bruckberg auf PFC (13 Einzelparameter gemäß LfU) analysiert (Analysenprotokolle siehe Anlage 6).

Grundwasserstichtagsmessung

Am 27./28. November 2019 wurde durch Gibs geologen + ingenieure und IGB eine Grundwasserstichtagsmessung an insgesamt 91 Grundwasseraufschlüssen innerhalb und außerhalb der Liegenschaft durchgeführt. Des Weiteren wurden an insgesamt acht Messpunkten südöstlich der Liegenschaft die Fließgewässerstände erfasst. Eine Liste der untersuchten Messpunkte ist in Anlage 8 aufgeführt.

5 Untersuchungsergebnisse

5.1 Liegenschaftsbezogene Ergebnisse

5.1.1 Ergebnisse von Recherchen

Erstmalige PFC-Nachweise wurden im September 2012 im Rahmen eines LfU-Forschungsprojektes festgestellt, als im Umfeld des Flugplatzes Neuburg neun Oberflächengewässer auf PFC untersucht wurden. Dabei wurden im „Zeller Kanal“ (PFOS: 0,07 µg/l bzw. 0,05 µg/l) und im „Zeller See“ (PFOS: 0,09 µg/l) die höchsten PFC-Belastungen ermittelt. Abbildung 5-1 zeigt die Ergebnisse der LfU-Untersuchungen [6].

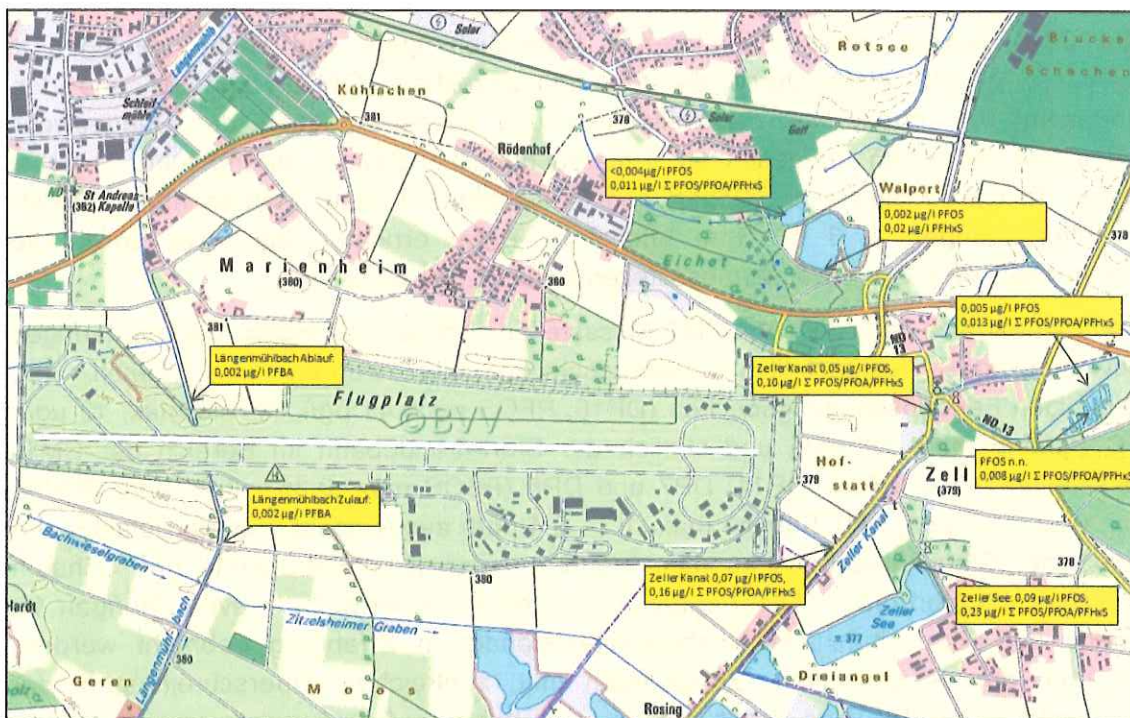


Abbildung 5-1: PFC-Untersuchungen Oberflächengewässer LfU

Im Zuge der Baumaßnahme am Tower (Bauwasserhaltung) wurde Anfang 2014 eine PFC-Belastung des Grundwassers mit Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte (u.a. PFOS 0,58 µg/l, PFHxS 0,75 µg/l, PFC Summe 2 µg/l) festgestellt, was die Versickerung vor Ort unzulässig machte. Daraufhin wurde das Bauwasser in den Schmutzwasserkanal eingeleitet bzw. über Aktivkohleanlage abgereinigt. Die Aktivkohleanlage wurde von Frühjahr 2014 bis Herbst 2015 betrieben. Insgesamt wurden 42.635,47 m³ Bauwasser abgereinigt und dabei ca. 47,73 g PFC in der Anlage abgeschieden. Die mittlere Zulaufkonzentration an PFC betrug 1,12 µg/l [3] Eine

umfassende Betrachtung erfolgt in Kapitel 5.2.8 bei der Bewertung der nahegelegenen KVF 501 „Neue Feuerwache“.

Weitere PFC-Belastungen im Grundwasser (u.a. PFOS 0,34 µg/l, PFHxS 1,1 µg/l, PFC Summe 1,6 µg/l) und Oberboden (u.a. PFOS 0,46 µg/l, PFHxS 0,53 µg/l, PFC Summe 1,0 µg/l) wurden Ende 2013 bei Untersuchungen am Südrand der Liegenschaft auf Höhe des Längenmühlbachs ermittelt [8]. Eine umfassende Betrachtung erfolgt in Kapitel 5.2.5 bei der Bewertung der nahegelegenen KVF 438 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz West“.

Im September 2013 wurden zwei der bestehenden Grundwassermessstellen (P0, P3) auf PFC untersucht. An der Messstelle P0 lagen die PFC-Gehalte unterhalb der Nachweisgrenze, an der Messstelle P3 wurde der vorläufige Schwellenwert für PFOS (0,15 µg/l) überschritten [4].

Mitte 2014 wurden erste „orientierende Untersuchungen“ von Gibs geologen + ingenieure gemäß eines durch die Oberfinanzdirektion (OFD) Hannover und des Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr (BAIUDBw) München aufgestellten Untersuchungskonzeptes durchgeführt. Hierbei wurden 16 CMT-Messstellen (Continuous Multichannel Tubing, Mehrkanalmessstellen mit Filteröffnungen in 3 m, 5 m und 7 m Tiefe) errichtet und diese sowie die bestehenden zehn Grundwassermessstellen zweimalig beprobt [1].

Dabei wurden in elf der 16 CMT-Messstellen Überschreitungen des vorläufigen Schwellenwertes festgestellt. Schadensschwerpunkte wurden im Bereich des ehemaligen Feuerlöschübungsbeckens (DP16, PFOS max. 41 µg/l, PFHxS max. 12 µg/l, PFC Summe max. 54 µg/l) und südlich der Start-/Landebahn im Bereich der CMT-Messstellen DP14, DP12, DP11, DP7 und DP5 (PFOS max. 0,35 - 0,97 µg/l, PFHxS max. 0,52 - 1,7 µg/l, PFC Summe max. 1,3 - 2,4 µg/l) ausgemacht. Für die Belastungen südlich der Start-/Landebahn konnten mehrere potenzielle Eintragsorte (mit Schaum gelöschter Baggerbrand, „Alte Feuerwache“, „Neue Feuerwache“, evtl. Übungen im Bereich der Lärmschutzhallen/Triebwerksteststände) in Erfahrung gebracht werden. Aufgrund der festgestellten Belastungen mit zahlreichen Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte ergab sich eine „erhebliche Grundwasserverunreinigung“, die weitere Erkundungsmaßnahmen erforderlich machte.

Eine bundeswehrinterne historische Recherche hinsichtlich PFC wurde im Jahr 2015 durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 durchgeführt [4]. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind im Folgenden aufgeführt, werden aber auch bei der KF/KVF-spezifischen Betrachtung berücksichtigt bzw. zusammenfassend mit weiteren Erkenntnissen bewertet.

- Durch die Betriebsfeuerwehr wurden die AFFF-Schäume (Aqueous Film Forming Foam, zu deutsch: wasserfilmbildendes Schaummittel) „Light Water FC-203A“ der Firma „3M Deutschland GmbH“ bzw. „Rühl-AFFF-3%“ der „RÜHL FEUERLÖSCHMITTEL GMBH“ verwendet, die beide PFC-haltig sind. Generelle Angaben zu verbrauchten Mengen an PFC-Löschschäumen liegen jedoch nicht vor.

Im Jahr 2010 wurde der gesamte Schaummittelvorrat entsorgt und durch neue Schaummittel ersetzt.

- PFC-haltige Löschmittel wurden in größeren Mengen in der „Alten Feuerwache“ (bis 2008), in der „Neuen Feuerwache“ (ab 2008) sowie in zwei oberirdischen Tanks im Bereich der Lärmschutzhallen/Triebwerkstestständen gelagert.
- Die Befüllung der Fahrzeuge erfolgte (vermutlich) in den Feuerwehrgebäuden. Ebenfalls wurde nach Löschschaumeinsätzen die Reinigung der Fahrzeuge an den Feuerwachen durchgeführt. Das Abwasser wurde in die Kanalisation eingeleitet.
- Regelmäßige Übungen (viermal pro Jahr) mit PFC-haltigem Löschmittel wurden am Feuerlöschübungsbecken (70er Jahre bis 1988) durchgeführt; dabei wurden jeweils ca. 350 l Schaummittel (AFFF) verwendet.
- Gelegentliche kleinräumige Landebahnschäumungen (jeweils ca. 1 l AFFF) bei „Hackenfängen“ (zur Abdeckung von ausgelaufenem Kerosin) sind ab dem Jahr 2001 bekannt. Das entstandene Abwasser versickerte in den Versickerungsgräben beidseitig der Landebahn. Über frühere Landebahnschäumungen liegen keine Erkenntnisse vor.
- Im Jahr 2006 wurde ein Baggerbrand mit Schaummittel (ca. 3 l) im Südwesten des Flugplatzes gelöscht.
- Im Bereich der Lärmschutzhallen/Triebwerkständen wurden Schaummittel bei Übungen eingesetzt. Inwieweit dabei Schaummittel in den Untergrund gelangen konnten, war nicht bekannt. Im Zuge des Umbaus der Lärmschutzhalle Geb. 190 (Zeitraum unbekannt) wurden Auffangrinnen errichtet, die den Austritt von Löschmitteln verhindert.
- Im Bereich der Start-/Landebahn sind drei großflächige Landebahnschäumungen bekannt. Im Zeitraum 2008/2009 wurde ein Schaumteppich (Größe 600 m x 20m x 7cm) für ein Flugzeug (F-4F) mit Hydraulikproblemen gelegt. Dazu wurden ca. 16.000 l Wasser-Schaumgemisch mit 5 % AFFF-Anteil ausgebracht, was einer Menge von ca. 800 l Schaummittel entspricht. Da die havarierte F-4F (Phantom) nicht auf der Landebahn zum Stehen kam, wurde an den Hackenfängen (siehe Lageplan) ein weiterer Schaumteppich (Größe ca. 300 m x 40 m) ausgebracht. Auch hier wurden 16.000 l Wasser-Schaumgemisch bzw. 800 l Schaummittel ausgebracht. An den Hackenfängen wurde zudem einmalig zu Übungszwecken ein Schaumteppich ausgelegt, bei dem ebenfalls 800 l Schaummittel eingesetzt wurde.
- Nach Aussage des Staatl. Bauamtes Ingolstadt fanden in den letzten Jahren (bis ca. 2008) keine größeren relevanten Bodenuntersuchungen bzw. -umlagerungen statt. Für weiter zurückreichende Zeiträume liegen keine Informationen vor.
- Vor ca. 10 – 15 Jahren wurde der Flugplatz im Süden im Bereich der „Neuen Feuerwache“ bzw. des neuen „Towers“ um ca. 8 ha erweitert. Das Gebiet wurde zuvor als Ackerfläche genutzt.

Im Jahr 2018 erfolgte eine Phase I Untersuchung für den gesamten Flugplatz durch die Mull & Partner Ingenieurgesellschaft GmbH (Vorab-Bericht vom 06.06.2018). Es wurden insgesamt 448 kontaminationsverdächtige Flächen (KVF) ausgewiesen, wobei für den Schadstoffparameter PFC bei ca. 80 KVF eine potenzielle Kontaminationsgefahr geäußert wurde [10]. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass durch Gibs geologen + ingenieure in Zusammenarbeit mit dem BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 die aufgeführten KVF im Zuge der Erstellung des Untersuchungskonzeptes geprüft wurden, was letztendlich zu einer deutliche Reduzierung der Verdachtsflächen führte.

Durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 wurden im Zuge der aktuellen Untersuchungen Informationen zur Verfügung gestellt, wonach auf mehreren landwirtschaftlich genutzten Flächen im Umfeld der Liegenschaft im Zeitraum von 2002 bis 2013 Klärschlamm aufgebracht wurde. Diese sind grob (nicht flurstücksgetreu) in Abbildung 5-2 dargestellt. Angaben über Häufigkeit, Mengen und Herkunft des Klärschlammes liegen bei derzeitigem Kenntnisstand nicht vor.

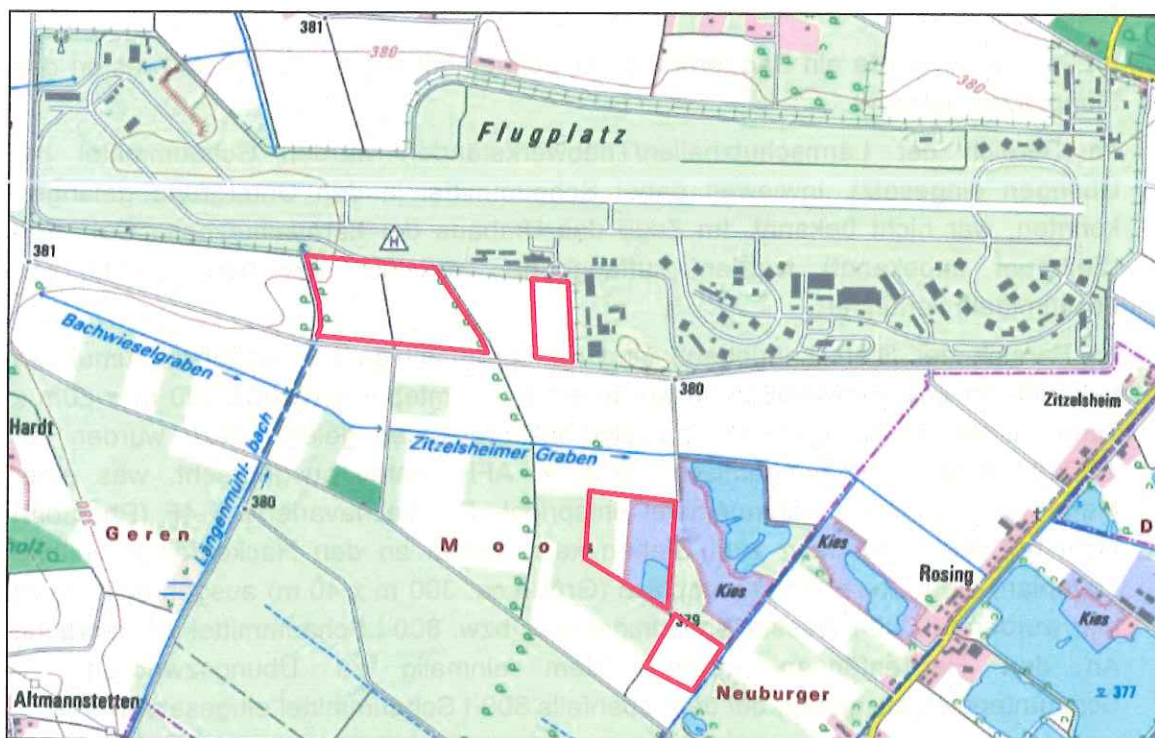


Abbildung 5-2: Klärschlammaufbringungen im Umfeld der Liegenschaft

5.1.2 Boden- und Untergrundaufbau

Der Untergrundaufbau der quartären Schichten bis zu den stauenden Lagen der Oberen Süßwassermolasse (Tertiär) wurde bei der Errichtung der fünf neuen Grundwassermessstellen erkundet und spiegelt im Wesentlichen die in früheren Erkundungen gewonnenen Erkenntnisse wider. In allen Bohrungen wurden oberflächlich

geringmächtige Oberboden- bzw. Auffüllungshorizonte bis maximal 1,7 m u. GOK erkundet. Im Liegenden folgen bis maximal 3,5 m u. GOK schluffige bis kiesige Feinsande. Darunter wurden durchgehend (stark) kiesige Sande bis in Tiefen zwischen 9,3 m u. GOK bis 9,9 m u. GOK erkundet. Dabei wurden die wasserführenden Schichten in ca. 2,4 bis 2,9 m u. GOK angetroffen. Die Bohrungen wurden mit Erreichen der tertiären Schichten der Oberen Süßwassermolasse beendet. Die tertiären Schichten sind im Übergangsbereich als schluffige, feinsandige Tone ausgebildet und fungieren im Untersuchungsgebiet als Hemmschicht für das quartäre Grundwasser.

Abbildung 5-3 zeigt schematisch den erkundeten Untergrundaufbau am Beispiel der Grundwassermessstelle P20.

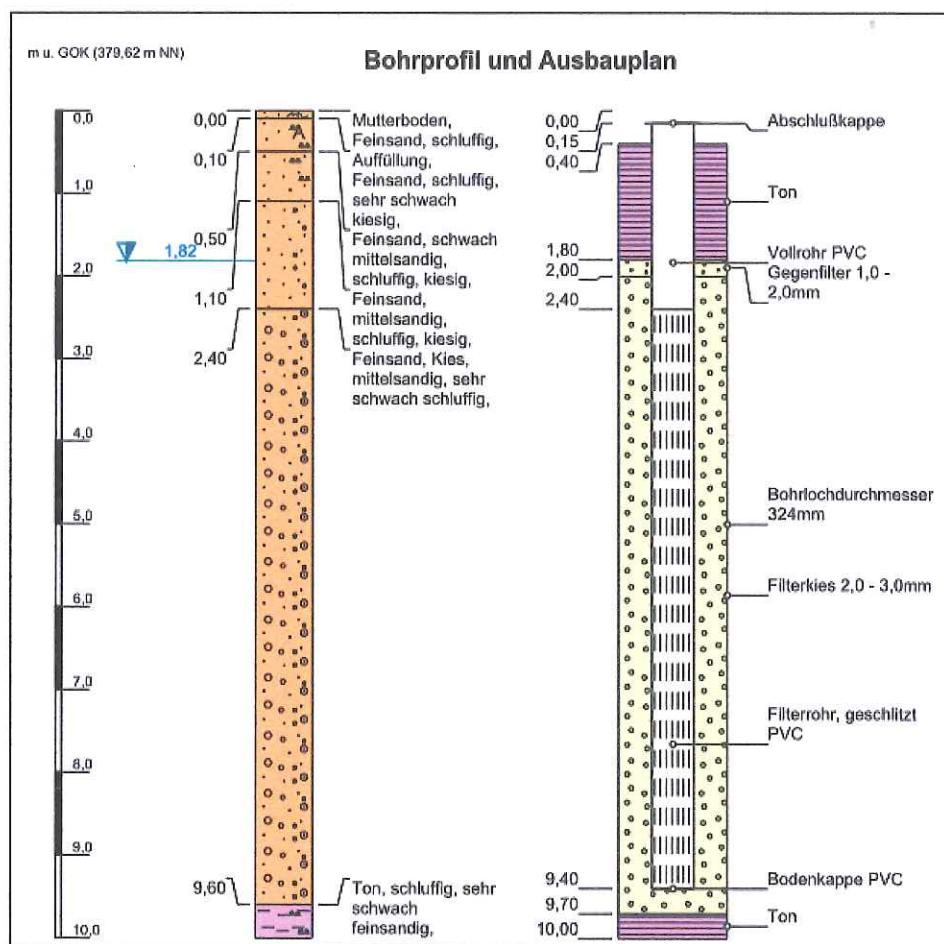


Abbildung 5-3: Schematischer Untergrundaufbau Grundwassermessstelle P20

5.1.3 Hydrogeologische und hydrologische Beschreibung

Die quartären Schotter stellen im weiteren Umgriff des Flugplatzes Neuburg den maßgeblichen Grundwasserleiter dar. Die Basis des quartären Porengrundwasserleiters bilden die stauenden grauen Tone der Oberen Süßwassermolasse (Tertiär), die im Bereich des Flugplatzes bei ca. 9 – 10 m u. GOK angetroffen werden und eine Aquifermächtigkeit von ca. 7 - 9 m bedingen (Mittelwert ca. 7,6 m). Es handelt sich um einen homogenen Aquifer mit überwiegend freien Grundwasserverhältnissen. Bei höheren Grundwasserständen kann der quartäre Aquifer aufgrund der feinkörnigen Lockergesteinsauflage leicht gespannt sein [6].

Das quartäre Grundwasser wird im Bereich des Flugplatzes Neuburg durch insgesamt 40 Grundwassermessstellen erschlossen. Die wichtigsten Kenndaten der Grundwassermessstellen inkl. der Wasserspiegelmessungen sind in Tabelle 5-1 aufgeführt.

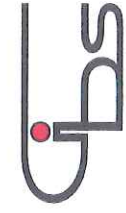


Tabelle 5-1: Übersicht Grundwassermessstellen

| Mess- stelle | X-Koord | Y-Koord | POK | GOK | Filter- oberkante | Filter- unterkante | Endtiefe | Beginn Stauer | Ausbau | Wasserspiegelstände | | | | | | | | | | Mittlere GW- Mächtigkeit | | | | |
|-----------------|------------|------------|---------|---------|----------------------|-----------------------|----------|------------------|--------|---------------------|-----|-----|--------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------|------------|----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| | | | | | | | | | | UTM | mNN | mNN | UTM | mNN | UTM | mNN | UTM | mNN | UTM | | mNN | UTM | mNN | UTM |
| DP1 | 665659,85 | 5397922,18 | 379,51 | 379,69 | | | | | | | | | Jul 14 | Sep/Okt 2014 | Mai 15 | Aug 15 | Aug 19 | Ok1 19 | Min | Max | Mittelwert | Differenz Min-Max | Mittlerer Flurbestand m u. GOK | Mittlere GW- Mächtigkeit |
| DP2 | 664074,15 | 5397594,35 | 378,75 | 378,87 | | | | | | | | | 376,99 | 377,11 | 377,57 | 377,02 | 376,91 | 376,82 | 376,82 | 377,57 | 377,07 | 0,75 | 2,62 | 2,62 |
| DP3 | 665904,94 | 5397354,94 | 378,65 | 378,70 | | | | | | | | | 376,79 | 376,93 | 377,28 | 376,82 | 376,68 | 376,60 | 377,28 | 377,28 | 376,85 | 0,68 | 2,03 | 2,03 |
| DP4 | 665513,93 | 5397790,15 | 378,82 | 379,00 | | | | | | | | | 376,95 | 377,09 | 377,46 | 376,96 | 376,90 | 376,81 | 376,81 | 377,46 | 377,03 | 0,65 | 1,67 | 1,67 |
| DP5 | 665404,16 | 5397556,98 | 378,94 | 379,02 | | | | | | | | | 377,08 | 377,21 | 377,66 | 377,11 | 377,00 | 376,90 | 376,90 | 377,66 | 377,16 | 0,76 | 1,83 | 1,83 |
| DP6 | 663354,38 | 5397241,75 | 378,86 | 379,08 | | | | | | | | | 377,11 | 377,29 | 377,67 | 377,14 | 377,06 | 376,95 | 376,95 | 377,67 | 377,20 | 0,72 | 1,81 | 1,81 |
| DP7 | 663159,19 | 5397567,75 | 378,99 | 379,12 | | | | | | | | | 377,26 | 377,45 | 377,83 | 377,29 | 377,18 | 377,07 | 377,07 | 377,83 | 377,35 | 0,76 | 1,77 | 1,77 |
| DP8 | 662894,28 | 5397200,38 | 378,95 | 379,07 | | | | | | | | | 377,45 | 377,83 | 378,03 | 377,48 | 377,38 | 377,31 | 377,31 | 378,03 | 377,58 | 0,72 | 1,49 | 1,49 |
| DP9 | 662737,92 | 5397344,44 | 379,03 | 379,25 | | | | | | | | | 377,52 | 377,86 | 378,15 | 377,58 | 377,45 | 377,36 | 377,18 | 378,00 | 377,48 | 0,82 | 2,06 | 2,06 |
| DP10 | 662873,91 | 5397943,27 | 379,36 | 379,54 | | | | | | | | | 377,38 | 377,56 | 378,00 | 377,44 | 377,29 | 377,18 | 377,18 | 378,00 | 377,48 | 0,82 | 2,06 | 2,06 |
| DP11 | 662575,48 | 5397569,81 | 379,22 | 379,31 | | | | | | | | | 377,57 | 377,87 | 378,09 | 377,62 | 377,49 | 377,40 | 377,40 | 378,09 | 377,68 | 0,69 | 1,63 | 1,63 |
| DP12 | 661987,30 | 5397507,16 | 379,90 | 380,00 | | | | | | | | | 377,84 | 378,30 | 378,46 | 377,98 | 377,72 | 377,61 | 377,61 | 378,46 | 378,02 | 0,86 | 2,04 | 2,04 |
| DP13 | 661764,86 | 5397731,41 | 379,72 | 379,81 | | | | | | | | | 377,84 | 378,32 | 378,54 | 377,98 | 377,75 | 377,68 | 377,68 | 378,54 | 378,02 | 0,86 | 2,04 | 2,04 |
| DP14 | 661431,78 | 5397563,68 | 380,20 | 380,35 | | | | | | | | | 378,06 | 378,42 | 378,71 | 378,15 | 377,95 | 377,81 | 377,81 | 378,71 | 378,19 | 0,90 | 2,16 | 2,16 |
| DP15 | 661425,83 | 5397940,83 | 380,37 | 380,55 | | | | | | | | | 378,04 | 378,35 | 378,69 | 378,12 | 377,93 | 377,78 | 377,78 | 378,69 | 378,15 | 0,91 | 2,39 | 2,39 |
| DP16 | 661184,58 | 5398076,59 | 380,34 | 380,53 | | | | | | | | | 378,13 | 378,33 | 378,75 | 378,17 | 378,00 | 377,84 | 377,84 | 378,75 | 378,20 | 0,91 | 2,33 | 2,33 |
| P0 | 663023,19 | 5397228,45 | 379,29 | 379,37 | 0,8 | 4,8 | | | | | | | 377,33 | 377,72 | 377,88 | 377,42 | 377,31 | 377,19 | 377,19 | 377,88 | 377,47 | 0,69 | 1,82 | 1,82 |
| P1 | 662478,88 | 5397738,09 | 379,33 | 379,47 | 1,0 | 5,0 | 5,0 | | | | | | 377,58 | 377,93 | 378,20 | 377,70 | 377,56 | 377,36 | 378,20 | 377,72 | 377,26 | 0,84 | 1,61 | 1,61 |
| P2 | 662028,65 | 5397775,27 | 379,03 | 379,17 | 1,0 | 5,0 | 5,0 | | | | | | 377,16 | 377,33 | 377,74 | 377,24 | 377,12 | 376,94 | 376,94 | 377,74 | 377,26 | 0,80 | 1,77 | 1,77 |
| P3 | 665704,36 | 5397642,95 | 378,63 | 378,71 | 0,6 | 4,6 | 4,6 | | | | | | 376,93 | 377,07 | 377,48 | 377,00 | 376,89 | 376,74 | 376,74 | 377,48 | 377,01 | 0,74 | 1,61 | 1,61 |
| P4 | 664320,21 | 5397589,98 | 378,42 | 378,55 | 0,6 | 4,6 | 4,6 | | | | | | 376,62 | 376,76 | 377,08 | 376,69 | 376,66 | 376,51 | 376,51 | 377,08 | 376,72 | 0,65 | 1,70 | 1,70 |
| P5 | 664338,73 | 5397680,24 | 378,68 | 378,85 | 1,2 | 5,2 | 5,2 | | | | | | 376,60 | 376,75 | 377,14 | 376,67 | 376,64 | 376,49 | 376,49 | 377,14 | 376,72 | 0,65 | 1,96 | 1,96 |
| P6 | 664338,88 | 5397891,12 | 379,09 | 379,29 | 1,2 | 5,2 | 5,2 | | | | | | 376,51 | 376,65 | 377,05 | 376,58 | 376,54 | 376,38 | 376,38 | 377,05 | 376,62 | 0,67 | 2,47 | 2,47 |
| P7 | 664341,97 | 5397795,87 | 379,09 | 379,29 | 1,2 | 5,2 | 5,2 | | | | | | 376,44 | 376,56 | 376,96 | 376,47 | 376,46 | 376,29 | 376,29 | 376,96 | 376,53 | 0,67 | 3,03 | 3,03 |
| P8 | 66498,49 | 5397977,78 | 380,22 | 380,33 | 2,0 | 6,0 | 6,0 | 10,50 | | | | | 376,44 | 376,56 | 376,96 | 376,47 | 376,45 | 376,30 | 376,30 | 376,98 | 376,53 | 0,68 | 3,69 | 3,69 |
| P9 | 663970,04 | 5397783,17 | 378,48 | 378,83 | 1,8 | 9,8 | 9,8 | | | | | | 376,72 | 376,86 | 377,25 | 376,77 | 376,67 | 376,57 | 376,57 | 377,25 | 376,81 | 0,68 | 1,67 | 1,67 |
| P10 | 664276,07 | 5397414,35 | 379,29 | 379,42 | 2,3 | 10,3 | 10,30 | 10,50 | | | | | | | 377,04 | 376,69 | 376,61 | 376,49 | 376,49 | 377,04 | 376,71 | 0,55 | 1,71 | 1,71 |
| P11 | 662681,63 | 5397569,96 | 379,30 | 379,40 | 2,3 | 9,3 | 9,30 | 9,80 | | | | | | | 378,10 | 377,57 | 377,48 | 377,28 | 378,10 | 377,61 | 377,61 | 0,82 | 1,79 | 1,79 |
| P12 | 662682,66 | 5397521,50 | 379,26 | 379,34 | 2,3 | 10,3 | 10,30 | 10,00 | | | | | | | 378,09 | 377,56 | 377,46 | 377,27 | 377,27 | 378,09 | 377,60 | 0,82 | 1,75 | 1,75 |
| P13 | 662634,87 | 5397489,04 | 379,60 | 379,77 | 2,3 | 9,3 | 9,30 | 9,40 | | | | | | | 378,12 | 377,61 | 377,48 | 377,29 | 378,12 | 377,63 | 377,63 | 0,84 | 2,14 | 2,14 |
| P14 | 662563,36 | 5397518,30 | 379,68 | 379,81 | 2,3 | 9,3 | 9,30 | 9,50 | | | | | | | 378,16 | 377,65 | 377,53 | 377,32 | 377,32 | 378,16 | 377,67 | 0,84 | 2,14 | 2,14 |
| P15 | 661496,04 | 5398072,34 | 380,04 | 380,12 | 2,3 | 9,3 | 9,30 | 9,50 | | | | | | | 378,56 | 378,03 | 377,87 | 377,67 | 377,67 | 378,56 | 378,03 | 0,89 | 2,09 | 2,09 |
| P16 | 661207,37 | 5398070,74 | 381,56 | 380,54 | 2,3 | 10,3 | 10,30 | 9,80 | | | | | | | 378,71 | 378,18 | 378,06 | 377,79 | 378,71 | 378,19 | 378,19 | 0,92 | 2,36 | 2,36 |
| P17 | 661182,43 | 5398042,99 | 381,00 | 380,13 | 2,3 | 9,3 | 9,30 | 9,60 | | | | | | | 378,70 | 378,17 | 378,04 | 377,80 | 378,70 | 378,18 | 378,18 | 0,90 | 1,95 | 1,95 |
| P18 | 661127,47 | 5398065,59 | 380,45 | 380,59 | 2,3 | 9,3 | 9,30 | 9,20 | | | | | | | 378,75 | 378,22 | 378,11 | 377,87 | 377,87 | 378,75 | 378,24 | 0,88 | 2,35 | 2,35 |
| P19 | 661188,71 | 5398103,59 | 381,489 | 380,621 | 2,8 | 9,8 | 9,8 | 9,8 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P20 | 662529,281 | 5397544,61 | 379,435 | 379,622 | 2,4 | 9,4 | 9,4 | 9,7 | | | | | | | 377,54 | 377,04 | 376,94 | 377,54 | 377,04 | 377,54 | 377,04 | 0,20 | 2,19 | 2,19 |
| P21 | 662685,305 | 5397549,74 | 379,149 | 379,323 | 2,4 | 9,4 | 9,4 | 9,9 | | | | | | | 377,49 | 377,29 | 377,29 | 377,29 | 377,29 | 377,49 | 377,39 | 0,20 | 1,93 | 1,93 |
| P22 | 662685,626 | 5397505,24 | 379,324 | 379,48 | 2,4 | 9,4 | 9,4 | 9,6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P23 | 662687,688 | 5397483,84 | 379,624 | 379,752 | 2,4 | 9,4 | 9,4 | 9,4 | | | | | | | 377,44 | 377,27 | 377,27 | 377,27 | 377,27 | 377,44 | 377,36 | 0,17 | 2,39 | 2,39 |

M:\3_Auftrag\099\G19053_Phase_IIa_b_PFC_Neuburg\07_Abgab\Endbericht_IIa\Final\Endbericht_IIa_01.docx

Grundwasserneubildung

Laut der Hydrogeologischen Karte von Bayern 1 : 500.000 (HK 500) kann im Bereich des Flugplatzes Neuburg von einer mittleren Grundwasserneubildung (1971 – 2000) von ca. 124 mm/a ausgegangen werden. Im Trockenzeitraum (1971 – 1973) liegt die Grundwasserneubildung bei ca. 64 mm/a, im Nasszeitraum (1979 – 1981) bei ca. 155 mm/a [19].

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. Laut HK 100 befinden sich auf der Liegenschaft bereichsweise „Deckschicht(en) aus Lockergestein mit sehr geringer bis äußerst geringer Porendurchlässigkeit“, die „geringmächtig und/oder lückenhaft“ ausgebildet sind [18].

Die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung ist als gering einzustufen.

Flurabstand, Grundwassermächtigkeit

Die Flurabstände beziehen sich auf die Wasserspiegelmessungen an den vorhandenen Grundwassermessstellen im Zeitraum von Juli 2014 bis Oktober 2019.

Die Wasserspiegel bewegen sich zwischen ca. 376 mNN im Osten und ca. 379 mNN im Westen des Flugplatzes. Im zeitlichen Verlauf ergeben sich deutliche Schwankungen bei den Wasserspiegelständen (siehe auch Tabelle 5-1). Die höchsten Grundwasserstände wurden im Mai 2015 gemessen. Deutlich niedrigere Grundwasserstände wurden dagegen im Oktober 2019 ermittelt. Wie die kontinuierliche Wasserstandserfassung an der Grundwassermessstelle Heinrichsheim zeigt (siehe Kapitel 2.3.3), folgen die Grundwasserstände einer jahreszeitlichen Periodik mit Höchstständen zu Beginn des Jahres (Januar/Februar) und Tiefstständen im Spätsommer/Herbst (August – November). Diese Periodik kann auch an den untersuchten Messstellen nachvollzogen werden. Auch die langjährigen Tiefststände zum Ende des Jahres 2019 decken sich mit der Messreihe der Messstelle Heinrichsheim.

Der mittlere Flurabstand schwankt zwischen 1,37 m u. GOK (DP8) und 3,61 m u. GOK (P8). Daraus ergibt sich ein mittlerer Grundwasserflurabstand von ca. 1,9 m u. GOK.

Die mittlere Grundwassermächtigkeit schwankt zwischen 7,10 m (P18) und 8,94 m (P10), wobei für diese Auswertung nur vollkommen ausgebaute Messstellen herangezogen wurden.

Wie in Kapitel 2.3.3 erläutert, wurde im Jahr 2019 ein kontinuierlich fallender Wasserspiegel festgestellt. Daraus resultieren zum Jahresende die niedrigsten Grundwasserstände in den letzten fünf Jahren.

Geohydraulische Parameter

Für die Bilanzierung der Schadstoffkonzentrationen und –frachten sind hydraulische Parameter erforderlich, die auf der Grundlage hydraulischer Tests zu ermitteln sind.

Hierzu wurde an der Grundwassermessstelle P7 ein 24-stündiger Pumpversuch durchgeführt.

Im Anhang 4 sind die Absenkungsverläufe und Auswertungsgraphiken der Pumpversuche zusammenfassend dargestellt. Tabelle 5-2 zeigt die Reaktionen während des Pumpversuchs im Förderbrunnen sowie in dem als Beobachtungsmessstelle errichteten temporären Rammpegel.

Tabelle 5-2: Reaktion der einzelnen Messstellen während des Pumpversuchs

| Messstelle | P7 | Rammpegel |
|---------------------------------------|---------------|------------------------|
| Art | Förderbrunnen | Beobachtungsmessstelle |
| Entfernung zum Förderbrunnen [m] | - | 4 |
| Durchschnittliche Förderrate [l/s] | 2,2 | - |
| <u>Wasserspiegel u POK [m] bei</u> | | |
| -> Start PV | 3,32 | 3,18 |
| -> Ende Pumpphase | 4,23 | 3,3 |
| -> Ende Aufzeichnung Wiederanstieg | 3,33 | 3,19 |
| Maximale Absenkung [m] | 0,91 | 0,12 |
| Restabsenkung [m] | 0,01 | 0,01 |

Im Förderbrunnen P7 wurde bei einer durchschnittlichen Förderrate von 2,2 l/s eine Absenkung von 0,91 m zum Ende des Pumpversuchs erzielt. Der Wasserspiegel senkte unverzüglich und kontinuierlich ab. Mit Abstellen der Pumpe stieg der Wasserspiegel unverzüglich an. Am Ende der Datenaufzeichnung konnte eine Restabsenkung von 0,01 m festgestellt werden. An dem temporären Beobachtungspegel konnte ebenfalls ein fast unverzügter Absenkungsbeginn innerhalb weniger Minuten nach Pumpversuchsstart festgestellt werden. Bis zum Ende des Pumpversuchs sank der Wasserspiegel kontinuierlich um 0,12 m ab und zeigt damit eine eindeutige hydraulische Reaktion. Ebenso nahezu unverzüglich stieg der Wasserspiegel nach dem Abschalten der Pumpe wieder an. Am Ende der Datenaufzeichnung wurde eine Restabsenkung von 0,01 m gemessen.

In Tabelle 5-3 sind die Ergebnisse der hydraulischen Auswertung des Pumpversuchs zusammengestellt. Demnach ergeben sich Transmissivitäten (T) von $6,16 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ bis $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ (Mittelwert $1,16 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$) und unter Zugrundelegung einer Aquifermächtigkeit von 2,5 m (P7) eine Durchlässigkeit (kf-Wert) von $2,48 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ bis

$6,06 \cdot 10^{-3}$ m/s (Mittelwert $4,70 \cdot 10^{-3}$ m/s). Gemäß DIN 18130-1 kann der Aquifer als „stark durchlässig“ bezeichnet werden.

Der ermittelte Speicherkoeffizient (S) variiert zwischen $1,11 \cdot 10^{-1}$ bis $1,16 \cdot 10^{-1}$ (Mittelwert $1,14 \cdot 10^{-1}$).

Tabelle 5-3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Pumpversuchsauswertungen

| Pumpversuch P7 | | | | | |
|----------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|---------------|----------|
| Messstelle | Bezeichnung | Auswertmethode | T [m ² /s] | kf-Wert [m/s] | S |
| Rammpegel | Theis WA Rammpegel | THEIS Wiederanstieg | 1,48E-02 | 5,97E-03 | |
| Rammpegel | Theis Rammpegel | THEIS mit Jacob-Korrektur | 1,11E-02 | 4,49E-03 | 1,11E-01 |
| Rammpegel | CJ Rammpegel | COOPER & JACOB III | 1,11E-02 | 4,48E-03 | 1,16E-01 |
| P7 | Theis WA P7 | THEIS Wiederanstieg | 1,50E-02 | 6,06E-03 | |
| P7 | CJ P7 | COOPER & JACOB I | 6,16E-03 | 2,48E-03 | |
| | | Minimum | 6,16E-03 | 2,48E-03 | 1,11E-01 |
| | | Maximum | 1,50E-02 | 6,06E-03 | 1,16E-01 |
| | | Mittelwert | 1,16E-02 | 4,70E-03 | 1,14E-01 |

Mit Hilfe der diagnostischen Auswertung des Pumpversuchs konnten Skineffekte im Förderbrunnen erkannt werden, was ein Indiz für die Brunnenalterung der Messstelle ist. Dieser Effekt zeigt sich auch anhand der unterschiedlichen Transmissivitäten bei der Auswertung der Pumpphase und des Wiederanstiegs im P7. Der ermittelte Speicherkoeffizient von 0,11 bestätigt das freie Regime des Porenaquifers. Bei freien Grundwasserverhältnissen entspricht der Speicherkoeffizient dem nutzbaren Porenvolumen. Die Kenntnis des Parameters nutzbares Porenvolumen ist erforderlich für die Bestimmung der Grundwasser-Abstandsgeschwindigkeit sowie der Abschätzung von hydraulischen Reichweiten und Isochronen.

Der im Jahr 1995 durchgeführte Pumpversuch am „NATO-Brunnen“ lieferte mit einer Transmissivität (T [m²/s]) von $4,8 \cdot 10^{-2}$ m²/s bzw. einer Durchlässigkeit (kf-Wert [m/s]) von $5,6 \cdot 10^{-3}$ m/s vergleichbare hydraulische Parameter [7]. Die ermittelten hydraulischen Parameter sind zunächst repräsentativ für den Nahbereich der Messstellen. Aufgrund der festgestellten Homogenität des Aquifers können diese Werte aber überschlägig auch auf die großräumigen Aquifereigenschaften übertragen werden.

Grundwasserfließrichtung und -abstandsgeschwindigkeiten

Die großräumige Grundwasserfließrichtung im Bereich des NATO-Flugplatzes Neuburg kann auf der Grundlage einer aktuellen (November 2019) Mess- und Auswertungskampagne in Form eines Grundwassergleichenplans detailgetreu bestimmt werden. Neben der Auswertung der Wasserstände in ca. 90 Grundwasseraufschlüssen

auf der Liegenschaft und im weiteren Umfeld wurden die folgenden weiteren hydrologischen Daten mitberücksichtigt:

- Grundwassergleichenplan HK 100 [18]
- Stauziele Oberwasser und Unterwasser der Staustufe Bergheim an der Donau
- Wasserspiegel- und Gewässerhöhen relevanter Fließ- und Standgewässer
- Durchflussdaten von Fließgewässern

Das Ergebnis (vgl. Anlage 1, Plan 6) 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.

Als Weiterentwicklung des Grundwassergleichenplanes in der Untersuchungsphase 2014/2015, der überwiegend mit Grundwasseraufschlüssen innerhalb der Liegenschaft ermittelt wurde, sollte der aktuelle Grundwassergleichenplan auch die regionalen Verhältnisse mitberücksichtigen, da insbesondere die Vorflutfunktion der nördlich gelegenen Donau einen entscheidenden Einfluss auf die Grundwasserverhältnisse bis in die Liegenschaft hinein bewirken kann. Mit diesem regionalen Grundwassergleichenplan sollte ein integrales Bild der Grundwasserverhältnisse innerhalb der Liegenschaft und der angrenzenden Gebiete geschaffen werden.

Für die Grundwasserfließverhältnisse im Bereich der Liegenschaft und deren Umgebung spielt v.a. das Vorflutniveau der ca. 4 km entfernt liegenden Donau eine entscheidende Rolle. Mit dem Bau der Staustufe Bergheim im Jahr 1970 wurden diese bestehenden Verhältnisse massiv verändert. Das Stauziel des Oberwassers wurde durch diese Maßnahme auf ca. 377 mNN, das des Unterwassers auf ca. 371 mNN eingestellt. Durch diese Staustufe wird das Oberflächenwasser und damit korrespondierend das angeschlossene Grundwasser westlich der Staustufe aufgestaut. Im Bereich westlich der Staustufe werden somit influente Grundwasserverhältnisse postuliert, d.h. das Oberflächenwasser liegt höher als der Grundwasserbegleitstrom und versickert in das Grundwasser. Das Grundwasser kann hier nicht auf kurzem Weg in den Vorfluter gelangen, sondern strömt als Begleitstrom zur Donau in östlicher Richtung der Staustufe zu. Die große Sprunghöhe im Unterwasser der Staustufe (ca. 6 m) führt zu einem starken Einschwenken der Grundwassergleichen in nördlicher Richtung zum Vorfluter Donau hin. Dieses großräumige Fließsystem paust sich bis auf die Höhe der Liegenschaft als „Einschwenken“ der Grundwasserfließrichtung von östlicher in nordöstlicher Richtung durch.

Das Grundwassergefälle innerhalb der Niederterrasse des Untersuchungsgebietes ist mit ca. 0,001 (8 m auf ca. 8.400 m) sehr gering. Im Bereich der zentralen Liegenschaft ist das Grundwassergefälle mit ca. 0,0006 sogar noch geringer.

Am Westrand des Untersuchungsgebietes nimmt das Grundwassergefälle ab einer Linie ca. Feldkirchen – Hardt deutlich zu auf Werte von ca. 0,005, was mit dem Übergang zur

risszeitlichen Hochterrasse und dem Ausbiss der quartären Schichten weiter im Westen erklärt werden kann. Mit dem Übergang zur Süßwassermolasse im Westen ist die Berandung des quartären Grundwasserleiters erreicht, so dass über diesen Westrand keine größeren unterirdischen Grundwasserzuströme in das Untersuchungsgebiet zu erwarten sind.

Die mittlere Aquifermächtigkeit beträgt ca. 7,6 m, schwankt zwischen ca. 7 m und ca. 9 m.

Die rechnerische mittlere Abstandsgeschwindigkeit im Bereich der Niederterrasse beträgt ca. 3,7 m/Tag bzw. ca. 1.350 m/a (angesetzte Porosität 0,11). Im zentralen Bereich der Liegenschaft nimmt die Abstandsgeschwindigkeit auf ca. 2,2 m/Tag bzw. ca. 800 m/a ab (angesetzte Porosität 0,11).

Durch die geringen Grundwasserflurabstände und das flache Gefälle üben auch kleinere Vorfluter und Gräben sowie Baggerseen einen lokalen Effekt auf die Grundwasserströmung aus. In Abhängigkeit vom Zustand (Verkrautung, Biber) und der Wasserführung in den Gräben und kleineren Vorflutern kann sich die lokale Grundwasserfließrichtung periodisch (Jahreszeiten) oder auch episodisch verändern, was zu unscharfen und wechselhaften Fließrichtungen und Verhältnissen im betroffenen Grundwasser führen kann.

Vorflutverhältnisse

Als Hauptvorfluter für das quartäre Grundwassersystem fungiert die Donau, die ca. 4 km nördlich des Untersuchungsgebiets liegt. Durch den Bau der Staustufe Bergheim im Jahr 1970 wurden die hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnisse im weiteren Untersuchungsgebiet massiv verändert (s.o.). In [13] wurden die Auswirkungen des Baus der Staustufe Bergheim auf Gräben, Vorfluter und Grundwasser untersucht und bewertet. Diese Ergebnisse werden bei den folgenden Ausführungen mitberücksichtigt.

Der Lohgraben im Westen des Untersuchungsgebietes hat nach derzeitigem Kenntnisstand keine Vorflutfunktion für das Grundwasser. Eine Wasserführung ist hauptsächlich nach Niederschlagsereignissen zu erwarten. Im Zuge der geplanten Beprobungen konnte jeweils keine Wasserführung im Lohgraben festgestellt werden.

Auch der S-N verlaufende Längenmühlbach, der gemäß [13] auf Höhe der Einmündung in die Donau einen mittleren Durchfluss von ca. 0,8 m³/s aufweist, hat mit dem Graben Bachwieselgraben auf Höhe der Liegenschaft noch keine Vorflutfunktion für das Grundwasser. Die Vorfluteigenschaft des Längenmühlbaches tritt offensichtlich erst mit Annäherung an die Donau ein.

Der Zitzelsheimer Graben zeigt im Jahresverlauf deutlich schwankende Wasserregimes auf. Während bei den geplanten Probenahmen jeweils keine Wasserführung feststellbar war, lag bei den Wasserstandsmessungen ein temporärer Wasserspiegel oberhalb des Grundwassers (influente Verhältnisse) vor. Nach Auskunft eines Anwohners in Rosing wird der Wasserspiegel stark beeinflusst durch z.B. Biberaktivitäten im Zeller Kanal. Ab einer Höhe von ca. 1.500 m vor der Einmündung in den Zeller Kanal scheint der Zitzelsheimer Kanal zumindest temporär einen Vorflutcharakter auf das Grundwasser

auszuüben. Dieses Regime kann aber starken periodischen und episodischen Schwankungen unterliegen. Im Zuge eines Vor-Ort Termins am 20.01.2020 konnte im Zitzelsheimer Graben ein Durchfluss von ca. 20 bis 30 l/s abgeschätzt werden.

In [13] werden zum Zeller Kanal folgende Aussagen getroffen:

„Der Zeller Kanal (ZK) entspringt im Donaumoos. Die Wasserführung (besonders im Südwesten) ist stark von Niederschlägen abhängig und periodisch (teilweise Austrocknung im Sommer). Von West nach Ost nimmt besonders während der Trockenzeit der Fließgewässercharakter immer weiter ab. Für die zur Verfügung stehende Zeitreihe (01.04.2010-13.02.2013) vom Pegel Bruck konnte ein mittlerer Abfluss von 0,3 m³/s errechnet werden. Die gesamte Spannweite reicht von 0,03 m³/s bis zu 1,77 m³/s und zeigt die extrem hohe Variabilität der Abflüsse.“

Auf Höhe der Liegenschaft hat der Zeller Kanal eine Vorflutfunktion für das Grundwasser. Im Zuge eines Vor-Ort Termins am 20.01.2020 konnte im Zeller Kanal nach der Einmündung des Zitzelsheimer Grabens ein Durchfluss von ca. 20 bis 30 l/s abgeschätzt werden. Zum Zeitpunkt der Messung stammt also der Großteil des Durchflusses im Zeller Kanal aus dem Zitzelsheimer Graben.

Lage zur Trinkwassernutzung

Im Nahbereich des Flugplatz Neuburg befinden sich keine Trinkwasser- oder Heilquellenschutzgebiete. Das nächstgelegene Trinkwasserschutzgebiet mit dem Gebietsnamen „Weichering“ liegt ca. 6 km östlich vom Flugplatz im potenziellen Abstrombereich des Flughafens.

Sonstige Nutzung

Aufgrund der guten Erschließbarkeit des quartären Grundwassers befinden sich in der Gegend 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. 510 Wasserproben innerhalb und außerhalb der Liegenschaft aus Grundwassermessstellen und Bewässerungsbrunnen entnommen und analysiert.

Abbildung 5-4 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 innerhalb der Liegenschaft bodenschutzrechtlich relevante Konzentrationen oberhalb der vorläufigen Schwellenwerte vor allem bei den Einzelparametern PFOS und PFHxS (bei ca. 40% der Wasserproben) auftreten. Bei PFNA wurde die vorläufige Schwellenwerte bei ca. 20% der Wasserproben und bei PFOA und H4PFOS bei <5% der Wasserproben überschritten. Die restlichen Einzelparameter wurden bislang durchgängig in Konzentrationen unterhalb der vorläufigen Schwellenwerte detektiert.

Außerhalb der Liegenschaft wurden bodenschutzrechtlich relevante Konzentrationen oberhalb der vorläufigen Schwellenwerte bei den Einzelparametern PFOS, PFHxS und PFNA festgestellt, jedoch in deutlich geringerem Ausmaß (bei < 10% der Wasserproben).



PFC-Untersuchung nach Phase IIa/b
 Nato-Flugplatz Neuburg a.d. Donau
 Endbericht Phase IIa-Untersuchungen
 099-G-19/053



| Einzelsubstanz | Gesamt (ca. 510 Analysen) | | innerhalb Liegenschaft (ca. 400 Analysen) | | außerhalb Liegenschaft (ca. 110 Analysen) | |
|----------------|---------------------------|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|
| | Mittelwert [µg/l] | Analysen > NWG <SW | Mittelwert [µg/l] | Analysen > NWG <SW | Mittelwert [µg/l] | Analysen > NWG <SW |
| PFNA | 0,09 | 223 | 0,10 | 146 | 0,04 | 77 |
| PFOA | 0,52 | 73 | 0,60 | 32 | 0,06 | 41 |
| PFHxS | 0,36 | 360 | 0,41 | 267 | 0,07 | 93 |
| PFHxA | 0,07 | 302 | 0,08 | 208 | 0,02 | 94 |
| PFBS | 0,02 | 434 | 0,03 | 331 | 0,02 | 103 |
| PFBA | 0,03 | 410 | 0,03 | 303 | 0,02 | 107 |
| PFDA | 0,03 | 492 | 0,03 | 383 | 0,00 | 109 |
| H4PPFS | 0,06 | 209 | 0,06 | 103 | 0,02 | 106 |
| PFOSA | 0,01 | 499 | 0,01 | 390 | 0,00 | 109 |
| PFHpS | 0,05 | 217 | 0,05 | 109 | 0,01 | 108 |
| PFHpA | 0,03 | 418 | 0,04 | 310 | 0,01 | 108 |
| PFPeA | 0,07 | 363 | 0,07 | 259 | 0,02 | 104 |
| Σ PFC | 0,94 | 41 | 1,11 | 13 | 0,13 | 28 |

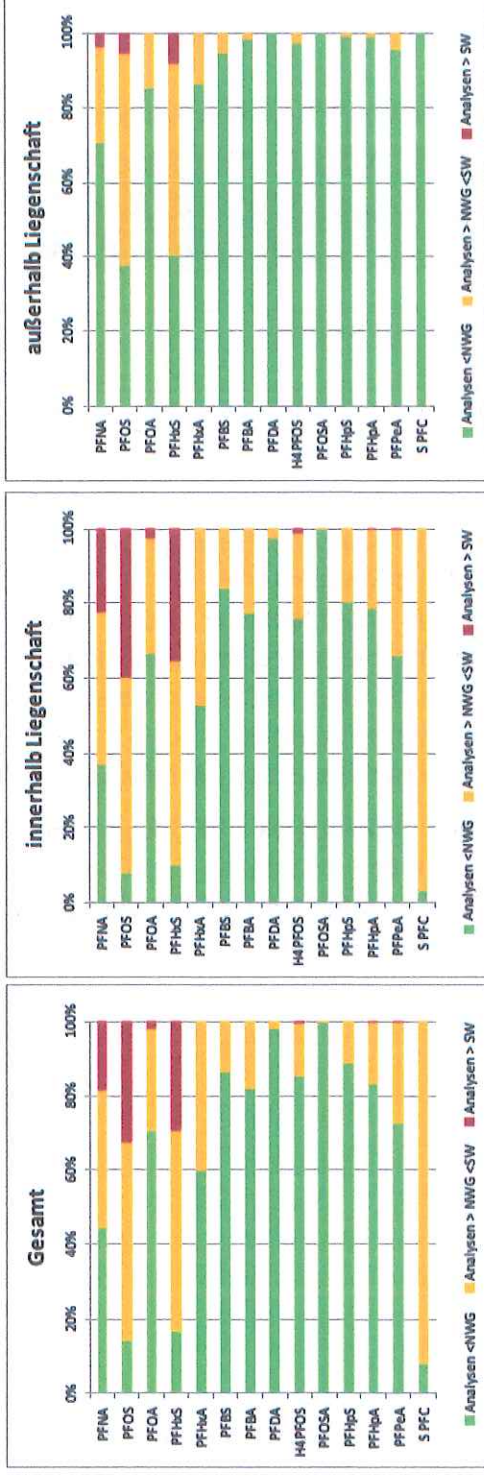


Abbildung 5-4: PFC-Belastung der Grundwasserproben nach Einzelparameter



Im Zuge der ersten Beprobungsrunde konnten in 102 der 112 untersuchten Grundwasseraufschlüsse PFC-Belastungen festgestellt werden (siehe Tabelle 5-4). Dabei wurden die vorläufigen Schwellenwerte in 36 Grundwassermessstellen überschritten. Im Zuge der zweiten Beprobungsrunde, bei der mit Ausnahme der einmalig durchgeführten Direct-Push-Grundwassersondierungen fast das identische Untersuchungsprogramm ausgeführt wurde, wurden positive PFC-Befunde an 58 und Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte an 16 Grundwasseraufschlüssen ermittelt.

Tabelle 5-4: Übersicht PFC-Untersuchungen Grundwasser

| Aufschlussart | 1. PN-Runde | | | | 2. PN-Runde | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------------|-------|------|-------------|-------------|-------|------|
| | Anzahl | Aufschlüsse | | | Anzahl | Aufschlüsse | | |
| | Aufschlüsse | < NWG | > NWG | > SW | Aufschlüsse | < NWG | > NWG | > SW |
| CMT-Messstellen | 16 | | 9 | 7 | 16 | | 9 | 7 |
| Direct-Push Grundwassersondierungen | 47 | 5 | 22 | 20 | | | | |
| Grundwassermessstellen | 23 | | 17 | 6 | 24 | 1 | 16 | 7 |
| Grundwasseraufschlüsse außerhalb | 26 | 5 | 18 | 3 | 25 | 6 | 17 | 2 |
| Gesamtergebnis | 112 | 10 | 66 | 36 | 65 | 7 | 42 | 16 |

Tabelle 5-5 zeigt die Analysenergebnisse der PFC-Untersuchungen im Grundwasser anhand der Hauptparameter PFOS und PFHxS im zeitlichen Verlauf sowie mit einer Trendangabe in tabellarischer Form. Die Tabelle verdeutlicht an den meisten Grundwasseraufschlüssen einen relativ konstanten Konzentrationsverlauf. Des Weiteren sind in Tabelle 5-6 die Analysenergebnisse (anhand PFOS/PFHxS) der Direct-Push-Grundwasseruntersuchungen und in Tabelle 5-7 die kompletten Untersuchungsergebnisse der CMT-Messstellen inkl. aller Beprobungstiefen dargestellt.

Die räumliche Verteilung der PFC-Belastung (anhand der Hauptparameter PFOS und PFHxS) ist in Anlage 1 für beide Beprobungsrunden (Pläne 4/5) dargestellt. Den Plänen können weiterhin potenzielle PFC-Eintragsherde (Kontaminationsverdächtige Flächen) entnommen werden.

Tabelle 5-5: Konzentrationsentwicklung für PFOS und PFHxS im Grundwasser

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [µg/l] | | | | | | | | | | PFHxS [µg/l] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|-------|--|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---|
| | | Sep 2013 | Mrz 2014 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Mrz 2019 | Mai 2019 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Trend | Sep 2013 | Mrz 2014 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Mrz 2019 | Mai 2019 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Trend | | | | | | | | | | | | | |
| CMT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DP1 | 5m | | | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | | | | | | | | 0,02 | 0,02 | → | | | | | | | | | | 0,02 | 0,02 | → | | | | | | | |
| DP2 | 5m | | | 0,18 | 0,16 | 0,21 | 0,18 | | | | | | | | 0,3 | 0,2 | → | | | | | | | | | | 0,14 | 0,13 | 0,15 | 0,09 | | | 0,2 | 0,1 | → | |
| DP3 | 5m | | | 0,3 | 0,3 | 0,22 | 0,26 | | | | | | | | 0,3 | 0,3 | → | | | | | | | | | | 0,32 | 0,34 | 0,28 | 0,31 | | | 0,3 | 0,2 | → | |
| DP4 | 5m | | | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | | | | | | | | 0,1 | 0,09 | → | | | | | | | | | | 0,028 | 0,036 | 0,05 | 0,03 | | | 0,07 | 0,06 | → | |
| DP5 | 5m | | | 0,2 | 0,11 | <0,25 | 0,25 | | | | | | | | 0,1 | 0,1 | → | | | | | | | | | | 0,22 | 0,088 | <0,25 | 0,27 | | | 0,1 | 0,07 | → | |
| DP6 | 5m | | | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | | | | | | | | 0,04 | 0,04 | → | | | | | | | | | | 0,074 | 0,042 | 0,04 | 0,05 | | | 0,06 | 0,06 | → | |
| DP7 | 5m | | | 0,44 | 0,4 | 0,28 | 0,39 | | | | | | | | 0,4 | 0,4 | → | | | | | | | | | | 0,45 | 0,33 | 0,27 | 0,41 | | | 0,4 | 0,3 | → | |
| DP8 | 5m | | | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | | | | | | | | 0,08 | 0,07 | → | | | | | | | | | | 0,11 | 0,069 | 0,06 | 0,07 | | | 0,06 | 0,05 | → | |
| DP9 | 5m | | | 0,14 | 0,09 | 0,12 | 0,09 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | → | | | | | | | | | | 0,36 | 0,16 | 0,18 | 0,14 | | | 0,2 | 0,1 | → | |
| DP10 | 5m | | | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | | | | | | | | 0,02 | 0,01 | → | | | | | | | | | | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | 0,01 | 0,01 | → | |
| DP11 | 5m | | | 0,15 | 0,11 | 0,16 | 0,23 | | | | | | | | 0,1 | 0,07 | → | | | | | | | | | | 0,19 | 0,1 | 0,08 | 0,17 | | | 0,09 | 0,07 | → | |
| DP12 | 5m | | | 0,62 | 0,97 | 0,18 | 0,17 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | ↓ | | | | | | | | | | 0,37 | 0,52 | 0,16 | 0,11 | | | 0,1 | 0,09 | ↓ | |
| DP13 | 5m | | | <0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | | | | | | | 0,02 | 0,02 | → | | | | | | | | | | <0,05 | 0,013 | 0,01 | <0,01 | | | <0,01 | 0,01 | → | |
| DP14 | 5m | | | 0,3 | 0,14 | 0,15 | 0,32 | | | | | | | | 0,4 | 0,4 | → | | | | | | | | | | 0,79 | 0,33 | 0,68 | 1 | | | 0,4 | 0,2 | ↑↓ | |
| DP15 | 5m | | | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,04 | | | | | | | | 0,04 | 0,04 | → | | | | | | | | | | 0,066 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | | | 0,03 | 0,02 | → | |
| DP16 | 5m | | | 7,2 | 7,6 | 4,5 | 6,5 | | | | | | | | 5,8 | 4 | → | | | | | | | | | | 0,92 | 0,69 | 0,83 | 1,5 | | | 1,4 | 1,4 | ↑ | |
| GWM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P0 | | <0,05 | 0,009 | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | | | | | | | | 0,05 | 0,06 | → | <0,05 | | | | | | | | | 0,059 | 0,085 | 0,03 | 0,03 | | | 0,07 | 0,08 | → | |
| P1 | | | 0,012 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | | | | | | | | 0,01 | 0,02 | → | | | | | | | | | | 0,014 | 0,015 | 0,02 | 0,02 | | | <0,01 | <0,01 | → | |
| P2 | | | 0,064 | 0,08 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | | | | | | | | 0,08 | 0,07 | → | | | | | | | | | | 0,059 | 0,074 | 0,05 | 0,04 | | | 0,05 | 0,05 | → | |
| P3 | | 0,14 | | 0,14 | 0,16 | 0,08 | 0,08 | | | | | | | | 0,2 | 0,2 | → | 0,08 | | | | | | | | | 0,078 | 0,069 | 0,03 | 0,04 | | | 0,1 | 0,09 | → | |
| P4 | | | | 0,05 | 0,08 | 0,04 | 0,04 | | | | | | | | 0,04 | 0,03 | → | | | | | | | | | | 0,046 | 0,045 | 0,03 | 0,03 | | | 0,03 | 0,02 | → | |
| P5 | | | | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | | | | | | | | 0,05 | 0,02 | → | | | | | | | | | | 0,023 | 0,026 | 0,02 | 0,02 | | | 0,04 | 0,02 | → | |
| P6 | | | | 0,015 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | | | | | | | 0,03 | 0,03 | → | | | | | | | | | | 0,024 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | | 0,02 | 0,02 | → | |
| P7 | | | | 0,011 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | | | | | | | | 0,02 | 0,01 | → | | | | | | | | | | 0,022 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | | 0,02 | 0,02 | → | |
| P8 | | | | <0,002 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | → | | | | | | | | | | 0,019 | 0,016 | 0,01 | 0,01 | | | 0,02 | 0,01 | → | |
| P9 | | | | 0,028 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | | | | | | | | 0,06 | 0,06 | → | | | | | | | | | | 0,039 | 0,029 | 0,02 | 0,03 | | | 0,03 | 0,03 | → | |
| P10 | | | | | | 0,22 | 0,15 | | | | | | | | 0,2 | 0,1 | → | | | | | | | | | | | 0,09 | 0,08 | | | | 0,1 | 0,09 | → | |
| P11 | | | | | | 0,18 | 0,14 | | | | | | | | 0,1 | 0,1 | → | | | | | | | | | | | 0,15 | 0,11 | | | | 0,1 | 0,1 | → | |
| P12 | | | | | | 0,46 | 0,9 | | | | | | | | 0,7 | 0,8 | → | | | | | | | | | | | 0,87 | 1,5 | | | | 1,1 | 1,2 | → | |
| P13 | | | | | | 0,18 | 0,12 | | | | | | | | 0,06 | 0,06 | → | | | | | | | | | | | 0,14 | 0,11 | | | | 0,04 | 0,04 | → | |
| P14 | | | | | | 0,16 | 0,13 | | | | | | | | 0,07 | 0,07 | → | | | | | | | | | | | 0,11 | 0,1 | | | | 0,04 | 0,04 | → | |
| P15 | | | | | | 0,01 | 0,01 | | | | | | | | 0,02 | 0,05 | → | | | | | | | | | | | 0,01 | 0,01 | | | | 0,1 | 0,4 | → | |
| P16 | | | | | | 1,2 | 1,4 | | | | | | | | 0,5 | 0,5 | ↓ | | | | | | | | | | | <0,25 | 0,2 | | | | 0,09 | 0,1 | → | |
| P17 | | | | | | 0,44 | 0,26 | | | | | | | | 14 | | ↑ | | | | | | | | | | | <0,10 | 0,07 | | | | 1,2 | 1,2 | ↑ | |
| P18 | | | | | | <0,10 | <0,01 | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | → | | | | | | | | | | | <0,10 | 0,01 | | | | 0,01 | <0,01 | → | |
| P19 | | | | | | | | | | | | | | | 0,06 | 0,06 | → | | | | | | | | | | | | | | | 0,05 | 0,05 | → | | |
| P20 | | | | | | | | | | | | | | | 0,06 | 0,05 | → | | | | | | | | | | | | | | | 0,03 | 0,02 | → | | |
| P21 | | | | | | | | | | | | | | | 1,1 | 0,9 | → | | | | | | | | | | | | | | | 2,2 | 1,6 | → | | |
| P22 | | | | | | | | | | | | | | | 0,4 | 0,7 | ↑ | | | | | | | | | | | 0,6 | 0,8 | | | | 0,6 | 0,8 | → | |
| P23 | | | | | | | | | | | | | | | 0,08 | 0,08 | → | | | | | | | | | | | | | | | 0,06 | 0,06 | → | | |
| Grundwasseraufschlüsse außerhalb | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BWB1 | | | | | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | → | | | | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | | | → | |
| BWB2 | | | | | | | | | | | | | | | 0,4 | 0,2 | ↓ | | | | | | | | | | | 0,4 | 0,2 | | | 0,2 | 0,2 | | ↓ | |
| GWM3 | | | | | | | | | | | | | | | 0,1 | 0,1 | → | | | | | | | | | | | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | | | 0,08 | 0,06 | → |
| BWB4 | | | | | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | → | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | | | | <0,01 | <0,01 | | → |
| BWB5 | | | | | | | | | | | | | | | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | | | | | | | | | | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | | 0,02 | 0,02 | → |
| BWB6 | | | | | | | | | | | | | | | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | | | | | | | | | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | | | 0,02 | 0,02 | → |
| GWM7 | | | | | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | <0,01 | <0,01 | | → |
| BWB8 | | | | | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | | | | | | | | | | | | <0,01 | <0,01 | | | | <0,01 | <0,01 | | → |



Tabelle 5-6: Konzentrationsentwicklung PFOS/PFHxS Direct-Push-Grundwassersondierungen

| Messpunkt | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | PFHxS [$\mu\text{g/l}$] |
|-----------|--------------------------|---------------------------|
| GWS-1 | 3,2 | 0,6 |
| GWS-2 | 0,2 | 0,1 |
| GWS-3 | 0,02 | 0,08 |
| GWS-4 | <0,01 | <0,01 |
| GWS-5 | 0,01 | 0,2 |
| GWS-6 | 0,03 | 0,02 |
| GWS-7 | 0,06 | 0,02 |
| GWS-8 | 0,03 | 0,01 |
| GWS-9 | <0,01 | <0,01 |
| GWS-10 | 0,02 | 0,06 |
| GWS-11 | 0,6 | 1,5 |
| GWS-12 | <0,01 | <0,01 |
| GWS-13 | 0,07 | 0,08 |
| GWS-14 | 2,3 | 2,1 |
| GWS-15 | 0,3 | 2,2 |
| GWS-16 | <0,01 | <0,01 |
| GWS-17 | 0,06 | 0,03 |
| GWS-18 | 0,05 | 0,07 |
| GWS-19 | 0,02 | <0,01 |
| GWS-20 | 0,4 | 0,1 |
| GWS-21 | <0,01 | <0,01 |
| GWS-22 | 0,2 | 0,1 |
| GWS-23 | 0,1 | 0,02 |
| GWS-24 | 0,2 | 0,05 |
| GWS-25 | 0,04 | 0,02 |
| GWS-26 | 0,08 | 0,03 |
| GWS-27 | 0,05 | 0,03 |
| GWS-28 | 0,04 | 0,04 |
| GWS-29 | 0,1 | 0,1 |
| GWS-30 | 1,8 | 3,2 |
| GWS-31 | 0,8 | 0,6 |
| GWS-32 | 0,5 | 0,4 |
| GWS-33 | 0,2 | 0,2 |
| GWS-34 | 0,1 | 0,1 |
| GWS-35 | 0,2 | 0,2 |
| GWS-36 | 0,08 | 0,09 |
| GWS-37 | 0,2 | 0,2 |
| GWS-38 | 0,04 | 0,04 |
| GWS-39 | 0,1 | 0,1 |
| GWS-40 | 0,05 | 0,02 |
| GWS-41 | 0,4 | 0,2 |
| GWS-42 | <0,01 | <0,01 |
| GWS-43 | 0,05 | 0,08 |
| GWS-44 | 0,4 | 0,3 |
| GWS-45 | 0,08 | 0,1 |
| GWS-46 | 0,3 | 0,2 |
| GWS-47 | 0,8 | 1 |



Tabelle 5-7: Tiefenabhängige Konzentrationsverteilung CMT-Messstellen

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [µg/l] | | | | | | PFHxS [µg/l] | | | | | |
|-----------|-------|-------------|----------|----------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------|----------|--------------|----------|
| | | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 |
| DP1 | 3m | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 0,01 | | | 0,23 | 0,45 | 0,06 | 0,13 | | |
| | 5m | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,042 | 0,041 | 0,1 | 0,06 | 0,02 | 0,02 |
| | 7m | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | | | 0,011 | 0,019 | 0,01 | 0,01 | | |
| DP2 | 3m | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | | | 0,064 | 0,012 | 0,01 | 0,03 | | |
| | 5m | 0,18 | 0,16 | 0,21 | 0,18 | 0,3 | 0,2 | 0,14 | 0,13 | 0,15 | 0,09 | 0,2 | 0,1 |
| | 7m | 0,18 | 0,19 | 0,17 | 0,2 | | | 0,13 | 0,11 | 0,12 | 0,07 | | |
| DP3 | 3m | 0,2 | 0,19 | 0,15 | 0,19 | | | 0,23 | 0,19 | 0,21 | 0,19 | | |
| | 5m | 0,3 | 0,3 | 0,22 | 0,26 | 0,3 | 0,3 | 0,32 | 0,34 | 0,28 | 0,31 | 0,3 | 0,2 |
| | 7m | 0,27 | 0,49 | 0,21 | 0,29 | | | 0,38 | 0,4 | 0,27 | 0,34 | | |
| DP4 | 3m | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | | | <0,01 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | | |
| | 5m | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,1 | 0,09 | 0,028 | 0,036 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,06 |
| | 7m | 0,04 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | | | 0,026 | 0,042 | 0,06 | 0,04 | | |
| DP5 | 3m | 0,1 | 0,08 | 0,04 | 0,04 | | | 0,08 | 0,031 | 0,02 | 0,01 | | |
| | 5m | 0,2 | 0,11 | <0,25 | 0,25 | 0,1 | 0,1 | 0,22 | 0,088 | <0,25 | 0,27 | 0,1 | 0,07 |
| | 7m | 0,6 | 0,44 | 0,42 | 0,38 | | | 0,7 | 0,58 | 0,35 | 0,52 | | |
| DP6 | 3m | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | | | 0,057 | 0,049 | 0,07 | 0,06 | | |
| | 5m | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,074 | 0,042 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,06 |
| | 7m | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | | | 0,055 | 0,058 | 0,04 | 0,05 | | |
| DP7 | 3m | 0,08 | 0,07 | 0,01 | 0,04 | | | 0,04 | 0,026 | <0,01 | 0,01 | | |
| | 5m | 0,44 | 0,4 | 0,28 | 0,39 | 0,4 | 0,4 | 0,45 | 0,33 | 0,27 | 0,41 | 0,4 | 0,3 |
| | 7m | 0,36 | 0,44 | 0,61 | 0,54 | | | 0,49 | 0,56 | 0,35 | 0,55 | | |
| DP8 | 3m | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,05 | | | 0,075 | 0,058 | 0,06 | 0,08 | | |
| | 5m | 0,07 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,07 | 0,11 | 0,069 | 0,06 | 0,07 | 0,06 | 0,05 |
| | 7m | 0,13 | 0,16 | <0,25 | 0,21 | | | 0,34 | 0,21 | 0,29 | 0,32 | | |
| DP9 | 3m | 0,13 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | | | 0,1 | 0,049 | 0,02 | 0,02 | | |
| | 5m | 0,14 | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 0,2 | 0,2 | 0,36 | 0,16 | 0,18 | 0,14 | 0,2 | 0,1 |
| | 7m | 0,22 | 0,31 | <0,25 | 0,29 | | | 0,32 | 0,39 | <0,25 | 0,36 | | |
| DP10 | 3m | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | | | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | |
| | 5m | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | 0,01 |
| | 7m | 0,02 | 0,02 | 0,02 | <0,01 | | | <0,01 | 0,011 | 0,01 | <0,01 | | |
| DP11 | 3m | 0,35 | 0,19 | 0,79 | 0,75 | | | 1,7 | 0,87 | 4,6 | 1,8 | | |
| | 5m | 0,15 | 0,11 | 0,16 | 0,23 | 0,1 | 0,07 | 0,19 | 0,1 | 0,08 | 0,17 | 0,09 | 0,07 |
| | 7m | 0,13 | 0,1 | 0,46 | 0,32 | | | 0,1 | 0,073 | 0,11 | 0,1 | | |
| DP12 | 3m | 0,14 | 0,54 | 0,16 | 0,26 | | | 0,19 | 0,34 | 0,16 | 0,21 | | |
| | 5m | 0,62 | 0,97 | 0,18 | 0,17 | 0,2 | 0,2 | 0,37 | 0,52 | 0,16 | 0,11 | 0,1 | 0,09 |
| | 7m | 0,48 | 0,68 | 0,15 | 0,15 | | | 0,19 | 0,27 | 0,16 | 0,08 | | |
| DP13 | 3m | <0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | | | <0,05 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | |
| | 5m | <0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | <0,05 | 0,013 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,01 |
| | 7m | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | | | 0,014 | 0,018 | 0,01 | 0,01 | | |
| DP14 | 3m | 0,4 | 0,05 | 0,06 | 0,04 | | | 0,5 | 0,28 | 1,3 | 0,26 | | |
| | 5m | 0,3 | 0,14 | 0,15 | 0,32 | 0,4 | 0,4 | 0,79 | 0,33 | 0,68 | 1 | 0,4 | 0,2 |
| | 7m | 0,33 | 0,53 | <0,25 | 0,32 | | | 0,77 | 0,97 | 0,51 | 1 | | |
| DP15 | 3m | 0,01 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | | | 0,035 | 0,033 | 0,02 | 0,03 | | |
| | 5m | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,066 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| | 7m | <0,01 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | | | <0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | | |
| DP16 | 3m | 24 | 41 | 3,7 | 22 | | | 12 | 11 | 0,7 | 7,7 | | |
| | 5m | 7,2 | 7,6 | 4,5 | 6,5 | 5,8 | 4 | 0,92 | 0,69 | 0,83 | 1,5 | 1,4 | 1,4 |
| | 7m | 2 | 1,6 | 0,77 | 0,59 | | | <0,25 | 0,12 | 0,22 | 0,07 | | |

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



Die höchsten PFC-Konzentrationen im quartären **Grundwasser** mit Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden im Bereich der KF 500 „Alte Feuerwache“ und im Bereich der KF 029 „Feuerlöschübungsbecken“ ermittelt (Phase-IIb-1). Weitere PFC-Kontaminationsschwerpunkte mit Schwellenwertüberschreitungen wurden in folgenden Bereichen festgestellt (Phase-IIa-2):

- im Abstrom der KVF 448 „Baggerbrand“ (GWS-14, GWS-15, DP-14, GWS-20),
- im Bereich der KVF 501 „Neue Feuerwache“ (DP-9, GWS-30, GWS-31, GWS-35),
- im Abstrom der KVF 037 „Lageraum für Löschmittel“ (GWS-11),
- im Ab- bzw. Seitstrom der KVF 438 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz West“ (DP12, GWS-22, GWS24),
- im weiteren Abstrombereich der KVF 500 „Alte Feuerwache“/KVF 264 „Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr“ (GWS-47, GWS-32, GWS-33, GWS-37, DP7)
- im südöstlichen Liegenschaftsbereich (GWS-41, GWS-44, GWS-46, DP2, DP3, P3, P10) und süd- bzw. südöstlichen Abstrombereich der Liegenschaft (BWB15, BWB2, HB30)

Detaillierte Betrachtungen der Grundwassersituation der aufgeführten KF/KVF erfolgen in den folgenden Kapiteln (für die KF/KVF in Phase IIa) bzw. in dem separaten Endbericht zur den Phase IIb-Untersuchungen.

Zusammenfassend zeigen die Grundwasseruntersuchungen eine heterogene Schadstoffverteilung, die auf diffuse PFC-Einträge zurückzuführen ist. Vor allem südlich der Start-/Landebahn befinden sich über die gesamte Bahnlänge verteilt nachweislich mehrere Eintragsquellen, die dieses komplexe Verteilungsmuster bedingen und bei denen es aufgrund der östlichen Grundwasserfließrichtung zu Überlagerungseffekten kommt.

Auf derzeitiger Datengrundlage lassen sich auf der gesamten Liegenschaft mehrere separate PFC-Fahnen abgrenzen. Die Kontaminationsbereiche sind bei derzeitigem Kenntnisstand weitgehend auf die Liegenschaft beschränkt. Lediglich am Süd- bzw. Südostrand sowie im Nordwesten der Liegenschaft kam es außerhalb der Liegenschaft zu Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte.

Aufgrund der heterogenen und weiträumigen Verteilung der PFC-Einträge kann im zeitlichen Verlauf keine generelle Trendentwicklung abgeleitet werden.

Zusammenfassend erbrachten die Untersuchungen eine großflächige PFC-Kontamination im Grundwasser, die an einer Vielzahl von Grundwasseraufschlüssen zu Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte 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.



Zur Abschätzung der gesamten Schadstoffmenge im Grundwasser (nach der LAWA/LABO Arbeitshilfe „Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen“) wurden die Kontaminationsbereiche abgegrenzt, für welche der vorläufige Schwellenwert für PFOS überschritten wird.

Diese Kontaminationsbereiche umfassen insgesamt eine Fläche von ca. 1,4 km² und sind im Mittel mit 0,2 µg/l PFOS belastet. Für diese Schadstofffahnen ergibt sich insgesamt eine Schadstoffmenge von ca. 2 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 ebenfalls deutlich überschritten.

Im Bereich der nordwestlichen Liegenschaftsgrenze verlässt die PFOS-Fahne wahrscheinlich überwiegend über den Grundwasserpfad die Liegenschaft in nordöstlicher Richtung. Nicht ausgeschlossen werden kann, dass auch der Längenmühlbach zumindest temporär oder periodisch als Vorflut das Grundwasser abführt und somit auch eine Verfrachtung über den Fließgewässerpfad auf derzeitigem Sachstand nicht ausgeschlossen werden kann.

Die nach Süden bzw. Südosten abströmende PFC-Fahne gelangt letztlich zumindest anteilig in die Vorflut (Zitzelsheimer Graben, Zeller Kanal) und wird mit dem Fließgewässer weiter in Richtung Donau verfrachtet (siehe folgendes Kapitel). Je nach Grundwasserstand können die süd- bzw. südöstlich der Liegenschaft verlaufenden Vorfluter jedoch auch unterströmt werden, wodurch die PFC-Gehalte östlich des Zeller Kanals erklärt werden können.

Eine direkte Verfrachtung in Richtung des Trinkwasserschutzgebietes „Weichering“ über den Grundwasserpfad ist aber bei derzeitigem Kenntnisstand nicht zu besorgen. Jedoch sollte berücksichtigt werden, dass der Zeller Kanal auf seinem Weg zur Donau das Trinkwasserschutzgebiet Weichering passiert.

Des Weiteren wird im Umgriff der Liegenschaft das Grundwasser durch private Brauchwasserbrunnen und landwirtschaftliche Bewässerungsbrunnen genutzt.

5.1.5 PFC-Belastung Oberflächengewässer

Zur Bewertung wurden die Leitwerte für Oberflächenwasser (PNEC_{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_{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 12 der 18 untersuchten Probenahmestellen PFC nachgewiesen. Dabei zeigt sich, ähnlich wie im Grundwasser, eine deutliche Dominanz der Einzelsubstanzen PFOS, PFHxS und PFNA. Die ~~PNEC_{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 11 der 18 untersuchten Oberflächengewässer festgestellt. Lediglich im Bereich des Längenmühlbachs (Zulauf, Ablauf1, Ablauf2), des Lohgrabens (Zulauf/Ablauf) und am südlichsten Messpunkt des Zeller Kanals (Zeller Kanal 0) 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. Zusätzlich muss auch berücksichtigt werden, dass sich die hydrologischen Verhältnisse (Vorflut) in Abhängigkeit von den hydrologisch-klimatischen Verhältnissen insbesondere bei den Gewässern Längenmühlbach, Lohgraben und Zitzelsheimer Graben verändern können, so dass auch über diese Gewässer zumindest temporär PFC-Beaufschlagungen auftreten können.

Die räumliche Verteilung der aktuellen PFOS-Konzentrationen ist in Anlage 1 (Plan 4/5) dargestellt. Tabelle 5-8 gibt einen Überblick über die bislang ermittelten Analysenwerte der Oberflächengewässer, dargestellt durch den Hauptparameter PFOS.



Tabelle 5-8: Konzentrationsentwicklung der Oberflächengewässer für PFOS

| Oberflächengewässer | PFOS (Umweltqualitätsnorm (UQN) 0,00065 µg/l) | | | | |
|-------------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | Mai 2015 | Aug 2015 | Aug 2019 | Okt 2019 | Jan 2020 |
| Längenmühlbach Zulauf | 0,08 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | |
| Längenmühlbach Ablauf 1 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | |
| Längenmühlbach Ablauf 2 | | | <0,01 | <0,01 | |
| Lohgraben Zulauf | <0,01 | trocken | trocken | <0,05 | |
| Lohgraben Ablauf | 0,01 | trocken | trocken | <0,01 | |
| Zitzelsheimer Graben | | | trocken | trocken | <0,01 |
| Zeller Kanal 0 | | | | <0,01 | |
| Zeller Kanal 1 | | | 0,07 | 0,02 | |
| Zeller Kanal 2 | | | 0,04 | 0,2 | |
| Zeller Kanal 3 | | | 0,1 | 0,2 | |
| Zeller Kanal 4 | | | 0,1 | 0,09 | <0,01 |
| Zeller Kanal 5 | | | 0,04 | 0,06 | |
| Zeller Kanal Ablauf | 0,51 | | 0,02 | 0,02 | |
| Zeller See | | | 0,1 | 0,1 | |
| Baggersee 1 | | | 0,1 | 0,2 | |
| Baggersee 2 | | | 0,02 | <0,03 | |
| Baggersee 3 | | | 0,02 | <0,03 | |
| Baggersee 4 | | | <0,01 | <0,01 | |
| Wasser FuB | | | 5,3 | | |

| | | | |
|--|-------------|--|-------------|
| | < 0,01 | | 0,21 - 0,40 |
| | 0,01 - 0,05 | | 0,41 - 1,00 |
| | 0,06 - 0,20 | | 1,00 - 2,00 |

Die im westlichen Teil der Liegenschaft verlaufenden Fließgewässer Längenmühlbach und Lohgraben sind, mit Ausnahme einzelner Ausreiser, auf der Grundlage der vorliegenden Messreihe unbelastet. Dagegen konnten in den meisten im südöstlichen Abstrom der Liegenschaft befindlichen Oberflächengewässern PFC nachgewiesen werden. Entlang des Zeller Kanals wurden mit Ausnahme des südlichsten Messpunktes durchgängig deutliche PFC-Befunde festgestellt, die bis nach dem Zulauf aus der Liegenschaft (Messpunkte Zeller Kanal 4; Zeller Kanal Ablauf) relativ konstant waren und erst danach (Zeller Kanal 5) messbar abnahmen. Der Ablauf aus der Liegenschaft (Zeller Kanal Ablauf) war im Vergleich zur Erstbeprobung aus dem Jahr 2015 deutlich weniger belastet. Der Zitzelsheimer Graben, der nur temporär wasserführend ist (Wasserführung im Untersuchungszeitraum seit Ende November 2019), konnte erst im



Januar beprobt werden. Dabei konnten keine PFC nachgewiesen werden. Die am gleichen Tag entnommene Probe bei Zeller Kanal 4 wies erstmals im Untersuchungszeitraum keine PFC-Befunde auf. Dies unterstreicht die komplexen und temporär stark variierenden hydrologischen Bedingungen südöstlich der Liegenschaft.

Die untersuchten Stillgewässer weisen zum Teil deutliche PFC-Belastungen auf, am höchsten waren die Konzentrationen im Zeller See und im Baggersee 1.

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.

Insgesamt zeigen die Befunde in den südöstlich der Liegenschaft verlaufenden Oberflächengewässern eine weiträumige Verfrachtung der PFC-Verunreinigungen über den Oberflächenwasserpfad auf.

Auf Höhe der Ortschaft Bruck beträgt gemäß [13] der mittlere Durchfluss des Zeller Kanals ca. $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ und der minimale Durchfluss ca. $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$. Das oberirdische Einzugsgebiet des Zeller Kanals inkl. Zitzelsheimer Graben beträgt gemäß Umweltatlas Bayern auf Höhe Bruck ca. 30 km^2 . Bei einem Ortstermin am 20.01.2020 wurde für den Zeller Kanal auf Höhe des Messpunktes Zeller Kanal 4 ein Durchfluss in der Größenordnung von ca. $0,02 - 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ abgeschätzt.

Der Pegel Bruck [13] entspricht dem Probenahmepunkt Zeller Kanal 5, der über die Messreihe eine mittlere PFOS-Konzentration von ca. $0,05 \text{ }\mu\text{g/l}$ aufweist (August 2019: $0,04 \text{ }\mu\text{g/l}$; Oktober 2019: $0,06 \text{ }\mu\text{g/l}$). Unter der Annahme, dass dieses Konzentrationsniveau repräsentativ für Trockenwetterverhältnisse (Grundwasserabfluss) ist, errechnet sich mit einem angenommenen Durchfluss von $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ eine PFOS-Jahresfracht von ca. 50 g/a , die über den Zeller Kanal verfrachtet wird.

5.1.6 PFC-Belastung Entwässerungssystem

Zur Bewertung wurden, analog zu Kapitel 5.3, die Leitwerte für Oberflächenwasser ($\text{PNEC}_{\text{aquatisch}}$) des LfU bzw. für PFOS die UQN herangezogen.




Im Entwässerungssystem wurden in fünf der elf untersuchten Probenahmestellen PFC nachgewiesen. Dabei zeigt sich, ähnlich wie im Grundwasser, eine deutliche Dominanz der Einzelsubstanzen PFOS, PFHxS und PFNA. Die $\text{PNEC}_{\text{aquatisch}}$ -Werte wurden für keine der sechs PFC-Einzelparameter überschritten. Die für PFOS festgelegte UQN von $0,00065 \text{ }\mu\text{g/l}$ wird dagegen in allen fünf positiven Proben überschritten.

Die räumliche Verteilung der aktuellen PFOS-Konzentrationen ist in Anlage 1 (Plan 2) dargestellt. Tabelle 5-9 gibt einen Überblick über die ermittelten Analysenwerte bei der Untersuchung des Entwässerungssystems, dargestellt durch den Hauptparameter PFOS.



Tabelle 5-9: PFOS-Konzentration Entwässerungssystem

| Messpunkt | Lage | PFOS [$\mu\text{g/l}$] (Umweltqualitätsnorm (UQN) 0,00065 $\mu\text{g/l}$) |
|--------------------|--|---|
| 102RRB02 | Entwässerung AFW Vorfeld | 0,08 |
| 101196 | Landebahn Südstrang | 0,03 |
| 101148 | Landebahn Nordstrang | 0,1 |
| 101278 | Landebahn Südstrang | 0,06 |
| 101024 | Nordostecke | <0,01 |
| Zellerkanal Ablauf | Entwässerung Liegenschaft Zeller Kanal | 0,09 |
| 101322 | Entwässerung Südostteil 1 | <0,01 |
| 102B02 | Entwässerung Südostteil 2 | <0,01 |
| 101249a | Entwässerung Mittelteil | <0,01 |
| 107RRB01 | Nordwestecke | <0,01 |
| 106060A | Nordwestecke | <0,01 |

| | | |
|-------------|---|-------------|
| < 0,01 |  | 0,21 - 0,40 |
| 0,01 - 0,05 |  | 0,41 - 1,00 |
| 0,06 - 0,20 |  | 1,00 - 2,00 |

PFC-Einträge wurden bei der Entwässerung der Vorfeldfläche der KVF 500 „Alte Feuerwache“, an beiden Entwässerungssträngen (Süd/Nord) der Start-/Landebahn sowie am Ablauf in den Zeller Kanal festgestellt. Die restlichen Bereich waren unauffällig. Dennoch kann auch für diese Untersuchungsstellen nicht ausgeschlossen werden, dass die UQN nicht eingehalten wird, da die Nachweisgrenze von 0,01 $\mu\text{g/l}$ um das ca. 15-fache oberhalb des UQN von 0,00065 $\mu\text{g/l}$ liegt.

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-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 IIa-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 Bodenuntersuchungen (S4-Eluat, Phase IIa Untersuchungen) deutlich (siehe Abbildung 5-5). 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 PFHxA noch nennenswerte Belastungen gemessen.

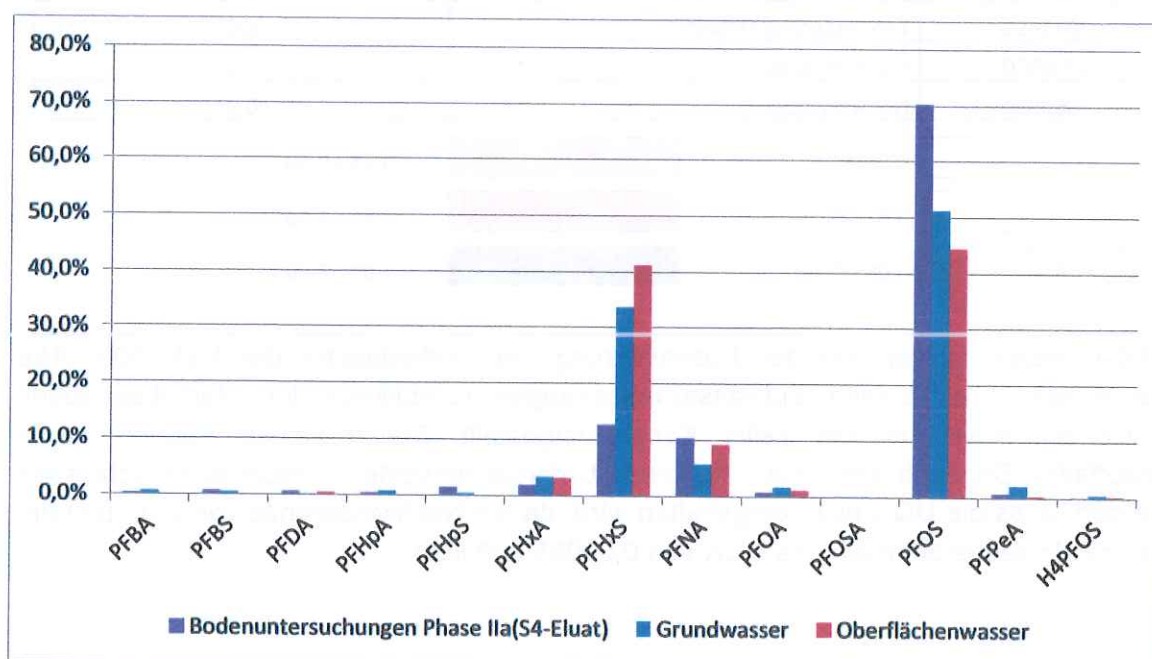


Abbildung 5-5: Prozentuale Verteilung Einzelparameter nach Medium

Bei den Bodenuntersuchungen (S4-Eluat) wurden die vorläufigen Stufenwerte des LfU hauptsächlich für PFOS, PFHxS und PFNA überschritten (siehe Tabelle 5-10). Für die restlichen Einzelparameter wurden vereinzelte bzw. keine Stufenwertüberschreitungen festgestellt.

In 117 von 157 Proben wurden PFC nachgewiesen. Dabei kam es zur Überschreitung der (vorläufigen) Stufe-2-Werte bei 51 Proben und zur Überschreitung der (vorläufigen) Stufe-1-Werte bei 23 Proben.

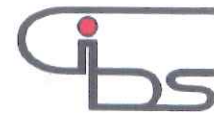


Tabelle 5-10: PFC-Belastung der Bodenproben (S4-Eluat) nach Einzelparameter

| Einzelsubstanz | Mittelwert [µg/l] | Anzahl Analysen (157 Stück) | | | | prozentuale Verteilung |
|----------------|----------------------|-----------------------------|------|-----|-----|---------------------------|
| | | <NWG | >NWG | >S1 | >S2 | |
| PFBA | 0,05 | 144 | 13 | 0 | 0 | 0,2% |
| PFBS | 0,16 | 144 | 13 | 0 | 0 | 0,6% |
| PFDA | 0,09 | 136 | 16 | 4 | 1 | 0,6% |
| PFHpA | 0,06 | 140 | 17 | 0 | 0 | 0,3% |
| PFHpS | 0,13 | 120 | 35 | 1 | 1 | 1,4% |
| PFHxA | 0,15 | 116 | 41 | 0 | 0 | 1,9% |
| PFHxS | 0,50 | 74 | 42 | 24 | 17 | 12,7% |
| PFNA | 0,47 | 85 | 33 | 18 | 21 | 10,4% |
| PFOA | 0,09 | 131 | 20 | 5 | 1 | 0,7% |
| PFOSA | 0,04 | 151 | 6 | 0 | 0 | 0,1% |
| PFOS | 2,00 | 43 | 44 | 23 | 47 | 70,2% |
| PFPeA | 0,11 | 137 | 20 | 0 | 0 | 0,7% |
| H4PFOS | 0,07 | 154 | 2 | 1 | 0 | 0,1% |
| PFC | 2,77 | 40 | 117 | | | |

5.2.1 KVF 037: Lagerraum für Löschmittel (Gebäude 234)

Abbildung 5-6 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 037 inkl. des ehemaligen Abscheiders des Gebäudes 234, der bei Mull & Partner als KVF 407 geführt wird.

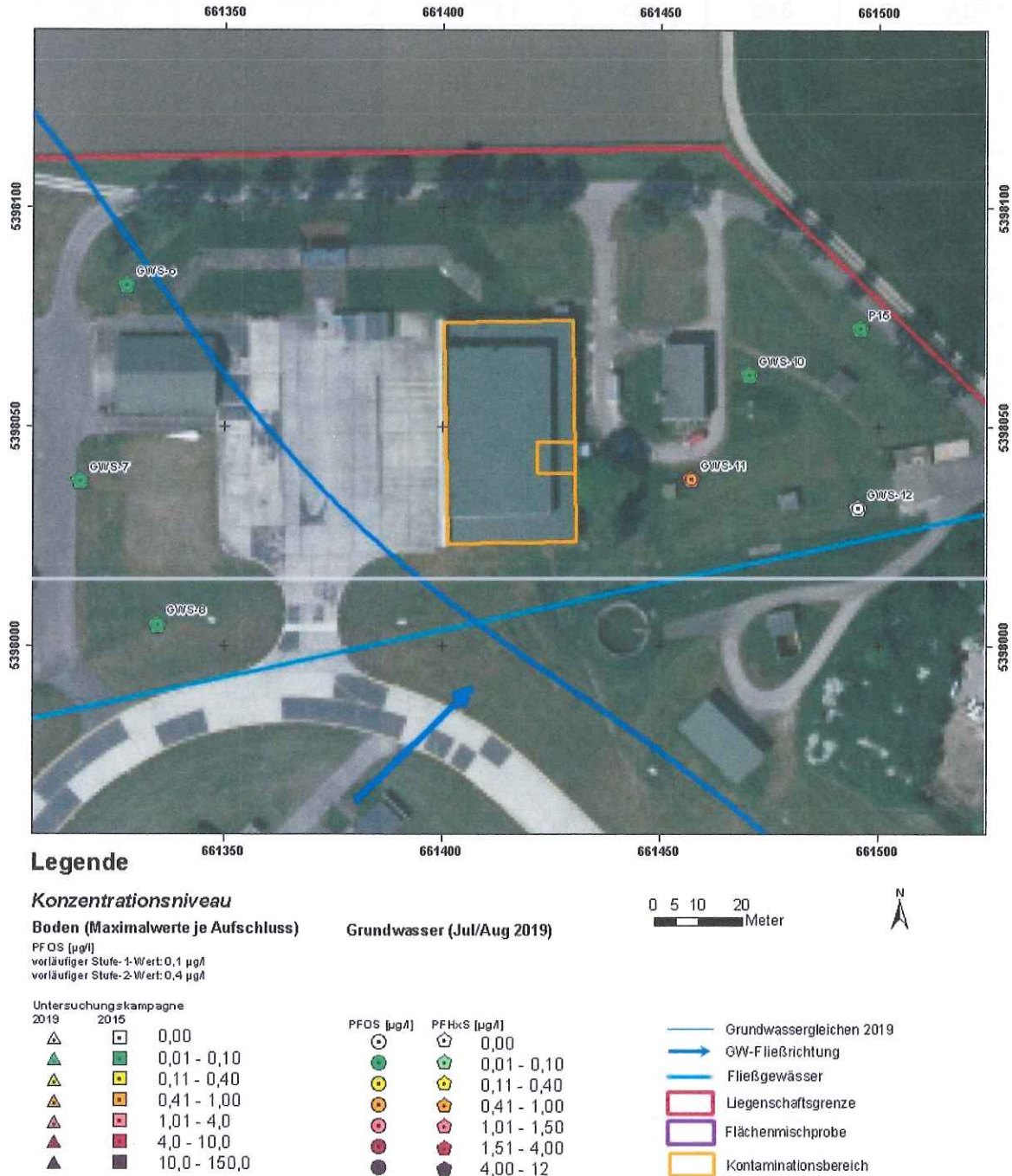


Abbildung 5-6: Lageplan KVF 037: „Lagerraum für Löschmittel (Gebäude 234)“



5.2.1.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

In dem Gebäude werden seit 2009 AFFF-Löschmittel im größeren Umfang gelagert. Da Handhabungsverluste erkennbar sind und die Dichtheit der Versiegelung nicht bekannt ist, besteht der Verdacht, dass PFC in den Untergrund eingetragen wurden.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Durchführung von drei Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-07, GWS-10, GWS-11, Entnahmetiefe ca. 5 m u. GOK) im An-/Abstrom der KVF mit PFC-Analytik (13 Einzelparameter); zusätzliche, KVF-übergreifende Grundwassersondierungen (GWS-06, GWS-08, GWS-12) im weiteren Umgriff
- Zweimalige Beprobung/PFC-Analytik (13 Einzelparameter) der Bestandsmessstelle P15

Da an der vermuteten Eintragsquelle (innerhalb des Gebäudes) aufgrund der erschwerten Zugänglichkeit nur eingeschränkt Untersuchungen durchgeführt werden können, wurde durch diese integrale Herangehensweise versucht, einen potenziellen PFC-Eintrag zu erkunden.

5.2.1.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Gemäß der Phase I Erkundung durch Mull & Partner werden im östlichen Teil des Gebäudes seit 2009 AFFF-Löschmittel gelagert. Bei der Aufnahme von Mull & Partner lagerten dort ca. 40 Fässer (je 200 l) und ein Behälter (1 m³) mit AFFF-Löschmittel. Das Gebäude war mit einem alten Fliesenboden ohne flüssigkeitsdichte Verfugung versehen und Handhabungsverluste waren erkennbar. In dem Lagerraum befand sich ein Abfluss, der über einen im Gebäude befindlichen, nicht mehr betriebenen Abscheider (KVF 407) in den Schmutzwasserkanal entwässerte.

5.2.1.3 Boden- und Untergrundaufbau

Im Zuge der aktuellen Erkundungskampagne wurden keine Bodenuntersuchungen durchgeführt.

5.2.1.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Im Zuge der aktuellen Erkundungskampagne wurden keine Bodenuntersuchungen durchgeführt.

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-11 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Tabelle 5-11: Konzentrationsentwicklung KVF 037 für PFOS und PFHxS

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | | | | PFHxS [$\mu\text{g/l}$] | | | |
|---------------|-------|--------------------------|----------|--------------|----------|---------------------------|----------|--------------|----------|
| | | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 |
| GWM | | | | | | | | | |
| P15 | | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,1 | 0,4 |
| DP_GWS | | | | | | | | | |
| GWS-6 | | | | 0,03 | | | | 0,02 | |
| GWS-7 | | | | 0,06 | | | | 0,02 | |
| GWS-8 | | | | 0,03 | | | | 0,01 | |
| GWS-10 | | | | 0,02 | | | | 0,06 | |
| GWS-11 | | | | 0,6 | | | | 1,5 | |
| GWS-12 | | | | <0,01 | | | | <0,01 | |

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

Im Umfeld der KVF 037 befindet sich nur die Grundwassermessstelle P15 im weiteren Seit- bzw. Abstrom, sodass im Zuge der aktuellen Untersuchungen durch die Durchführung von sechs Direct-Push-Grundwassersondierungen im näheren (GWS-10, GWS-11) bzw. weiteren Umgriff (GWS-06, GWS-07, GWS-08, GWS-12) zusätzliche Informationen zur Belastungssituation im Grundwasser gewonnen werden sollten.

Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden an der Direct-Push-Grundwassersondierung GWS-11 (PFOS 0,6 $\mu\text{g/l}$; PFHxS 1,5 $\mu\text{g/l}$) festgestellt, die im Ab- bzw. Seitstrom des Lagerraums abgeteuft wurde. Der Laborbefund wurde durch Nachanalytik verifiziert.

An der P15 wurde bei den aktuellen Untersuchungen ein deutlicher Konzentrationsanstieg festgestellt, was zu einer Überschreitung des vorläufigen Schwellenwerts für PFHxS (0,4 $\mu\text{g/l}$) im Oktober 2019 führte. Der Laborbefund wurde durch Nachanalytik verifiziert.

An allen anderen DP-Sondierungen wurden keine Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte festgestellt. In den im Anstrom der KVF gelegenen DP-Sondierungen GWS-06, GWS-07 und GWS-08, die gleichzeitig zur Beurteilung des weiteren Abstroms der KF 029 dienen, wurden maximale Konzentrationen von 0,06 $\mu\text{g/l}$ für PFOS bzw. von 0,02 $\mu\text{g/l}$ für PFHxS gemessen. Bei den abstromig gelegenen DP-Sondierungen GWS-10 und GWS-12 wurden maximale Konzentrationen von 0,02 $\mu\text{g/l}$ für PFOS bzw. von 0,06 $\mu\text{g/l}$ für PFHxS detektiert.



5.2.1.5 Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen erbrachten eine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte im Ab- bzw. Seitstrom der KVF (GWS-11) und damit eine Zunahme der PFC-Konzentration im Vergleich zum nahezu unbelasteten Anstrom (GWS-06 – GWS-08). Inwieweit der Konzentrationsanstieg in der im weiteren Ab- bzw. Seitstrom gelegenen P15 in Verbindung mit der KVF 037 gebracht werden kann, lässt sich bei derzeitigem Kenntnisstand nicht abschließend bewerten. Auf der Grundlage der vorliegenden Kontaminationshypothese und der interpretierten hydrogeologischen Standortbedingungen ist aber derzeit von einem ursächlichen Zusammenhang auszugehen.

Aus Sicht des Gutachters deuten die Untersuchungen auf einen PFC-Eintrag im Bereich der KVF 037 in die ungesättigte bzw. gesättigte Bodenzone hin. Dennoch muss angemerkt werden, dass sich der Kontaminationsverdacht nur auf einen einmaligen positiven PFC-Befund im Nahbereich der KVF stützt. Die komplexen Grundwasserfließverhältnisse und die örtlichen Gegebenheiten (infrastrukturelle Untersuchungshemmnisse) erschweren des Weiteren die Lokalisation des Eintrags.

5.2.1.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-12 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 037. Die Untersuchungen, die auf die gesättigte Bodenzone beschränkt waren, erbrachten an zwei Grundwasseraufschlüssen Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte und deuten damit einen PFC-Eintrag im Bereich der KVF hin, der jedoch bei derzeitigem Kenntnisstand nicht exakt lokalisierbar ist.

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“. Gemäß BfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 reicht in der Stufe einer OU bereits ein repräsentativer Wert für diese Bewertung aus und damit ist zugleich der Nachweis erbracht, dass die festgestellte Grundwasserverunreinigung gemäß Wasserrecht als erheblich einzustufen ist.

Des Weiteren kann nicht ausgeschlossen werden, dass der im Bereich der KVF 037 erkundete PFC-Eintrag zu einer negativen Grundwasserbeeinflussung über die Liegenschaftsgrenze hinaus führt.

Zusammenfassend hat sich an der KVF 037 ein hinreichender Gefahrenverdacht erhärtet bzw. es wurde der Nachweis erbracht, dass die Grundwasserverunreinigung als erheblich einzustufen ist, sodass weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung (Phase IIb) notwendig werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Laut BFR BoGwS ergibt sich u. E. eine Einstufung in die Kategorie E.



Tabelle 5-12: Zusammenfassung KVF 037: „Lageraum für Löschmittel (Gebäude 234)“

| KVF 037 „Lageraum für Löschmittel (Gebäude 234)“ (auf PFC bezogen) | |
|---|---|
| Nutzung: | Lagerung von PFC-haltigen Löschschaummitteln |
| Dauer: | Seit 2009 |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIa-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen durchgeführt |
| Grundwasser: | Einmalige Untersuchung durch 6 Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-06 – GWS-08, GWS-10 – GWS-12), zweimalige Beprobung/Analytik an einer GWM (P15); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an einer DP-Sondierung (GWS-11, PFOS 0,6 µg/l, PFHxS 1,5 µg/l) und an einer GWM (P15, PFHxS max. 0,4 µg/l) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht erhärtet und erhebliche Grundwasser-verunreinigung bestätigt; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt |
| Bewertung nach BFR BoGwS: | Kat. E |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |

5.2.2 KVF 264: Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr (inkl. KVF 390 und KVF 439)

Abbildung 5-7 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 264 inkl. der im Nahbereich befindlichen KVF 390 „ehemaliger Abscheider nordwestlich Geb. 202“ und KVF 439 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz Mitte“.

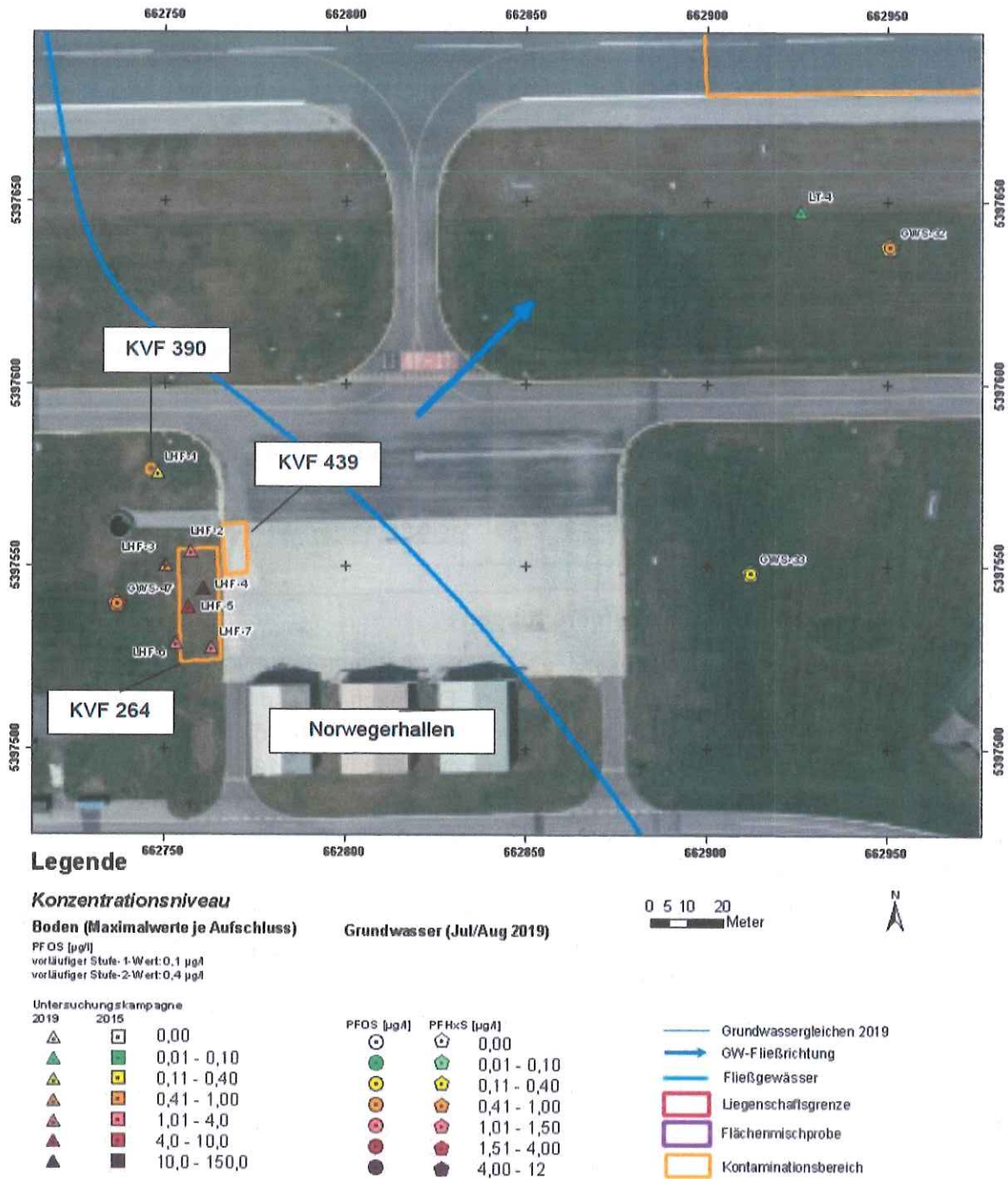


Abbildung 5-7: Lageplan KVF 264



5.2.2.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Bei der KVF 264 handelt es sich um eine ehemalige Lagerhalle der Feuerwehr. Es besteht der nutzungsspezifische Verdacht, dass es durch die Lagerung von PFC-haltigen Löschmitteln zu einer Freisetzung bzw. zu einem Eintrag von PFC in den Untergrund gekommen ist.

Im Nahbereich der KVF 264 befand sich einer der drei ausgewiesenen Standplätze für Feuerwehr-KfZ, welcher dazu genutzt wurde, im Notfall bei flugtechnischen Problemen schnell vor Ort zu sein. Es besteht der Verdacht, dass sich durch Tropfverluste der Feuerwehr-KfZ PFC-haltige Löschmittel von der betonierten Fläche bis in die angrenzenden, unversiegelten Grünflächen ausbreiteten und dort in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone eine Belastung durch PFC hervorrufen.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 7 Ansatzpunkten (im Bereich des Abscheiders und der ehemaligen Lagerhalle, Bezeichnung LHF-01 – LHF-07) 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
- Durchführung von drei Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-32, GWS-33, GWS-47, Entnahmetiefe ca. 5 m u. GOK) im An-/Abstrom der KVF mit PFC-Analytik (13 Einzelparameter)

5.2.2.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Die ehemalige Lagerhalle Feuerwehr (Gebäude 204) wurde im Zuge der Phase I Untersuchung von Mull & Partner recherchiert. Demnach befand sich diese ca. 15 m nordwestlich von Gebäude 202. Durch eine multitemporale Luftbilddauswertung kann der Bestandszeitraum des Gebäudes grob zwischen ca. 1963 und 2013 eingegrenzt werden. Im Zeitraum von 2013 bis 2015 wurde das Gebäude zurückgebaut. Weitere Informationen zur Lagerung von PFC-haltigen Materialien, zur generellen Gebäudeausprägung und evtl. Havarien liegen nicht vor.

Nordwestlich des ehemaligen Gebäudes befand sich laut Mull & Partner der ehemalige Abscheider (Nenngröße NG 80, KVF 390), über den die Lagerflächen und der westliche Vorplatz der „Norwegerhallen“ entwässerten. Der Abscheider wurde laut Mull & Partner vermutlich im Zuge der Errichtung der Regenrückhaltebecken 1998/99 zurückgebaut. Havarien sind bei derzeitigem Kenntnisstand nicht bekannt.

Des Weiteren befand sich am Westrand der (betonierten) Vorfeldfläche der „Norwegerhallen“ bis zum Umbau der Start-/Landebahn im Jahr 2015 der unter der KVF 439 geführte „ehemalige Feuerwehrstellplatz Mitte“, der sich somit in unmittelbarer Nähe zur KVF 264 befindet.



5.2.2.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den sieben Linersondierungen angetroffene Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag zumeist in Tiefen zwischen 1,8 – 2,4 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse. Bei der Linersondierung LHF-01 konnte bei 0,7 m u. GOK aufgrund eines Bohrhindernisses (Betonplatte) kein weiterer Bohrfortschritt erzielt werden.

5.2.2.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-13 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt. Eine tiefengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.

Tabelle 5-13: Kontaminationsverteilung KVF 264 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [$\mu\text{g/l}$] je Schicht | | | | | | | | Andere einstufigsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|---|------|------|------|------|------|--------|------|---|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| LHF | | | | | | | | | | | | | |
| LHF-1 | 2 | 2 | 0,7 | 0,19 | 0,24 | | | | | | 0,22 | 0,24 | |
| LHF-2 | 7 | 6 | 4 | 0,2 | 0,37 | 1,2 | 2,7 | 0,58 | 0,22 | 0,88 | 2,7 | | |
| LHF-3 | 7 | 5 | 4 | 0,42 | 0,31 | 0,47 | 0,24 | 0,01 | | 0,29 | 0,47 | Schicht 2: PFHxS > S2 (0,7 $\mu\text{g/l}$) | |
| LHF-4 | 6 | 5 | 4 | 2,2 | 16 | 1,3 | 25 | 7,5 | | 10,40 | 25 | | |
| LHF-5 | 6 | 6 | 4 | 6,4 | 0,86 | 0,09 | 9,5 | 6,9 | 0,09 | 3,97 | 9,5 | Schicht 3: PFHxS > S2 (0,63 $\mu\text{g/l}$), Schicht 6: PFNA > S1 (0,13 $\mu\text{g/l}$) | |
| LHF-6 | 6 | 5 | 4 | 0,31 | 0,58 | 3,4 | 0,56 | 0,08 | | 0,99 | 3,4 | Schicht 5: PFNA > S1 (0,16 $\mu\text{g/l}$) | |
| LHF-7 | 5 | 4 | 4 | 2 | 0,96 | 0,81 | 0,16 | | | 0,98 | 2 | | |

Im Bereich der KVF 264 wurden an sechs der sieben Aufschlüsse die vorläufigen Stufe-2-Werte (LHF-02 bis LHF-07) und an einem die vorläufigen Stufe-1-Werte (LHF-01) überschritten. Die Stufenwertüberschreitungen gehen zum Großteil auf den Einzelparameter PFOS zurück.

Die höchsten Gehalte wurden an den zentral gelegenen Aufschlüssen LHF-04 (PFOS 25 µg/l) und LHF-05 (PFOS 9,5 µg/l) gemessen. Auch die am Südrand gelegenen Aufschlüsse LHF-06 und LHF-07 (PFOS max. 2 – 3,4 µg/l) bzw. die am Nordrand gelegenen LHF-02 und LHF-03 (PFOS max. 0,47 – 2,7 µg/l) wiesen noch deutliche Befunde oberhalb der vorläufigen Stufe-2-Werte auf. In allen sechs Aufschlüssen konnte eine heterogene vertikale Schadstoffverteilung ermittelt werden, die keine einheitliche tiefenabhängige Konzentrationsentwicklung erkennen lässt. Die Überschreitungen der vorläufigen Stufenwerte konnten bis zum Übergang in die gesättigte Bodenzone festgestellt werden.







Der im Nahbereich des ehemaligen Ölabscheiders gelegene Aufschluss LHF-01, der aufgrund eines Bohrhindernisses nur bis ca. 0,7 m u. GOK abgeteuft werden konnte, weist maximal Überschreitungen der vorläufigen Stufe-1-Werte (PFOS max. 0,24 µg/l) auf.

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-14 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Tabelle 5-14: Konzentrationsentwicklung KVF 264 für PFOS und PFHxS

| Messpunkt | PFOS [µg/l] | PFHxS [µg/l] |
|-----------|--------------|--------------|
| | Jul/Aug 2019 | Jul/Aug 2019 |
| DP_GWS | | |
| GWS-32 | 0,5 | 0,4 |
| GWS-33 | 0,2 | 0,2 |
| GWS-47 | 0,8 | 1 |

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

Im näheren Einflussbereich der KVF 264 befinden sich lediglich die drei Direct-Push-Grundwassersondierungen GWS-32 (Abstrom), GWS-33 (Seit- bzw. Abstrom nach Vorfeldfläche Norwegerhallen) und GWS-47 (Zustrom).

An allen drei Direct-Push-Grundwassersondierungen ergaben sich Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS, PFHxS und PFNA. Die höchsten Gehalte wurden dabei bei der im Zustrom befindlichen GWS-47 (PFOS 0,8 µg/l, PFHxS 1 µg/l, PFNA 0,3 µg/l) gemessen, welche gleichzeitig den Abstrom der KF 500 „Alte Feuerwache“ erfasst.



In den ab- bzw. seitstromig gelegenen DP-Sondierungen GWS-32 (PFOS 0,5 µg/l, PFHxS 0,4 µg/l, PFNA 0,2 µg/l) und GWS-33 ((PFOS 0,2 µg/l, PFHxS 0,2 µg/l, PFNA 0,07 µg/l) wurden geringere Konzentrationen gemessen.

5.2.2.5 Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen an der KVF 264 belegen eindeutig den Eintrag von PFC-haltigen Schaummitteln in die ungesättigte Bodenzone mit Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte in sechs der sieben Linersondierungen. Die Überschreitungen der vorläufigen Stufenwerte konnten bis zum Übergang in die gesättigte Bodenzone festgestellt werden, sodass auch für den Ort der Beurteilung von Überschreitungen der vorläufigen Stufenwerte auszugehen ist. Insgesamt erbrachten die durchgeführten Bodenuntersuchungen eine heterogene bzw. diffuse laterale/vertikale Verteilung der PFC-Kontamination. Durch die aktuell durchgeführten Untersuchungen konnte jedoch keine hinreichende laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche erzielt werden.

Aufgrund der derzeitigen Erkenntnisse zur Belastungssituation im Grundwasser kann der von der KVF ausgehende PFC-Eintrag nicht quantifiziert werden, da die KVF 264 im belasteten Abstrombereich der KF 500 liegt und die Grundwasserwerte durch die Abstromfahne der KF 500 überlagert werden.

5.2.2.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-15 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 264. Die Untersuchungen erbrachten an sechs der sieben Aufschlusspunkten Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte und an einem weiteren Überschreitungen der vorläufigen Stufe-1-Werte am Ort der Probenahme (O.d.P.). Stufe-2-Wert-Überschreitungen wurden auch im Grundwasserschwankungsbereich festgestellt, sodass auch für den Ort der Beurteilung (O.d.B.) von Stufe-2-Wert-Überschreitungen ausgegangen werden kann. Die PFC-Leitlinie (2017) präzisiert für den Schadstoff PFC die Beurteilungskriterien folgendermaßen:

„Der Rückhalt von PFC in der ungesättigten Bodenzone ist sehr gering und dadurch vernachlässigbar. Demzufolge können die S4-Eluat-Konzentrationen i.d.R. auf das Sickerwasser am „Ort der Beurteilung“ übertragen werden.“

Demnach kann beim Parameter PFC auf Sickerwasser- und/oder Transportprognosen verzichtet werden und direkt auf den Prüfwert am O.d.B. Bezug genommen werden.

Im Grundwasserabstrom selbst kann der PFC-Eintrag aufgrund der Lage im Abstrom der KF 500 „Alte Feuerwache“ bei derzeitigem Kenntnisstand nur schwer ermittelt werden.

Zusammenfassend hat sich an der KVF 264 ein hinreichender Gefahrenverdacht erhärtet, sodass weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung (Phase IIb) notwendig werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.



Laut BFR BoGwS ergibt sich u. E. eine Einstufung in die Kategorie E.

Tabelle 5-15: Zusammenfassung KVF 264 „Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr (inkl. KVF 390 und KVF 439)“

| KVF 264 „Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr (inkl. KVF 390 und KVF 439)“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|---|--|
| Nutzung: | Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr inkl. KVF 390 „ehemaliger Abscheider nordwestlich Geb. 202“ und KVF 439 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz Mitte“ |
| Dauer: | Beginn unbekannt, bis ca. 2013 - 2015 |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 7 Liner Sondierungen bis max. 4 m Tiefe, daraus 39 Bodenproben, Analytik von 33 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 6 Sondierungen bzw. 22 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte in 1 Sondierungen bzw. 10 Proben |
| Grundwasser: | Einmalige Untersuchung durch 3 Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-32, GWS-33, GWS-47); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an allen drei DP-Sondierungen für PFOS (max. 0,8 µg/l), PFHxS (max. 1 µg/l) und PFNA (max. 0,3 µg/l) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt |
| Bewertung nach BFR BoGwS: | Kat. E |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |

5.2.3 KVF 299: Feuerwehrstellplatz West

Abbildung 5-8 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 299.

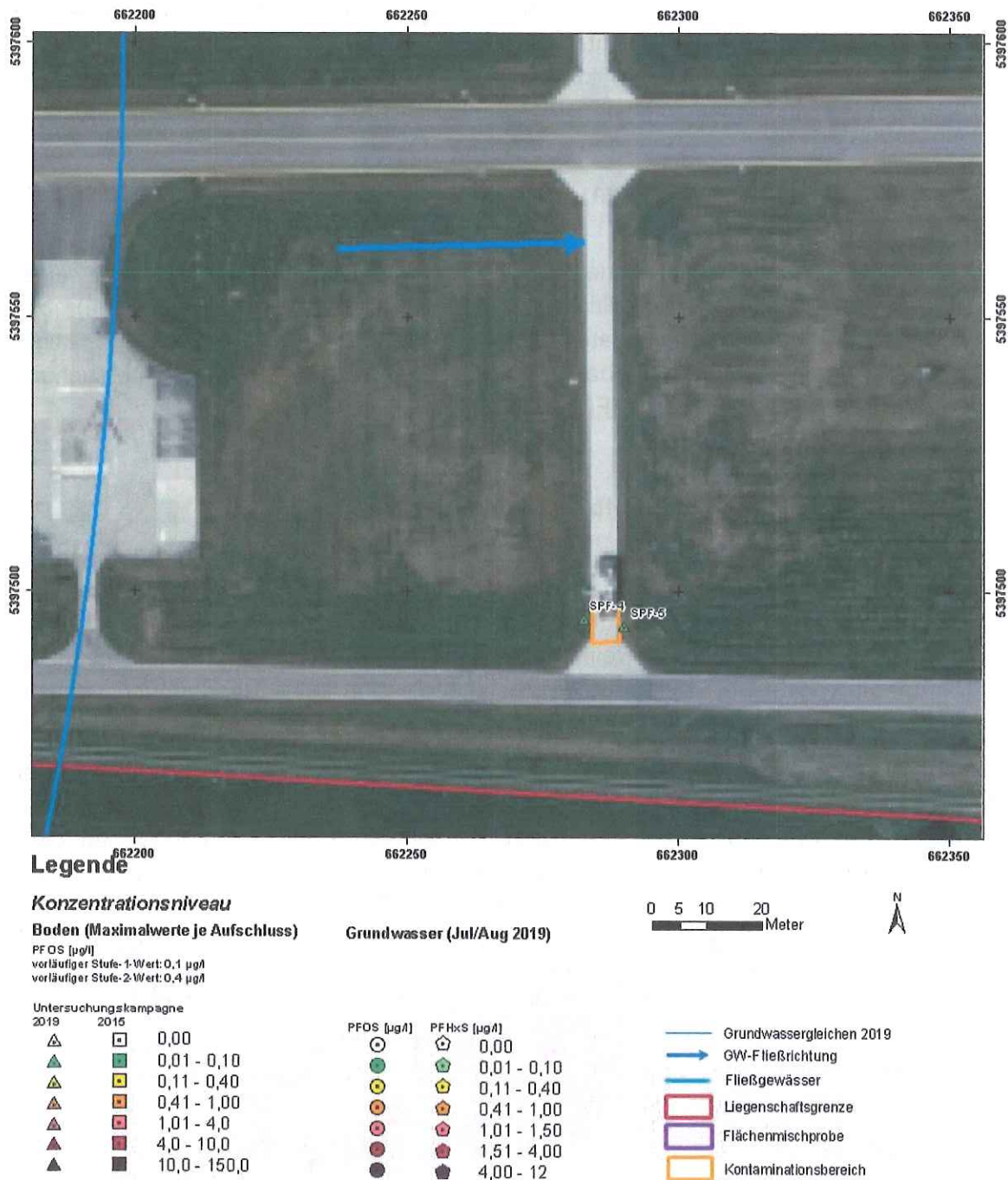


Abbildung 5-8: Lageplan KVF 299

5.2.3.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Entlang der Start-/Landebahn befinden sich aktuell zwei ausgewiesene, asphaltierte Standplätze für Feuerwehr-KfZ, um im Notfall bei flugtechnischen Problemen schnell vor Ort zu sein. Es besteht der Verdacht, dass sich durch Tropfverluste der Feuerwehr-KfZ PFC-haltige Löschmittel bis in die angrenzenden, unversiegelten Grünflächen ausbreiteten und dort in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone eine Belastung durch PFC hervorrufen.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 2 Ansatzpunkten (je einer westlich/östlich der Stellfläche, Bezeichnung SPF-04 – SPF-05) 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

5.2.3.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Der Feuerwehrstellplatz West liegt ca. 800 m vom Westende der Start-/Landebahn entfernt im Bereich der am Südrand der Liegenschaft verlaufenden Straße. Die Stellfläche bzw. der umliegende Grünbereich sind weitestgehend eben (siehe Abbildung 5-9). Die Stellfläche verfügt über einen flüssigkeitsdichten Beton, die Fugen befinden sich laut Mull & Partner in einem guten Zustand. Es sind keine Handhabungsverluste erkennbar.

Gemäß Phase I Erkundung wurde der Feuerwehrstellplatz im Zuge der Erneuerung der Start-/Landebahn neu errichtet. Die Feuerwehr-KfZ sind hier positioniert, um bei flugtechnischen Problemen rasch zur Start-/Landebahn zu gelangen. Havarien oder sonstige Löschschaumeinsätze sind an diesem Standort nicht bekannt. Das Gefährdungspotenzial geht somit auf Tropfverluste der Feuerwehr-KfZ zurück.



Abbildung 5-9: Feuerwehrstellplatz West [Quelle: Mull & Partner]



5.2.3.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den zwei Linersondierungen angetroffene Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag zumeist in Tiefen zwischen 1,8 – 2,0 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.3.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-16 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt. Eine teufengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.

Tabelle 5-16: Kontaminationsverteilung KVF 299 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [µg/l] je Schicht | | | | | | | | Andere einstufigsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|-------|-------|---|---|---|--------|------|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| SPF-4 | 6 | 3 | 4 | 0,02 | 0,06 | <0,01 | | | | | 0,04 | 0,06 | |
| SPF-5 | 5 | 3 | 4 | 0,02 | <0,01 | <0,01 | | | | | 0,02 | 0,02 | |

Im Bereich der KF 299 wurden an keinem der zwei Aufschlüsse die vorläufigen Stufenwerte überschritten. An beiden Aufschlüssen wurden oberflächennah (bis 0,7 m u. GOK) geringe PFC-Nachweise (PFOS max. 0,06 µg/l) ermittelt. Mit Übergang zur gesättigten Bodenzone konnten keine PFC nachgewiesen werden.

Grundwasseruntersuchungen

Im Zuge der aktuellen Erkundungskampagne wurden im Bereich der KVF 299 keine KVF-bezogene Grundwasseruntersuchungen durchgeführt.

5.2.3.5 Auswertungen und Interpretationen

Die durchgängig unauffälligen Untersuchungsergebnisse der Bodenuntersuchungen deuten darauf hin, dass im Bereich der KVF 299 keine signifikanten oberflächlichen PFC-Einträge stattgefunden haben.

5.2.3.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-17 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 299. Die Untersuchungen in der ungesättigten Bodenzone erbrachten keine Überschreitungen der vorläufigen Stufenwerte am O.d.P., sodass gemäß PFC-Leitlinie (2017) auch für den Ort der Beurteilung keine Überschreitung von Prüfwerten zu interpretieren ist. Der Gefahrenverdacht für die KVF 299 ist demnach ausgeräumt.

Nach BFR BoGwS erfolgt bei derzeitigem Kenntnisstand die Einstufung in die Kategorie A.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Tabelle 5-17: Zusammenfassung KVF 299 „Feuerwehrstellplatz West“

| KVF 299 „Feuerwehrstellplatz West“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|--|--|
| Nutzung: | Standplatz für Feuerwehr-Kfz |
| Dauer: | Seit 2015 |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 2 Linersondierungen bis max. 4 m Tiefe, daraus 11 Bodenproben, Analytik von 6 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; keine Überschreitung der vorläufigen Stufenwerte |
| Grundwasser: | Keine Grundwasseruntersuchungen durchgeführt |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt |
| Bewertung nach BFR BoGwS: | Kat. A |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |

5.2.4 KVF 301: Feuerwehrstellplatz Mitte

Abbildung 5-10 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 301.

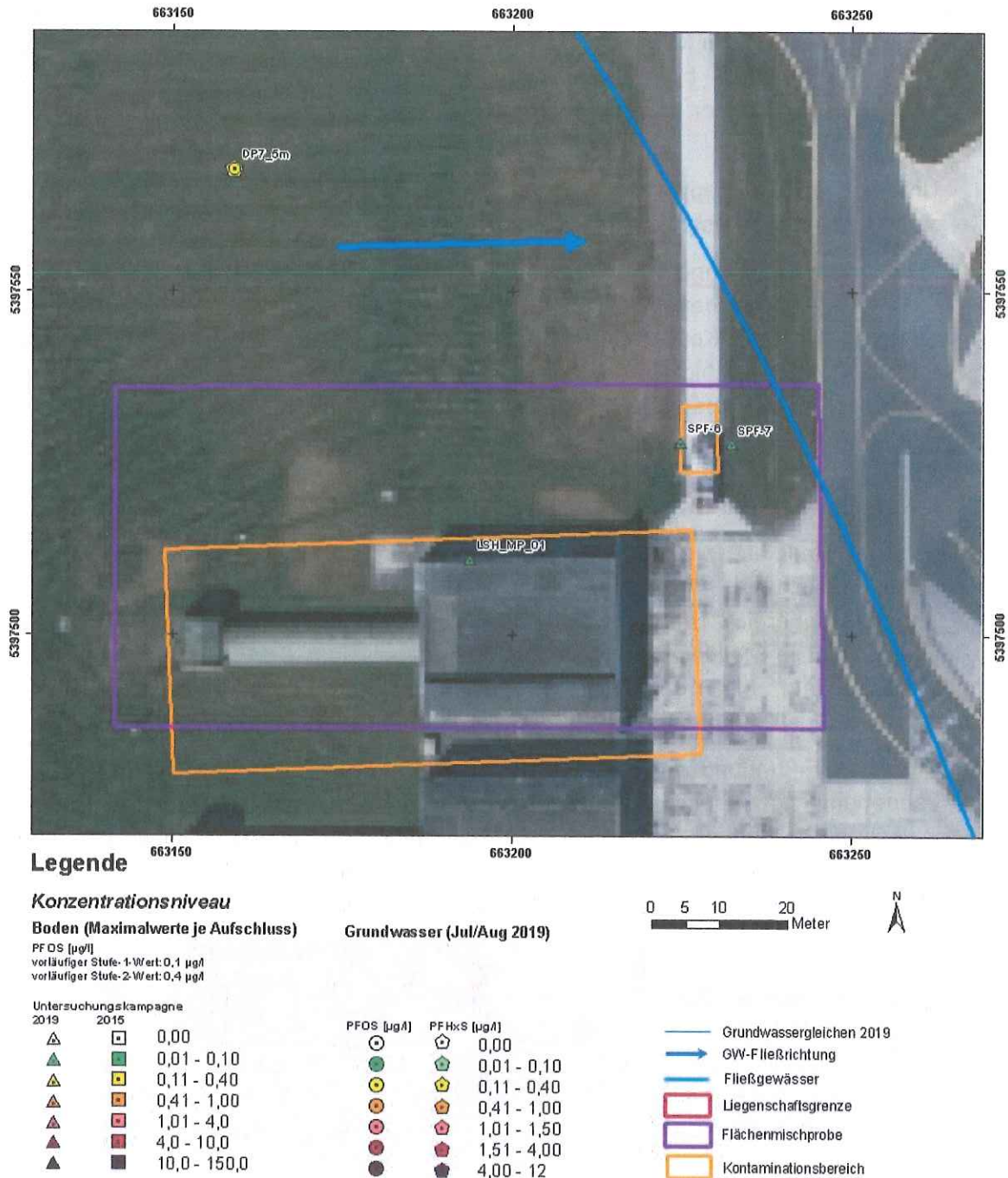


Abbildung 5-10: Lageplan KVF 301

5.2.4.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Entlang der Start-/Landebahn befinden sich aktuell zwei ausgewiesene, asphaltierte Standplätze für Feuerwehr-KfZ, um im Notfall bei flugtechnischen Problemen schnell vor Ort zu sein. Es besteht der Verdacht, dass sich durch Tropfverluste der Feuerwehr-KfZ PFC-haltige Löschmittel bis in die angrenzenden, unversiegelten Grünflächen ausbreiteten und dort in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone eine Belastung durch PFC hervorrufen.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 2 Ansatzpunkten (je einer westlich/östlich der Stellfläche, Bezeichnung SPF-06 – SPF-07) 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

5.2.4.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Der Feuerwehrstellplatz West liegt ca. 700 m vom Ostende der Start-/Landebahn entfernt im Bereich der Lärmschutzhalle/Triebwerksstände. Die Stellfläche bzw. der umliegende Grünbereich sind weitestgehend eben (analog zur KVF 299, siehe Abbildung 5-11). Die Stellfläche verfügt über einen flüssigkeitsdichten Beton, die Fugen befinden sich laut Mull & Partner in einem guten Zustand. Es sind keine Handhabungsverluste erkennbar.

Gemäß Phase I Erkundung wurde der Feuerwehrstellplatz im Zuge der Erneuerung der Start-/Landebahn neu errichtet. Die Feuerwehr-KfZ sind hier positioniert, um bei flugtechnischen Problemen rasch zur Start-/Landebahn zu gelangen. Havarien oder sonstige Löschschaumeinsätze sind an diesem Standort nicht bekannt. Das Gefährdungspotenzial geht somit auf Tropfverluste der Feuerwehr-KfZ zurück.



Abbildung 5-11: Feuerwehrrstellplatz Mitte [Quelle: Mull & Partner]



5.2.4.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den zwei Linersondierungen angetroffene Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag zumeist in Tiefen zwischen 1,9 – 2,1 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.4.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-18 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt. Eine teufengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.

Tabelle 5-18: Kontaminationsverteilung KVF 301 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [$\mu\text{g/l}$] je Schicht | | | | | | | | Andere einstufigsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|---|-------|------|---|---|---|--------|------|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| SPF-6 | 4 | 3 | 4 | 0,02 | <0,01 | 0,01 | | | | | 0,02 | 0,02 | |
| SPF-7 | 4 | 3 | 4 | 0,02 | 0,1 | 0,02 | | | | | 0,05 | 0,1 | |

Im Bereich der KVF 301 wurden an keinem der zwei Aufschlüsse die vorläufigen Stufenwerte überschritten. Jedoch wurde bei SPF-7 der vorläufige Stufe-1-Wert erreicht. Im Übergangsbereich zur gesättigten Bodenzone konnten PFC nur noch in Spuren (max. 0,02 $\mu\text{g/l}$ PFC) nachgewiesen werden.

Grundwasseruntersuchungen

Im Zuge der aktuellen Erkundungskampagne wurden im Bereich der KVF 301 keine Grundwasseruntersuchungen durchgeführt.

5.2.4.5 Auswertungen und Interpretationen

Die weitestgehend unauffälligen Untersuchungsergebnisse der Bodenuntersuchungen deuten darauf hin, dass im Bereich der KVF 301 keine signifikanten oberflächlichen PFC-Einträge stattgefunden haben.



5.2.4.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-19 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 301. Die Untersuchungen in der ungesättigten Bodenzone erbrachten keine Überschreitungen der vorläufigen Stufenwerte am O.d.P. sodass gemäß PFC-Leitlinie (2017) auch für den Ort der Beurteilung keine Überschreitung von Prüfwerten zu interpretieren ist. Der Gefahrenverdacht für die KVF 299 ist demnach ausgeräumt.

Nach BFR BoGwS erfolgt bei derzeitigem Kenntnisstand die Einstufung in die Kategorie A.

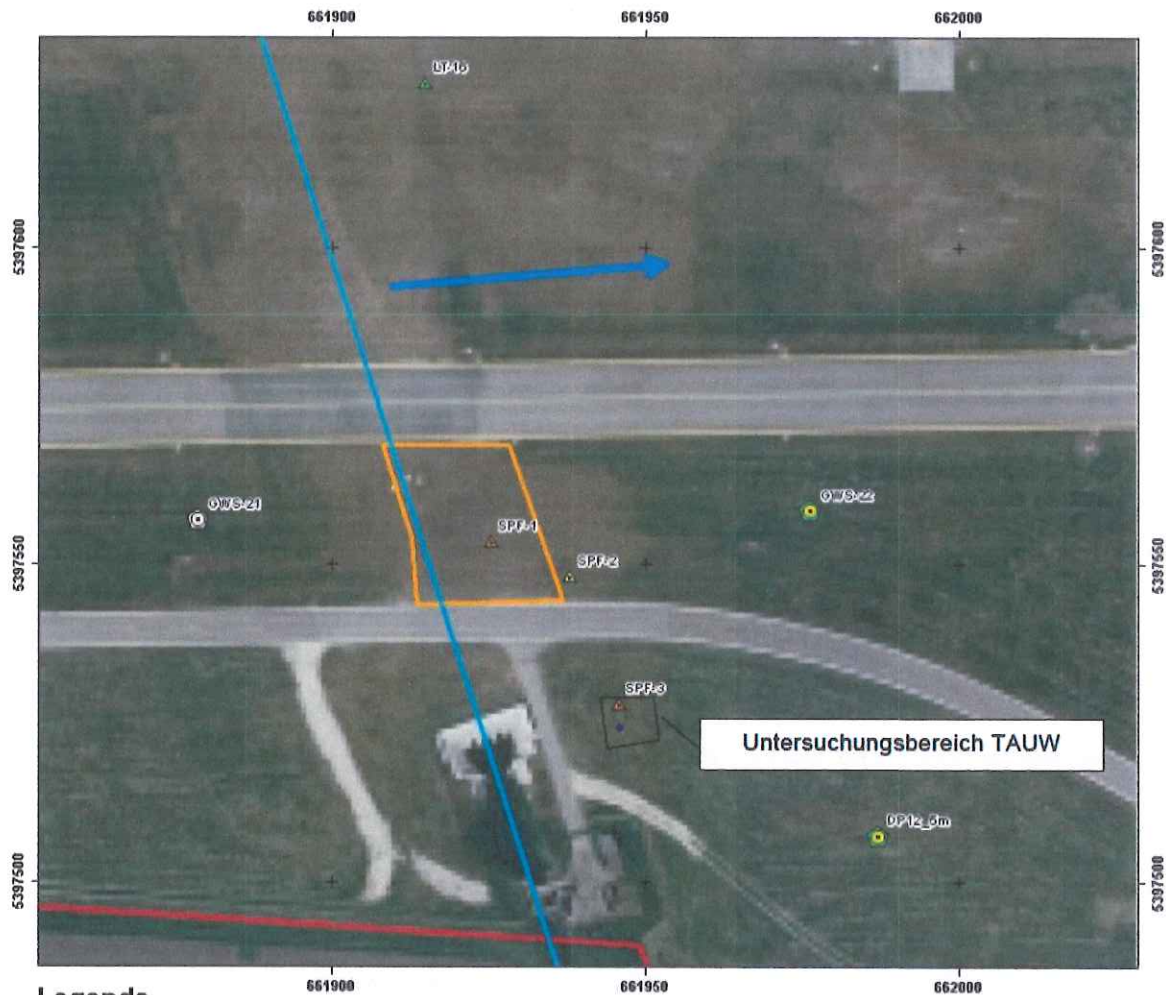
Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Tabelle 5-19: Zusammenfassung KVF 301: „Feuerwehrstellplatz Mitte“

| KVF 301: „Feuerwehrstellplatz Mitte“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|--|---|
| Nutzung: | Standplatz für Feuerwehr-Kfz |
| Dauer: | Seit 2015 |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 2 Linersondierungen bis max. 4 m Tiefe, daraus 8 Bodenproben, Analytik von 6 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; keine Überschreitung der vorläufigen Stufenwerte |
| Grundwasser: | Keine Grundwasseruntersuchungen durchgeführt |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt |
| Bewertung nach BFR BoGwS: | Kat. A |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |

5.2.5 KVF 438: ehemaliger Feuerwehrstellplatz West

Abbildung 5-12 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 438.



Legende

Konzentrationsniveau

Boden (Maximalwerte je Aufschluss)

PFOS [$\mu\text{g/l}$]
vorläufiger Stufe-1-Wert: 0,1 $\mu\text{g/l}$
vorläufiger Stufe-2-Wert: 0,4 $\mu\text{g/l}$

| Untersuchungskampagne | | |
|-----------------------|------|--------------|
| 2019 | 2015 | |
| | | 0,00 |
| | | 0,01 - 0,10 |
| | | 0,11 - 0,40 |
| | | 0,41 - 1,00 |
| | | 1,01 - 4,0 |
| | | 4,0 - 10,0 |
| | | 10,0 - 150,0 |

Grundwasser (Jul/Aug 2019)

| PFOS [$\mu\text{g/l}$] | PFHxS [$\mu\text{g/l}$] | |
|--------------------------|---------------------------|-------------|
| | | 0,00 |
| | | 0,01 - 0,10 |
| | | 0,11 - 0,40 |
| | | 0,41 - 1,00 |
| | | 1,01 - 1,50 |
| | | 1,51 - 4,00 |
| | | 4,00 - 12 |

0 5 10 20
Meter



- Grundwassergleichen 2019
- GW-Fließrichtung
- Fließgewässer
- Liegenschaftsgrenze
- Flächenmischprobe
- Kontaminationsbereich

Abbildung 5-12: Lageplan KVF 438

5.2.5.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Entlang der Start-/Landebahn befanden sich vor dem Umbau der Start-/Landebahn im Zeitraum 2014/2015 drei, asphaltierte Standplätze für Feuerwehr-KfZ, um im Notfall bei flugtechnischen Problemen schnell vor Ort zu sein. Es besteht der Verdacht, dass sich durch Tropfverluste der Feuerwehr-KfZ PFC-haltige Löschmittel bis in die angrenzenden, unversiegelten Grünflächen ausbreiteten und dort in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone eine Belastung durch PFC hervorrufen.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 3 Ansatzpunkten (Bezeichnung SPF-01 – SPF-03) 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
- Durchführung von zwei Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-21, GWS-22, Entnahmetiefe ca. 5 m u. GOK) im An-/Abstrom der KVF mit PFC-Analytik (13 Einzelparameter)
- Zweimalige Beprobung/PFC-Analytik (13 Einzelparameter) der Bestandsmessstelle DP12 (CMT-Messstelle)

5.2.5.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Der ehemalige Feuerwehrestellplatz West lag ca. 400 m vom Westende der Start-/Landebahn entfernt auf Höhe des Längenmühlbachs im Bereich der am Südrand der Liegenschaft verlaufenden Straße (siehe Abbildung 5-13).

Der Stellplatz wurde im Zuge der Erneuerung der Start-/Landebahn zurückgebaut. Bei dieser Baumaßnahme wurden umfangreiche Erdarbeiten im Bereich des Längenmühlbachs (Neubau des kanalisierten Gewässerabschnitts) durchgeführt und auch die an der KVF 438 befindliche Querverbindung zur Start-/Landebahn zurückgebaut. Durch eine multitemporale Luftbilddauswertung konnte ein Nutzungszeitraum bis in das Jahr 1977 rekonstruiert werden. Daraus wird weiterhin ersichtlich, dass sich der Stellplatz auf versiegeltem Untergrund befand. Es gab keine Hinweise auf Havarien oder Löschschaumeinsätze im Bereich der KVF 438.

Ende 2013 wurden durch die Firma TAUW südlich der KVF 438 eine Direct-Push-Grundwassersondierung mit zwei Beprobungstiefen (3 m, 5 m) und eine Bodenmischprobe (Beprobungstiefe 0 – 0,3 m, 15 Einzelproben, Entnahmefläche ca. 50 m²) in dem als „S1“ bezeichneten Untersuchungsbereich entnommen (Lage siehe Abbildung 5-12) und auf PFC analysiert. Dabei wurden sowohl im Boden als auch im Grundwasser deutliche PFC-Befunde oberhalb der vorläufigen Stufe-2-Werte/Schwellenwerte ermittelt (siehe Tabelle 5-20, (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert/Schwellenwert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert) [8].

Tabelle 5-20: Analysenergebnisse TAUW [8] [$\mu\text{g/l}$]

| Medium | Bezeichnung | Datum | PFNA | PFOS | PFOA | PFHxS | S PFC |
|------------------|-------------|------------|-------|------|-------|-------|-------|
| Grundwasser | S1, 3m | 28.11.2013 | 0,02 | 0,07 | 0,02 | 0,32 | 0,44 |
| | S1, 5m | 28.11.2013 | 0,089 | 0,34 | 0,05 | 1,1 | 1,6 |
| Boden (S4-Eluat) | S1/OBM | 28.11.2013 | 0,01 | 0,46 | <0,01 | 0,53 | 1 |

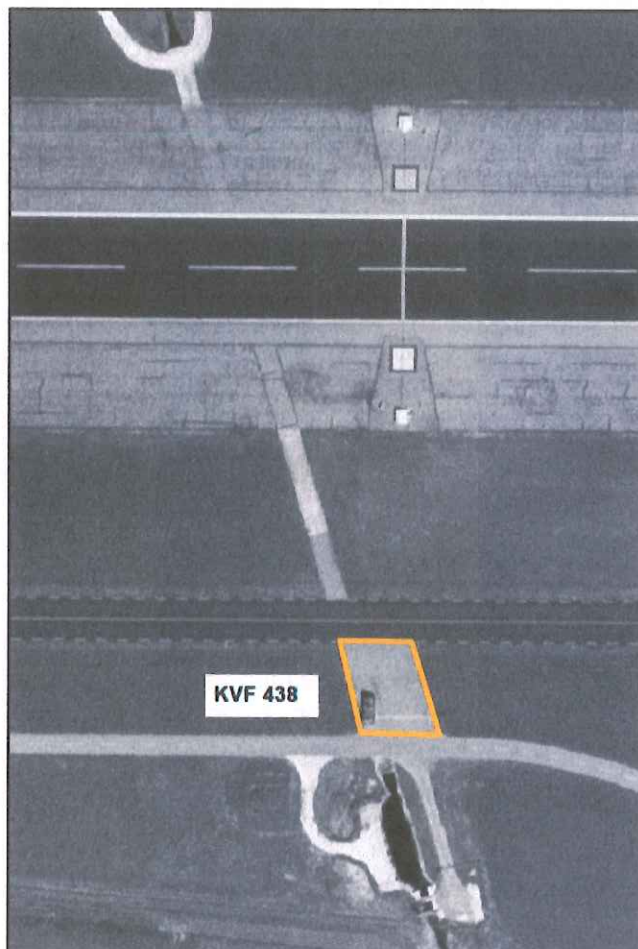


Abbildung 5-13: Luftbildaufnahme KVF 438 aus dem Jahr 1993

5.2.5.3 Boden- und Untergrunderbau

Der bei den drei Linersondierungen angetroffene Untergrunderbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag zumeist in Tiefen

zwischen 2,2 – 2,7 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.5.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-21 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt. Eine tiefengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.

Tabelle 5-21: Kontaminationsverteilung KVF 438 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [µg/l] je Schicht | | | | | | | | Andere einstufigsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|------|------|-------|-------|------|--------|------|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| SPF-1 | 6 | 5 | 4 | 0,04 | 0,07 | 0,28 | 0,67 | 0,17 | | | 0,25 | 0,67 | |
| SPF-2 | 7 | 6 | 4 | 0,02 | 0,23 | 0,03 | <0,01 | 0,08 | 0,01 | | 0,07 | 0,23 | |
| SPF-3 | 7 | 5 | 5 | 0,03 | 0,3 | 0,22 | 0,56 | <0,01 | | | 0,28 | 0,56 | |

Im Bereich der KVF 438 wurden an zwei der drei Aufschlüsse die vorläufigen Stufe-2-Werte und an einem Aufschluss die vorläufigen Stufe-1-Werte überschritten. Die Stufenwertüberschreitungen gehen zum Großteil auf den Einzelparameter PFOS zurück. Die höchsten Konzentrationen mit Überschreitung der Stufe-2-Werte konnten in den Aufschlüssen SPF-1 (PFOS 0,67 µg/l) und SPF-3 (PFOS 0,56 µg/l) in der ungesättigten Bodenzone in Tiefen > 1 m u. GOK festgestellt werden. Sowohl oberhalb als auch unterhalb wurden geringere Konzentrationen mit maximal Stufe-1-Wert-Überschreitungen gemessen.

Bei SPF-2 wurden nur oberflächennah Überschreitungen des vorläufigen Stufe-1-Wertes festgestellt.

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-22 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.



Tabelle 5-22: Konzentrationsentwicklung KVF 438 für PFOS und PFHxS

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | | | | | | PFHxS [$\mu\text{g/l}$] | | | | | |
|---------------|-------|--------------------------|----------|----------|----------|--------------|----------|---------------------------|----------|----------|----------|--------------|----------|
| | | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 |
| CMT | | | | | | | | | | | | | |
| DP12 | 3m | 0,14 | 0,54 | 0,16 | 0,26 | | | 0,19 | 0,34 | 0,16 | 0,21 | | |
| DP12 | 5m | 0,62 | 0,97 | 0,18 | 0,17 | 0,2 | 0,2 | 0,37 | 0,52 | 0,16 | 0,11 | 0,1 | 0,09 |
| DP12 | 7m | 0,48 | 0,68 | 0,15 | 0,15 | | | 0,19 | 0,27 | 0,16 | 0,08 | | |
| DP_GWS | | | | | | | | | | | | | |
| GWS-21 | | | | | | <0,01 | | | | | | <0,01 | |
| GWS-22 | | | | | | 0,2 | | | | | | 0,1 | |

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

Im Nahbereich der KVF 438 befindet sich die CMT-Messstelle DP12 (Seitstrom). An dieser wurden aktuell die vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,2 $\mu\text{g/l}$) überschritten. An der DP12, die bereits 2014 errichtet wurde, konnte seit 2014 ein deutlicher Rückgang der PFC-Konzentrationen festgestellt werden.

Neben den Untersuchungen an der CMT-Messstelle wurden im direkten Zu- und Abstrom der KVF insgesamt zwei Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-21, GWS-22) durchgeführt. Diese lieferten an der GWS-22 (Abstrom, PFOS 0,2 $\mu\text{g/l}$, PFHxS 0,1 $\mu\text{g/l}$) Konzentrationen oberhalb bzw. auf dem Niveau der vorläufigen Schwellenwerte. An der im Anstrom gelegenen GWS-21 konnten dagegen keine PFC nachgewiesen werden.

5.2.5.5 Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen an der KVF 438 belegen eindeutig den Eintrag von PFC-haltigen Schaummitteln in die ungesättigte und gesättigte Bodenzone. An allen drei Aufschlüssen wurden Stufenwertüberschreitungen bis in den Grundwasserschwankungsbereich festgestellt, sodass von Prüfwertüberschreitungen am Ort der Beurteilung ausgegangen werden kann.

Die oberflächlich festgestellten Befunde unterhalb der vorläufigen Stufe-1-Werte könnten mit den Rückbaumaßnahmen und einem damit einhergehenden Bodenaustausch im Bereich der KVF 438 zusammenhängen. Inwieweit es im Zuge dieser Maßnahmen zu Bodenumlagerungen kam, ist nicht bekannt.

Insgesamt erbrachten die durchgeführten Bodenuntersuchungen eine heterogene bzw. diffuse laterale/vertikale Verteilung der PFC-Kontamination. Durch die aktuell

durchgeführten Untersuchungen konnte keine hinreichende laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche erzielt werden.

In der gesättigten Bodenzone wurden Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte im Ab- bzw. Seitstrom der KVF (GWS-22, DP-12) festgestellt und damit eine Zunahme der PFC-Konzentration im Vergleich zum nahezu unbelasteten Anstrom (GWS-21) ermittelt. Bei derzeitigem Kenntnisstand kann dadurch der kausale Zusammenhang zu den vorgefundenen PFC-Befunden im Boden hergestellt werden.

5.2.5.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-23 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 438. Die Untersuchungen erbrachten an zwei der drei Aufschlusspunkten Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte und an einem weiteren Überschreitungen der vorläufigen Stufe-1-Werte am Ort der Probenahme. Stufenwert-Überschreitungen wurden auch im Übergangsbereich zur gesättigten Bodenzone festgestellt, sodass auch für den Ort der Beurteilung von bodenschutzrechtlich relevanten Konzentrationen oberhalb der vorläufigen Stufenwerte ausgegangen werden kann. Die PFC-Leitlinie (2017) präzisiert für den Schadstoff PFC die Beurteilungskriterien folgendermaßen:

„Der Rückhalt von PFC in der ungesättigten Bodenzone ist sehr gering und dadurch vernachlässigbar. Demzufolge können die S4-Eluat-Konzentrationen i.d.R. auf das Sickerwasser am „Ort der Beurteilung“ übertragen werden.“

Demnach kann beim Parameter PFC auf Sickerwasser- und/oder Transportprognosen verzichtet werden und direkt auf den Prüfwert am O.d.B. Bezug genommen werden.

Im Grundwasser kann durch die ansteigenden PFC-Konzentrationen im Abstrom der KVF mit Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte der kausale Zusammenhang zu den vorgefundenen PFC-Befunden im Boden hergestellt werden. 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“*. Gemäß BLfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 reicht in der Stufe einer OU bereits ein repräsentativer Wert für diese Bewertung aus und damit ist zugleich der Nachweis erbracht, dass die festgestellte Grundwasserverunreinigung gemäß Wasserrecht als erheblich einzustufen ist.

Zusammenfassend hat sich an der KVF 438 ein hinreichender Gefahrenverdacht erhärtet bzw. der Nachweis der Erheblichkeit der Grundwasserverunreinigung wurde erbracht, sodass weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung (Phase IIb) notwendig werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Laut BFR BoGwS ergibt sich u. E. eine Einstufung in die Kategorie E.



Tabelle 5-23: Zusammenfassung KVF 438 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz West“

| KVF 438 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz West“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|---|--|
| Nutzung: | Ehemaliger Standplatz für Feuerwehr-Kfz |
| Dauer: | Beginn unbekannt, mindestens von 1977 bis 2015 |
| Boden- und Grundwasseruntersuchungen (TAUW, 2013): | |
| Boden: | Entnahme und PFC-Analytik einer Flächenmischprobe (Bezeichnung S1/OBM); Überschreitung des vorläufigen Stufe-2-Wertes (PFOS 0,46 µg/l, PFHxS 0,53 µg/l) |
| Grundwasser: | Durchführung und PFC-Analytik von 2 DP-Grundwassersondierungen; Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,34 µg/l), PFHxS (max. 1,1 µg/l) und PFNA (max. 0,089 µg/l) |
| Grundwasseruntersuchungen PFT (Gibs, 2014): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung und zweimalige Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP12); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,97 µg/l), PFHxS (max. 0,52 µg/l) und PFNA (max. 0,1 µg/l) |
| Phase IIa-1 Untersuchungen (Gibs, 2015): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | zweimalige Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP12); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,26 µg/l) und PFHxS (max. 0,21 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 3 Liner Sondierungen bis max. 5 m Tiefe, daraus 20 Bodenproben, Analytik von 16 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 2 Sondierungen bzw. 2 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte in einer Sondierung bzw. 5 Proben |
| Grundwasser: | Durchführung und PFC-Analytik von 2 Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-21, GWS-22), zweimalige Beprobung/Analytik an einer GWM (CMT, DP11); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an bei DP12 für PFOS (max. 0,2 µg/l), Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei GWS-22 (PFOS 0,2 µg/l) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt |
| Bewertung nach BFR BoGWS: | Kat. E |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |

5.2.6 KVF 440: ehemaliger Feuerwehrstellplatz Ost

Abbildung 5-14 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 440.

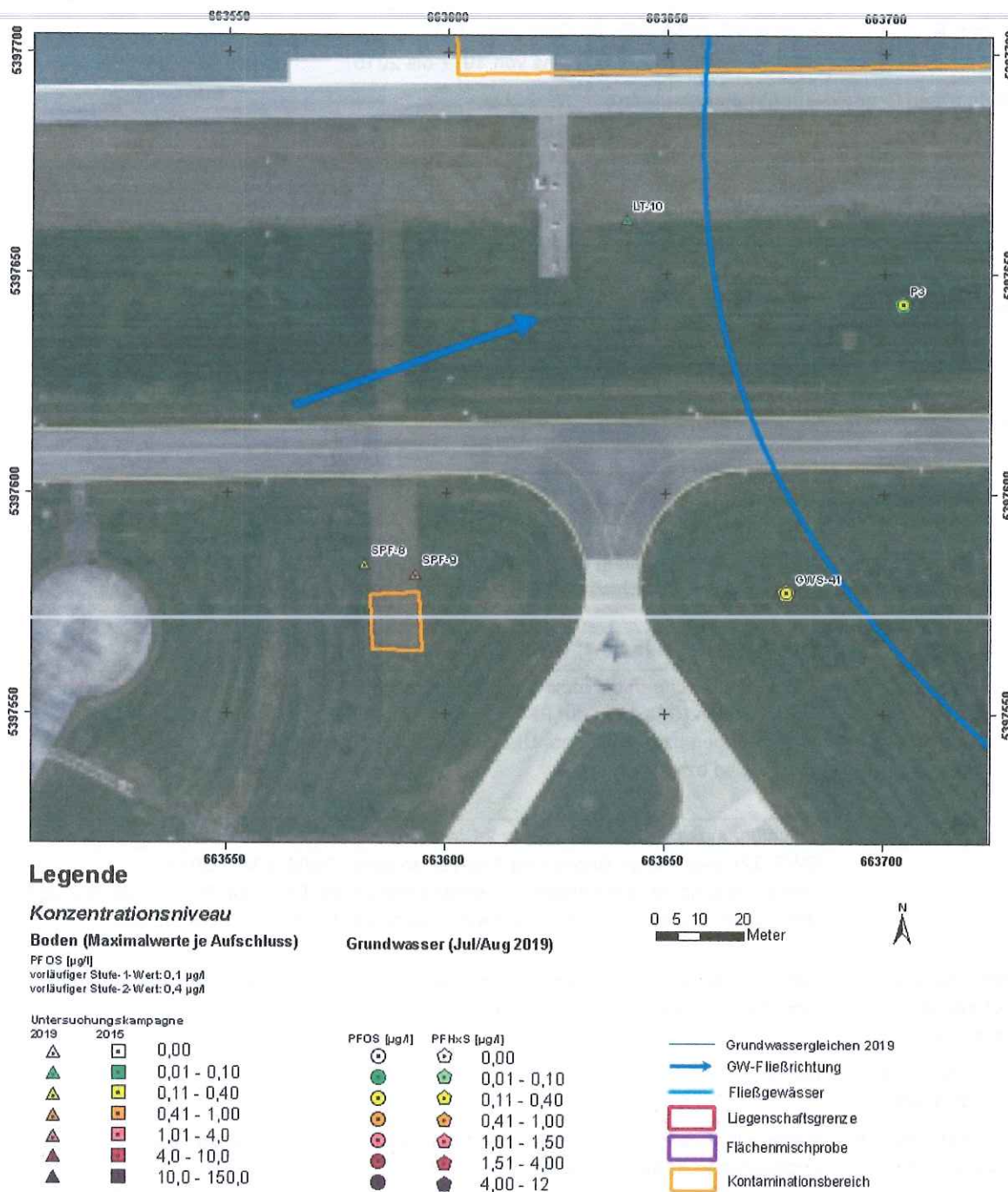


Abbildung 5-14: Lageplan KVF 440



5.2.6.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

5.2.6.2 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Entlang der Start-/Landebahn befanden sich vor dem Umbau der Start-/Landebahn im Zeitraum 2014/2015 drei, asphaltierte Standplätze für Feuerwehr-KfZ, um im Notfall bei flugtechnischen Problemen schnell vor Ort zu sein. Es besteht der Verdacht, dass sich durch Tropfverluste der Feuerwehr-KfZ PFC-haltige Löschmittel bis in die angrenzenden, unversiegelten Grünflächen ausbreiteten und dort in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone eine Belastung durch PFC hervorrufen.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 2 Ansatzpunkten (je einer westlich/östlich der Stellfläche, Bezeichnung SPF-08 – SPF-09) 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
- Durchführung einer Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-41, Entnahmetiefe ca. 5 m u. GOK) im Abstrom der KVF mit PFC-Analytik (13 Einzelparameter)
- Zweimalige Beprobung/PFC-Analytik (13 Einzelparameter) der Bestandsmessstelle P3

5.2.6.3 Recherchen und Datenaufbereitungen

Der ehemalige Feuerwehrstellplatz Ost lag ca. 350 m vom Ostende der Start-/Landebahn entfernt auf Höhe des Gebäudes 160 (große Instandsetzungshalle, siehe Abbildung 5-13).

Der Stellplatz inkl. Querverbindung zur Start-/Landebahn wurde im Zuge der Erneuerung der Start-/Landebahn im Jahr 2015 zurückgebaut. Durch eine multitemporale Luftbildauswertung konnte ein Nutzungszeitraum bis in das Jahr 1977 rekonstruiert werden. Daraus wird weiterhin ersichtlich, dass sich der Stellplatz auf versiegeltem Untergrund befand. Es gab keine Hinweise auf Havarien oder Löschschaumeinsätze im Bereich der KVF 440.

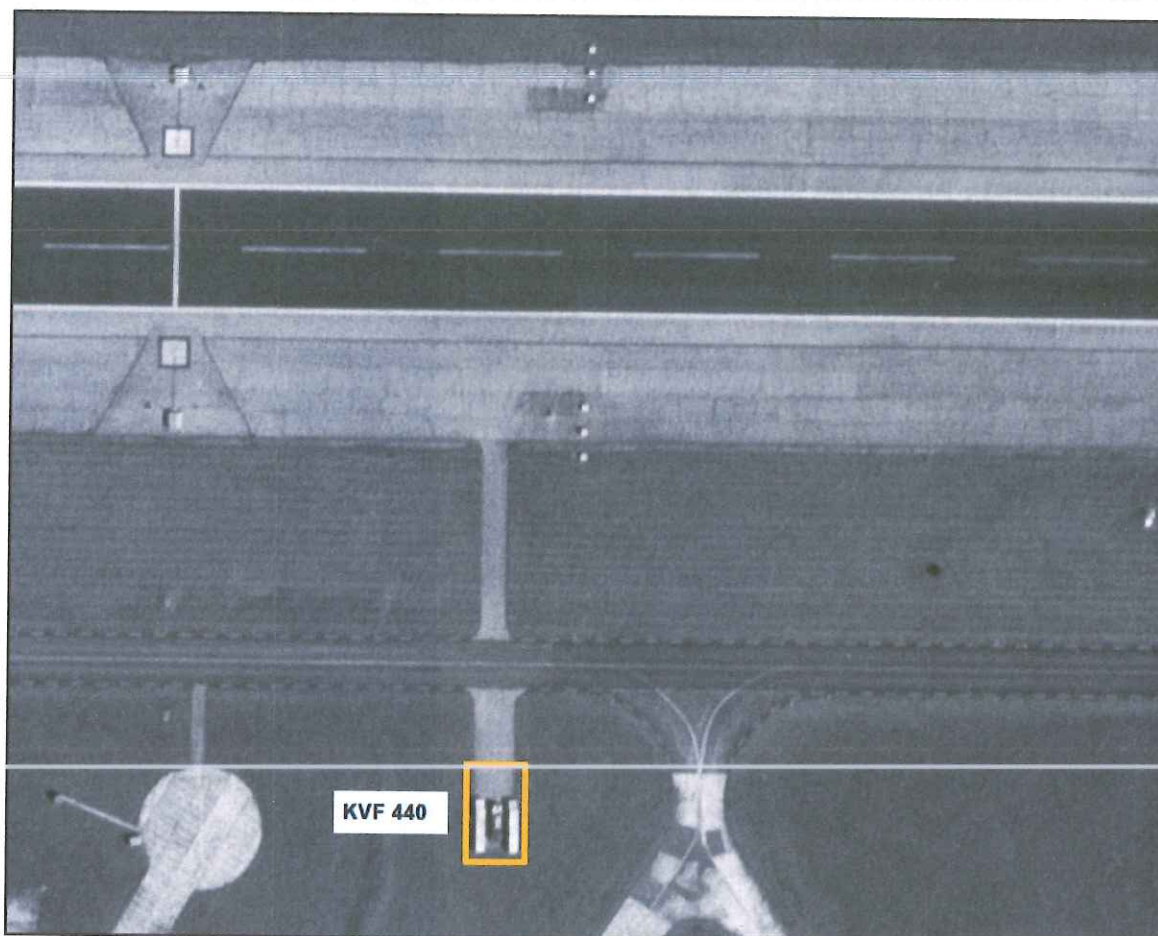


Abbildung 5-15: Luftbildaufnahme KVF 440 aus dem Jahr 1993

5.2.6.4 Boden- und Untergroundaufbau

Der bei den zwei Linersondierungen angetroffene Untergroundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag in Tiefen zwischen 2,1 – 2,2 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.6.5 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-24 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelten



Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt. Eine tiefengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.

Tabelle 5-24: Kontaminationsverteilung KVF 440 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [µg/l] je Schicht | | | | | | | | Andere einstufigsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|------|------|------|-------|---|--------|------|--|---------------------------------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| SPF-8 | 6 | 5 | 4 | 0,16 | 0,16 | 0,2 | 0,02 | <0,01 | | | 0,14 | 0,2 | |
| SPF-9 | 5 | 4 | 4 | 0,1 | 0,95 | 0,25 | 0,1 | | | | 0,35 | 0,95 | Schicht 4: PFNA > S1 (0,1 µg/l) |

Im Bereich der KVF 440 wurden an einem der zwei Aufschlüsse die vorläufigen Stufe-2-Werte und an einem Aufschluss die vorläufigen Stufe-1-Werte überschritten. Die Stufenwertüberschreitungen gehen fast ausschließlich auf den Einzelparameter PFOS zurück. Die höchsten Konzentrationen mit Überschreitung der Stufe-2-Werte konnten im Aufschluss SPF-9 (PFOS 0,95 µg/l) in der ungesättigte Bodenzone in ca. 1 m u. GOK festgestellt werden. Sowohl oberhalb als auch unterhalb wurden geringere Konzentrationen mit maximal Stufe-1-Wert-Überschreitungen gemessen.

Bei SPF-8 wurden oberflächennah Überschreitungen des vorläufigen Stufe-1-Wertes (PFOS max. 0,2 µg/l) festgestellt.

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-25 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Tabelle 5-25: Konzentrationsentwicklung KVF 440 für PFOS und PFHxS

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [µg/l] | | | | | | PFHxS [µg/l] | | | | | | |
|-----------|-------|-------------|----------|----------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------|----------|--------------|----------|--|
| | | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | |
| GWM | | | | | | | | | | | | | | |
| P3 | | 0,14 | 0,16 | 0,08 | 0,08 | 0,2 | 0,2 | 0,078 | 0,069 | 0,03 | 0,04 | 0,1 | 0,09 | |
| DP_GWS | | | | | | | | | | | | | | |
| GWS-41 | | | | | | 0,4 | | | | | | 0,2 | | |

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

Im Nahbereich der KVF 440 befindet sich die Grundwassermessstelle P3 (Ab- bzw. Seitstrom). An dieser wurden aktuell die vorläufigen Schwellenwerte für PFOS



(Messwert max. 0,2 µg/l) überschritten. An der Messstelle, die bereits seit 2013 untersucht wird, konnte bislang ein relativ konstanter Konzentrationsverlauf festgestellt werden.

Neben den Untersuchungen an der P3 wurde im Ab- bzw. Seitstrom der KVF eine weitere Direct-Push-Grundwassersondierung (GWS-41) durchgeführt. Diese lieferte PFC-Konzentrationen (PFOS 0,4 µg/l, PFHxS 0,2 µg/l) oberhalb der vorläufigen Schwellenwerte.

Der direkte Anstrombereich der KVF wird durch keinen Grundwasseraufschluss erfasst. In einer Entfernung von ca. 200 m befindet sich die CMT-Messstelle DP5, an der aktuell PFC-Gehalte im Bereich des vorläufigen Schwellenwerte (PFOS max. 0,1 µg/l, PFHxS max. 0,1 µg/l) ermittelt wurden. An dieser CMT-Messstelle konnte in der Vergangenheit eine signifikante tiefendifferenzierte PFC-Verteilung mit einem Anstieg der PFC-Konzentration mit zunehmender Tiefe ermittelt werden, was auf einen PFC-Eintrag im weiteren Zustrombereich dieser Messstelle hindeutet.

5.2.6.6 Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen an der KVF 440 belegen eindeutig den Eintrag von PFC-haltigen Schaummitteln in die ungesättigte Bodenzone. Insgesamt erbrachten die durchgeführten Bodenuntersuchungen eine heterogene bzw. diffuse laterale/vertikale Verteilung der PFC-Kontamination.

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

Inwieweit die im Grundwasserabstrom gemessenen bodenschutzrechtlich relevanten PFC-Konzentrationen oberhalb der vorläufigen Schwellenwerte auf die KVF 440 zurückzuführen sind, kann bei derzeitigem Kenntnisstand nicht abschließend geklärt werden.

5.2.6.7 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-23 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 440. Die Untersuchungen erbrachten an einer der zwei Aufschlusspunkten Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte und am zweiten Aufschluss Überschreitungen der vorläufigen Stufe-1-Werte am Ort der Probenahme. PFC-Konzentrationen im Bereich der Stufe-1-Werte wurden auch im Übergangsbereich zur gesättigten Bodenzone festgestellt, sodass auch am Ort der Beurteilung bodenschutzrechtlich relevante Konzentrationen oberhalb der vorläufigen Stufenwerte nicht ausgeschlossen werden können.

Die PFC-Leitlinie (2017) präzisiert für den Schadstoff PFC die Beurteilungskriterien folgendermaßen:

„Der Rückhalt von PFC in der ungesättigten Bodenzone ist sehr gering und dadurch vernachlässigbar. Demzufolge können die S4-Eluat-Konzentrationen i.d.R. auf das Sickerwasser am „Ort der Beurteilung“ übertragen werden.“



Demnach kann beim Parameter PFC auf Sickerwasser- und/oder Transportprognosen verzichtet werden und direkt auf den Prüfwert am O.d.B. Bezug genommen werden.

Laut Merkblatt 3.8/1 erhärtet sich daraus ein hinreichender Gefahrenverdacht für eine Altlast / schädliche Bodenveränderung, was weitere Untersuchungen auf dem Niveau einer Detailuntersuchung erforderlich macht.

Im Grundwasserabstrom selbst, welcher durch die DP-Sondierung GWS-41 bzw. durch die Grundwassermessstelle P3 erschlossen wird, wurden die vorläufigen Schwellenwerte überschritten. Inwieweit ein kausaler Zusammenhang zu den vorgefundenen PFC-Befunden im Boden besteht, kann bei derzeitigem Kenntnisstand nicht abschließend beurteilt werden. Für den direkten Grundwasseranstrom existieren keine aussagekräftigen Untersuchungsergebnisse.

Zusammenfassend hat sich an der KVF 440 ein hinreichender Gefahrenverdacht erhärtet, sodass weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung (Phase IIb) notwendig werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Laut BFR BoGwS ergibt sich u. E. eine Einstufung in die Kategorie E.

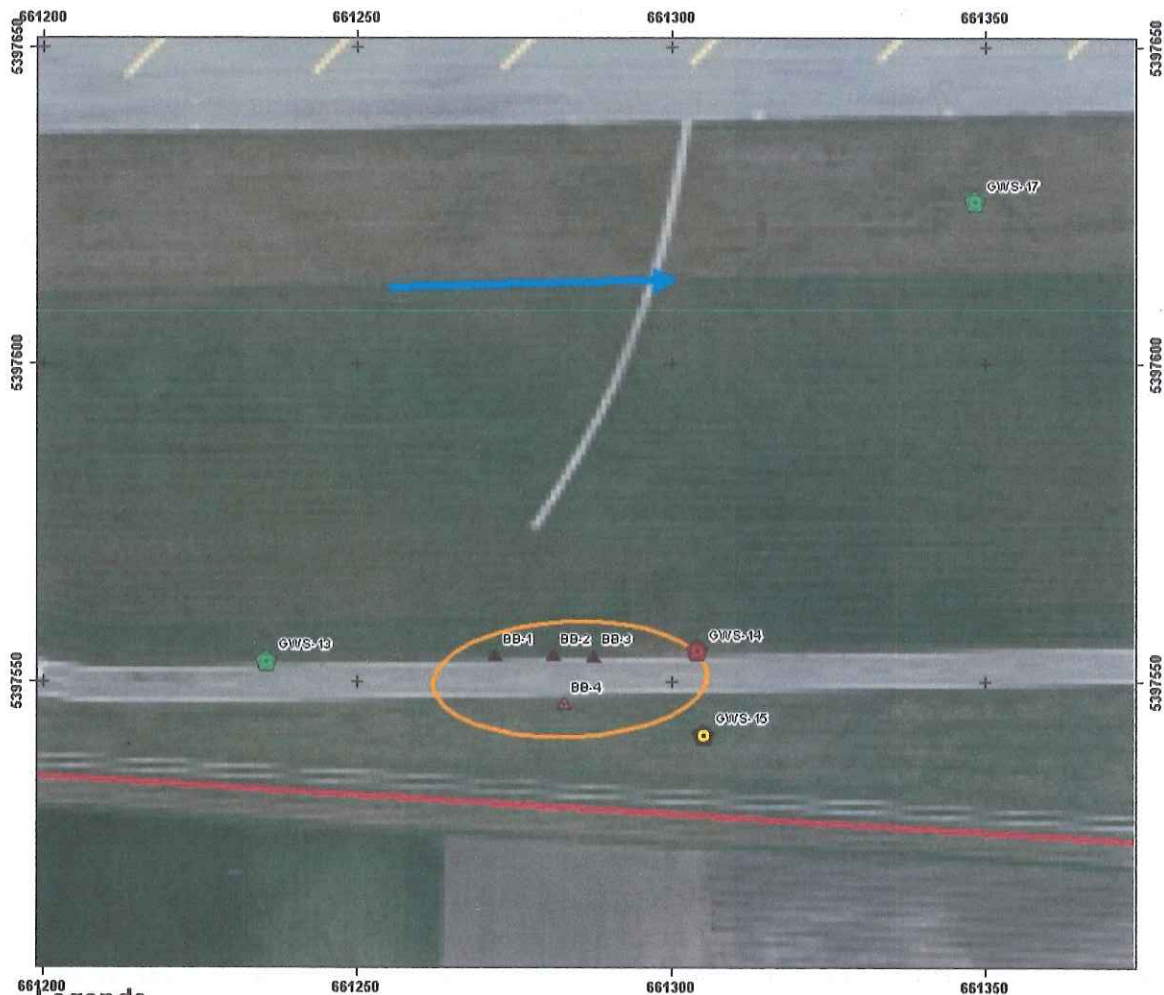


Tabelle 5-26: Zusammenfassung KVF 440 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz Ost“

| KVF 440 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz Ost“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|--|---|
| Nutzung: | Ehemaliger Standplatz für Feuerwehr-Kfz |
| Dauer: | Beginn unbekannt, mindestens von 1977 bis 2015 |
| Grundwasseruntersuchungen PFT (Gibs, 2014): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Zweimalige Untersuchung der Grundwassermessstelle P3; Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,16 µg/l) |
| Phase IIa-1 Untersuchungen (Gibs, 2015): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | zweimalige Untersuchung der Grundwassermessstelle P3; keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,08 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 2 Linersondierungen bis max. 4 m Tiefe, daraus 11 Bodenproben, Analytik von 9 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in einer Sondierung bzw. einer Probe, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte in einer Sondierung bzw. 4 Proben |
| Grundwasser: | Zweimalige Beprobung/Analytik der Grundwassermessstelle P3, Durchführung und PFC-Analytik von einer Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-41); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei P3 für PFOS (max. 0,2 µg/l), Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei GWS-41 (PFOS 0,4 µg/l, PFHxS 0,2 µg/l) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt |
| Bewertung nach BFR BoGwS: | Kat. E |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |

5.2.7 KVF 448: Baggerbrand

Abbildung 5-16 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 448.



Legende

Konzentrationsniveau

Boden (Maximalwerte je Aufschluss)

PFOS [$\mu\text{g/l}$]
vorläufiger Stufe-1-Wert: 0,1 $\mu\text{g/l}$
vorläufiger Stufe-2-Wert: 0,4 $\mu\text{g/l}$

Untersuchungskampagne

| 2019 | 2016 | |
|------|------|--------------|
| | | 0,00 |
| | | 0,01 - 0,10 |
| | | 0,11 - 0,40 |
| | | 0,41 - 1,00 |
| | | 1,01 - 4,0 |
| | | 4,0 - 10,0 |
| | | 10,0 - 150,0 |

Grundwasser (Jul/Aug 2019)

| PFOS [$\mu\text{g/l}$] | PFHxS [$\mu\text{g/l}$] | |
|--------------------------|---------------------------|-------------|
| | | 0,00 |
| | | 0,01 - 0,10 |
| | | 0,11 - 0,40 |
| | | 0,41 - 1,00 |
| | | 1,01 - 1,50 |
| | | 1,51 - 4,00 |
| | | 4,00 - 12 |

0 5 10 20
Meter



- Grundwassergleichen 2019
- GW-Fließrichtung
- Fließgewässer
- Liegenschaftsgrenze
- Flächenmischprobe
- Kontaminationsbereich

Abbildung 5-16: Lageplan KVF 448



5.2.7.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Am 07.07.2006 kam es auf der Ringstraße im südwestlichen Teil der Liegenschaft zu einem Löschschaumeinsatz mit PFC-haltigen Feuerlöschmitteln im Zuge eines Baggerbrandes.

Es besteht der Verdacht, dass die bei dem Einsatz ausgebrachten Löschmittel sich bis in die angrenzenden, unversiegelten Grünflächen ausbreiteten und dort in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone eine Belastung durch PFC hervorrufen.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 4 Ansatzpunkten (je einer westlich/östlich der Stellfläche, Bezeichnung BB-01 – BB-04) 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
- Durchführung von drei Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-13, GWS-14, GWS-15, Entnahmetiefe ca. 5 m u. GOK) im An-/Abstrom der KVF mit PFC-Analytik (13 Einzelparameter)

5.2.7.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Am 07.07.2006 ereignete sich auf der Ringstraße im südwestlichen Teil der Liegenschaft ein Baggerbrand, der durch die Standortfeuerwehr mit Schaummittel (AFFF, ca. 3 l) gelöscht wurde. Die Lage des Löschschaumeinsatzes kann aufgrund einer Fotodokumentation exakt verortet werden. Abbildung 5-17 zeigt das Ausmaß des Einsatzes. Auf dem Foto kann deutlich erkannt werden, dass sich der Löschschaum vor allem auf der Nordseite der Ringstraße bis in die angrenzenden unversiegelten Grünflächen ausbreitete.



Abbildung 5-17: Löschschaumeinsatz Baggerbrand

5.2.7.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den vier Linersondierungen angetroffene Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag in Tiefen von ca. 2,6 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.7.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-27 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt.

Eine tiefengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.

Tabelle 5-27: Kontaminationsverteilung KVF 448 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [µg/l] je Schicht | | | | | | | | Andere einstu-fungsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|--------|-----|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| BB | | | | | | | | | | | | | |
| BB-1 | 7 | 6 | 4 | 28 | 6,9 | 10 | 5,9 | 2,1 | 1,2 | 9,02 | 28 | | |
| BB-2 | 6 | 6 | 4 | 2,7 | 1,7 | 16 | 8,6 | 1,2 | 0,16 | 5,06 | 16 | Schicht 6: PFNA > S2 (0,35 µg/l) | |
| BB-3 | 6 | 6 | 4 | 7,8 | 6,9 | 15 | 4,1 | 1,8 | 0,22 | 5,97 | 15 | Schicht 6: PFHxS/PFNA > S2 (0,41 µg/l / 0,46 µg/l) | |
| BB-4 | 7 | 6 | 4 | 1,3 | 0,94 | 0,08 | 0,15 | 0,57 | 0,04 | 0,51 | 1,3 | | |

Im Bereich der KVF 448 wurden an allen vier Aufschlüssen die vorläufigen Stufe-2-Werte deutlich überschritten. Erst im Grundwasserschwankungsbereich kann ein merklicher Rückgang der heterogen verteilten PFC-Belastung festgestellt werden. Die Stufenwertüberschreitungen gehen zum Großteil auf den Einzelparameter PFOS zurück. Daneben wurden vor allem für PFNA deutliche Überschreitungen des vorläufigen Stufe-2-Wertes ermittelt.

Die höchsten Gehalte wurden an den Aufschlüssen BB-1, BB-2 und BB-3 (PFOS zwischen 15 – 28 µg/l) detektiert, die allesamt auf der Nordseite der Ringstraße positioniert sind. Bei der auf der Südseite der Ringstraße gelegenen Linersondierung BB-4 wurden deutlich niedrigere Werte (PFOS max. 1,3 µg/l) gemessen. Somit konnte der o.g. Hauptausstrag in nördliche Richtung bestätigt werden.

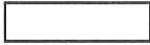






Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-28 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.



Tabelle 5-28: Konzentrationsentwicklung KVF 448 für PFOS und PFHxS

| | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | PFHxS [$\mu\text{g/l}$] |
|-----------|--------------------------|---------------------------|
| Messpunkt | Jul/Aug 2019 | Jul/Aug 2019 |
| DP_GWS | | |
| GWS-13 | 0,07 | 0,08 |
| GWS-14 | 2,3 | 2,1 |
| GWS-15 | 0,3 | 22 |

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

Im Umfeld der KVF 448 befindet sich nur die CMT-Messstelle DP14 im weiteren Abstrom, sodass im Zuge der aktuellen Untersuchungen durch die Durchführung von drei Direct-Push-Grundwassersondierungen im Zustrom- (GWS-13) bzw. Abstrombereich (GWS-14, GWS-15) der KVF zusätzliche Informationen zur Belastungssituation im Grundwasser gewonnen werden sollten.

Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden an der Direct-Push-Grundwassersondierung GWS-14 (PFOS 2,3 $\mu\text{g/l}$; PFHxS 2,1 $\mu\text{g/l}$) und GWS-15 (PFOS 0,3 $\mu\text{g/l}$; PFHxS 22 $\mu\text{g/l}$) festgestellt, die beide im Abstrom der KVF abgeteuft wurden. Der Laborbefund bei GWS-15 wurde aufgrund des abweichenden PFC-Spektrums durch Nachanalytik verifiziert. An der im weiteren Abstrom befindlichen CMT-Messstelle DP14 wurde der vorläufige Schwellenwert ebenfalls überschritten, jedoch wurden an dieser deutlich niedrigere Befunde gemessen (PFOS max. 0,4 $\mu\text{g/l}$, PFHxS max. 0,4 $\mu\text{g/l}$).

An der im Anstrom befindlichen Direct-Push-Grundwassersondierung GWS-13 konnten keine Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte festgestellt werden.

5.2.7.5 Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen an der KVF 448 belegen eindeutig den Eintrag von PFC-haltigen Schaummitteln in die ungesättigte und gesättigte Bodenzone. Insgesamt erbrachten die durchgeführten Bodenuntersuchungen eine heterogene bzw. diffuse laterale/vertikale Verteilung der PFC-Kontamination.

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

5.2.7.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-29 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 448. Die Untersuchungen erbrachten in allen vier Aufschlusspunkten 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 (O.d.B.) von Stufe-2-Wert-Überschreitungen ausgegangen werden kann. Die PFC-Leitlinie (2017) präzisiert für den Schadstoff PFC die Beurteilungskriterien folgendermaßen:

„Der Rückhalt von PFC in der ungesättigten Bodenzone ist sehr gering und dadurch vernachlässigbar. Demzufolge können die S4-Eluat-Konzentrationen i.d.R. auf das Sickerwasser am „Ort der Beurteilung“ übertragen werden.“

Demnach kann beim Parameter PFC auf Sickerwasser- und/oder Transportprognosen verzichtet werden und direkt auf den Prüfwert am O.d.B. Bezug genommen werden.

Laut Merkblatt 3.8/1 erhärtet sich daraus ein hinreichender Gefahrenverdacht für eine Altlast / schädliche Bodenveränderung, was weitere Untersuchungen auf dem Niveau einer Detailuntersuchung erforderlich macht.

Im Grundwasser kann durch die ansteigenden PFC-Konzentrationen im Abstrom der KVF mit Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte der kausale Zusammenhang zu den vorgefundenen PFC-Befunden im Boden hergestellt werden. 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“. Gemäß BfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 reicht in der Stufe einer OU bereits ein repräsentativer Wert für diese Bewertung aus und damit ist zugleich der Nachweis erbracht, dass die festgestellte Grundwasserverunreinigung gemäß Wasserrecht als erheblich einzustufen ist.

Zusammenfassend hat sich an der KVF 448 ein hinreichender Gefahrenverdacht erhärtet bzw. der Nachweis der Erheblichkeit der Grundwasserverunreinigung wurde erbracht, sodass weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung (Phase IIb) notwendig werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Laut BfW BoGwS ergibt sich u. E. eine Einstufung in die Kategorie E.



Tabelle 5-29: Zusammenfassung KVF 448 „Baggerbrand“

| KVF 448 „Baggerbrand“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|---|--|
| Nutzung: | Löschschaumeinsatz im südwestlichen Teil der Liegenschaft aufgrund eines Baggerbrands |
| Dauer: | Singuläres Ereignis am 07.07.2006 |
| Grundwasseruntersuchungen PFT (Gibs, 2014): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung und Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP14); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,53 µg/l), PFHxS (max. 0,97 µg/l) und PFNA (max. 0,21 µg/l) |
| Phase IIa-1 Untersuchungen (Gibs, 2015): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP14); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,32 µg/l), PFHxS (max. 1,3 µg/l) und PFNA (max. 0,27 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 4 Linersondierungen bis max. 4 m Tiefe, daraus 26 Bodenproben, Analytik von 24 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 4 Sondierungen bzw. 21 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte in einer Probe |
| Grundwasser: | Zweimalige Beprobung/Analytik an CMT-Messstelle DP14, Durchführung von 3 Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-13, GWS-14, GWS-15); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei DP14 für PFOS (max. 0,4 µg/l), PFHxS (max. 0,4 µg/l), PFNA (max. 0,2 µg/l); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an bei GWS-14 und GWS-15 (PFOS max. 2,3 µg/l, PFHxS 22 µg/l, PFNA 2,9 µg/l) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt |
| Bewertung nach BFR BoGWS: | Kat. E |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |

5.2.8 KVF 501: Neue Feuerwache

Abbildung 5-18 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 501. Die Phase I Erkundung durch Mull & Partner lieferte mehrere KVF im Bereich der Neuen Feuerwache, welche aufgrund der Nähe zueinander bzw. des nutzungsspezifischen Zusammenhangs im Hinblick auf die PFC-Erkundung zur KVF 501 „Neue Feuerwache“ zusammengefasst wurden.

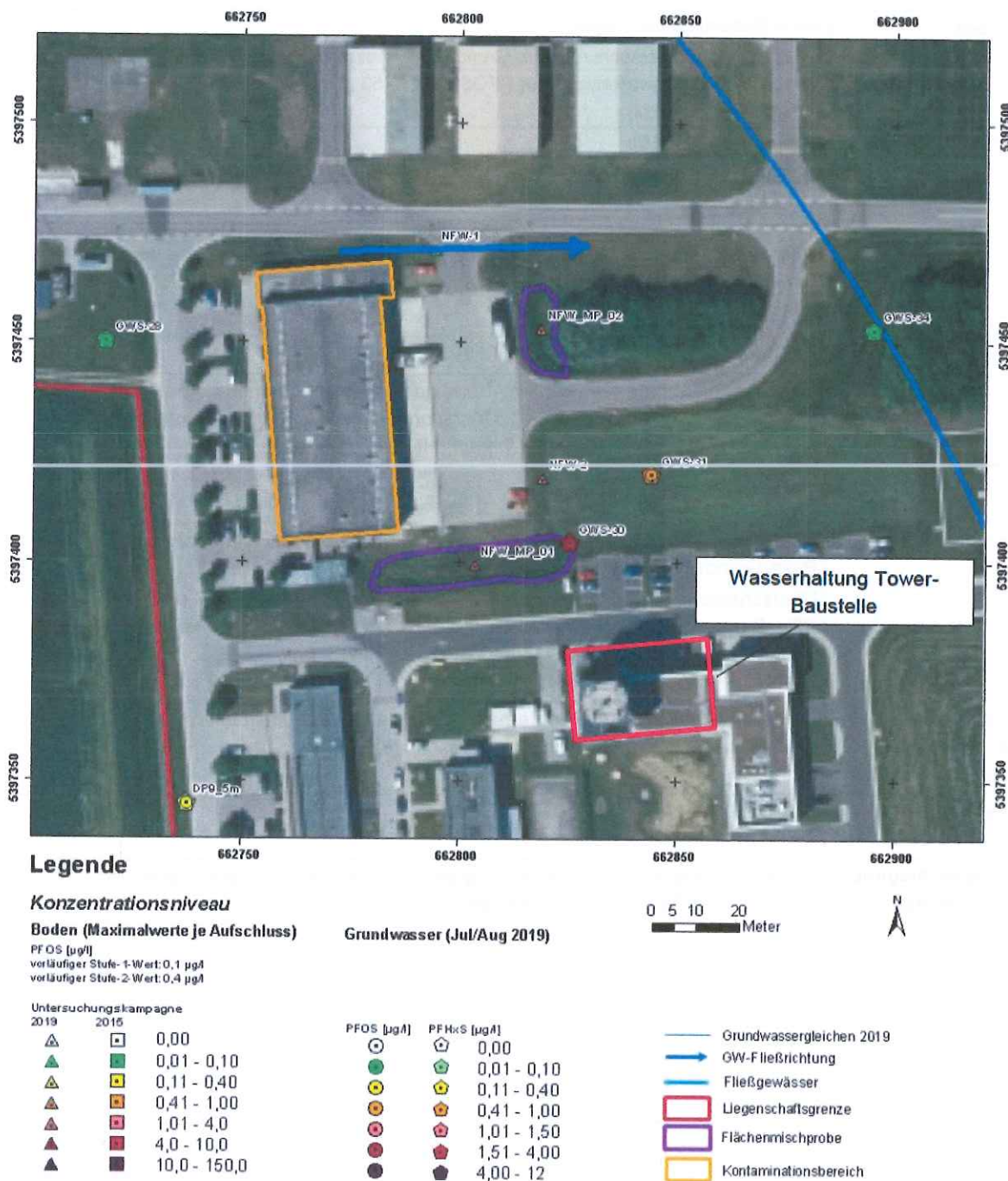


Abbildung 5-18: Lageplan KVF 501



5.2.8.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Durch den Umgang mit PFC-haltigen Feuerlöschmitteln im Zuge der Wartung der Feuerwehr-KfZ oder sonstigen Handhabungsverlusten im Bereich der Vorfeldfläche können PFC-Einträge in die umliegenden unversiegelten Bereiche stattgefunden haben.

Des Weiteren entwässert die Vorfeldfläche über zwei umliegende Versickerungsbecken, sodass bei Handhabungsverlusten auf der Vorfeldfläche auch in diesen Bereichen ein Eintrag von PFC in die ungesättigte bzw. gesättigte Bodenzone eingetreten sein könnte.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an zwei Ansatzpunkten (im Bereich des Abscheiders (KVF 280) NFW-01 bzw. NFW-02 östlich der Vorfeldfläche) 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
- Bodenuntersuchungen der zwei Versickerungsbecken durch Entnahme je einer Bodenmischprobe (bestehend aus 10 – 15 Einzelproben) des oberflächennahen Sediments (0 – 30 cm)
- Durchführung von vier Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-28, GWS-30, GWS-31, GWS-34, Entnahmetiefe ca. 5 m u. GOK) im An-/Abstrom der KVF mit PFC-Analytik (13 Einzelparameter)
- Zweimalige Beprobung/PFC-Analytik (13 Einzelparameter) der Bestandsmessstelle DP9 (CMT-Messstelle)

5.2.8.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Die „Neue Feuerwache“ (Geb. 229) ist seit 2009 in Betrieb. Im Gebäude werden PFC-haltige Schaummittel verwendet/gelagert. Mull & Partner führt einen Lagerplatz für AFFF-Mittel unter der KVF 106 „Lagerplatz“. Über die Schaummittelmengen liegen keine Angaben vor. Geringe Handhabungsverluste sind laut Mull & Partner erkennbar, Havarien nicht bekannt. Des Weiteren befinden sich innerhalb des Gebäudes gemäß Mull & Partner die KVF 105 „Waschhalle“, in der die Feuerwehr-KfZ gereinigt (ausschließlich Karosseriewäsche) werden bzw. eine „vorübergehende Lagerung von insgesamt sechs IBC-Containern mit A-3F Löschschaum“ stattfindet.

Die PFC-Umschlagflächen innerhalb des Gebäudes entwässern über einen nordöstlich der Feuerwache gelegenen Abscheider (KVF 280, Nenngröße NG 30) in die Kanalisation (Schmutzwasserkanal). Die Bodenversiegelung innerhalb des Gebäudes ist laut Mull & Partner intakt. Aus der Phase I Erkundung geht des Weiteren hervor, dass Überfüllungen/Undichtigkeiten an dem o.g. Abscheider festgestellt wurden.

Die Vorfeldfläche entwässert laut Mull & Partner auch über den Abscheider. Im Widerspruch hierzu entwässert die Vorfeldfläche laut LAK (Liegenschaftsbezogenes Abwasserentsorgungskonzept aus dem Jahr 2014) in zwei Versickerungsbecken, die sich nordöstlich bzw. südöstlich der Vorfeldfläche befinden.



Abbildung 5-19: Regenrückhaltebecken (RRB) im Bereich der KVF 501

Im Zuge der Baumaßnahme am Tower, welcher sich südöstlich der KVF 501 befindet, wurde Anfang 2014 im Zuge einer Bauwasserhaltung eine PFC-Belastung des Grundwassers mit Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte (siehe Tabelle 5-30) festgestellt, was die Versickerung vor Ort unzulässig machte. Daraufhin wurde das Bauwasser in den Schmutzwasserkanal eingeleitet bzw. über Aktivkohleanlage abgereinigt und in einer Mulde versickert. Die Aktivkohleanlage wurde von Frühjahr 2014 bis Herbst 2015 betrieben. Insgesamt wurden 42.635,47 m³ Bauwasser abgereinigt und dabei ca. 47,73 g PFC in der Anlage abgeschieden. Die mittlere Zulaufkonzentration an PFC betrug 1,12 µg/l [3].



Tabelle 5-30: Ermittelte PFC-Konzentrationen Baugrube Tower

| Parameter | Kürzel | Einheit | Vorläufiger Schwellen-wert | Grubenwasser Tower |
|--|--------|---------|-------------------------------|--------------------|
| | | | | 14.01.2014 |
| Perfluomonansäure | PFNA | µg/l | 0,06 | 0,15 |
| Perfluorooctansulfonsäure | PFOS | µg/l | 0,1 | 0,58 |
| Perfluorooctansäure | PFOA | µg/l | 0,1 | 0,07 |
| Perfluorhexansulfonsäure | PFHxS | µg/l | 0,1 | 0,75 |
| Perfluorhexansäure | PFHxA | µg/l | 6 | 0,2 |
| Perfluorbutansulfonsäure | PFBS | µg/l | 6 | 0,028 |
| Perfluorbutansäure | PFBA | µg/l | 10 | 0,042 |
| Summenbedingung | | | 1 | 16,54 |
| Perfluordecansäure | PFDA | µg/l | 0,1 | <0,010 |
| 1H,1H,2H,2H-Perfluorooctansulfonsäure (6:2FTS) | H4PFOS | µg/l | 0,1 | |
| Perfluorooctansulfonamid | PFOSA | µg/l | 0,1 | <0,010 |
| Perfluorheptansulfonsäure | PFHpS | µg/l | 0,3 | |
| Perfluorheptansäure | PFHpA | µg/l | 0,3 | 0,033 |
| Perfluorpentansäure | PFPeA | µg/l | 3 | 0,17 |
| Summe PFC | | µg/l | | 2 |

Gemäß Informationen des BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 wurde auf der westlich der KVF angrenzenden landwirtschaftlichen Fläche Klärschlamm aufgebracht (siehe Abbildung 5-2 in Kapitel 5.1.1). Angaben über Häufigkeit, Mengen und Herkunft des Klärschlammes liegen bei derzeitigem Kenntnisstand nicht vor.

5.2.8.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den zwei Linersondierungen angetroffene Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag in Tiefen von ca. 2,2 - 2,4 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.8.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-31 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt. Eine tiefengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.

Tabelle 5-31: Kontaminationsverteilung KVF 501 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [µg/l] je Schicht | | | | | | | | Andere einstu-fungsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|---|--------|------|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| NFW-1 | 8 | 5 | 4 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | 0,01 | 0,01 | |
| NFW-2 | 7 | 5 | 4 | 2 | 0,51 | 0,15 | 0,02 | 0,02 | | | 0,54 | 2 | |

Im Bereich der KVF 501 wurden am Aufschluss NFW-2 Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte gemessen. Die höchsten PFC-Konzentrationen wurden oberflächennah detektiert. Diese nehmen mit zunehmender Tiefe deutlich ab, sodass Stufenwertüberschreitungen nur bis ca. 1,5 m u. GOK beobachtet werden können. Die Stufenwertüberschreitungen gehen zum Großteil auf den Einzelparameter PFOS zurück. Der Ansatzpunkt NFW-2 liegt östlich der Vorfeldfläche in ca. 5 m Entfernung zum versiegelten Bereich und wurde unter Berücksichtigung der Geländetopographie so positioniert, dass der Oberflächenabfluss der versiegelten Bereiche erfasst wird.

An der zweiten Linersondierung (NFW-1), welche im Nahbereich des Abscheiders abgeteuft wurde, konnten PFC nur in Spuren nachgewiesen werden.

Neben den Linersondierungen wurden zwei Flächenmischproben im Bereich der Versickerungsbecken entnommen. Tabelle 5-32 zeigt die ermittelten Ergebnisse für die Einzelparameter mit Stufenwertüberschreitungen. An beiden Proben könnte deutliche Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte ermittelt werden.

Tabelle 5-32: Analyseergebnisse Flächenmischproben KVF 501

| Probe | Probenahmedatum | PFHxS [µg/l] | PFNA [µg/l] | PFOS [µg/l] | Summe PFC [µg/l] |
|-----------|-----------------|--------------|-------------|-------------|------------------|
| | Stufe-1-Wert | 0,1 | 0,06 | 0,1 | |
| | Stufe-2-Wert | 0,4 | 0,25 | 0,4 | |
| NFW_MP_01 | 08.08.2019 | 0,3 | 0,27 | 2,5 | 4,2 |
| NFW_MP_02 | 08.08.2019 | 0,07 | 0,07 | 0,84 | 1,6 |

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-33 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.



Tabelle 5-33: Konzentrationsentwicklung KVF 501 für PFOS und PFHxS

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | | | | | | PFHxS [$\mu\text{g/l}$] | | | | | |
|-----------|-------|--------------------------|----------|----------|----------|--------------|----------|---------------------------|----------|----------|----------|--------------|----------|
| | | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 |
| CMT | | | | | | | | | | | | | |
| DP9 | 3m | 0,13 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | | | 0,1 | 0,049 | 0,02 | 0,02 | | |
| DP9 | 5m | 0,14 | 0,09 | 0,12 | 0,09 | 0,2 | 0,2 | 0,36 | 0,16 | 0,18 | 0,14 | 0,2 | 0,1 |
| DP9 | 7m | 0,22 | 0,31 | <0,25 | 0,29 | | | 0,32 | 0,39 | <0,25 | 0,36 | | |
| GWS-28 | | | | | | 0,04 | | | | | | 0,04 | |
| GWS-30 | | | | | | 1,8 | | | | | | 3,2 | |
| GWS-31 | | | | | | 0,8 | | | | | | 0,6 | |
| GWS-34 | | | | | | 0,1 | | | | | | 0,1 | |

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

Im Nahbereich der KVF 501 befinden sich die CMT-Messstelle DP9 im An- bzw. Seitstrom und die Direct-Push-Grundwassersondierungen GWS-28 (Anstrom), GWS-30, GWS-31 und GWS-34. Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden an der DP9 sowie bei GWS-30 und GWS-31 ermittelt. Die höchsten Belastungen wurden bei den im direkten Abstrom gelegenen GWS-30 (PFOS 1,8 $\mu\text{g/l}$ bzw. PFHxS 3,2 $\mu\text{g/l}$) und GWS-31 (PFOS 0,8 $\mu\text{g/l}$ bzw. PFHxS 0,6 $\mu\text{g/l}$) festgestellt. An der DP9 wurden deutlich niedrigere PFC-Gehalte (PFOS max. 0,2 $\mu\text{g/l}$, PFHxS max. 0,2 $\mu\text{g/l}$) gemessen. Bei der im Anstrom gelegenen GWS-28 konnten PFC nur in Spuren nachgewiesen werden (PFOS, PFHxS max. 0,04 $\mu\text{g/l}$).

5.2.8.5 Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen an der KVF 501 belegen eindeutig den Eintrag von PFC-haltigen Schaummitteln in die ungesättigte und gesättigte Bodenzone. Insgesamt erbrachten die durchgeführten Bodenuntersuchungen eine heterogene bzw. diffuse laterale/vertikale Verteilung der PFC-Kontamination.

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

Die Herkunft der PFC-Belastung in der im seitlichen Anstrom gelegenen DP9 ist bei derzeitigem Kenntnisstand nicht endgültig geklärt. Die tiefenhorizontierte Verteilung der PFC-Belastung mit steigenden Gehalten in zunehmender Tiefe deutet auf keinen PFC-Eintrag in unmittelbarer Nähe hin. Die auf der Liegenschaft bekannten potenziellen Eintragsbereiche im Zustrom befinden sich in deutlicher Entfernung (> 800 m). Inwieweit die Belastung mit den Klärschlammaufbringungen im Zustrom zusammenhängt, kann bei derzeitigem Kenntnisstand nicht geklärt werden.



Durch die aktuellen Untersuchungen konnte keine Beeinflussung durch die KF 500 „Alte Feuerwache“ festgestellt werden. Sowohl die Grundwasserfließverhältnisse als auch die analytischen Untersuchungen an den Aufschlüssen GWS-28 und P23 deuten auf keine Verfrachtung der PFC-Belastung in Richtung KVF 501 hin. Jedoch sollte berücksichtigt werden, dass durch die Bauwasserhaltung am Tower im Jahr 2014 andere Abstromverhältnisse herrschten und daraus eine temporäre Beeinflussung für die KVF 501 nicht ausgeschlossen werden kann, die sich noch jetzt in erhöhten PFC-Konzentrationen auswirken kann.

5.2.8.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-34 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 501. Die Untersuchungen erbrachten an einer Linersondierung und an beiden Flächenmischroben Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte am Ort der Probenahme. Die festgestellten Belastungen sind auf die oberflächennahen Bodenpartien (bis ca. 1,3 m u. GOK) begrenzt sind, im Grundwasserschwankungsbereich wurden der Stufe-1-Wert nicht überschritten. Die PFC-Leitlinie (2017) präzisiert für den Schadstoff PFC die Beurteilungskriterien folgendermaßen:

„Der Rückhalt von PFC in der ungesättigten Bodenzone ist sehr gering und dadurch vernachlässigbar. Demzufolge können die S4-Eluat-Konzentrationen i.d.R. auf das Sickerwasser am „Ort der Beurteilung“ übertragen werden.“

Demnach kann beim Parameter PFC auf Sickerwasser- und/oder Transportprognosen verzichtet werden und direkt auf den Prüfwert am O.d.B. Bezug genommen werden.

Laut Merkblatt 3.8/1 erhärtet sich daraus ein hinreichender Gefahrenverdacht für eine Altlast / schädliche Bodenveränderung, was weitere Untersuchungen auf dem Niveau einer Detailuntersuchung erforderlich macht.

Im Grundwasserabstrom selbst, welcher durch die Direct-Push-Grundwassersondierungen GWS-30 und GWS-31 erkundet wurde, wurden die Ergebnisse durch Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bestätigt und der kausale Zusammenhang zu den vorgefundenen PFC-Befunden im Boden hergestellt. Der Grundwasseranstrom weist z.T. zwar auch bodenschutzrechtlich relevante PFC-Gehalte auf, vergleichend mit dem Abstrom kann jedoch bei derzeitigem Kenntnisstand von einer deutlichen Zunahme der Belastung ausgegangen werden.

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“*. Gemäß BLfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 reicht in der Stufe einer OU bereits ein repräsentativer Wert für diese Bewertung aus und damit ist zugleich der Nachweis erbracht, dass die festgestellte Grundwasserverunreinigung gemäß Wasserrecht als erheblich einzustufen ist.



In den beiden Versickerungsbecken wurden z.T. deutlich erhöhte PFC-Gehalte nachgewiesen. Als Sofortmaßnahme sollte geklärt werden, ob beide Becken noch als Versickerungsanlagen in Betrieb sind (LAK) oder doch die Vorfeldfläche an die Kanalisation (Mull&Partner) angeschlossen ist. Sollten die beiden Becken noch aktiv zur Versickerung von Niederschlagswasser betrieben werden, ist dieser Zustand kurzfristig abzustellen. Eine Versickerung von Niederschlagswasser in Anlagen mit Verdacht oder Nachweis an Kontaminationen ist wasserrechtlich nicht genehmigungsfähig und stellt den Tatbestand einer ungestatteten Gewässerbenutzung dar.

Zusammenfassend hat sich an der KVF 501 ein hinreichender Gefahrenverdacht einer Altlast / schädlichen Bodenveränderung erhärtet bzw. die Erheblichkeit der Grundwasserverunreinigung gezeigt, sodass weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung (Phase IIb) notwendig werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Laut BFR BoGwS ergibt sich u. E. eine Einstufung in die Kategorie E.



Tabelle 5-34: Zusammenfassung KVF 501 „Neue Feuerwache“

| KVF 501 „Neue Feuerwache“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|---|--|
| Nutzung: | Aktuelle Feuerwehreinsatzstelle des Flugplatzes Neuburg |
| Dauer: | Seit 2009 |
| Grundwasseruntersuchungen PFT (Gibs, 2014): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung und zweimalige Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP9); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,31 µg/l), PFHxS (max. 0,3 µg/l) |
| Phase IIa-1 Untersuchungen (Gibs, 2015): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Zweimalige Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP9); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,29 µg/l) und PFHxS (max. 0,36 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 2 Liner Sondierungen bis max. 4 m Tiefe, daraus 15 Bodenproben, Analytik von 10 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 1 Sondierungen bzw. 2 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte in einer Probe; Entnahme von zwei Flächenmischproben aus den angrenzenden Regenrückhaltebecken; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in beiden Proben |
| Grundwasser: | Zweimalige Beprobung/Analytik an einer GWM (CMT, DP9); Durchführung und PFC-Analytik von 4 Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-28, GWS-30, GWS-31, GWS-34), Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei DP9 (PFOS/ PFHxS max. 0,2 µg/l), GWS-30 (PFOS 1,8 µg/l, PFHxS 3,2 µg/l) und GWS-31 (PFOS 0,8 µg/l, PFHxS 0,6 µg/l) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt |
| Bewertung nach BFR BoGWS: | Kat. E |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich. Sofortmaßnahmen an den Versickerungsbecken erforderlich. |

5.2.9 KVF 502: Lärmschutzhalle/Triebwerksstände

Abbildung 5-20 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 502.

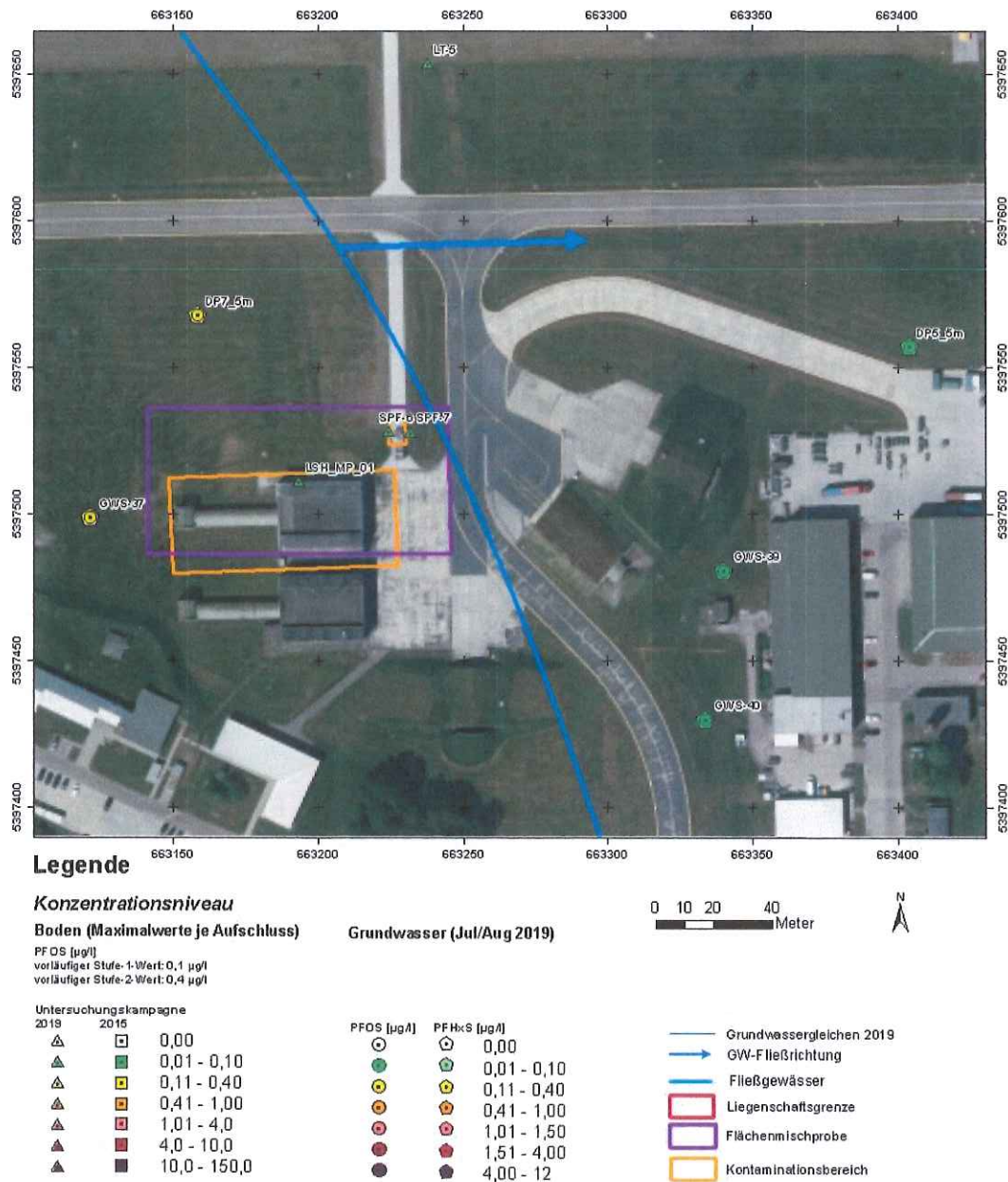


Abbildung 5-20: Lageplan KVF 502

5.2.9.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Im Bereich der KVF 502 „Lärmschutzhallen/Triebwerkständen“ (Geb. 190/191) besteht der Verdacht, dass Schaummittel bei Übungen eingesetzt wurden. Über Art und Weise der Übungen lagen keine weiteren Angaben vor. Eine genaue Lokalisierung der Übungsflächen konnte nicht bestimmt werden.

Bei der Befragung der Standortfeuerwehr im Zuge der Phase I Erkundung wurden keinerlei Anhaltspunkte für Löschschaumeinsätze im Bereich der Lärmschutzhalle/Triebwerksstände geäußert.

Aufgrund der widersprüchlichen Informationen wurde eine nochmalige Datenrecherche zur Ermittlung potenzieller PFC-Einträge in die ungesättigte/gesättigte Bodenzonen angeraten, um zielführende Untersuchungen durchführen zu können. Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Durchführung einer Befragung der Standortfeuerwehr oder sonstiger Wissensträger, um die vermuteten Übungen zu verifizieren/lokalisieren
- Durchführung von drei Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-37, GWS-38, GWS-40, Entnahmetiefe ca. 5 m u. GOK) im An-/Abstrom der KVF mit PFC-Analytik (13 Einzelparameter)
- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 10 Ansatzpunkten (im Umfeld der Lärmschutzhallen, Bezeichnung LSH-01 – LSH-10) 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
- Zweimalige Beprobung/PFC-Analytik (13 Einzelparameter) der Bestandsmessstellen DP5 und DP7 (CMT-Messstellen)

Die nochmalige Befragung der Standortfeuerwehr wurde am 24. Juni 2019 durchgeführt. Durch diese konnte der Kontaminationsverdacht der KVF 502 deutlich entkräftet werden. Eine Löschübung, die im Dezember 2006 nach Inbetriebnahme des neuen Löschsystems durchgeführt wurde, fand innerhalb des Gebäudes 190 statt. Ein PFC-Austrag in die umliegenden Bodenbereiche hatte nicht stattgefunden.

Da bei der Löschübung kein PFC-haltiger Schaum aus der Halle trat, ist eine daraus resultierende Bodenkontamination als unwahrscheinlich zu erachten. Daraus resultierte die gutachterliche Empfehlung, den Untersuchungsumfang deutlich zu reduzieren und die im Untersuchungskonzept vorgeschlagenen 10 Liner Sondierungen zu streichen. Als alternative Vorgehensweise wurde empfohlen, die Verdachtsfläche mittels Bodenmischprobe (15 Einzelproben im Umgriff der Halle bevorzugt an Geländesenken, Erkundungstiefe 0 – 10 cm) zu untersuchen.

Die empfohlene Reduzierung wurde in der Bohranzeige vom 05.07.2019 kommuniziert und von behördlicher Seite akzeptiert.

5.2.9.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Im Bereich der Lärmschutzhallen/Triebwerkständen (Geb. 190/191) bestand der Verdacht, dass Schaummittel bei Übungen eingesetzt wurden. Gemäß einer Befragung der Standortfeuerwehr gab es im Dezember 2006 eine auf Video dokumentierte Löschübung innerhalb des Gebäudes 190 nach der Inbetriebnahme des neuen Löschsystems. Dabei wurde das in der Halle installierte Löschsystem, bestehend aus zwei Löschschaumtanks a 3.000 l (Schaum-Wasser-Gemisch mit 5% AFFF), getestet und die komplette Schaummenge von 6.000l verbraucht. Die Halle ist so konstruiert, dass das Löschmittel in Rinnen aufgefangen wird und nicht ins Freie gelangt. Das Löschmittel wurde mittels Saugwagen abgesaugt und entsorgt. Die Versiegelung des Gebäudes ist des Weiteren intakt. Ein Austritt von PFC-haltigen Löschmitteln ins Freie hatte nicht stattgefunden.

Im Mai 2006 wurde das vorher installierte Löschsystem (Löschmittel: CO₂, also PFC-frei) vor dessen Abbau getestet. Die zweite Lärmschutzhalle (Geb. 191) ist nicht mehr in Betrieb. Hier wurde auch keine Löschübung durchgeführt.

Die Löschschaumtanks wurden im Zuge der Phase I Erkundung von Mull & Partner unter der KVF 147 erfasst. Aufgrund einer intakten Bodenversiegelung und der Tatsache, dass bei derzeitigem Kenntnisstand keine Löschmittel ausgetreten sind, geht von der KVF 147 gemäß M&P nur ein geringes Gefährdungspotenzial und kein weiterer Handlungsbedarf aus.

5.2.9.3 Boden- und Untergrundaufbau

Im Zuge der aktuellen Erkundungskampagne wurden nur oberflächennahe Bodenuntersuchungen bis 0,3 m u. GOK durchgeführt, aus welchen der Boden- und Untergrundaufbau nicht abgeleitet werden konnte.

5.2.9.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse der Flächenmischprobe (Erkundungstiefe 0 – 10 cm, 15 Einzelproben) sind in Tabelle 5-35 anhand der Einzelparameter PFOS, PFHxS und PFNA sowie der PFC-Summe dargestellt. Es konnte nur PFOS in Spuren (0,03 µg/l) unterhalb der vorläufigen Stufenwerte festgestellt werden.

Tabelle 5-35: Analyseergebnisse Flächenmischprobe KVF 502 [in µg/l]

| Probe | Probenahmedatum | PFHxS | PFNA | PFOS | Summe PFC |
|-----------|-----------------|-------|-------|------|-----------|
| | Stufe-1-Wert | 0,1 | 0,06 | 0,1 | |
| | Stufe-2-Wert | 0,4 | 0,25 | 0,4 | |
| LSH_MP_01 | 08.08.2019 | <0,01 | <0,01 | 0,03 | 0,03 |

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-36 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Tabelle 5-36: Konzentrationsentwicklung KVF 502 für PFOS und PFHxS

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [µg/l] | | | | | | PFHxS [µg/l] | | | | | |
|---------------|-------|-------------|----------|----------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------|----------|--------------|----------|
| | | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 |
| CMT | | | | | | | | | | | | | |
| DP5 | 3m | 0,1 | 0,08 | 0,04 | 0,04 | | | 0,08 | 0,031 | 0,02 | 0,01 | | |
| DP5 | 5m | 0,2 | 0,11 | <0,25 | 0,25 | 0,1 | 0,1 | 0,22 | 0,088 | <0,25 | 0,27 | 0,1 | 0,07 |
| DP5 | 7m | 0,6 | 0,44 | 0,42 | 0,38 | | | 0,7 | 0,58 | 0,35 | 0,52 | | |
| DP7 | 3m | 0,08 | 0,07 | 0,01 | 0,04 | | | 0,04 | 0,026 | <0,01 | 0,01 | | |
| DP7 | 5m | 0,44 | 0,4 | 0,28 | 0,39 | 0,4 | 0,4 | 0,45 | 0,33 | 0,27 | 0,41 | 0,4 | 0,3 |
| DP7 | 7m | 0,36 | 0,44 | 0,61 | 0,54 | | | 0,49 | 0,56 | 0,35 | 0,55 | | |
| DP_GWS | | | | | | | | | | | | | |
| GWS-37 | | | | | | 0,2 | | | | | | 0,2 | |
| GWS-39 | | | | | | 0,1 | | | | | | 0,1 | |
| GWS-40 | | | | | | 0,05 | | | | | | 0,02 | |

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

Im Nahbereich der KVF 502 befinden sich die CMT-Messstellen DP7 (Seitstrom) und DP5 (Abstrom) und die Direct-Push-Grundwassersondierungen GWS-37 (Anstrom), GWS-39 und GWS-40 (Seit- bis Abstrom). Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden an den im An- bzw. Seitstrom gelegenen Aufschlüssen GWS-37 (PFOS 0,2 µg/l bzw. PFHxS 0,2 µg/l) und DP7 (PFOS 0,4 µg/l bzw. PFHxS 0,4 µg/l) ermittelt. Die seit- bis abstromig gelegenen Aufschlüsse DP-5 und GWS-39 zeigen geringere PFC-Gehalte bis max. 0,1 µg/l PFOS/PFHxS. An der GWS-40 konnten PFC nur in Spuren nachgewiesen werden (PFOS 0,05 µg/l, PFHxS 0,02 µg/l).

5.2.9.5 Auswertungen und Interpretationen

Die unauffälligen Untersuchungsergebnisse der Flächenmischprobe in Kombination mit den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen der KVF 301 „Feuerwehrstellplatz Mitte“ deuten darauf hin, dass im Bereich der KVF 502 keine signifikanten oberflächlichen PFC-Einträge stattgefunden haben.

Die in den an- bzw. seitstromigen Messstellen festgestellten Belastungen im Grundwasser stehen vermutlich nicht im originären Zusammenhang mit der KVF 502, sondern sind vermutlich auf den belasteten Grundwasserabstrom weiterer KF/KVF (KF 500 „Alte Feuerwache“, KVF 264 „Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr“) zurückzuführen.

Die im seitlichen Anstrom gelegene DP7 zeigt eine tiefenhorizontierte Verteilung mit steigenden PFC-Gehalten nach unten auf, was auf einen PFC-Eintrag in weiterer Entfernung hindeutet.

Im Abstrom wurden geringere PFC-Konzentrationen detektiert, sodass auch über den Grundwasserpfad kein signifikanter PFC-Eintrag für die KVF 502 nachgewiesen werden kann.

5.2.9.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-37 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 502. Aufgrund der unauffälligen Bodenbefunde und der tendenziell eher abnehmenden PFC-Gehalte im Grundwasser kann für die KVF 502 der Gefahrenverdacht als ausgeräumt gelten, auch wenn die Bodenuntersuchung einer Flächenmischprobe streng genommen nicht den Anforderungen für den Wirkungspfad Boden – Gewässer entsprechen. In diesem Fall werden die Ergebnisse in Kombination mit den Grundwasseruntersuchungen aber als repräsentativ gewertet.

Nach BFR BoGwS erfolgt bei derzeitigem Kenntnisstand die Einstufung in die Kategorie A.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.



Tabelle 5-37: Zusammenfassung KVF 502 „Lärmschutzhalle/Triebwerksstände“

| KVF 502 „Lärmschutzhalle/Triebwerksstände“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|--|--|
| Nutzung: | Einmalige Löschübung mit PFC-haltigen Löschsäumen innerhalb des Gebäudes |
| Dauer: | Dezember 2006 |
| Grundwasseruntersuchungen PFT (Gibs, 2014): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung und Untersuchung von 2 GWM (CMT, DP5, DP7); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte für PFOS (max. 0,6 µg/l), PFHxS (max. 0,7 µg/l) |
| Phase IIa-1 Untersuchungen (Gibs, 2015): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Untersuchung von 2 Grundwassermessstellen (CMT, DP5, DP7); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte an DP5/DP7 für PFOS (max. 0,61 µg/l), PFHxS (max. 0,55 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | Entnahme einer Flächenmischproben im Umgriff der KVF; keine Überschreitung der vorläufigen Stufenwerte |
| Grundwasser: | Untersuchung von 2 Grundwassermessstellen (CMT, DP5, DP7); Durchführung und PFC-Analytik von 3 Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-37, GWS-39, GWS-40); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei DP7 (PFOS/ PFHxS max. 0,4 µg/l), GWS-37 (PFOS/PFHxS 0,2 µg/l) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt |
| Bewertung nach BFR BoGwS: | Kat. A |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |

5.2.10 KVF 503: Löschschaumteppich für F-4F

Abbildung 5-21 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 503.

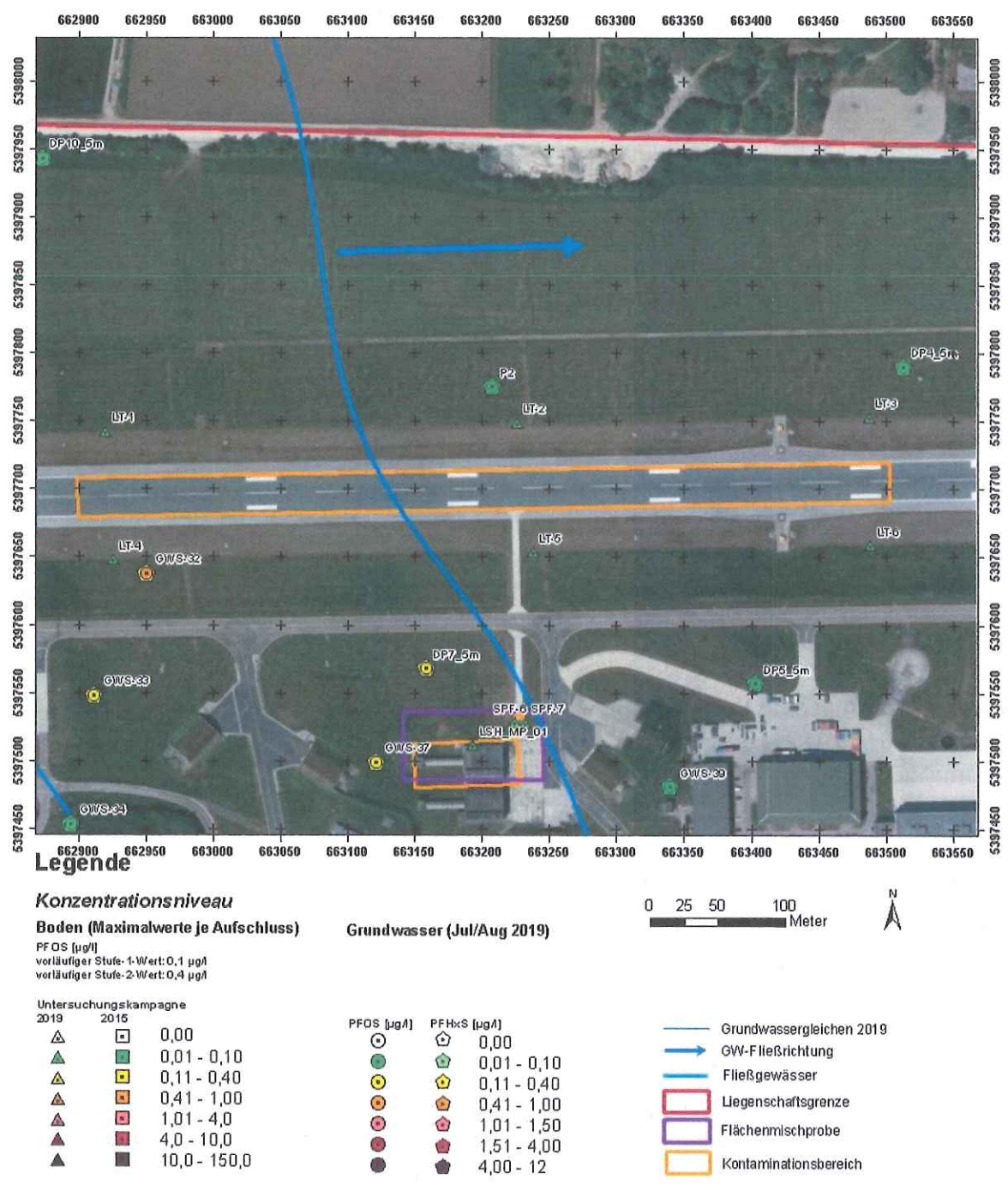


Abbildung 5-21: Lageplan KVF 503

5.2.10.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Gemäß einer bundeswehrinternen historischen Recherche durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 wurde im Zeitraum 2008/2009 aufgrund eines flugtechnischen Problems eines Militärflugzeuges im Bereich der KVF 503 ein ca. 600 m langer Schaumteppich aus PFC-haltigen Feuerlöschmitteln ausgelegt. Es besteht der Verdacht, dass die ausgebrachten Löschmittel sich bis in die angrenzenden, unversiegelten Grünflächen ausbreiteten und dort in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone eine Belastung durch PFC hervorrufen.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 6 Ansatzpunkten (je drei auf beiden Seiten der Landebahn, Bezeichnung LT-01 – LT-L06) 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
- Durchführung einer Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-32, Entnahmetiefe ca. 5 m u. GOK) im An-/Abstrom der KVF mit PFC-Analytik (13 Einzelparameter)
- Zweimalige Beprobung/PFC-Analytik (13 Einzelparameter) der Bestandsmessstellen P2 und DP4 (CMT-Messstelle)

Bei der Positionierung der Ansatzpunkte wurde die Ausprägung der Landebahn vor dem Umbau 2014/2015 berücksichtigt. Die Ansatzpunkte wurden im Randbereich der ehemaligen Schulterflächen positioniert.

5.2.10.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Gemäß einer bundeswehrinternen historischen Recherche durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 wurde im Zeitraum 2008/2009 ein Schaumteppich (Größe 600 m x 20m x 7cm) für ein Flugzeug (F-4F) mit Hydraulikproblemen gelegt. Dazu wurden ca. 16.000 l Wasser-Schaumgemisch mit 5 % AFFF-Anteil ausgebracht, was einer Menge von ca. 800 l Schaummittel entspricht.

Auf dem NATO-Flugplatz Neuburg a. d. Donau befindet sich eine zentral gelegene Start-/Landebahn, die in Ostwestrichtung verläuft. Diese wurde im Zeitraum 2014/2015 komplett erneuert. Vor dem Umbau war die Landebahn 30 m breit und wurde auf beiden Seiten von 30 m breiten Schultern flankiert, sodass eine Gesamtbreite der Landebahn (inkl. Schulter) von ca. 90 m resultierte. Mit dem Umbau wurden sowohl die Landebahn als auch die Schultern komplett rückgebaut und erneuert. Die Breite der Landebahn blieb dabei unverändert, mit Ausnahme des Bereichs der Fanganlage, der verbreitert

wurde. Die neuen Schultern wurden mit dem Umbau auf eine Breite von je 7,5 m pro Seite verkleinert.

Das Entwässerungssystem der Landebahn wurde im Zuge des Umbaus ebenfalls erneuert. Die Entwässerung östlich des Längenmühlbachs erfolgt wie gehabt über Drainageleitungen, die an den Regenwasserkanal angeschlossen sind und das Regenwasser in östliche Richtung in den Zeller Kanal ableiten. Die alten Leitungen wurden ausgebaut und durch neue Leitungen ersetzt.

Das beim Umbau der Landebahn angefallene Bodenmaterial wurde zwischen gelagert und im Rahmen der Baumaßnahme soweit möglich wiederverwendet. Weitere Angaben zu den Erdbewegungen im Zuge des Umbaus liegen nicht vor.

Gemäß der Erhebungen von M&P im Zuge der Phase I Untersuchungen (Befragung der Standortfeuerwehr vom 19.06.2017) wird im Widerspruch dazu von Seiten der Standortfeuerwehr keine dieser Landebahnschäumungen bestätigt.

Eine nochmalige Befragung der Standortfeuerwehr wurde am 24. Juni 2019 durchgeführt. Dabei wurde die Ausbringung eines Schaumteppichs im Bereich der KVF 503 nochmals bestätigt.

5.2.10.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den sechs Linersondierungen angetroffene Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag in Tiefen von ca. 1,9 - 2,3 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.10.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-38 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt. Eine teufengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.



Tabelle 5-38: Kontaminationsverteilung KVF 503 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [µg/l] je Schicht | | | | | | | | Andere einstu-fungsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|---|---|--------|------|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| LT-1 | 5 | 3 | 4 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | 0,01 | 0,01 | |
| LT-2 | 4 | 2 | 4 | 0,07 | 0,02 | | | | | | 0,05 | 0,07 | |
| LT-3 | 5 | 3 | 4 | 0,02 | 0,03 | <0,01 | | | | | 0,03 | 0,03 | |
| LT-4 | 5 | 3 | 4 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | | | | | 0,03 | 0,03 | |
| LT-5 | 4 | 2 | 4 | <0,01 | 0,04 | | | | | | 0,04 | 0,04 | |
| LT-6 | 6 | 3 | 4 | 0,02 | <0,01 | | <0,01 | | | | 0,02 | 0,02 | |

Im Bereich der KVF 503 wurden an keinem der sechs Aufschlüsse die vorläufigen Stufenwerte überschritten. Dabei wurden maximale PFOS-Konzentrationen von 0,07 µg/l ermittelt.

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-39 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Tabelle 5-39: Konzentrationsentwicklung KVF 503 für PFOS und PFHxS

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [µg/l] | | | | | | PFHxS [µg/l] | | | | | |
|-----------|-------|-------------|----------|----------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------|----------|--------------|----------|
| | | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 |
| CMT | | | | | | | | | | | | | |
| DP4 | 3m | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | | | <0,01 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | | |
| DP4 | 5m | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,1 | 0,09 | 0,028 | 0,036 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,06 |
| DP4 | 7m | 0,04 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | | | 0,026 | 0,042 | 0,06 | 0,04 | | |
| GWM | | | | | | | | | | | | | |
| P2 | | 0,08 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,059 | 0,074 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| DP_GWS | | | | | | | | | | | | | |
| GWS-32 | | | | | | 0,5 | | | | | | 0,4 | |

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

Im Nahbereich der KVF 503 befinden sich die Grundwassermessstellen P2 und DP4 (CMT) im Ab- bzw. Seitstrombereich sowie die Direct-Push-Grundwassersondierung GWS-32 (Anstrom), die KVF-übergreifend errichtet wurde. Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden nur an der GWS-32 (PFOS 0,5 µg/l bzw. PFHxS 0,4 µg/l) ermittelt. Die seit- bis abstromig gelegenen Aufschlüsse DP4 und P2 weisen aktuell

geringere PFC-Gehalte bis max. 0,1 µg/l PFOS bzw. 0,07 µg/l PFHxS auf und rufen damit keine Überschreitungen vorläufigen Schwellenwerte hervor.

5.2.10.5 Auswertungen und Interpretationen

Die durchgängig unauffälligen Untersuchungsergebnisse der Bodenuntersuchungen deuten darauf hin, dass im Bereich der KVF 503 keine signifikanten oberflächlichen PFC-Einträge stattgefunden haben.

Die in dem an- bzw. seitstromigen Grundwasseraufschluss GWS-32 festgestellten Belastungen im Grundwasser stehen vermutlich nicht im originären Zusammenhang mit der KVF 503, sondern sind vermutlich auf den belasteten Grundwasserabstrom weiterer KF/KVF (KF 500 „Alte Feuerwache“, KVF 264 „Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr“) zurückzuführen.

Im Abstrom wurden geringere PFC-Konzentrationen detektiert, sodass auch über den Grundwasserpfad kein signifikanter PFC-Eintrag für die KVF 503 nachgewiesen werden kann.

5.2.10.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-40 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 503. Aufgrund der unauffälligen Boden- und Grundwasserbefunde kann für die KVF 503 der Gefahrenverdacht einer Altlast / schädlichen Bodenveränderung als ausgeräumt gelten.

Nach BFR BoGwS erfolgt bei derzeitigem Kenntnisstand die Einstufung in die Kategorie A.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.



Tabelle 5-40: Zusammenfassung KVF 503 „Löschschaumteppich für F-4F“

| KVF 503 „Löschschaumteppich für F-4F“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|---|---|
| Nutzung: | Löschschaumeinsätze an der Start-/Landebahn |
| Dauer: | Singuläre Ereignis im Zeitraum 2008/2009 |
| Grundwasseruntersuchungen PFT (Gibs, 2014): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung und Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP4); Untersuchung Grundwassermessstelle P2; Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei P2 für PFOS (max. 0,12 µg/l) |
| Phase IIa-1 Untersuchungen (Gibs, 2015): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Zweimalige Beprobung/Analytik zweier Grundwassermessstellen (CMT, DP4 und P2); keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei PFOS (max. 0,09 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 6 Linersondierungen bis max. 4 m Tiefe, daraus 29 Bodenproben, Analytik von 16 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; keine Überschreitung der vorläufigen Stufenwerte (PFOS max. 0,07 µg/l) |
| Grundwasser: | Errichtung/Untersuchung einer Direct-Push-Grundwassersondierung (GWS-32), Zweimalige Beprobung/Analytik zweier Grundwassermessstellen (CMT, DP4 und P2); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei GWS-32 (PFOS 0,5 µg/l, PFHxS (0,4 µg/l)) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt |
| Bewertung nach BFR BoGwS: | Kat. A |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |

5.2.11.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Gemäß einer bundeswehrinternen historischen Recherche durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 wurde bei dem unter KVF 503 beschriebenen flugtechnischen Problems eines Militärflugzeuges im Zeitraum 2008/2009 ein weiterer ca. 300 m langer Schaumteppich aus PFC-haltigen Feuerlöschmitteln im Bereich der KVF 504 ausgelegt. Es besteht der Verdacht, dass die ausgebrachten Löschmittel sich bis in die angrenzenden, unversiegelten Grünflächen ausbreiteten und dort in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone eine Belastung durch PFC hervorrufen.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 6 Ansatzpunkten (je drei auf beiden Seiten der Landebahn, Bezeichnung LT-07 – LT-12) 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
- Zweimalige Beprobung/PFC-Analytik (13 Einzelparameter) der Bestandsmessstellen P3 und P9

Bei der Positionierung der Ansatzpunkte wurde die Ausprägung der Landebahn vor dem Umbau 2014/2015 berücksichtigt. Die Ansatzpunkte wurden im Randbereich der ehemaligen Schulterflächen positioniert.

5.2.11.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Die bundeswehrinterne historische Recherche durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 ergab des Weiteren, dass im Zuge der havarierten F-4F (Phantom) ein zweiter Löschschaumteppich im Bereich der östlichen Hackenfänge ausgelegt wurde. Dabei wurden 16.000 l Wasser-Schaumgemisch bzw. 800 l Schaummittel auf einer Fläche von ca. 300 m x 40 m ausgebracht.

An den östlichen Hackenfängen wurde zudem einmalig zu Übungszwecken ein Schaumteppich ausgelegt, bei dem ebenfalls 800 l Schaummittel eingesetzt wurde.

Eine detaillierte Baubeschreibung der Start-/Landebahn vor nach dem Umbau kann dem Kapitel 5.2.10.2 (Recherchen und Datenaufbereitungen) der KVF 503 entnommen werden.

5.2.11.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den sechs Liner Sondierungen angetroffene Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m



u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag in Tiefen von ca. 1,6 - 2,2 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.11.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-41 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt. Eine teufengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.

Tabelle 5-41: Kontaminationsverteilung KVF 504 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [µg/l] je Schicht | | | | | | | | Andere einstufigsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|---|---|--------|------|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| LT-7 | 5 | 3 | 4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | n.n. | n.n. | |
| LT-8 | 6 | 4 | 4 | <0,01 | 0,03 | <0,01 | <0,01 | | | | 0,03 | 0,03 | |
| LT-9 | 6 | 3 | 4 | <0,01 | <0,01 | | 0,03 | | | | 0,03 | 0,03 | |
| LT-10 | 5 | 3 | 4 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | | | | | 0,01 | 0,01 | |
| LT-11 | 5 | 3 | 4 | <0,01 | <0,01 | 0,01 | | | | | 0,01 | 0,01 | |
| LT-12 | 6 | 4 | 4 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | 0,01 | 0,01 | |

Im Bereich der KVF 503 wurden an keinem der sechs Aufschlüsse die vorläufigen Stufenwerte überschritten. Dabei wurden maximale PFOS-Konzentrationen von 0,07 µg/l ermittelt.

Grundwasseruntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-42 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Tabelle 5-42: Konzentrationsentwicklung KVF 504 für PFOS und PFHxS

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [µg/l] | | | | | | | | PFHxS [µg/l] | | | | | | | |
|-----------|-------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|----------|
| | | Sep 2013 | Mrz 2014 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Sep 2013 | Mrz 2014 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 |
| GWM | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P3 | | 0,14 | | 0,14 | 0,16 | 0,08 | 0,08 | 0,2 | 0,2 | 0,08 | | 0,078 | 0,069 | 0,03 | 0,04 | 0,1 | 0,09 |
| P9 | | | 0,028 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | | | 0,039 | 0,029 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |

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

Im Nahbereich der KVF 504 befinden sich die Grundwassermessstellen P3 und P9 im An- bzw. Seitstrombereich. Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden an der P3 (PFOS 0,2 µg/l) im seitlichen Anstrom der KVF ermittelt. An der P9 (Abstrom/Seitstrom) wurden geringere PFC-Gehalte bis max. 0,06 µg/l PFOS und damit keine Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte ermittelt.

5.2.11.5 Auswertungen und Interpretationen

Die durchgängig unauffälligen Untersuchungsergebnisse der Bodenuntersuchungen deuten darauf hin, dass im Bereich der KVF 504 keine signifikanten oberflächlichen PFC-Einträge stattgefunden haben.

Die in der im seitlichen Anstrom gelegene Grundwassermessstelle P3 festgestellten Belastungen im Grundwasser stehen vermutlich nicht im originären Zusammenhang mit der KVF 504, sondern sind vermutlich auf den belasteten Grundwasserabstrom weiterer KF/KVF (KF 500 „Alte Feuerwache“, KVF 264 „Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr“, KVF 440 „ehemaliger Feuerwehrstellplatz Ost“) zurückzuführen, sodass bei derzeitigem Kenntnisstand auch über den Grundwasserpfad kein signifikanter PFC-Eintrag für die KVF 504 nachgewiesen werden kann.

5.2.11.6 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-40 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 504. Aufgrund der unauffälligen Boden- und Grundwasserbefunde kann für die KVF 504 der Gefahrenverdacht als ausgeräumt gelten.

Nach BFR BoGwS erfolgt bei derzeitigem Kenntnisstand die Einstufung in die Kategorie A.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Tabelle 5-43: Zusammenfassung KVF 504 „Löschschaumteppich Hakenfänge“

| KVF 504 „Löschschaumteppich Hakenfänge“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|---|---|
| Nutzung: | Löschschaumeinsätze an der Start-/Landebahn |
| Dauer: | Singuläre Ereignis im Zeitraum 2008/2009 |
| Grundwasseruntersuchungen PFT (Gibs, 2014): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Untersuchung von 2 Grundwassermessstellen (P3, P9); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei P3 für PFOS (max. 0,16 µg/l) |
| Phase IIa-1 Untersuchungen (Gibs, 2015): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Untersuchung von 2 Grundwassermessstellen (P3, P9); keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei P3 (PFOS max. 0,08 µg/l) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 6 Linersondierungen bis max. 4 m Tiefe, daraus 33 Bodenproben, Analytik von 20 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; keine Überschreitung der vorläufigen Stufenwerte (PFOS max. 0,03 µg/l) |
| Grundwasser: | Untersuchung von 2 Grundwassermessstellen (P3, P9); Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei P3 für PFOS (max. 0,2 µg/l) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt |
| Bewertung nach BFR BoGwS: | Kat. A |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |

5.2.12 KVF 505: Landebahn allgemein

Abbildung 5-23 zeigt einen Übersichtsplan der KVF 505.

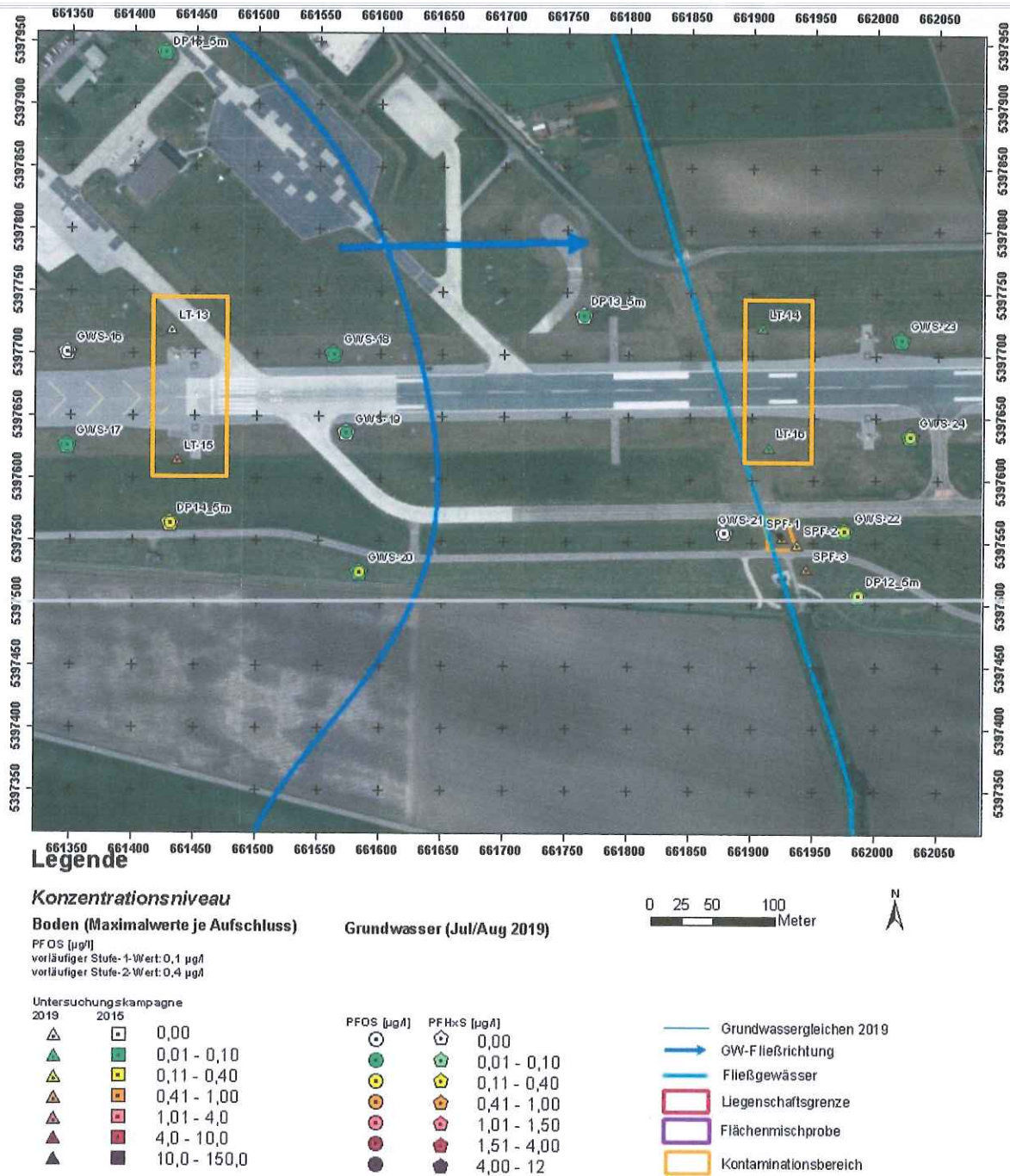


Abbildung 5-23: Lageplan KVF 505



5.2.12.1 Kontaminationshypothesen und Untersuchungsstrategie

Gemäß einer bundeswehrinternen historischen Recherche durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 wurden ab 2001 gelegentliche kleinräumige Landebahnschäumungen an den „Hackenfängen“ ausgelegt. Es besteht der Verdacht, dass die ausgebrachten Löschmittel sich bis in die angrenzenden, unversiegelten Grünflächen ausbreiteten und dort in der ungesättigten/gesättigten Bodenzone eine Belastung durch PFC hervorrufen. Weitere Havarien/Löschschaumeinsätze (mit Ausnahme der KVF 503 und KVF 504) sind im Bereich der Start-/Landebahn nicht bekannt, sodass mit den Untersuchungen an den westlichen Hackenfängen allen potentiellen Verdachtspunkten im Bereich der Start-/Landebahn Rechnung getragen wurde.

Im Untersuchungskonzept vom 08. November 2018 wurde folgende Untersuchungsstrategie festgelegt:

- Bodenuntersuchungen (Liner-Sondierungen) an 4 Ansatzpunkten (je zwei auf beiden Seiten der Landebahn im Bereich der westlichen (alten) Hackenfänge, Lokalisierung durch Luftbilder vor Umbau Landebahn, Bezeichnung LT-13 – LT-16) 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
- Durchführung von sechs Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-16 – GWS-19, GWS-23 - GWS-24, Entnahmetiefe ca. 5 m u. GOK, siehe Anlage 2) im Umgriff der Landebahn der KVF mit PFC-Analytik (13 Einzelparameter)
- Zweimalige Beprobung/PFC-Analytik (13 Einzelparameter) der Bestandsmessstelle DP13 (CMT-Messstellen)

Bei der Positionierung der Liner-Ansatzpunkte wurde die Ausprägung der Landebahn vor dem Umbau 2014/2015 berücksichtigt. Die Ansatzpunkte wurden im Randbereich der ehemaligen Schulterflächen positioniert.

5.2.12.2 Recherchen und Datenaufbereitungen

Die bundeswehrinterne historische Recherche durch das BAIUDBw KompZ BauMgmt M K 6 ergab zudem, dass ab dem Jahr 2001 an den „Hackenfängen“ gelegentliche kleinräumige Landebahnschäumungen (jeweils ca. 1 l AFFF) zur Abdeckung von ausgelaufenem Kerosin durchgeführt wurden.

Der westlich des Längenmühlbachs gelegene Teil der Landebahn ist nicht an den Regenwasserkanal angeschlossen. Hier wird das anfallende Niederschlagswasser ebenfalls durch Drainageleitungen abgeführt. An welchen Stellen das Niederschlagswasser versickert bzw. vor Umbau der Landebahn versickerte, konnte nicht in Erfahrung gebracht werden.

5.2.12.3 Boden- und Untergrundaufbau

Der bei den vier Linersondierungen angetroffene Untergrundaufbau ist in Anlage 4 dargestellt. Unter geringmächtigen humosen Oberboden- bzw. Auffüllungsbereichen wurden überwiegend (fein-)sandige bis kiesige Lagen bis zur Endteufe (Tiefe max. 4,0 m u. GOK) erkundet. Der Übergang zur gesättigten Bodenzone lag in Tiefen von ca. 1,6 - 2,2 m u. GOK. Die Sondierungen bestätigen die bislang gewonnenen lithologischen Erkenntnisse.

5.2.12.4 Ergebnisse chemischer Analysen

Bodenuntersuchungen

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-44 exemplarisch für den Einzelparameter PFOS schichtbezogen dargestellt (Grün-Färbung: Überschreitung Stufe-1-Wert, Orange-Färbung: Überschreitung Stufe-2-Wert). Bei vereinzelt Bodenproben, bei denen PFOS nicht der einstufigsrelevante Parameter ist, wird der zur bodenschutzrechtlichen Einstufung herangezogene Einzelparameter mit aufgeführt. Eine teufengetreue Darstellung unter Berücksichtigung der PFOS-Konzentration, der Bodenart und des Feuchtegehalts befindet sich in Anlage 2.

Tabelle 5-44: Kontaminationsverteilung KVF 505 anhand des Einzelparameters PFOS

| Aufschluss | Anzahl Proben | Anzahl Analysen | Ent-tiefe | PFOS-Konzentration [µg/l] je Schicht | | | | | | | | Andere einstufigsrelevante Einzelparameter | |
|------------|---------------|-----------------|-----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|---|---|--------|------|--|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Mittel | Max | | |
| LT-13 | 5 | 3 | 4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | | | | n.n. | n.n. | |
| LT-14 | 5 | 3 | 4 | 0,01 | 0,02 | <0,01 | | | | | 0,02 | 0,02 | |
| LT-15 | 5 | 4 | 4 | 0,56 | <0,01 | 0,34 | <0,01 | | | | 0,45 | 0,56 | |
| LT-16 | 6 | 4 | 4 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,04 | | | | 0,04 | 0,04 | |

Im Bereich der KVF 505 wurden an einem der vier Aufschlüsse die vorläufigen Stufe-2-Werte überschritten. An den restlichen Aufschlüssen wurden keine Stufenwertüberschreitungen festgestellt (PFOS max. 0,04 µg/l). Die Stufenwertüberschreitungen gehen ausschließlich auf den Einzelparameter PFOS zurück.

An der LT-15 wurden die höchsten Gehalte mit Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte (PFOS max. 0,56 µg/l) gemessen. Es zeigt sich eine heterogene vertikale Schadstoffverteilung mit den höchsten Gehalten in der obersten Bodenschicht (0,0 – 0,5 m u. GOK). Auch in größerer Tiefe (bis 2,0 m u. GOK) konnten deutliche PFC-Befunde mit Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte ermittelt werden. Darunter wurden, mit Übergang zur gesättigten Bodenzone, keine PFC mehr nachgewiesen.

Grundwasseruntersuchungen



Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 5-45 exemplarisch für die Hauptparameter PFOS und PFHxS dargestellt.

Tabelle 5-45: Konzentrationsentwicklung KVF 505 für PFOS und PFHxS

| Messpunkt | Tiefe | PFOS [$\mu\text{g/l}$] | | | | | | PFHxS [$\mu\text{g/l}$] | | | | | |
|---------------|-------|--------------------------|----------|----------|----------|--------------|----------|---------------------------|----------|----------|----------|--------------|----------|
| | | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 | Jul 2014 | Sep 2014 | Mai 2015 | Aug 2015 | Jul/Aug 2019 | Okt 2019 |
| CMT | | | | | | | | | | | | | |
| DP4 | 3m | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | | | <0,01 | <0,01 | 0,01 | <0,01 | | |
| DP4 | 5m | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,1 | 0,09 | 0,028 | 0,036 | 0,05 | 0,03 | 0,07 | 0,06 |
| DP4 | 7m | 0,04 | 0,07 | 0,08 | 0,06 | | | 0,026 | 0,042 | 0,06 | 0,04 | | |
| DP13 | 3m | <0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | | | <0,05 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | | |
| DP13 | 5m | <0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | <0,05 | 0,013 | 0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,01 |
| DP13 | 7m | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | | | 0,014 | 0,018 | 0,01 | 0,01 | | |
| GWM | | | | | | | | | | | | | |
| P1 | | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,014 | 0,015 | 0,02 | 0,02 | <0,01 | <0,01 |
| P2 | | 0,08 | 0,12 | 0,09 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,059 | 0,074 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,05 |
| P3 | | 0,14 | 0,16 | 0,08 | 0,08 | 0,2 | 0,2 | 0,078 | 0,069 | 0,03 | 0,04 | 0,1 | 0,09 |
| P9 | | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,039 | 0,029 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| DP_GWS | | | | | | | | | | | | | |
| GWS-16 | | | | | | <0,01 | | | | | | <0,01 | |
| GWS-17 | | | | | | 0,06 | | | | | | 0,03 | |
| GWS-18 | | | | | | 0,05 | | | | | | 0,07 | |
| GWS-19 | | | | | | 0,02 | | | | | | <0,01 | |
| GWS-23 | | | | | | 0,1 | | | | | | 0,02 | |
| GWS-24 | | | | | | 0,2 | | | | | | 0,05 | |
| GWS-25 | | | | | | 0,04 | | | | | | 0,02 | |
| GWS-32 | | | | | | 0,5 | | | | | | 0,4 | |

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

Im Nahbereich der westlichen Hackenfänge befinden sich die CMT-Messstelle DP13 (Seit- bis Abstrom) und die Direct-Push-Grundwassersondierungen GWS-16, GWS-17 (beide Anstrom), GWS-18, GWS-19, GWS-23 und GWS-24 (Seit- bis Abstrom). Überschreitungen der vorläufigen Schwellenwerte wurden ausschließlich an der GWS-24 (PFOS 0,2 $\mu\text{g/l}$) ermittelt, welche sich östlich der Hackenfänge auf der Südseite der Start-/Landebahn befindet. Bei der GWS-23, die ebenfalls östlich der Hackenfänge, jedoch auf der Nordseite der Start-/Landebahn positioniert wurde, wurde für PFOS der vorläufige Schwellenwert von 0,1 $\mu\text{g/l}$ exakt erreicht.

An allen weiteren Grundwasseraufschlüssen wurden deutlich geringere PFC-Gehalte (PFOS max. 0,06 $\mu\text{g/l}$) nachgewiesen.

Auswertungen und Interpretationen

Die Untersuchungen an der KVF 505 „Landebahn allgemein“ erbrachten an einem Bodenaufschluss (LT-15) erhöhte PFC-Gehalte mit Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte und damit den Beleg eines Eintrags von PFC-haltigen Schaummitteln in die ungesättigte Bodenzone. Eine hinreichende laterale Abgrenzung der Kontaminationsfläche konnte durch die aktuell durchgeführten Untersuchungen nicht erzielt werden.

In der gesättigten Bodenzone wurden im östlichen Abstrom der westlichen Hackenfänge erhöhte PFC-Gehalte mit Überschreitung (GWS-24) bzw. Erreichen (GWS-23) der vorläufigen Schwellenwerte festgestellt, für die jedoch bei derzeitigem Kenntnisstand der kausale Zusammenhang zu Belastungen in der ungesättigten Bodenzone fehlt.

5.2.12.5 Zusammenfassende Beurteilung

Tabelle 5-46 zeigt zusammenfassend die Untersuchungsergebnisse der KVF 505. Die Untersuchungen erbrachten an einem der vier Aufschlusspunkte Überschreitungen der vorläufigen Stufe-2-Werte am Ort der Probenahme. PFC-Konzentrationen im Bereich der Stufe-1-Werte wurden auch im Übergangsbereich zur gesättigten Bodenzone festgestellt, sodass auch am Ort der Beurteilung bodenschutzrechtlich relevante Konzentrationen oberhalb der vorläufigen Stufenwerte nicht ausgeschlossen werden können. Die PFC-Leitlinie (2017) präzisiert für den Schadstoff PFC die Beurteilungskriterien folgendermaßen:

„Der Rückhalt von PFC in der ungesättigten Bodenzone ist sehr gering und dadurch vernachlässigbar. Demzufolge können die S4-Eluat-Konzentrationen i.d.R. auf das Sickerwasser am „Ort der Beurteilung“ übertragen werden.“

Demnach kann beim Parameter PFC auf Sickerwasser- und/oder Transportprognosen verzichtet werden und direkt auf den Prüfwert am O.d.B. Bezug genommen werden.

Laut Merkblatt 3.8/1 erhärtet sich daraus ein hinreichender Gefahrenverdacht für eine Altlast / schädliche Bodenveränderung, was weitere Untersuchungen auf dem Niveau einer Detailuntersuchung erforderlich macht.

In der gesättigten Bodenzone wurden im Bereich der östlichen Hackenfänge an einem Grundwasseraufschluss (GWS-24) die vorläufigen Schwellenwerte überschritten. Der kausale Zusammenhang zu PFC-Belastungen im Boden kann derzeitig nicht hergestellt werden.

Zusammenfassend hat sich an der KVF 505 ein hinreichender Gefahrenverdacht erhärtet, sodass weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung (Phase IIb) notwendig werden.

Die letztendliche Entscheidung zu diesem Punkt treffen die zuständigen Behörden.

Laut BFR BoGwS ergibt sich u. E. eine Einstufung in die Kategorie E.

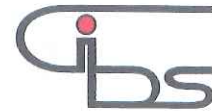


Tabelle 5-46: Zusammenfassung KVF 505 „Landebahn allgemein“

| KVF 505 „Landebahn allgemein“ (ausschließlich auf PFC bezogen) | |
|---|---|
| Nutzung: | Gelegentliche Löschschaumeinsätze an der Start-/Landebahn im Bereich der Hackenfänge |
| Dauer: | Seit 2001 |
| Grundwasseruntersuchungen PFT (Gibs, 2014): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Errichtung und Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP13); keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte (PFOS (max. 0,03 µg/l)) |
| Phase IIa-1 Untersuchungen (Gibs, 2015): | |
| Boden: | Keine Bodenuntersuchungen |
| Grundwasser: | Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP13); keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte (PFOS (max. 0,02 µg/l)) |
| Durchgeführte Untersuchungen Phase IIb-1: Gibs (2019): | |
| Boden: | 4 Linersondierungen bis max. 4 m Tiefe, daraus 21 Bodenproben, Analytik von 14 Bodenproben (S4-Eluat) auf PFC; Überschreitung der vorläufigen Stufe-2-Werte in 1 Sondierung bzw. 1 Proben, Überschreitung der vorläufigen Stufe-1-Werte in 1 Sondierung bzw. 1 Proben |
| Grundwasser: | Untersuchung einer Grundwassermessstelle (CMT, DP13); keine Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte (PFOS (max. 0,02 µg/l)); Durchführung und PFC-Analytik von 6 Direct-Push-Grundwassersondierungen (GWS-16- GWS-19, GWS-23, GWS-24), Überschreitung der vorläufigen Schwellenwerte bei GWS-24 (PFOS 0,2 µg/l) |
| Bewertung u. Schadensbereiche: | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt |
| Bewertung nach BFR BoGWS: | Kat. E |
| Vorgeschlagene Maßnahmen: | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |



6 Empfehlungen für das weitere Vorgehen

Im Zuge der Orientierenden Untersuchungen (Phase IIa) wurden insgesamt 12 KVF erkundet und für das weitere Vorgehen die Einstufung gemäß Tabelle 7-1 (siehe Kapitel 7) vorgenommen.

Die weiterführenden Maßnahmen, die aufgrund der Einstufung in Kategorie E, notwendig werden, sind im Folgenden aufgeführt.

Einstufung in Kategorie E

Bei folgenden KVF wurden Kontaminationen festgestellt. Für eine abschließende Gefährdungsabschätzung sind jedoch weitere Daten erforderlich (v.a. Ausdehnung der Kontamination), die im Zuge einer Detailuntersuchung (Phase IIb) erhoben werden sollen (Einstufung in Kategorie E):

- **KVF 037: Lagerraum für Löschmittel (Gebäude 234; inkl. KVF 407 ehemaliger Abscheider Gebäude 234)**
- **KVF 264: Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr (inkl. KVF 390: ehemaliger Abscheider nordwestlich Geb. 202 und KVF 439: ehemaliger Feuerwehrstellplatz Mitte)**
- **KVF 438: ehemaliger Feuerwehrstellplatz West**
- **KVF 440: ehemaliger Feuerwehrstellplatz Ost**
- **KVF 448: Baggerbrand**
- **KVF 501: Neue Feuerwache**
- **KVF 505: Landebahn allgemein**

7 Zusammenfassung und Empfehlung

Mit Datum vom 07. Juni 2019 wurde das Ingenieurbüro Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG vom Staatlichen Bauamt Ingolstadt mit dem Projekt „PFC-Untersuchung nach Phase IIa/b am NATO-Flugplatz Neuburg a.d. Donau“ (Vertragsnr. 19 D 0346, Maßnahmennummer 40352 C 0001) nach Vorgabe der Baufachlichen Richtlinien Boden- und Grundwasserschutz (BFR BoGWS) für den Wirkungspfad Boden – Grundwasser beauftragt.

Im Zuge des Projektes wurden an zwei KF Detailuntersuchungen (Phase IIb) durchgeführt, die im Endbericht vom 03.02.2020 dokumentiert sind.

Der vorliegende Bericht bewertet und dokumentiert die Orientierenden Untersuchungen (Phase IIa) an insgesamt 12 KVF. Die Bewertung der untersuchten KVF ist zusammenfassend in Tabelle 7-1 dargestellt.

Bei insgesamt sieben Kontaminationsverdachtsflächen sind weitere Untersuchungen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt, was zur **Einstufung in die Kategorie E** führt. An diesen KVF konnte durch die Phase IIa-2 Untersuchungen der Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet bzw. eine erhebliche Grundwasserverunreinigung nachgewiesen werden.

An den restlichen fünf Standorten konnte der Gefahrenverdacht durch die aktuellen Untersuchungen ausgeräumt und eine **Einstufung in die Kategorie A** vorgenommen werden.

Die letztendliche Entscheidung zum weiteren Vorgehen obliegt den zuständigen Behörden.

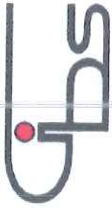


Tabelle 7-1: Zusammenfassende Bewertung der untersuchten KF/KVF

| KF/ KVF | Lokalität | Bewertung und Schadensbereiche: | Bewertung nach BFR BoGwS: | Vorgeschlagene Maßnahmen: |
|------------|---|---|---------------------------|--|
| 037 | Lageraum für Löschmittel (Gebäude 234) | Gefahrenverdacht erhärtet und erhebliche Grundwasser- verunreinigung bestätigt; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt | Kat. E | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |
| 264 | Ehemalige Lagerhalle Feuerwehr (inkl. KVF 390 und KVF 439) | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt | Kat. E | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |
| 299 | Feuerwehrstellplatz West | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt | Kat. A | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |
| 301 | Feuerwehrstellplatz Mitte | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt | Kat. A | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |
| 438 | ehemaliger Feuerwehrstellplatz West | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt | Kat. E | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |
| 440 | Feuerwehrstellplatz Ost | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt | Kat. E | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |
| 448 | Baggerbrand | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt | Kat. E | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |
| 501 | Neue Feuerwache | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt | Kat. E | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich. Sofortmaßnahmen an den Versickerungsbecken erforderlich |
| 502 | Lärmschutzhalle/Triebwerksstände | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt | Kat. A | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |
| 503 | Löschschaumteppich für F-4F | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt | Kat. A | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |
| 504 | Löschschaumteppich Hakenfänge | Verdacht bei derzeitigem Kenntnisstand ausgeräumt | Kat. A | Keine weiteren Maßnahmen erforderlich |
| 505 | Landebahn (Bereiche ohne bekannte Löschschaummeinsätze) | Gefahrenverdacht hinreichend erhärtet; weitere Erkundungsmaßnahmen im Sinne einer Detailuntersuchung angezeigt | Kat. E | Weitere Maßnahmen zur Eingrenzung der Belastungen in der gesättigten und ungesättigten Bodenzone erforderlich |



8 Literaturverzeichnis und Liste der Rechtsvorschriften

Literatur

- [1] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2014): NATO-Flugplatz Neuburg, Grundwasseruntersuchung PFT – Nürnberg.
- [2] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2015): NATO-Flugplatz Neuburg, Bodenuntersuchungen im Bereich des ehem. Feuerwehrübungsbeckens – Nürnberg.
- [3] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2015): "Neubau Kontrollturm" Neuburg a. d. Donau; Bauwasserhaltung; Abschlussbericht zum Betrieb einer Aktivkohle-Reinigungsanlage – Nürnberg.
- [4] BAIUDBw Kompetenzzentrum Baumanagement München Referat K6: diverse Unterlagen zur PFC-Historie am NATO-Flugplatz Neuburg/Donau – München.
- [5] Staatliches Bauamt Ingolstadt: diverse Unterlagen zur PFC-Historie am NATO-Flugplatz Neuburg/Donau – Ingolstadt.
- [6] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU, 2012): PFC-Untersuchungen in Oberflächengewässern in Umfeld von Flughäfen – München.
- [7] Pionierschule und Fachschule des Heeres für Bautechnik (1995): Geologische / Hydrogeologische Verhältnisse im Bereich des Fliegerhorst Neuburg / Donau – München.
- [8] Tauw gmbH (2014): Fliegerhorst Neuburg a.d. D., Untersuchung von Boden und Grundwasser auf Schadstoffe inkl. PFT – Regensburg.
- [9] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2015): Endbericht Orientierende Untersuchung Phase IIa am Nato-Flugplatz Neuburg a.d. Donau – Nürnberg.
- [10] Mull & Partner Ingenieurgesellschaft GmbH (M&P, 2018): Historische Erkundung NATO-Flugplatz Neuburg – München.
- [11] Gibs geologen + ingenieure GmbH & Co. KG (Gibs, 2018): PFC-Untersuchungskonzept für weitere Untersuchungen nach Phase IIa/b NATO-Flugplatz Neuburg/D – Nürnberg.
- [12] Sellhoff GmbH (2014): LAK Teil A
- [13] Peter Fischer (2016): „Fluviale Morphodynamik und eigendynamische Entwicklung“. Untersuchungen an einem naturnahen Umgebungsbach im Auwald zwischen Neuburg und Ingolstadt. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der Mathematisch-Geographischen Fakultät der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt.

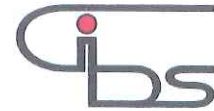
- [14] Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (2015): Klimadaten Wetterstation Burgheim
- [15] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2019): Tageswerte Grundwasserstände 2014 – 2019 Grundwassermessstelle Heinrichsheim 34.02, Messstellen-Nr.: 11664, Betreiber Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt, Augsburg.
- [16] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2010): Umgang mit fluorhaltigen Löschschäumen in NRW. Recklinghausen.

Kartengrundlagen

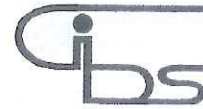
- [17] Geologische Karte von Bayern 1:25.000, Nr. 7233, Blatt Neuburg a. d. Donau
- [18] Hydrogeologischer Karte (HK) von Bayern im Maßstab 1:100.000, Planungsregion 10 Ingolstadt
- [19] Hydrogeologischer Karte (HK) von Bayern im Maßstab 1:500.000
- [20] BayernAtlas, Bayerische Vermessungsverwaltung

Rechtsvorschriften, Richtlinien und Merkblätter

- [21] Bundes-Bodenschutzgesetz: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG) vom 17.03.1998.
- [22] Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999.
- [23] Wasserhaushaltsgesetz (WHG) vom 31.07.2009.
- [24] Bayerisches Gesetz zur Ausführung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (Bayerisches Bodenschutzgesetz – BayBodSchG) vom 23.02.1999.
- [25] Bayerisches Wassergesetz (BayWG) vom 25.02.2010.
- [26] Bayer. Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2017): Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden. München.
- [27] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Merkblatt 3.8.1: Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer, 31.10.2001.
- [28] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser/Boden (LAWA/LABO) (2006): Grundsätze des nachsorgenden Grundwasserschutzes bei punktuellen Schadstoffquellen, Mainz.
- [29] Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI), Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) (2018): Baufachliche Richtlinien Boden- und Grundwasserschutz, Berlin/Bonn.



- [30] Bayer. Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2018): Hinweise für Sachverständige und Untersuchungsstellen Boden/Wasser, Newsletter vom 26.06.2018. Augsburg.



Nürnberg, 10. März 2020



GEOLOGEN + INGENIEURE GMBH & CO. KG
DEICHSLERSTRASSE 25, D - 90489 NÜRNBERG



(Sachverständiger §18
BBodSchG SG 1, 2, 5)



(Sachverständiger §18
BBodSchG SG 2, SG 6)



(Projektleitung)