

*Umweltplanung Dr. Klimsa
Friedrich-Ebert-Str. 20, 14467 Potsdam*
Telefon 0331.70439888
Telefax 0331.70439886
mobil 0178.4530972
info@klimsa-umweltplanung.de
www.klimsa-umweltplanung.de

Umweltplanung Dr. Klimsa · Friedrich-Ebert-Str. 20· 14467 Potsdam

Grün Berlin GmbH
Columbiadamm 10, Turm 7
Herr Dechant
12101 Berlin

Steuer-Nr.: 048/239/00156
Konto Dr. Kurt Klimsa
IBAN: DE95 1007 0848 0466 4454 00
BIC: DEUTDEDB110
13055.04 THF Mon 170102 rev
170705
Datum: 05.07.2017

BV FH Tempelhof, Stilllegung und Rückbau von Leichtflüssigkeitsabscheidern, Sanierung des LFA 15 und des Feuerwehrübungsplatzes

Grundwassermonitoring - 4. Quartal 2016

Inhalt

1	Einleitung	2
1.1	Veranlassung und Ausgangslage.....	2
1.2	Wirksame Stoffe	2
1.3	Quellenangaben.....	3
1.4	Geologie des Standortes.....	3
2	Durchgeführte Untersuchungen und erzielte Ergebnisse.....	4
3	Bewertung.....	6
4	Empfehlungen zum weiteren Vorgehen.....	6
5	Kosten und zeitliche Planung.....	7

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Übersichtskarte Luftbild
Darstellung der PFC-Verteilung im Grundwasser Kennzeichnung der vorgeschlagenen Sondierungspositionen
- Anlage 2: Probenahmeprotokolle
- Anlage 3: Laborprüfberichte

1 Einleitung

1.1 Veranlassung und Ausgangslage

Im Rahmen der Entwicklung des Tempelhofer Parks durch die Grün Berlin GmbH erfolgte von Nov. 2013 – März 2014 der Rückbau des Leichtflüssigkeitsabscheiders LFA 15 und des Feuerwehrübungsplatzes. Dabei wurden sanierungsrelevante Belastungen im Untergrund durch PFOS/PFOA, BTEX und KW festgestellt, die durch Bodenaustausch beseitigt wurden [4].

Darüber hinaus wurde ein Schadstoffeintrag von PFOS/PFOA in das Grundwasser festgestellt. Die festgestellte Grundwasserbelastung stellte keine Gefährdung von Schutzgütern dar, aus der ein Sanierungserfordernis abzuleiten wäre. In Abstimmung mit der zuständigen Bodenschutzbehörde wurde jedoch eine jährliche Grundwasseruntersuchung an der Grundwassermessstelle GWMS 01/14 zur Überwachung der Schadentwicklung etabliert.

Zudem wurde für die Untersuchungen im September 2016 festgelegt, dass neben den Leitsubstanzen PFOS und PFOA weitere relevante PFC-Einzelverbindungen bei der Untersuchung berücksichtigt werden.

Aufgrund der im September erzielten Untersuchungsergebnisse mit deutlich erhöhten PFC-Einzelverbindungen in der Grundwasserprobe der GWMS 01/14 erfolgte im Anschluss im November 2016 die Grundwasseruntersuchung von Grundwasserproben aus vier Testbrunnen des Tempelhofer Feldes.

Der vorliegende Bericht zeigt die Ergebnisse oben beschriebenen Untersuchungen.

1.2 Wirksame Stoffe

Perfluorooctansulfonsäure (PFOS) und Perfluorooctansäure (PFOA) sind zwei Leitsubstanzen der mehr als 800 Stoffe umfassenden Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) [5]. PFC bestehen aus Kohlenstoffketten unterschiedlicher Längen, bei denen die Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ausgetauscht sind. Sie werden seit den 1950er Jahren aus der industriellen und privaten Nutzung emittiert. Aufgrund ihrer oberflächenaktiven Eigenschaften (wasser-, fett- und schmutzabweisend) werden sie zur Herstellung von Regen- und Funktionstextilien, in Feuerlöschschäumen, in Beschichtungen, in Kabelummantelungen, in Kunstfaserbeschichtungen sowie zur Veredelung von Papier und Bauprodukten als auch in der Luftfahrt, Militär und Medizintechnik verwendet [1] [6]. Eintragspfade in die Umwelt sind unzureichend gereinigte Industrieabwässer, der Einsatz von Feuerlöschschaum oder die Entsorgung von PFC-haltigen Abfällen auf Deponien. Des Weiteren werden flüchtige Vorläufersubstanzen in die Atmosphäre eingetragen und zu PFC umgewandelt [3][6].

PFCs haben persistente Eigenschaften. Sie zeichnen sich durch hohe thermische und chemische Stabilität sowie durch ihren amphiphilen Charakter aus [1] [6]. Kurzkettige (bis zu einer Kettenlänge von acht Kohlenstoffatomen) sind gegenüber langkettigen PFC gut wasserlöslich und besitzen eine geringe Bindungsaffinität gegenüber organischem Material. Deshalb werden diese Stoffe überwiegend in wässrigen Matrizen nachgewiesen, obwohl sie auch in Böden, Sediment und Klärschlamm zu finden sind. Durch ihre oberflächenaktive Eigenschaft sammeln sie sich meist auf der Grundwasseroberfläche an. Perfluorierte Verbindungen unterliegen keinem natürlichen Abbau. Polyfluorierte Substanzen werden zumindest teilweise zu perfluorierten Verbindungen abgebaut [5][3].

Die Substanz PFOA ist nach Angaben des Bundesinstituts für Risikobewertung nicht akut toxisch, wird aufgrund der langen Persistenz im menschlichen Körper jedoch kritisch angesehen. Sie wird in der REACH-Kandidatenliste der besonders besorgniserregenden Stoffe aufgeführt.

Grundwassermonitoring Sept./Nov. 2016
Bericht vom 02.01.2017, Revision vom 05.07.2017

PFOS ist nach Angaben des Bundesinstituts für Risikobewertung nicht akut toxisch, wird aufgrund der langen Persistenz im menschlichen Körper jedoch kritisch angesehen. Der Vertrieb und die Verwendung von PFOS sind seit 2006 (EU-Richtlinie 2006/122/EG) bzw. 2008 (Gefahrstoffverordnung sowie Chemikalien-Verbotsverordnung) verboten. Im Jahr 2009 wurde PFOS von der Stockholmer Konvention in die Liste der zu beschränkenden Stoffe aufgenommen (Anhang B) [1]. Darüber hinaus wird die Substanz in Anhang VI, Tabelle 3.1 der EG-GHS-Verordnung gelistet [2].

Die LAWA nennt einen Leitwert für Geringfügigkeitsschwellenwerte in Bezug auf den Wirkungspfad Boden – Grundwasser, der für PFOS 0,1 µg/l beträgt. Als Vorsorgewert halten UBA und die Trinkwasserkommission (TWK) des Bundesgesundheitsministeriums für Summen stark akkumulierender PFC einen Jahresmittelwert von maximal 0,1 µg/L für angemessen [1][5].

Für folgende Verbindungen lassen sich laut humantoxikologischen Daten gleiche oder ähnliche Wirkmechanismen und damit eventuell additive Effekte auf die menschliche Gesundheit vermuten: PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS, PFHxA, PFBS, PFBA. Daher wurde neben den Schwellenwerten (SW) für die genannten Einzelstoffe auch eine Summenregelung festgelegt. Die Summenbedingung lautet:

$$\sum \left(\frac{C_n}{SW_n} \right) \leq 1$$

Dabei ist C_n die Konzentration der jeweiligen PFC-Verbindung. Der Summenwert gilt als eingehalten, wenn die Quotientensumme ≤ 1 ist. [1]

1.3 Quellenangaben

- [1] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2017); Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden.
- [2] Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung – GESTIS Stoffdatenbank, - Eintrag Perfluorooctansulfonsäure - Stand 2016; [http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$vid=gestisdeu:sdbdeu\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates$fn=default.htm$vid=gestisdeu:sdbdeu$3.0) [Zugriff: 08.12.2016]
- [3] Franzius/Altenbockum/Gerhold (2015); – Handbuch der Altlastensanierung und Flächenmanagement, Band 2, Aktualisierung, 3. Aufl., Kapitel 4211 – 4212
- [4] Umweltplanung Dr. Klimsa, 29.05.2014: Schlussdokumentation zum BV FH Tempelhof, Stilllegung und Rückbau von Leichtflüssigkeitsabscheidern, Sanierung des LFA 15 und des Feuerwehrübungsplatzes
- [5] Umweltbundesamt Dessau-Roßlau (2009); PER- UND POLYFLUORIERTE CHEMIKALIEN-Einträge vermeiden - Umwelt schützen. 17 S.
- [6] DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) Karlsruhe (2014); Entwicklung vom Sanierungsverfahren für PFC-Schadensfälle am Beispiel des Flughafens Nürnberg – Schlussbericht, 53 S.
- [7] OECD (2013); OECD/UNEP Global PFC Group, Synthesis paper on per- and polyfluorinated chemicals (PFCs), Environment, Health and Safety, Environment Directorate, OECD
- [8] Schwabe, S. (2013): Gefahrenbeurteilung – Sanierungsplanung Tempelhofer Freiheit – Teilfläche Alter Hafen, Imago Umwelt-Consult-OHG, 39 S.
- [9] Basisbestandsplan Tempelhofer Freiheit, Stand 08.07.2011
- [10] FIS Broker Berlin, Flurabstand des Grundwassers 2009, Stand: 01.05.2010, http://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?Szenario=fbinter_jsc [Zugriff 08.12.2016]

1.4 Geologie des Standortes

Der Standort Tempelhofer Feld gehört naturräumlich zur Hochfläche der Teltower Platte, südlich des Berlin-Warschauer Urstromtals [1]. Die mittlere Geländehöhe liegt bei ca. 46 m NHN. Dabei fällt das

Grundwassermonitoring Sept./Nov. 2016
Bericht vom 02.01.2017, Revision vom 05.07.2017

Gelände im Süden des Belastungsgebietes von ca. 48 m NHN im südlichen Teil nach Norden auf ca. 43 m NHN [8].

Die Ablagerungen der Teltowhochfläche sind weichselkaltzeitliche Bildungen, bestehend aus Geschiebemergel und durchlässigen Sanden in Wechsellagerung. Lokal wurden in Bohrungen überwiegend sandige Bildungen angetroffen, teilweise mit bindigen Anteilen, [4].

Der Grundwasserflurabstand liegt im östlichen Teil der Fläche bei 10 – 15 m u GOK, im westlichen Teil zwischen 15 – 20 m u. GOK und am westlichen Rand bei 7 – 10 m u. GOK. Der mittlere Flurabstand des Grundwassers beträgt etwa 10 – 15 m. Lokal kann sich ggf. oberflächennahes Grundwasser („Schichtenwasser“) ausbilden [4] [10].

Gemäß vorliegenden Datengrundlagen ist von einer nördlichen bis nordwestlichen Grundwasserfließrichtung mit teilweise stagnierenden Verhältnissen auszugehen [8] [10].

2 Durchgeführte Untersuchungen und erzielte Ergebnisse

Auf dem Standort befinden sich im Bereich des ehemaligen Feuerwehrübungsplatzes eine Grundwassermessstelle (GWMS 1/14) sowie vier 5“-Testbrunnen (TB 1 – TB 4) im weiteren Umfeld. Testbrunnen 1 liegt ca. 340 m nordnordöstlich der GWMS 01/14, Testbrunnen 2 ca. 215 m nordnordwestlich, Testbrunnen 3 ca. 280 m nordwestlich und Testbrunnen 4 ca. 490 m östlich der GWMS 01/14. Die örtlichen Lagen der untersuchten Testbrunnen und der Grundwassermessstelle GWMS 01/14 sind dem Übersichtsplan in der Anlage 1.1 zu entnehmen.

In der folgenden Tabelle 1 sind die Ausbaudaten kurz zusammengestellt.

Tab. 1: Ausbaudaten für die GWMS 01/14, sowie der Testbrunnen 1-4

Ausbau	GWMS 01/14	Testbrunnen 1	Testbrunnen 2	Testbrunnen 3	Testbrunnen 4
Geländehöhe	ca. 46,9 m NHN	45,72m NHN	44,19m NHN	43,22m NHN	48,49m NHN
Filteroberkante	14,10 m u. GOK	15,30 m u. GOK	12,20 m u. GOK	14,60 m u. GOK	-/-
Filterunterkante	16,10 m u. GOK	25,00 m u. GOK	16,00 m u. GOK	24,00 m u. GOK	-/-
Max. Förderleistung	0,9 m ³ /h	12,60 m ³ /h	13,80 m ³ /h	11,70 m ³ /h	12,80 m ³ /h
Brunnentiefe	16,14 m u. ROK	25,28 m u. GOK	16,20 m u. GOK	24,55 m u. GOK	22,65 m u. GOK
Wasserspiegel in Ruhe	14,50 m u. GOK	12,70 m u. GOK	11,60 m u. GOK	10,65 m u. GOK	15,90 m u. GOK

Am 30.09.2016 erfolgte eine Grundwasserprobenahme an der Grundwassermessstelle GWM 01/14 im Bereich des ehemaligen Feuerwehrübungsplatzes. Am 04.11.2015 erfolgte eine Grundwasserprobenahme an den vier Testbrunnen. Die labortechnischen Untersuchungen umfassten die Bestimmung der Parameter PFOA und PFOS sowie weiterer PFC-Einzelverbindungen. Auf die Bestimmung der Parameter BTEX und KW wurde in Abstimmung mit der zust. Bodenschutzbehörde verzichtet.

Die Probenahmeprotokolle und die Laborprüfberichte sind den Anlagen zu entnehmen.

Grundwassermonitoring Sept./Nov. 2016
Bericht vom 02.01.2017, Revision vom 05.07.2017

Die folgende Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung der Daten zur Stichtagsmessung.

Tab. 2: Messwerte der Stichtagsmessung 30. September 2016 (GWMS01/14) bzw. 04. November 2016 (Testbrunnen 1-4)

	Geländehöhe in m ü. NHN	Wasserspiegel in Ruhe in m u. GOK	Grundwasserspiegel in m ü. NHN
Testbrunnen 1	45,72	12,70	33,02
Testbrunnen 2	44,19	11,60	32,59
Testbrunnen 3	43,22	10,65	32,57
Testbrunnen 4	48,49	15,90	32,59
GWMS 01/14	ca. 46,9	14,50	ca. 32,4

Auf die Ermittlung eines Grundwasserisohypsenplans wurde verzichtet.

Die folgende Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die anhand der GWMS 01/14 erzielten Ergebnisse aus 2016, einschließlich der bisher ermittelten Ergebnisse aus den Grundwasseruntersuchungen ab Februar 2014. Zudem sind die Messwerte den aktuellen Schwellenwerten (SW) für die Beurteilung von PFC im Grundwasser gegenübergestellt [1]. Im Falle einer Überschreitung dieser Werte liegt i. d. R. eine schädliche Veränderung des Grundwassers im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) vor [1].

Tab. 3: Messwerte ausgewählter PFC-Verbindungen der Grundwasseruntersuchungen seit 2014 an der GWMS 01/14 und Schwellenwerte für die Beurteilung von PFC im Grundwasser [1]

Probenbezeichnung	Dim.	14- 023448-01	14- 121265-01	15- 113918-01	16- 156178-01	Schwellen- wert SW
Entnahmedatum		19.02.2014	28.08.2014	06.08.2015	30.09.2016	
Perfluorooctansulfonsäure PFOS	µg/l	2	1,2	3,9	4,4	0,1
Perfluorooctansäure PFOA	µg/l	4,9	3,8	7,1	8,6	0,1
Perfluorononansäure PFNA	µg/l	-/-	-/-	-/-	-/-	0,06
Perfluorhexansulfonsäure PFHxS	µg/l	-/-	-/-	-/-	74	0,1
Perfluorhexansäure PFHxA	µg/l	-/-	-/-	-/-	14	6,0
Perfluorbutansulfonsäure PFBS	µg/l	-/-	-/-	-/-	9,2	6,0
Perfluorbutansäure PFBA	µg/l	-/-	-/-	-/-	2,3	10,0
∑ (Cn/SWn)		-/-	-/-	-/-	874	1,0
Perfluorpentansäure PFPeA	µg/l	-/-	-/-	-/-	3,2	3,0
Perfluorheptansäure PFHpA	µg/l	-/-	-/-	-/-	2,2	0,3
Perfluorheptansulfonsäure PFHpS	µg/l	-/-	-/-	-/-	2,3	0,3

Die Ergebnisse aus der im September 2016 durchgeführten Grundwasseruntersuchung für die Grundwassermessstelle GWMS 01/14 zeigen die bislang höchsten gemessenen Konzentrationen von PFOA

Grundwassermonitoring Sept./Nov. 2016
Bericht vom 02.01.2017, Revision vom 05.07.2017

und PFOS. Es lässt sich ein Trend der Zunahme der PFOS- und PFOA- Konzentrationen in der Messstelle GWMS 01/14 ableiten. Hierbei steigt die PFOS-Konzentration von 2,0 µg/l (2014) auf 4,4 µg/l (2016) und die PFOA-Konzentration von 4,9 (2014) auf 8,6 (2016).

Die zusätzlich im Untersuchungsprogramm aufgenommenen Einzelparameter zeigen in der Probe der GWM 01/14 sehr starke Belastungen mit 74 µg/l PFHxS und 14 µg/l PFHxA.

Die Ergebnisse der daraufhin veranlassten Grundwasseruntersuchungen an den vier Testbrunnen sind in der folgenden Tabelle 4 zusammenfassend dargestellt. In Tabelle 4 sind lediglich die Parameter aufgeführt sind, deren Werte in den Testbrunnen oberhalb der Bestimmungsgrenze lagen.

Tab 4: *Ermittelte PFC-Konzentrationen in den Grundwasserproben der vier Testbrunnen und GWMS 01/14 aus 2016 sowie die Schwellenwerte (SW) für die Beurteilung von PFC im Grundwasser [1]. (Parameter, deren Werte in den Testbrunnen oberhalb der Bestimmungsgrenze lagen.)*

Testbrunnen/ Messstelle	Dim.	Test- brunnen 1	Test- brunnen 2	Test- brunnen 3	Test- brunnen 4	GWMS 01/14	SW
Probenbe- zeichnung		16-177509- 01	16-177509- 02	16-177509- 03	16-177509- 04	16-156178- 01	
Entnahmeda- tum		04.11.2016	04.11.2016	04.11.2016	04.11.2016	30.09.2016	
PFOS	µg/l	-/-	-/-	-/-	-/-	4,4	0,1
PFOA	µg/l	-/-	-/-	0,18	-/-	8,6	0,1
PFHxS	µg/l	-/-	0,09	0,24	-/-	74	0,1

Die Untersuchungsergebnisse der Grundwasserproben aus den zusätzlich betrachteten Testbrunnen zeigen Spuren bzw. erhöhte PFC-Gehalte in den Testbrunnen 2 und 3. Somit ist von einer bereits messbaren Schadensausbreitung im Grundwasserleiter mit einer Schadstofffahne von mind. 280 m auszugehen. Eine grafische Darstellung der aus den Messwerten abgeleiteten Schadstoffverteilung ist der Anlage 1.2 zu entnehmen.

3 Bewertung

Die Ergebnisse belegen eine bereits eingetretene, relevante Belastung des Grundwassers. Aufgrund der als nachgewiesen anzusehenden Schadstoffausbreitung kann eine Gefährdung von Schutzgütern nicht ausgeschlossen werden bzw. es ist von einer Gefährdung auszugehen.

Eine Grundwassernutzung im Schadensbereich findet nicht statt. Daher besteht keine akute Gefahrensituation für nachgeordnete Schutzgüter.

Für eine Gefährdungsabschätzung sind weitere Untersuchungen, die Rückschlüsse auf horizontale und vertikale Schadstoffverteilungen, Schadstofffrachten und Quellterme zulassen, erforderlich.

Weiterführende Maßnahmen sollten kurzfristig umgesetzt werden.

4 Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Wir empfehlen zur Verifizierung der Ergebnisse kurzfristig die nächsten Probennahmen an der Grundwassermessstelle 01/14, den Testbrunnen 1-4 sowie den Grundwassermessstellen P7 und P74 im Grundwasser-Schadensbereich ‚Alter Hafen‘ (s. Anlage 1.2) im Juli/August 2017 mit Untersuchung der zehn Einzelparameter

- Perfluoroktansulfonsäure (PFOS)
- Perfluorooctansäure (PFOA)
- Perfluorbutansäure (PFBA)

Grundwassermonitoring Sept./Nov. 2016
Bericht vom 02.01.2017, Revision vom 05.07.2017

- Perfluorpentansäure (PFPA)
- Perfluorhexansäure (PFHxA)
- Perfluorheptansäure (PFHpA)
- Perfluorononansäure (PFNA)
- Perfluordekansäure (PFDA)
- Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
- Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS).

Auf eine Messung weiterer perfluorierter Carbon- und Sulfonsäuren kann zunächst abgesehen werden.

Wir empfehlen Detailuntersuchungen zur Abgrenzung der Schadstoffbelastungen und Ermittlung von Frachten und Quellstärken. Hierzu sollten mindestens drei bis vier Grundwassermessstellen (GWMS) zur Erfassung und Überwachung der Grundwasserfahne eingerichtet werden. Zur Optimierung der Positionierung der GWMS empfiehlt es sich, Grundwassersondierungen (Direkt Push oder vergleichbar) vorzunehmen. Ein Vorschlag zur Positionierung von neun Grundwassersondierungen ist im Lageplan in der Anlage 1.2 grafisch gekennzeichnet. Auf der Grundlage der Sondierungsergebnisse können dann Lage und Anzahl der zu errichtenden GWMS mit dem Ziel der horizontalen Abgrenzung der Schadstofffahne festgelegt werden.

Zudem werden im Bereich des vermuteten Schadensherdes des Feuerwehrübungsplatzes Rahmkernsondierungen bis zum Grundwasseranschnitt empfohlen (s. Anlage 1.2). Dabei sollte die Tiefenverteilung der Schadstoffe ermittelt werden, um einen ggf. im ungesättigten Bereich noch vorhandenen Quellterm lokalisieren und quantifizieren zu können. In 2014 durchgeführte Bodenuntersuchungen zeigten von oben nach unten sinkende PFC-Gehalte in den Böden. Für den Parameter PFOS ergaben sich dabei mit der Bodentiefe abnehmende PFOS-Gehalte (von 1.110 µg/kg auf 41 µg/kg). In der gesättigten Zone lag mit 190 µg/kg wieder eine erhöhte PFOS-Konzentration vor.

Weiterhin sollte die GWMS 01/14 bei der Einmessung der neu zu installierenden Grundwassermessstellen berücksichtigt werden.

5 Kosten und zeitliche Planung

Für die empfohlenen Maßnahmen ergibt sich folgende Kostenschätzung gemäß Tabelle 5. Die Kosten beruhen auf aktuellen Preisanfragen.

Tab 5: Kostenschätzung vorgeschlagene Maßnahmen

Maßnahme	Gesamtbetrag in €
Grundwasserprobenahme von vier Testbrunnen einschl. Kurzpumpversuch sowie von drei 2" GWMS	3.800,00 €
Grundwasserprobenahme im Direct-Push/TVTR-Verfahren, 16 m	6.700,00 €
Errichtung von vier 2"-GWMS einschl. Grundwasserprobenahme, 16 m	12.400,00 €
Vier Rammkernsondierungen einschl. Bodenprobenahme, 16 m	2.000,00 €
Laborleistungen: PFC-Bestimmung in Grundwasser- und Bodenproben	5.400,00 €
Summe	30.300,00 €

Grundwassermonitoring Sept./Nov. 2016
Bericht vom 02.01.2017, Revision vom 05.07.2017


Zur zeitlichen Überwachung wird folgender Zeitplan gemäß Tabelle 6 angenommen.

Tab 6: *Zeitplan für vorgeschlagene Maßnahmen*

Maßnahme	Zeitraum
Nächste Monitoringkampagne unter Einbeziehung der vier Testbrunnen, der GWMS 01/14 sowie der GWMS P 7 und P74 im Schadensbereich ‚Alter Hafen‘	Juli/August 2017
Konzeption der Maßnahmen, Abstimmen mit Behörde	Juli/August 2017
Ausschreibung/Ausführung Grundwassersondierungen/Ausbau von vier Grundwassermessstellen	August/September/Oktober 2017
Auswertung und Berichtlegung	November/Dezember 2017

Potsdam, 05.07.2017

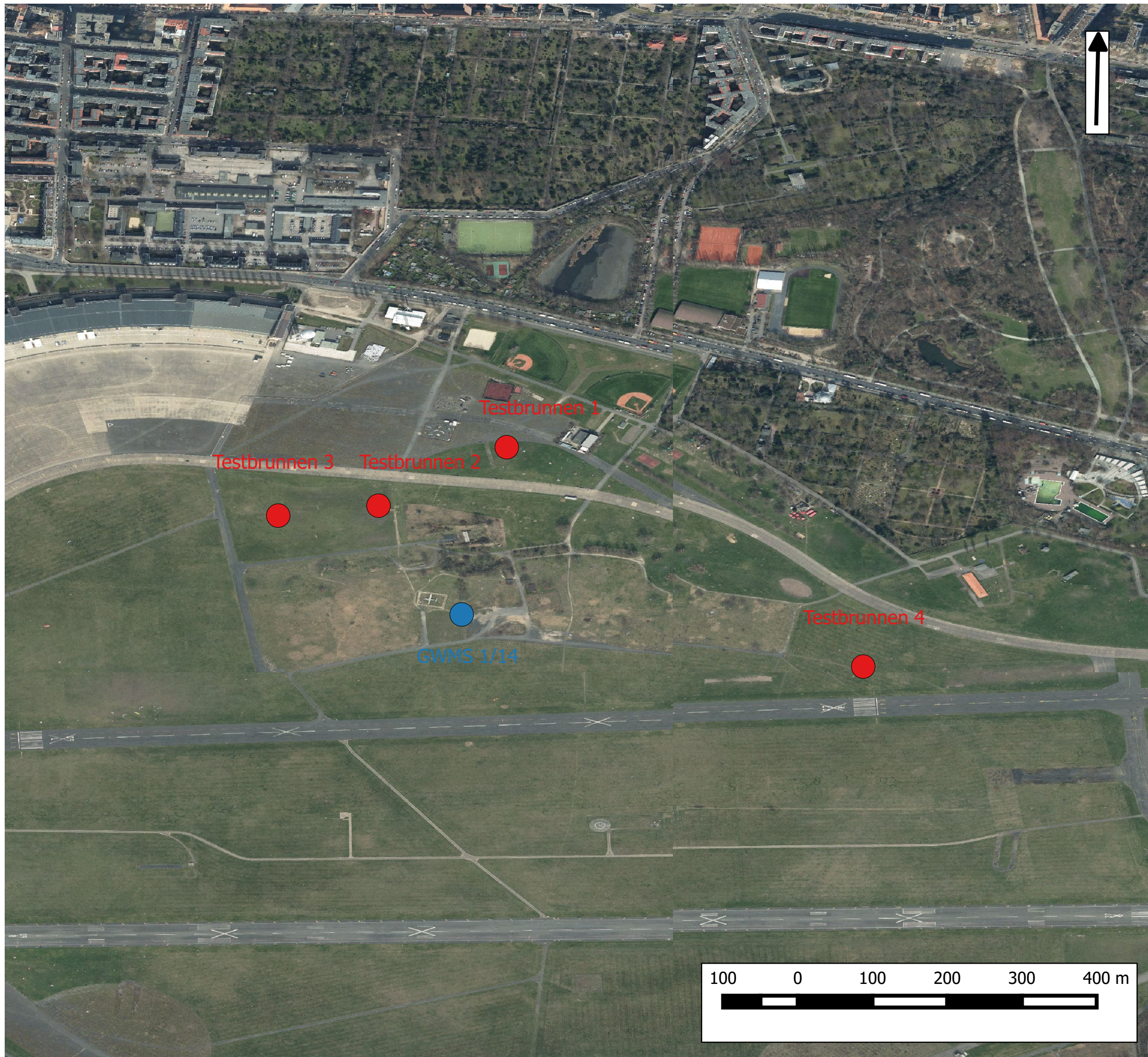

Tetiana Tsenova


Dr. Kurt Klimsa

Anlage 1

Übersichtskarte Luftbild

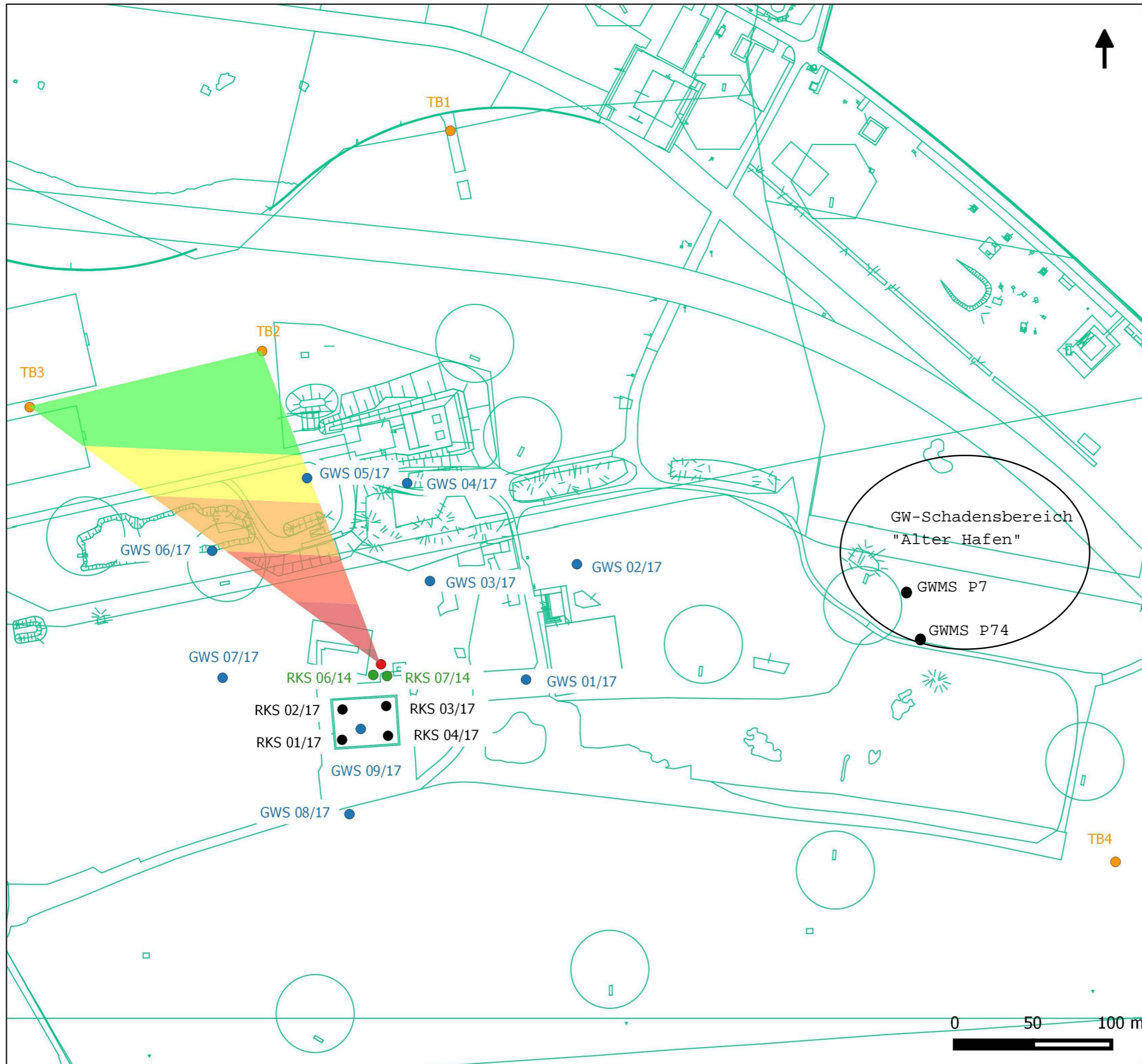
Darstellung der PFC-Verteilung im Grundwasser und
Kennzeichnung der vorgeschlagenen Sondierungspositionen



Legende

- GMWS_1_14
 - Testbrunnen
- Luftbilder 2016 (Orthophotos)

Vorhaben: BV FH Tempelhof, Stilllegung und Rückbau von Leichtflüssigkeitsabscheidern, Sanierung des LFA 15 und des Feuerwehrübungsplatzes Grundwassermonitoring - 4. Quartal 2016	
Auftraggeber: Grün Berlin GmbH Columbiadamm 10, Turm 7 12101 Berlin	
Planung: Umweltplanung Dr. Klimsa Gutenbergstraße 71/72 14467 Potsdam	
Maßstab: 1:1.500	gezeichnet: U.Schenke
Format: DIN A3	geprüft: Dr. Klimsa
Datum: 15.12.2016	Kartengrundlage: "Geoportal Berlin" / [Digitale farbige Orthophotos]
Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N 7 stellen	Dokumentname: THF Mon Entwurf
Übersichtskarte Luftbild	
Anlage 1.1	



Legende

- Testbrunnen
 - GWMS 1/14
 - Rammkernsondierungen 2014
 - Vorschläge zur Rammkernsondierung
 - Vorschläge zur Grundwassersondierung
- Σ Perfluorcarbon- & Perfluorsulfonsäure in µg/l
- < 1
 - > 1
 - > 3
 - > 10
 - > 30
 - > 100

<p>Vorhaben: BV FH Tempelhof, Stilllegung und Rückbau von Leichtflüssigkeitsabscheidern, Sanierung des LFA 15 und des Feuerwehrübungsplatzes Grundwassermonitoring - 4. Quartal 2016</p>	
<p>Auftraggeber: Grün Berlin GmbH Columbiadamm 10, Turm 7 12101 Berlin</p>	
<p>Planung: Umweltplanung Dr. Klimsa Gutenbergstraße 71/72 14467 Potsdam</p>	
<p>Maßstab: 1:2.500</p>	<p>gezeichnet: U.Schenke</p>
<p>Format: DIN A3</p>	<p>geprüft: Dr. Klimsa</p>
<p>Datum: 02.01.2016</p>	<p>Grundlage: Basisbestandsplan Tempelhofer Freiheit</p>
<p>Koordinatensystem: DHDN/Soldner Berlin</p>	<p>Dokumentname: 13055.04 BV FH Tempelhof Monitoring 2016</p>
<p>Darstellung der PFC-Verteilung im Grundwasser und Kennzeichnung der vorgeschlagenen Sondierungspositionen</p>	
<p>Anlage 1.2</p>	

Tempelhofer Feld
Rückbau LFA / ehemaliger Feuerwehrübungsplatz

Umweltplanung
Dr. Klimsa

Grundwassermonitoring September 2016,
Bericht vom 02.01.2017, Revision vom 03.07.2017

Anlage 2

Probenahmeprotokolle

Protokoll zur Grundwasserprobenentnahme

Blatt 1 von 1

Objekt: **GW-Untersuchung ehem. FW-
 Übungsfläche, Flughafen Berlin-
 Tempelhof** Datum: **30.09.2016**

Messstellenbezeichnung: **GWM 01/14** Untersuchungslabor: **WESSLING GmbH, Berlin**
 Proben - Nr.: **1**

Hochwert: **5815352,2** Rechtswert: **33391525,5** Koord.-System: **ETRS 89**

1. Angaben zur Entnahmestelle:

Art der Probenahmestelle: **GWM** Innendurchmesser: **50** mm
 Filteroberkante: **14,1** m u. GOK Filterunterkante: **16,1** m u. GOK
 Ausbausohle: **16,14** m u. ROK Messpunkthöhe: **0,08** m u GOK
 Ausbaumaterial: **PVC** (Unterflur)

2. Allgemeine Angaben zur Probennahme

Anlass der Probennahme: **GW-Untersuchung
 08/2014** Entnahmeggerät: **MPI**
 Art der Probennahme: **Pumpprobe** Steigrohrmaterial: **HDPE**
 Witterungsbedingungen: **bedeckt** Lufttemperatur: **22** °C
 Pumpbeginn: Uhrzeit **10:59** Pumpende: Uhrzeit **11:19**

3. Angaben zur Durchführung der Probennahme

Wasserspiegel vor Entnahme: **14,450** m u. ROK 5' nach Entnahme: **14,46** m u. ROK
 Ölphase von: **ohne** m u. ROK bis: **ohne** m u. ROK
 Förderstrom: Abpumpvorgang **6,0** l/min Fördermenge **120** l
 Entnahmetiefe: **16,00** m u. ROK Austausch: **ca. 32** Pegelinhalt

4. Untersuchungen während der Probennahme

Färbung: 1 farblos, 2 weiß, 3 grau, 4 gelb, 5 braun Bodensatz: 1 ohne, 2 Spuren, 3 geringfügig, 4 wesentlich
 6 schwarz, 7 violett

Trübung: 1 keine, 2 schwach, 3 stark Geruch: 5 1 ohne, 2 aromatisch, 3 faulig, 4 jauchig,
 5 chemisch, 6 Chlor, 7 Mineralöl, 8 Kraftstoff

	Pump- beginn	5 Minuten	10 Minuten	15 Minuten	20 Minuten	Minuten	Minuten	Probe- nahme	Einheit
Wassertemperatur	15,8	14,1	13,6	13,7	13,8			13,8	°C
pH-Wert	7,18	6,69	6,56	6,57	6,59			6,59	
elektr. Leitfähigkeit	971	904	886	886	886			886	µS/cm
Redoxpotential korr.	294	305	309	310	311			311	mV
Sauerstoffgehalt	--	2,46	1,48	1,47	1,50			1,50	mg/l
Wasserspiegel	14,450	14,51	14,25	14,52	14,52			14,52	m u. ROK

5. Untersuchungsparameter, Probengefäße und Konservierungsmaßnahmen

Untersuchungsparameter	Konservierung	Probenvolumen	Kennzeichnung	Probengefäß
PFOS	Kühlung	2 x 1000 ml	GWM 01/14	BGL / BGL

6. Bemerkungen: *Unterflurkammer defekt - Deckel fehlt //*

Messwertkonstanz erreicht ? *ja*

7. Probenübergabe: am 30.09.2016 um 12:00 Uhr Übergabe an WESSLING GmbH, Berlin
 (Kühlung und dunkle Lagerung der Proben während des Transports und Lagerung auf 4 - 8°C)

8. Probennehmer: 30.09.2016 *Hasse*

Datum/Unterschrift:

H. Hasse



Bericht über alle Daten und Werte der 4 Tiefbrunnen

Unsere Auftrags Nr.: 2307.16

**Bauherr: GRÜN BERLIN GmbH,
Columbiadamm 10, Turm 7, 12101 Berlin**

Baumaßnahme: Tempelhofer Feld

**Leistung: Grundwasserprobenahme von 4 Testbrunnen
zur Überwachung der PFC-Konzentrationen**

Die Grundwasserprobenahme, beauftragt von der Firma Umweltplanung Dr. Klimsa, Gutenbergstraße 71/72, 14467 Potsdam, wurde am 04.11.2016, mit dem Teufenbezugspunkt Geländeoberkante durchgeführt.

Zum Zeitpunkt der Grundwasserbeprobung lagen uns alle Dokumentationen aus dem Jahr 2011 vor.

Unsere Arbeiten wurden durch eine Mitarbeiterin der Firma Umweltplanung Dr. Klimsa begleitet.

Zur Entnahme der geforderten Grundwasserproben wurde vorab ein Brunnentest nach DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W 111 durchgeführt.

Die Entnahme der Wasserproben erfolgte nach DVGW-Regelwerk, Arbeitsblatt W 112. Probenahmegefäße wurden uns bauseits zur Verfügung gestellt.

Nach abgeschlossener Probenahme an allen 4 Testbrunnen wurden die entnommenen Proben am 04.11.2016 zur Laboranalyse an die Wessling GmbH in Berlin übergeben.

Eine organoleptische Untersuchung, sowie die Untersuchung der "vor Ort" Parameter Lufttemperatur, Wassertemperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert, Redoxpotential waren nicht Beauftragung unserer Leistungen.

Zur Erreichung der Zielvorgaben wurde die Firma Louis Lohde GmbH - Wasserversorgung, Berlin beauftragt, folgende Gerätschaften vorzuhalten:

- Persönliche Schutzausrüstung (PSA)
- Aushebe- und Bedienschlüssel
- Dräger X-am 5000 Gasmess- und Warngerät (geeicht)
- Mess- und Prüfgerät nach VDE
- Hydrometrisches Messgerät, Kabellichtlot mit Akustiksignal für Wasserstandsmessung
- Hydrometrisches Messgerät; Grundtaster für Tiefenlotung
- Wasserzähler-Mengenmesseinrichtung (geeicht), einschl. Schlauchleitungen
- Notstromaggregat 10 kVA

Messdaten der Testbrunnen Nr. 1 - 4:

(Teufenzugangspunkt Geländeoberkante)

Testbrunnen Nr. 1

Gelotete Brunnentiefe: 25,28 m
Wasserspiegel in Ruhe: 12,70 m
max. Förderleistung: 12,60 m³/h

Testbrunnen Nr. 2

Gelotete Brunnentiefe: 16,20 m
Wasserspiegel in Ruhe: 11,60 m
max. Förderleistung: 13,80 m³/h

Testbrunnen Nr. 3

Gelotete Brunnentiefe: 24,55 m
Wasserspiegel in Ruhe: 10,65 m
max. Förderleistung: 11,70 m³/h

Testbrunnen Nr. 4

Gelotete Brunnentiefe: 22,65 m
Wasserspiegel in Ruhe: 15,90 m
max. Förderleistung: 12,80 m³/h

LOUIS LOHDE GmbH - Wasserversorgung



Thomas Klemstein
Geschäftsführer

Tempelhofer Feld
Rückbau LFA / ehemaliger Feuerwehrübungsplatz

Umweltplanung
Dr. Klimsa

Grundwassermonitoring September 2016,
Bericht vom 02.01.2017, Revision vom 03.07.2017

Anlage 3

Laborprüfberichte

WESSLING GmbH, Haynauer Str. 60, 12249 Berlin

Umweltplanung Dr. Klimsa
Herr Dr. Kurt Klimsa
Gutenbergstraße 71 / 72
14467 Potsdam

Geschäftsfeld: Umwelt
Ansprechpartner: S. Schulz
Durchwahl: +49 30 77 507 402
Fax: +49 30 77 507 444
E-Mail: stefan.schulz@wessling.de

Prüfbericht

Untersuchung von Wasser Projekt: THF

Prüfbericht Nr.	CBE16-016397-1	Auftrag Nr.	CBE-05835-16	Datum	14.10.2016
Probe Nr.	16-156178-01				
Eingangsdatum	30.09.2016				
Bezeichnung	GWM 01/14				
Probenart	Wasser, allgemein				
Probenahme durch	Dr. Klimsa				
Probengefäß	2x 1L PE-Flasche				
Anzahl Gefäße	2				
Untersuchungsbeginn	30.09.2016				
Untersuchungsende	14.10.2016				

Perfluorierte Carbon- und Sulfonsäuren

Probe Nr.	16-156178-01		
Bezeichnung	GWM 01/14		
Perfluorbutansäure (PFBA)	µg/l	W/E	2,3
Perfluorpentansäure (PFPA)	µg/l	W/E	3,2
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	W/E	14
Perfluorheptansäure (PFHpA)	µg/l	W/E	2,2
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	W/E	8,6
Perfluorononansäure (PFNoA)	µg/l	W/E	<0,05
Perfluordecansäure (PFDA)	µg/l	W/E	<0,05
Perfluorundecansäure (PFUnA)	µg/l	W/E	<0,1
Perfluordodecansäure (PFDoA)	µg/l	W/E	<0,1
Perfluorbutan-1-sulfonsäure (PFBS)	µg/l	W/E	9,2
Perfluorhexan-1-sulfonsäure (PFHxS)	µg/l	W/E	74
Perfluoroctan-1-sulfonsäure (PFOS)	µg/l	W/E	4,4
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	µg/l	W/E	<0,05
Summe Perfluorcarbon- und Perfluorsulfonsäure	µg/l	W/E	120
Summe von PFOA und PFOS	µg/l	W/E	13
7H-Perfluorheptansäure	µg/l	W/E	<0,5

Prüfbericht Nr.	CBE16-016397-1	Auftrag Nr.	CBE-05835-16	Datum	14.10.2016
Probe Nr.					16-156178-01
1H,1H,2H,2H-Perfluorooctansulfonsäure	µg/l	W/E	<0,5		
Perfluor-3,7-dimethyloctansäure	µg/l	W/E	<0,1		
2H,2H-Perfluordecansäure	µg/l	W/E	<0,1		
2H,2H,3H,3H-Perfluorundecansäure	µg/l	W/E	<0,1		
Perfluor-n-tetradecansäure	µg/l	W/E	<0,1		
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	µg/l	W/E	2,3		
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluor-hexansulfonsäure (4:2 FTS)	µg/l	W/E	<0,1		
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)	µg/l	W/E	<0,1		

Prüfbericht Nr. **CBE16-016397-1** Auftrag Nr. **CBE-05835-16** Datum **14.10.2016**

16-156178-01

Kommentare der Ergebnisse:

PFC W, 7H-PFHpA: Aufgrund von Matrixstörungen wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, Perfluorundecansäure (PFUnA): Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

Abkürzungen und Methoden

Perfluorierte Carbon- und Sulfonsäuren in Wasser

DIN 38407-42^A**ausführender Standort**

Umweltanalytik Altenberge

WE

Wasser/Eluat

**Stefan Schulz**

Dipl.-Ing. Technischer Umweltschutz

Abteilungsleiter Umwelt und Wasser

WESSLING GmbH
Haynauer Straße 60 · 12249 Berlin
www.wessling.de

WESSLING GmbH, Haynauer Str. 60, 12249 Berlin

Umweltplanung Dr. Klimsa
Herr Dr. Kurt Klimsa
Gutenbergstraße 71 / 72
14467 Potsdam

Geschäftsfeld: Umwelt
Ansprechpartner: S. Schulz
Durchwahl: +49 30 77 507 402
Fax: +49 30 77 507 444
E-Mail: stefan.schulz@wessling.de

Prüfbericht

Untersuchung von Wasser Projekt: THF - Projekt Nr. 13055

Prüfbericht Nr.	CBE16-019261-1	Auftrag Nr.	CBE-05835-16	Datum	28.11.2016
Probe Nr.		16-177509-01	16-177509-02		
Eingangsdatum		04.11.2016	04.11.2016		
Bezeichnung		13055 - GWM 1	13055 - GWM 2		
Probenart		Grundwasser	Grundwasser		
Probenahme		04.11.2016	04.11.2016		
Probenahme durch		Fa Lohde	Fa Lohde		
Probengefäß		2 x 500 ml PE	2 x 500 ml PE		
Anzahl Gefäße		2	2		
Untersuchungsbeginn		04.11.2016	04.11.2016		
Untersuchungsende		28.11.2016	28.11.2016		

Prüfbericht Nr. **CBE16-019261-1** Auftrag Nr. **CBE-05835-16** Datum **28.11.2016**
Perfluorierte Carbon- und Sulfonsäuren

Probe Nr.			16-177509-01	16-177509-02
Bezeichnung			13055 - GWM 1	13055 - GWM 2
Perfluorbutansäure (PFBA)	µg/l	W/E	<0,5	n. a.
Perfluorpentansäure (PFPA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorheptansäure (PFHpA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluornonansäure (PFNoA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluordecansäure (PFDA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorundecansäure (PFUnA)	µg/l	W/E	<0,1	<0,1
Perfluordodecansäure (PFDoA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorbutan-1-sulfonsäure (PFBS)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorhexan-1-sulfonsäure (PFHxS)	µg/l	W/E	<0,05	0,09
Perfluoroctan-1-sulfonsäure (PFOS)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Summe Perfluorcarbon- und Perfluor	µg/l	W/E	-/-	0,09
Summe von PFOA und PFOS	µg/l	W/E	-/-	-/-
7H-Perfluorheptansäure	µg/l	W/E	<0,5	<0,5
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäu	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluor-3,7-dimethyloctansäure	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
2H,2H-Perfluordecansäure	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
2H,2H,3H,3H-Perfluorundecansäure	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluor-n-tetradecansäure	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluor-hexansulfon	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluordecansulfons	µg/l	W/E	<0,05	<0,05

Prüfbericht Nr.	CBE16-019261-1	Auftrag Nr.	CBE-05835-16	Datum	28.11.2016
Probe Nr.		16-177509-03	16-177509-04		
Eingangsdatum		04.11.2016	04.11.2016		
Bezeichnung		13055 - GWM 3	13055 - GWM 4		
Probenart		Grundwasser	Grundwasser		
Probenahme		04.11.2016	04.11.2016		
Probenahme durch		Fa Lohde	Fa Lohde		
Probengefäß		2 x 500 ml PE	2 x 500 ml PE		
Anzahl Gefäße		2	2		
Untersuchungsbeginn		04.11.2016	04.11.2016		
Untersuchungsende		28.11.2016	28.11.2016		

Perfluorierte Carbon- und Sulfonsäuren

Probe Nr.			16-177509-03	16-177509-04
Bezeichnung			13055 - GWM 3	13055 - GWM 4
Perfluorbutansäure (PFBA)	µg/l	W/E	<0,5	<0,5
Perfluorpentansäure (PFPA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorhexansäure (PFHxA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorheptansäure (PFHpA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluoroctansäure (PFOA)	µg/l	W/E	0,18	<0,05
Perfluorononansäure (PFNoA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluordecansäure (PFDA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorundecansäure (PFUnA)	µg/l	W/E	<0,1	<0,1
Perfluordodecansäure (PFDoA)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorbutan-1-sulfonsäure (PFBS)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorhexan-1-sulfonsäure (PFHxS)	µg/l	W/E	0,24	<0,05
Perfluoroctan-1-sulfonsäure (PFOS)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluordecansulfonsäure (PFDS)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Summe Perfluorcarbon- und Perfluor	µg/l	W/E	0,42	-/-
Summe von PFOA und PFOS	µg/l	W/E	0,18	-/-
7H-Perfluorheptansäure	µg/l	W/E	<0,5	<0,5
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäu	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluor-3,7-dimethyloctansäure	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
2H,2H-Perfluordecansäure	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
2H,2H,3H,3H-Perfluorundecansäure	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluor-n-tetradecansäure	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluor-hexansulfon	µg/l	W/E	<0,05	<0,05
1H, 1H, 2H, 2H-Perfluordecansulfons	µg/l	W/E	<0,05	<0,05

Prüfbericht Nr.	CBE16-019261-1	Auftrag Nr.	CBE-05835-16	Datum	28.11.2016
-----------------	-----------------------	-------------	---------------------	-------	-------------------

16-177509-01

Kommentare der Ergebnisse:

PFC W, 7H-PFHpA: Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, Perfluorbutansäure (PFBA): Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, Perfluorundecansäure (PFUnA): Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

16-177509-02

Kommentare der Ergebnisse:

PFC W, 1H1H2H2H-PFOS: Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, Perfluorbutansäure (PFBA): Aufgrund der geringen Wiederfindungsrate ist keine Auswertung möglich.

PFC W, Perfluorundecansäure (PFUnA): Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

16-177509-03

Kommentare der Ergebnisse:

PFC W, 1H1H2H2H-PFOS: Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, 7H-PFHpA: Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, Perfluorbutansäure (PFBA): Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, Perfluorundecansäure (PFUnA): Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

16-177509-04

Kommentare der Ergebnisse:

PFC W, 1H1H2H2H-PFOS: Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, 7H-PFHpA: Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, Perfluorbutansäure (PFBA): Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

PFC W, Perfluorundecansäure (PFUnA): Aufgrund der niedrigen Wiederfindungsrate des internen Standards wurde die Bestimmungsgrenze angehoben.

Abkürzungen und Methoden

Perfluorierte Carbon- und Sulfonsäuren in Wasser

W/E

DIN 38407-42^A

Wasser/Eluat

ausführender Standort

Umweltanalytik Altenberge

Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.



Stefan Schulz

Dipl.-Ing. Technischer Umweltschutz

Abteilungsleiter Umwelt und Wasser