Endbericht
Sanierungsplanung (100%)

CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design
Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

Projektreferenz: W912GB19D0006; Delivery Order W912GB20F0266
Projektnummer: 60641816

4 Juli 2023

Eine bessere Welt gestalten

Erstellt für:

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District
Konrad-Adenauer-Ring 39
65189 Wiesbaden
Germany

Erstellt durch:

AECOM International, Inc.
Straßburger Alle 2-4
67657 Kaiserslautern
Deutschland

T: +49 (0)631 71069-400
F: +49 (0)69 2717 9801
aecom.com

Alle von Dritten zur Verfügung gestellten Informationen, auf die hier Bezug genommen wird, wurden von AECOM nicht geprüft oder verifiziert, sofern nichts anderes ausdrücklich in diesem Dokument angegeben ist.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung ... 1
1.1 Projekthintergrund ... 1
1.2 Zielsetzung ... 2
1.3 Schriftverkehr mit der lokalen Behörde ... 2
1.4 USACE Decision Document ... 3
1.5 Dokumentation der Sanierung ... 3
2. Standortbeschreibung ... 4
2.1 Standortbeschreibung und -aufbau ... 4
3. Datenübersicht ... 4
3.1 Ergebnisse der Grund- und Schichtwasseruntersuchungen (PFAS) ... 4
3.2 Grundwasserergebnisse anderer Parameter ... 5
3.3 Pumpversuche ... 6
3.4 Angenommene Grundwasserentnahmebereiche ... 8
3.5 Grundwassersäulenversuche ... 8
4. Vorbereitende Maßnahmen ... 10
4.1 Sanierungsziele ... 10
4.2 Erforderliche Genehmigungen ... 10
4.2.1 Wasserrechtliche Erlaubnis ... 10
4.2.2 Grabbewilligung ... 10
4.2.3 Fotogenehmigung ... 11
4.3 Kampfmitteluntersuchungen ... 11
4.4 Zugang zum Standort ... 11
4.4.1 Zugänglichkeit zum Standort ... 11
4.4.2 Zugänglichkeit zur Aufstellfläche der Sanierungsanlagen ... 11
4.5 Baustelleneinrichtungsfläche ... 12
4.6 Arbeitsschutz ... 12
4.7 Überwachung der Umgebungsluft im Arbeitsbereich ... 13
4.8 Abfallmanagement ... 13
5. Sanierungsplanung ... 14
5.1 Vorgeschlagene Sanierungstechnologie ... 14
5.2 Vorteile des TS3-Standorts auf der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen ... 15
5.3 Wasserentnahmebereich ... 15
5.3.1 Grundwasser ... 15
5.3.2 Schichtwasser ... 16
5.4 Wasserentnahmen ... 16
5.5 Wassertransport zur Aufstellfläche der Sanierungsanlagen ... 17
5.6 Grabarbeiten ... 19
5.6.1 Leitungsfreiheit ... 19
5.6.2 Allgemeines zu Grabarbeiten und dem Verlegen von Leitungen ... 19
5.7 Aufbau der Aufstellfläche und der Reinigungsanlage TS3 - Technische Leistungsbeschreibung ... 21
5.7.1 Identifizierung bestehender und vorgeschlagener Einrichtungen ... 22
5.7.2 Betonplatte der Aufstellfläche ... 22
5.7.3 Neuer vertikaler Eingabeschacht („*Structure 4*“) ... 24
5.7.4 Lokalisierung des vorhandenen Drainagerohrs ("Pipe 5") ... 25
5.7.5 Stromanschluss an Gebäude 5801 ... 25
5.7.6 Anschluss an den Eingabeschacht („*Pipe 4*“) ... 27
5.8 TS3-Konzept / Sanierungstechnologie ... 28
6. Betrieb und Wartung von TS3 ... 31

7. Langzeit-Überwachung 32
7.1 Zielsetzung 32
7.2 Vorgeschlagener Grundwasserüberwachungsplan 33
7.3 Zeitplan für die Grundwasserüberwachung 34
7.4 Methodik der Grundwasserprobenahme 34
7.5 TS3 Prozess- und Betriebsüberwachung 35
7.6 Laboranalyse 35
7.7 Vor-Ort-Kontrollen 36
7.8 Berichterstellung 36
8. Prinzipieller Bauablaufplan 37
9. Literaturverzeichnis 38
Übersichtstabellen (Juni 2022) 44
Anhang A - GWM37/GWM70-Pumpversuchsdaten 45
Anhang B - Grundwasser Pilotversuch (AECOM, 2023) 46
Anhang C - Fotodokumentation des Standorts 47
Anhang D - Servicepläne für Standorte 48

Tabellen (im Bericht)

Tabelle 1: Zusammenfassung der Pumpversuche mit konstanter Förderrate (Langzeitversuche) 7
Tabelle 2. Kontaktinformationen für kommerzielle Leitungsträger 10
Tabelle 3: Übersicht der bestehenden und vorgeschlagenen Einrichtungen 22
Tabelle 4. Vorgeschlagenes Grundwasserüberwachungsnetz (langfristig) 33
Tabelle 5. Vorgeschlagener Zeitplan für die Überwachung während des Sanierungsprojekts 34
Tabelle 6: Vorgeschlagener Zeitplan für die Betriebsüberwachung während des Reinigungsbetriebes[1] 35
Tabelle 7. Anforderungen an die Laboranalytik 36

Abbildungen (im Anhang)

Abbildung A-1 Überblick über die vorgeschlagene Versorgungsleitung zur Sanierungsanlage TS3

Abbildung A-2 Vorgeschlagene Versorgungsleitung - nördlicher Abschnitt

Abbildung A-3 Vorgeschlagene Versorgungsleitung - mittlerer Abschnitt

Abbildung A-4 Vorgeschlagene Versorgungsleitung - südlicher Abschnitt

Abbildung A-5 Vorgeschlagene Lage und Einrichtung der Reinigungsanlage TS3

Abbildung A-6 Vorgeschlagene Entnahmebrunnen

Abbildung A-7 PFAS-Grundwasserkonzentrationen und angenommene Entnahmebereiche für GWM37 und GWM70

Abbildung A-8 PFAS-Konzentrationen im Schichtwasser

Abbildung A-9 Leitungssituation (unverbindlich)

Abbildung A-10 Bestehendes Regenwassersystem

Abbildung A-11 Profilansicht 1

Abbildung A-12 Profilansicht 2

Abbildung A-13 Vorgeschlagene Ausführung der Gräben

Abbildung A-14 Potenzieller Schachtbauplan

Abbildung A-15 Potenzielle Konstruktionszeichnung des vertikalen Eingabeschachtes

Abbildung A-16 Fliessdiagramm von TS3

Abbildung A-17 Vorgeschlagenes Grundwassermessstellennetz

Übersichtstabellen (im Anhang)

Tabelle A-1 Grundwasser-Analyseergebnisse - PFAS

Tabelle A-2 Schichtwasser-Analyseergebnisse - PFAS

Tabelle A-3 Grundwasser-Feldparameter

Tabelle A-4 Grundwasser-Analyseergebnisse - Basisparameter

Tabelle A-5 Grundwasser-Analyseergebnisse - CKW, AKW, MKW, andere

Anhang

Anhang A GWM37/GWM70-Pumpversuchsdaten

Anhang B Grundwasser Pilotversuch (AECOM, 2023)

Anhang C Fotodokumentation des Standorts

Anhang D Servicepläne für Standorte

Abkürzungen

AECOM	AECOM International, Inc.
AEDB-CC	*Army Environmental Database Compliance Clean-up* (Umweltdatenbank der U.S. Armee)
AFFF	*aqueous film-forming foams* (wasserfilmbildendende Schaummittel)
AKW	aromatische Kohlenwasserstoffe
ARLOC	*Army Location* (Standortnummer)
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celsius
CKW	Chlorkohlenwasserstoffe
cm	Zentimeter
DD	„*Decision Document*“
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Insitut für Normung
D.O.	„*Delivery Order*“
DOC	„*dissolved organic carbon*“ (gelöster organischer Kohlenstoff)
DPW	„*Directorate of Public Works*“ (Standortverwaltung)
EIE	„*end invert elevation*” (Rohrsole unten)
EMD	„*Environmental Management Division*“ (Umweltbüro)
etc.	et cetera
FFTP	„*Fire-Fighting Training Pit*“ (Feuerwehrübungsplatz)
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GOK	Geländeoberkante
GOW	gesundheitlicher Orientierungswert
K	hydraulische Leitfähigkeit
kg	Kilogramm
L	Liter
Lf	elektrische Leitfähigkeit
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
m	Meter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
mg	Milligramm
min	Minute
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
ml	Milliliter
mm	Millimeter
Nr.	Nummer
O_2	Sauerstoff
O&M	„*operation and maintenance*“
OWS	„*oil-water separator*“ (Ölabscheider)
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen
PFBA	Perfluorbutansäure
PFBS	Perfluorbutansulfonsäure
PFDeA/PFDA	Perfluordecansäure
PFHpA	Perfluorheptansäure
PFHpS	Perfluorheptansulfonsäure
PFHxA	Perfluorhexansäure
PFHxS	Perfluorhexansulfonsäure
PFNoA/PFNA	Perfluornonansäure
PFOS	Perfluoroktansulfonsäure
PFOA	Perfluoroktansäure
PFOSA	Perfluoroktansulfonamid
PFPeA	Perfluorpetansäure
Redox	Oxidations-Reduktions-Potential
RD	„*remedial design*“ (Sanierungsplanung)

RRB	Regenrückhaltebecken
s	Sekunde
SIE	*„start invert elevation“* (Rohrsole oben)
Std.	Stunde
T	Transmissivität
Temp.	Temperatur
TOC	*„total organic carbon“* (organischer Gesamtkohlenstoffgehalt)
TMB	Trimetylbenzole
TS	„*treatment system“* (Sanierungsanlage)
u. a.	unter anderem
U.S.	„*United States“* (Vereinigte Staaten)
USACE	*U.S. Army Corps of Engineers, Europe District*
USAG	*U.S. Army Garrison*
usw.	und so weiter
ü. NN	über Normalnull
µg	Mikrogram
WHG	Wasserhaushaltsgesetz (/20/)
z. B.	zum Beispiel
µS	Micro-Siemens
%	Prozent

1. Einleitung

AECOM International, Inc. (AECOM) wurde vom U.S. Army Corps of Engineers, Europe District (USACE) im Namen der U.S. Army Garrison (USAG) Ansbach, Directorate of Public Works (DPW), Environmental Management Division (EMD) damit beauftragt, eine Sanierungsplanung („*Remedial Design*“, *RD*) für die Entnahme und Abreinigung von mit per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) belastetem Grundwasser im Bereich CCAN104 in der Katterbach Kaserne, U.S. Army Garrison (USAG) Ansbach in Katterbach, Bayern, Deutschland zu erstellen. Der in der Umweltdatenbank „*Army Environmental Database Compliance-related Cleanup (AEDB-CC)*“ der U.S. Armee als CCAN104 geführte Untersuchungsbereich wird im Folgenden auch als "der Standort" bezeichnet.

In diesem Dokument wird die Sanierungsplanung für das am Standort nachgewiesene PFAS-belastete Grundwasser vorgestellt. Es enthält eine Übersicht über die verfügbaren Daten, die vorgeschlagene Grundwasserentnahme und die geplante Sanierungsanlage. Die derzeitige Planung sieht vor, das entnommene Grundwasser unterirdisch zur Sanierungsanlage Nr. 3 (im folgenden auch „TS3“ genannt) zu leiten und dort abzureinigen. TS3 wird sich auf der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen befinden, welche auf der anderen Straßenseite (nördlich) des Gebäudes 5801 errichtet werden soll (siehe **Abbildung A-1** bis **Abbildung A-5**). Die TS2 für die Grundwasserentnahme aus dem Gebiet des Gebäudes 5801 wird sich ebenfalls auf der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen befinden. Daher sollte dieser Bericht in Verbindung mit den folgenden Berichten zur TS2-Planung verstanden werden:

- AECOM, 31. Mai 2022. CCAN126 PFAS IRA Ansbach, Bericht zur Probenahme und konzeptioneller Sanierungsplan für die Reinigungsanlage TS2. Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Deutschland. Endversion /11/, und
- AECOM, 7. Juni 2023. Gebäude 5801 – PFAS IRA Ansbach – Planung PFAS-Reinigungsanlage TS2. Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Deutschland. Endversion /14/.

Der Standort und die Aufstellfläche der Sanierungsanlagen sind in **Abbildung A-1** dargestellt.

Diese Sanierungsplanung bedarf der Prüfung und Genehmigung durch das zuständige Wasserwirtschaftsamt Ansbach und das Umweltamt der Stadt Ansbach, welche eine wasserrechtliche Genehmigung zur Grundwasserentnahme- und Einleitung und den Betrieb von TS3 ausstellen.

Dieses Projekt wurde unter der Vertragsnummer W912GB19D0006, Delivery Order (D.O.) W912GB21F0266 vergeben.

1.1 Projekthintergrund

Die Kaserne wurde in den 1930er Jahren von der Deutschen Wehrmacht errichtet. Sie wurde 1945 von der U.S. Armee übernommen und umfasst Verwaltungs-, Lager-, Wartungs-, Gesundheits-, Wohn- und Bildungseinrichtungen sowie einen Hubschrauberlandeplatz (Army Heliport).

Frühere Befragungen des Stützpunktpersonals ergaben, dass der ehemalige Feuerlöschübungsplatz („*Fire Fighting Training Pit*“, FFTP) südlich von Gebäude 5508 (Hangar 5) zwischen 1986 und 2001 für Brandschutzübungen mit wasserfilmbildenden Schaummitteln (*„aqueous film-forming foams“*, AFFF) genutzt wurde. Das beim ehemaligen Feuerlöschübungsplatz verwendete Schaumkonzentrat wurde von der Firma 3M hergestellt und unter dem Handelsnamen "*Light Water*" vertrieben. Durch die Trainingsaktivitäten im Bereich CCAN104 wurden die Böden in diesem Gebiet mit PFAS belastet. Im Laufe der Zeit sind die hochmobilen PFAS-Verbindungen in den Untergrund eingesickert und haben das Grundwasser am Standort belastet.

Die PFAS-Untersuchungen am Standort laufen seit einem entsprechenden Ersuchen durch die deutschen Fachbehörden (Schreiben vom 29. August 2014). Als Reaktion auf diese Anfrage wurden Proben von Boden, Schichtwasser, Grundwasser, Quellwasser und Grasschnitt von verschiedenen Punkten innerhalb und außerhalb des Standorts entnommen (z. B. /1/ bis /12/).

Die Auswirkungen von PFAS auf den Boden und das Grundwasser des Standorts wurden in verschiedenen Untersuchungsphasen festgestellt (z. B. /5/, /9/ und /12/). Erhöhte PFAS-Konzentrationen im Bodeneluat (zwischen 50 und 100 µg/L in einigen Gebieten) wurden in der Nähe des ehemaligen Feuerwehrübungsplatz (/5/ und /9/) nachgewiesen. Dieses Gebiet gilt als Hauptquellgebiet und scheint eine ständige Quelle für die Belastung des Grundwassers am Standort zu sein. Maximale Konzentrationen von Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) im Bodeneluat von 420 µg/L (Feststoff 27 mg/kg) wurden in der Oberbodenprobe (2-10 cm) in der Nähe der südwestlichen Ecke des ehemaligen Feuerwehrübungsplatz nachgewiesen.

In verschiedenen Untersuchungsphasen (sowohl auf dem Standort als auch außerhalb des Standorts) wurde PFAS-belastetes Grundwasser im Bereich und im Abstrom des ehemaligen Feuerlöschübungsplatzes festgestellt. Die Ausdehnung der Schadstofffahne wurde während der Grundwasseruntersuchungen (/12/) und einer Grundwasserprobenahme im Juni 2022 weiter abgegrenzt. Die PFAS-Gesamtkonzentrationen im zentralen Teil der Fahne liegen zwischen 39,9 und 59,2 µg/L im Bereich der Grundwassermessstellen GWM40, GWM70 und GWM85A (auf dem Standort) und GWM01 (außerhalb des Standorts).

Die Grundwasserfließrichtung(en) muss/müssen noch bestätigt werden, was zum Teil der unterschiedlichen Vorgehensweisen beim Bau der Messstellen und der komplexen Geologie/Hydrogeologie am Standort geschuldet ist. Ausgehend von der Verteilung der höchsten PFAS-Konzentrationen im Grundwasser fließt das Grundwasser aus dem Hauptquellgebiet (d. h. dem Bereich des ehemaligen Feuerlöschübungsplatzes) nach Nordwesten.

1.2 Zielsetzung

Die Ziele dieser Sanierungsplanung sind die Festlegung:

- des geplanten Wasserentnahmebereichs und der hierfür benötigten Entnahmebrunnen (für Grund- und Schichtwasser),
- der Anforderungen an die vorgeschlagene Wasserentnahme und die Sanierungsanlage TS3, einschließlich der damit verbundenen angenommenen Kosten für den Bau und Betrieb; die Kostenschätzung wird mit dem Entwurf der endgültigen Sanierungsplanung (95 % Planung) vorgelegt,
- der geplanten Sanierungsziele für PFAS,
- der geplanten unterirdischen Versorgungsleitung zwischen dem Standort und der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen (zur endgültigen Genehmigung durch die Garrison) und
- des Überwachungsprograms der Grundwasserreinigung.

Das übergeordnete Ziel für die geplante hydraulische Grundwassersicherung und die Sanierungsanlagen am Standort besteht darin, die Migration von PFAS-belastetem Grundwasser nach außen zu verringern und schließlich langfristig die Grundwasserqualität im Katterbach zu verbessern.

1.3 Schriftverkehr mit der lokalen Behörde

Der folgende Schriftverkehr mit den lokalen Behörden liegt vor:

Stadt Ansbach - Umweltamt (Schreiben vom 4. März 2020 für die Standorte CCAN104/CCAN126) /16/:

Die Behörde fasst zusammen, dass ein abschließendes Verständnis der lokalen Grundwasserfließrichtung bisher nicht vorhanden ist. Aufgrund der Schadstoffmigration in nordwestlicher Richtung wird jedoch davon ausgegangen, dass die Grundwasserfließrichtung in nordwestliche Richtung verläuft. Im Schreiben der Stadt Ansbach wurden die folgenden weiteren Arbeiten gefordert:

- Hydraulische Sicherung entlang der Grundstücksgrenze (Zaun), um eine weitere Migration von PFAS vom Standort nach außen über den Grundwasserpfad wirksam zu unterbinden,
- Eine weitere Klärung und Bestimmung der lokalen Grundwasserströmungsverhältnisse. Dies schließt die Quantifizierung der/s Grundwasserneubildung/Grundwasserabflusses ein, und
- Ausarbeitung eines Sanierungsplans, der die Stabilisierung der Quelle (Boden) und die Eindämmung der Abwärtsmigration über den Sickerwasserpfad umfasst.

Stadt Ansbach - Umweltamt (Schreiben vom 3. April 2020 für den Standort CCAN104) /17/:

Das Schreiben bezog sich auf die Machbarkeitsstudie /9/ und wird wie folgt zusammengefasst:

- Das Schreiben verlangt, dass die Sanierungsmaßnahmen für Boden- und Grundwasser getrennt durchgeführt werden,
- Das Schreiben stimmte der Grundwassersanierungsoption G4 ("Eindämmung, hydraulische Abstromsicherung in der Nähe der Standortgrenze") zu,
- Vor der Durchführung der Sanierungsmaßnahme müssen die hydrogeologischen Verhältnisse ermittelt werden und
- Für die Planung der erforderlichen Grundwassersanierungsarbeiten werden - unter Beachtung der Ergebnisse früherer Untersuchungen - zusätzliche Informationen benötigt, einschließlich in Bezug auf Geologie/Hydrogeologie, die Abgrenzung der PFAS-Fahne, Pumpversuche und Einzelheiten zu den erforderlichen Entnahmebrunnen und der vorgeschlagenen Sanierungsanlage.

Stadt Ansbach - Umweltamt (Schreiben vom 8. Juni 2020 für den Standort CCAN104) /18/:

Die Behörde forderte die schnellere Umsetzung der geforderten Grundwasseruntersuchungen im Hauptquellgebiet etc. und die Umsetzung einer hydraulischen Sicherung entlang der Grundstücksgrenze (Zaun) des Standorts, wie dies bereits in /16/ gefordert wurde (siehe oben).

1.4 USACE Decision Document

Für den Standort wurde ein sogenanntes *Decision Document* (DD) /19/ erstellt, das auch den Verdachtsbereich CCAN126 umfasst. Das DD lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Im DD werden lediglich die erforderlichen Grundwassersanierungsarbeiten erörtert, und es wird festgestellt, dass "weitere Studien und Untersuchungen erforderlich sind, um Sanierungsmethoden für den Boden auszuwählen" und dass nach Abschluss dieser zusätzlichen Untersuchungen „ein weiteres DD für den Standort erstellt wird",
- Es enthält folgenden Hinweis: "die Behörde stimmte der hydraulischen Sicherung des Grundwassers zu" (Schreiben /19/, erörtert in **Kapitel 1.3**), wobei auch darauf hingewiesen wird, dass "die hydraulische Sicherung kein Ersatz für die Sanierung des Hauptquellgebiets (d. h. die Sanierung des Bodens) darstellt", und
- Die von der Behörde für den Standort empfohlene Sanierungsmethode ist die "hydraulische Sicherung und Kontrolle der Schadstofffahne an der abstromig gelegenen Standortgrenze".

1.5 Dokumentation der Sanierung

Folgende Dokumente sind im Rahmen der Sanierung zu erstellen:

- Wasserrechtlicher Antrag zur Entnahme, Abreinigung und Einleitung von Grundwasser, der bei der Stadt Ansbach zur Genehmigung vorgelegt wird,
- Arbeitssicherheits- und Gesundheitsschutzplan,
- Abfallmanagementplan (Boden und Oberflächenwasser), sowie
- Erosions- und Staubkontrollplan (einschließlich Anforderungen an die Staubüberwachung).

2. Standortbeschreibung

2.1 Standortbeschreibung und -aufbau

Die Katterbach Kaserne [ARLOC GE43T] liegt etwa fünf Kilometer östlich der Stadt Ansbach, im Bundesland Bayern, Deutschland. Die Kaserne besteht aus zwei benachbarten, eingezäunten Bereichen, die durch die Bundesstraße B14 getrennt sind. Der Bereich nördlich der B14 heißt "Bismarck Kaserne", der Bereich südlich der B14 "Army Helipad". Im westlichen Teil des Geländes trennt ein Zaun den Sicherheitsbereich des Flugfeldes von einer Ringstraße. Der zweite (äußere) Zaun der Katterbach-Kaserne bildet die westliche Standortgrenze.

Das Untersuchungsgelände befindet sich südlich des Gebäudes 5508 (Hangar 5) im Bereich eines ehemaligen Feuerlöschübungsplatzes im westlichen Teil des Hubschrauberlandeplatzes (**Abbildung A-1**).

Der ehemalige Feuerlöschübungsplatz bestand aus einem kreuzförmigen Betonbecken (1986 bis 2001), das 2001 durch eine flache Betongrube von ca. 15 m x 18 m (heutiger Zustand) ersetzt wurde. Die Grube ist mit einem Ablauf ausgestattet, der über einen 12.000 Liter (L) fassenden Sammelbehälter mit einem Ölabscheider verbunden ist. Ein weiterer Abfluss aus diesem Bereich (in Richtung Norden) erfolgt ebenfalls über die Regenwasserkanalisation des Flugfeldes. Feuerlöschübungen mit wasserfilmbildenden Löschschäumen wurden bis 2000 etwa vierteljährlich durchgeführt. Die Feuerlöschübungen führten zu einer Belastung des Bodens mit PFAS.

Der Bereich um den ehemaligen Feuerlöschübungsplatz ist überwiegend mit Gras bewachsen. Die Ringstraße wurde etwa 2007 gebaut und hat wahrscheinlich zu einer Umlagerung von belasteten Böden in diesem Gebiet geführt. Die westliche Grenze der Liegenschaft befindet sich etwa 75 m östlich der Betongrube.

3. Datenübersicht

3.1 Ergebnisse der Grund- und Schichtwasseruntersuchungen (PFAS)

Im Juni 2022 (/12/) wurden Grund- und Schichtwasseruntersuchungen am Standort durchgeführt; die Untersuchungsergebnisse für PFAS sind in den **Tabellen A-1** bis **A-3** zusammengestellt. Die Lage der Grundwassermessstellen ist in **Abbildung A-7** dargestellt.

Die Ergebnisse der Grund- und Schichtwasserproben am Standort werden wie folgt zusammengefasst:

- Die höchsten PFAS-Konzentrationen im Grundwasser wurden in der Grundwassermessstelle GWM78A (390 µg/L PFAS) nachgewiesen. Diese hohen PFAS-Konzentrationen stehen wahrscheinlich im Zusammenhang mit der unmittelbaren Nähe zum ehemaligen Feuerlöschübungsplatz und dem hochbelasteten Schichtwasser in diesem Bereich, welches in den flachen Bohrungen BS06 bis BS08 angetroffen wurde.
- Die PFAS-Gesamtkonzentration im Schichtwasser in den flachen Bohrungen BS06 bis BS08 lag zwischen 1.506 µg/L (BS06) und 316 µg/L (BS07) (siehe **Abbildung A-8**),
- Erhöhte PFAS-Konzentrationen im ähnlichen Konzentrationsbereich und mit ähnlicher PFAS-Verteilung an den folgenden Messstellen nördlich/nordwestlich des ehemaligen Feuerlöschübungsplatzes deuten darauf hin, dass diese Messstellen wahrscheinlich im zentralen Bereich und im Abstrom der Schadstofffahne liegen (siehe **Tabelle A-2** und **Abbildung A-7**):
    - GWM01 – 52,5 µg/L,
    - GWM40 – 59,2 µg/L.
    - GWM70 – 45,9 µg/L, und

- GWM85A – 39,9 µg/L.

Die Summe der PFOS-, PFHxS- und H4PFOS-Konzentrationen in den oben genannten Messstellen machen zwischen 70,9 und 72,4 % der PFAS-Gesamtkonzentrationen aus.

Über die Dauer der Grundwasserpumpversuche (siehe **Kapitel 3.3**) an den einzelnen Messstellen wurden auch Grundwasserproben entnommen und auf PFAS untersucht. Die Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst:

- GWM70 - Die PFAS-Konzentrationen gingen innerhalb von 239 Stunden von 42,6 µg/L auf 31,3 µg/L zurück, was wahrscheinlich auf die Lage dieser Messstelle in der Fahnenachse zurückzuführen ist,
- GWM71 - Die PFAS-Konzentrationen schwankten (aufgrund der niedrigen Konzentrationen) zwischen 0,39 µg/L und 0,88 µg/L innerhalb eines Zeitraums von 237 Stunden. Die niedrigeren Konzentrationen deuten darauf hin, dass diese Messstelle am Rande der Fahne liegt,
- GWM84A - Die PFAS-Konzentrationen gingen innerhalb von 240 Stunden von 12,2 µg/L auf 5,8 µg/L zurück, was wahrscheinlich auf die Lage dieser Messstelle unmittelbar außerhalb der Fahnenachse zurückzuführen ist,
- GWM84B - Die PFAS-Konzentrationen stiegen innerhalb von 194 Stunden von 1,25 µg/L auf 2,03 µg/L an, was wahrscheinlich auf eine gewisse vertikale Migration der PFAS-Belastung aus dem flacheren Teil des Grundwasserleiters (A-Aquifer) in den tieferen Teil (B-Aquifer) hinweist (siehe GWM84A), und
- GWM85A - Die PFAS-Konzentrationen gingen innerhalb von 145 Stunden von 22,9 µg/L auf 16,2 µg/L zurück, was wahrscheinlich auf die Lage dieser Messstelle unmittelbar außerhalb der Fahnenachse zurückzuführen ist.

3.2 Grundwasserergebnisse anderer Parameter

Die Grundwasserproben aus den neu errichteten Messstellen wurden auf die Parameter der bayerischen Basisparameterliste /29/ untersucht und die Ergebnisse sind in **Tabelle A-4** zusammengestellt. Die elektrische Leitfähigkeit (Lf) lag zwischen 562 und 1.271 µS/cm. Die Werte deuten darauf hin, dass es sich bei den untersuchten Proben höchstwahrscheinlich um Grundwasser handelt, das kaum durch Niederschlagswasser / Wasser aus dem Regenwasserkanal beeinflusst wird. Im Allgemeinen sind die Messergebnisse der aus dem Untersuchungsbereich entnommenen Proben als unauffällig zu bewerten.

Während des Doppelpumpversuchs an den Messstellen GWM37 / GWM70 wurde eine Probenahme durchgeführt. Die Proben wurden zusätzlich auf die Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW) C_{10}-C_{40} gemäß H53-Standard, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW einschließlich Trimethylbenzole (TMB)), Chlorkohlenwasserstoffe (CKW), Kationen/Anionen, (TOC), gelöster organischer Kohlenstoff (DOC) und Härte untersucht, um die Wasserqualität vollständig zu charakterisieren und etwaige Co-Kontaminanten im Grundwasser zu ermitteln, die sich auf die Sanierungsarbeiten auswirken könnten.

Die GWM37- und GWM70-Ergebnisse sind in **Tabelle A-5** aufgeführt, und die wichtigsten Ergebnisse werden im Folgenden zusammengefasst:

- Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol (BTEX) waren nicht nachweisbar,
- MKW (C_{10}-C_{40}) war nicht nachweisbar (weniger als 0,1 mg/L),
- PAKs waren nicht nachweisbar bzw. 0,01 µg/L,
- CKWs waren nicht nachweisbar, mit Ausnahme von Tetrachlorethen (TCE) mit Konzentrationen von 3,6 und 11 µg/L,
- der pH-Wert lag zwischen 6,74 und 7,04,
- der TOC lag zwischen 1,3 und 1,8 mg/L,

- der DOC lag zwischen 1,2 und 1,4 mg/L,
- der Mangangehalt lag zwischen 0,003 und 0,014 mg/L,
- Eisen war nicht nachweisbar (weniger als 0,005 mg/L),
- der Nitratgehalt lag zwischen 15 und 43 mg/L,
- Nitrit war nicht nachweisbar (weniger als 0,1 mg/L), und
- die elektrische Leitfähigkeit lag zwischen 545 und 1.130 µS/cm.

Die oben aufgeführten Ergebnisse von GWM37 und GWM70 sind vergleichbar mit den Ergebnissen der auf die Parameter der bayerischen Basisparameterliste untersuchten Grundwasserproben aus dem gesamten Grundwassermessstellennetz, die in **Tabelle A-4** zusammengestellt sind.

Grundwasserproben wurden auch in den Messstellen GWM37 bis GWM40 entnommen und 2015 auf CKWs untersucht /5/. Die CKW-Konzentrationen lagen alle unter den Nachweisgrenzen des Labors.

3.3 Pumpversuche

Langzeitversuche (Pumpversuche mit konstanter Förderrate) wurden am Standort in zwei Stufen durchgeführt:

- Einzelne Messstellen (Februar bis April 2022) - GWM70, GWM71, GWM84A, GWM84B und GWM85A (weitere Einzelheiten sind im Bericht über die Grundwasseruntersuchung (/12/) enthalten), und
- Doppelpumpversuch an GWM37 und GWM70 (August 2022). Diese beiden Messstellen wurden für den Doppelpumpversuch ausgewählt, weil sie sich im zentralen Teil der PFAS-Fahne befinden (senkrecht zur Fahnenachse) und die Entnahme des Grundwassers aus diesen Messstellen ein weiteres Abströmen von Schadstoffen vom Standort wirksam verhindern würde. Die Daten aus diesem Pumpversuch sind in **Anhang A** aufgeführt (siehe auch **Kapitel 3.2**).

Die Auswertung der oben genannten Pumpversuche ist in **Tabelle 1** aufgeführt. Die Pumpversuchsdaten und deren Auswertung sind als **Anhang A** beigefügt.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Pumpversuche mit konstanter Förderrate (Langzeitversuche)

Messstellen ID	Tiefe der Messstelle (m u. GOK)	Durchmesser der Messstelle (mm)	Messstellentyp	Pumpversuchs-dauer (Std.)	Gefördertes Volumen (m^3)	Maximale Absenkung (cm)	Stabilisierte Förderrate (L/min)	Hydraulische Leitfähigkeit (K, m/s)	Transmissivität (T, m^2/s)
Einzelne Pumpversuche:									
GWM70	24,5	125	Vollkommen ausgebaut	239	222,3	559	15,5	1,02E-5	1,65E-4
GWM71	23,7	125	Vollkommen ausgebaut	237	199,1	413	14	4,17E-6	5,86E-5
GWM84A	20,2	125	A	240	86,4	177	6	1,61E-5	9,10E-5
GWM85A	20	125	A	145	62,4	736	8/7 (geändert nach 30 Std.)	1,28E-6	1,15E-5
GWM84B	25,8	125	B	194	116,4	344	10	1,72E-5	5,16E-5
Doppelpumpversuch GWM37- und GWM 70:									
GWM37	17	125	A und Teil von B	240	121,6	546	8,4 (Mittelwert)	4,72E-6	6,98E-5
GWM70	24,5	125	Vollkommen ausgebaut	240	223,2	538	15,5	7,60E-6	1,12E-4

3.4 Angenommene Grundwasserentnahmebereiche

Auf der Grundlage der Daten aus dem Doppelpumpversuch GWM37- und GWM70 wurden die angenommenen Entnahmebereiche für diese Messstellen (d. h. unter stationären Bedingungen („*steady state*“)) mit einem Modell (/15/) bestimmt und in **Abbildung A-7** dargestellt. Die PFAS-Grundwasserkonzentrationen, die im Rahmen der Beprobung im Juni 2022 (/12/) nachgewiesen wurden, sind ebenfalls in **Abbildung A-7** dargestellt. Es ist wichtig zu beachten, dass der angenommene Entnahmebereich in **Abbildung A-7** breiter ist, als er zukünftig sein wird, wenn die Messstelle GWM37 in eine vollkommen ausgebaute Messstelle umgebaut ist (siehe **Kapitel 5.1**). Sobald diese Messstelle tiefer abgeteuft und ausgebaut ist (d. h. durch eine neue Messstelle ersetzt ist), wird ein schmalerer Entnahmebereich (ähnlich wie bei GWM70) erwartet, da das Grundwasser dann bis zur Basis des Blasensandstein-Aquifers, d.h. über eine größere Aquifermächtigkeit als derzeit, entnommen wird.

Wenn die GWM37 in eine vollkommen ausgebaute Messstelle umgewandelt ist, wird durch die Nutzung von GWM37 und GWM70 als Entnahmebrunnen:

- eine ausreichende Überlappung zwischen den beiden Entnahmebereichen erwartet und das am stärksten belastete Grundwasser in der Schadstofffahne für die Reinigung entnommen,
- sichergestellt, dass eine senkrecht zur angenommenen Grundwasserfließrichtung verlaufende Kontrollebene gebildet wird, und dies die geeignetste langfristige hydraulischen Sicherung der Schadstofffahne darstellt,
- eine "Stagnationszone" im Abstrom der Kontrollebene geschaffen, in der die Grundwassergeschwindigkeiten erheblich reduziert werden (d. h. nach Erreichen von Gleichgewichtsbedingungen während der Grundwasserentnahmen),
- die PFAS-Masse langsam aus dem Bereich der Schadstofffahne entfernt, was zu langsam abnehmenden PFAS-Konzentrationen in den Messstellen im Abstrom der Kontrollebene führt (d. h. GWM85A, GWM40 und andere Messstellen, siehe **Abbildung A-7**), und
- die Schadstofffahne an der Kontrollebene kontrolliert. Die PFAS-Konzentrationen weiter im Abstrom (d. h. außerhalb des Geländes) lassen sich dann lediglich durch Verdünnung und mit einer erheblichen Zeitverzögerung langsam verringern.

Mit der Bildung der beiden sich überschneidenden Entnahmebereiche entlang der Kontrollebene ist ein zusätzlicher Pumpbetrieb an anderen Messstellen innerhalb des Fahnenbereichs nicht erforderlich, da dies die aus GWM37 und GWM70 entnommenen Grundwassermengen verringert und auch die Breite der beiden Entnahmebereiche reduzieren würde (d. h. die maximale Ausdehnung der Entnahmebereiche beeinträchtigen würde).

3.5 Grundwassersäulenversuche

AECOM hat im Rahmen eines Grundwasser-Pilotversuch (Säulenversuch, /13/) drei verschiedene, auf dem freien Markt befindliche Adsorptionsmedien (granulierte Aktivkohle (GAK), alternatives Adsorptionsmittel (modifiziertes Organo-Ton-Adsorbtionsmedium) und ein Ionenaustauscherharz (IA-Harz) getestet. Das für den Piloversuch verwendete Grundwasser wurde aus der Messstelle GWM70 entnommen, welche sich im Zentrum der PFAS-Fahne befindet. Diese Grundwassermessstelle gilt somit als repräsentativ für die Grundwasserbedingungen der PFAS-Fahne (siehe **Kapitel 3.1**). Die Ziele des Pilotversuchs waren:

- die Durchführung eines Vor-Ort-Versuchs mit drei verschiedenen Adsorbtionsmedien, um deren Fähigkeiten zu bewerten, die PFAS-Konzentrationen im Grundwasser des Standorts zu reduzieren;
- ausreichende Daten zu sammeln, um eine Bewertung des besten Adsorptionsmediums bzw. der besten Adsorptionsmedien zu ermöglichen, das bzw. die für eine Gesamtsanierung verwendet werden soll(en), einschließlich der Bewertung der Reinigungsleistung, der Anschaffungskosten,

der Möglichkeit der Wiederverwendung / Reaktivierung des Materials, der Entsorgungskosten und der Bestimmung der Durchbruchskurven und der Kontaktzeit (EBCT), die das kontaminierte Wasser mit einem Behandlungsmedium verbringt, usw;

- zu ermitteln, welches Adsorptionsmedium / welche Adsorptionsmedien für eine Gesamtsanierung empfohlen wird / werden; und
- ausreichende Informationen für die Entwicklung dieses Sanierungsplans (*remedial design, RD*) zu liefern.

Der Pilotversuch lief vom 11. Oktober bis zum 8. Dezember 2022 (58 Tage) und ergab unter anderem:

- Das Kunstharz entfernte während der gesamten Versuchsdauer eine deutlich höhere Masse an PFAS als die beiden anderen Medien. Außerdem war es wesentlich effizienter bei der Entfernung der beiden (problematischeren) kurzkettigen Verbindungen PFBA (Perfluorbutansäure) und PFPeA (Perfluorpetansäure).
- In Bezug auf Leistung und Kosteneffizienz wird das Kunstharz als das bevorzugte Medium für eine Gesamtsanierung des Grundwassers am Standort angesehen. Da es, im Vergleich zu GAK und dem mod. Ton, weniger Filterwechsel pro Jahr erfordert, würde dies auch weniger Verkehrsbewegungen / CO_2-Emissionen, geringere Abnutzung der Filter beim Wechsel und ein geringeres Risiko von Sicherheitsvorfällen mit sich bringen.
- Um die Einleitungskriterien sicher einzuhalten und die Beladung des Adsorptionsmediums zu optimieren und voll auszuschöpfen, wird der Einsatz von Polizeifiltern empfohlen.
- Da die Regulierung der Luftemissionen aus thermischen Behandlungsanlagen (d. h. aus der Verbrennung von PFAS-belasteten Adsorbtionsmedien) voraussichtlich einer genaueren Prüfung unterzogen werden wird, sollte ein möglicher zukünftiger Einsatz eines regenerierbaren Harzes am Standort geprüft werden. Dieser Ansatz kann in Kombination mit einer potenziellen Technologie zur Zerstörung von PFAS (wie z. B. das De-Fluoro™-System), eine Lösung sein, die keine Behandlung oder Entsorgung von PFAS-Rückständen außerhalb des Standorts erfordert.

Der Pilotversuchsbericht (/13/) ist in **Anhang B** enthalten.

Auf der Grundlage der Ergebnisse des Pilotversuchsberichts (/13/) empfiehlt AECOM die Verwendung eines Kunstharz für die Behandlung des Grundwassers am Standort.

4. Vorbereitende Maßnahmen

4.1 Sanierungsziele

Die von der TS3 einzuhaltenden Sanierungsziele für PFAS leiten sich aus der einschlägigen vorläufigen bayerischen Leitlinie /28/ ab. Demnach muss PFAS-belastetes Wasser vor der Einleitung in ein Oberflächengewässer nach den Regeln der Technik behandelt werden. Im Falle einer Grundwassersanierung gilt diese Anforderung als erfüllt, wenn der Sanierungsgrad für PFAS mindestens 90 % beträgt (/28/). Darüber hinaus wird die Einhaltung folgender Einleitungskriterien vorgeschlagen, um a) eine Beeinträchtigung gemäß § 27 WHG zu verhindern (/20/) und b) einen machbaren und technisch verhältnismäßigen Ansatz für den Standort zu bieten:

- PFOS: 0,02 µg/l, und
- PFAS (13 Substanzen gemäß /28/): 0,2 µg/l.

Potenzielle Co-Kontaminanten wie MKW (C_{10}-C_{40}) H53, CKW, PAK und AKW waren in den Grundwasserproben von GWM37 und GWM70 entweder sehr gering oder nicht nachweisbar (siehe **Kapitel 3.1** und **3.2**). Daher wurden für diese Parameter keine Sanierungsziele festgelegt.

4.2 Erforderliche Genehmigungen

4.2.1 Wasserrechtliche Erlaubnis

Ein wasserrechtlicher Antrag nach dem Wasserhaushaltsgesetzt (WHG; /20/) und dem Bayerischen Wassergesetz (BayWG; /21/) zur Entnahme, Reinigung und Ableitung von Grundwasser muss noch zur Genehmigung beim zuständigen Umweltamt der Stadt Ansbach eingereicht werden. Der Antrag kann ggf. formlos (z. B. per E-Mail) über die Bundesanstalt für Immobilienaufgaben (BImA) als Vertreter des Standorteigentümers eingereicht werden.

4.2.2 Grabbewilligung

Eine Grabbewilligung (englisch: „*digging permit*“) ist vor Beginn von intrusiven Arbeiten (Ausheben von Leitungsgräben, Grabarbeiten zur Erstellung von Schächten, etc.) bei der Standortverwaltung der USAG Ansbach DPW O&M einzuholen. Für alle betroffenen Bereiche sind alle aktuellen und relevanten Leitungspläne für Strom, Telekommunikation, Treibstoffe, Gas, Glasfaser, Wasser / Abwasser, Heizung, Leerrohre etc. beim Standort einzuholen, und / oder bei den relevanten kommerziellen Leitungsträgern anzufordern. Kommerzielle Leitungsträger sind u. a.:

Tabelle 2. Kontaktinformationen für kommerzielle Leitungsträger

Leitungsträger (Sparte)	Kontaktdaten
Deutsche Telekom Technik GmbH (Telekommunikation)	Technik Niederlassung Süd PTI 13 Nürnberg Am Fernmeldeturm 2 90441 Nürnberg E-Mail: Planauskunft.Sued@telekom.de www.telekom.de
N-ERGIE Netz GmbH (Gas)	Sandreuthstraße 21 90441 Nürnberg

E-Mail: Instruktionsfragen@n-ergie.netz.de
www.n-ergie-netz.de

Stadtwerke Ansbach (u. a. Kabel, Gas, Wasser, Fernwärme, etc.)	Rügländer Str. 1 91522 Ansbach email: info@stwan.de www.stwan.de

Stand: Dezember 2022

4.2.3 Fotogenehmigung

[redacted]

4.3 Kampfmitteluntersuchungen

Geeignete kampfmitteltechnische Untersuchungen sind vor Beginn aller intrusiven Arbeiten (Ausheben von Leitungsgräben, Grabarbeiten zur Erstellung von Schächten, etc.) vorzusehen. Diese kampfmitteltechnischen Untersuchungen können bei oberflächennahen Eingriffen z. B. Magnetometer-, elektromagnetische, oder Georadarmessungen umfassen. Bei tiefer gehenden Grabarbeiten (z. B. Einrichten von Schächten) sind Im-Loch-Messungen vorzusehen. Alle Kampfmitteluntersuchungen müssen durch einen Experten nach Sprengstoffgesetz (SprengG; /22/) durchgeführt werden.

4.4 Zugang zum Standort

4.4.1 Zugänglichkeit zum Standort

[redacted]

4.4.2 Zugänglichkeit zur Aufstellfläche der Sanierungsanlagen

Die Aufstellfläche der Sanierungsanlagen befindet sich in einem separat eingezäunten Bereich bei den Regenrückhaltebecken RRB03 und RRB04 im Westen der Liegenschaft (siehe **Kapitel 5.7**, **Abbildung A-2** und **Fotos 1** und **2** in **Anhang**). Der Bereich ist direkt über die Ringstraße zu erreichen.

Das Tor zum Zaun ist in der Regel geschlossen. Zugang ist bei Bedarf über die Standortverwaltung [redacted] zu organisieren.

4.5 Baustelleneinrichtungsfläche

Flächen, die während der Bauphase für temporäre Bereitstellungs- und Lagerungsarbeiten genutzt werden, müssen mit dem USAG Ansbach Masterplanning abgestimmt und von diesem genehmigt werden. Zu den Flächen gehören wahrscheinlich:

- Fläche innerhalb des eingezäunten Bereichs auf der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen zwischen den RRBs 03 und 04, die für die Bereitstellung und Lagerung zur Verfügung steht (siehe **Abbildung A-5** im Anhang und **Fotos 1** und **2** in **Anhang C**), und
- Fläche in der Nähe von GWM70 oder auf dem gepflasterten Parkplatz südlich von GWM37 (westlich der Ringstraße).

Alle temporären Bereitstellungsflächen müssen mit Bauzäunen gesichert werden und für jede Fläche sind entsprechende Maßnahmen gemäß dem Erosions- und Staubkontrollplan (siehe **Kapitel 1.5**) durchzuführen.

Auf den Flächen können alle Geräte, Maschinen, Werkzeuge, Materialien, Fahrzeuge, Betriebsmittel, etc. die zur Durchführung der Anlieferung und Einrichtung erforderlich sind, auf- bzw. bereitgestellt werden. Dies beinhaltet ggf. auch benötigte temporäre sanitäre Einrichtungen.

Alle wassergefährdenden Betriebsmittel und Maschinen oder Geräte, die wassergefährdenden Betriebsmittel enthalten, müssen entsprechend dem WHG (/20/) gesichert werden (z. B. Aufstellen in einer geeigneten Auffangwanne), um eine Verunreinigung des Untergrundes und der Umwelt wirksam zu verhindern.

Die USAG AN DPW wird zur Entnahme von Trinkwasser ein Hydrant zuweisen. Die Kosten für das Trinkwasser trägt der Standort. Der Transport bzw. die Zuleitung des Wassers zum Arbeitsbereich obliegt der ausführenden Firma. Wenn die ausführende Firma einen Anschluss an den Hydranten benötigt, muss es einen entsprechenden Rückflussverhinderer bereitstellen und installieren.

Eine für die Durchführung der Arbeiten ausreichende Stromversorgung durch den Standort kann nicht gewährleistet werden. Deshalb muss eine ausreichend dimensionierte Stromversorgung (z. B. Generator) durch die ausführende Firma vorgesehen werden.

Vor Beginn der Arbeiten am Standort sind aktuelle Einschränkungen mit den o. g. Vertretern der Standortverwaltung abzustimmen. Der Betrieb, der Zugang und die Wartung der beiden RRBs nahe der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen muss über die Dauer der Arbeiten jederzeit möglich sein. Der Auftragnehmer kann - nach Absprache mit der Standortverwaltung - Alternativen zu den vorgeschlagenen logistischen Lösungen entwickeln.

4.6 Arbeitsschutz

Es handelt sich zum Teil um Arbeiten in potenziell kontaminierten Bereichen (d. h. PFAS-belastete Böden und Schichtwasser/Grundwasser im Bereich CCAN104). Entsprechend sind die Anforderungen gemäß DGUV Regel 101-004 (/23/), TRGS 524 (/24/) und auch die Vorgaben des US Army Corps of Engineers Handbuchs EM 385-1-1 (/25/) einzuhalten. Vor Beginn der Bauarbeiten ist ein standort- und projektspezifischer Arbeits- und Sicherheitsplan gemäß DGUV-Regel 101-004 (/23/), TRGS 524 (/24/) und EM 385-1-1 (/25/) zur erstellen, welcher durch eine entsprechende Gefährdungsbeurteilung zu ergänzen ist.

Die auf der Baustelle betroffenen Personen müssen die relevanten arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen nachweisen. Der Beginn und Abschluss der Baumaßnahme sind gemäß den berufsgenossenschaftlichen Bestimmungen anzuzeigen.

Die persönliche Schutzausrüstung eines jeden Beschäftigten und Besuchers auf der Baustelle umfasst mindestens: Bauhelm gemäß DIN EN 397, Stahlkappenschuhe mit durchtrittssicherer Sohle, und Warnweste. Die persönliche Schutzausrüstung ist je nach Tätigkeit (z. B. bei möglichem Kontakt mit PFAS-verunreinigtem Wasser) und gemäß dem Arbeits- und Sicherheitsplan mit entsprechenden Einwegschutzanzügen, Handschuhen (z. B. gegen Schnittverletzungen und / oder Chemikalien), Gehörschutz (z. B. wenn der Lärmpegel 80 dB überschreitet), Schutzbrille, etc. zu ergänzen.

Für die Dauer der Baumaßnahmen sind auf der Baustelle mindestens ein Erste-Hilfe-Kasten, ein Feuerlöscher, ein Funktelefon, eine Notrufnummern-Liste und die Kopie des Notfallplans („*Red Plan*“) vorzuhalten.

Die Baustelle oder einzelne Baumaßnahmen sind ggf. gegen das Betreten durch Unbefugte zu sichern (siehe **Kapitel 4.4**) und entsprechende Kennzeichnungen sind anzubringen. Sollten Arbeiten im Straßenbereich stattfinden sind Absperrungen nach Straßenverkehrsordnung bzw. nach Absprache mit der Militärpolizei (*Military Police*, MP) der USAG AN vorzusehen. Hierzu können ggf. Absperrungen (Warnbaken, Pylonen, etc.), Warnlichter (nachts), temporäre Geschwindigkeitsbegrenzungen, etc. gehören. Entsprechende Absperr- und Sicherungsmaßnahmen sind auch beim Anlegen von offenen Gräben, z. B. für die Strom-, Steuer- und Wasserleitungen, oder Schächten vorzusehen.

4.7 Überwachung der Umgebungsluft im Arbeitsbereich

Aufgrund des bekannten Schadstoffspektrums (siehe **Kapitel 3.1**) sind keine speziellen Überwachungsmaßnahmen der Umgebungsluft erforderlich. PFAS ist keine flüchtige Chemikalie, die eine Überwachung der Umgebungsluft erfordert.

Sollten bei trockenem Wetter im Rahmen der Grabarbeiten eine Staubentwicklung zu beobachten sein, so sind geeignete Maßnahme (z. B. Befeuchtung) vorzunehmen, um die Staubentwicklung gemäß dem zu erstellenden Erosions- und Staubkontrollplan (siehe **Kapitel 1.5**) wirksam zu verhindern.

4.8 Abfallmanagement

Sämtlicher anfallende Abfall wird im Einklang mit dem USAG AN Umweltmanagementsystem (*Environmental Management System*, EMS) und dem erforderlichen Abfallmanagementplan (siehe **Kapitel 1.5**) gesammelt, zwischengelagert, behandelt und entsorgt. Abfall, welcher im Zuge der Arbeiten vor Ort entsteht umfasst Bodenmaterial, gebrauchte persönliche Schutzausrüstung (Handschuhe, Schutzanzüge, etc.), und leere Verpackungen von Baustoffen und Betriebsmitteln. Diese Abfälle werden nach Sorten getrennt in geschlossenen Behältern im Bereich der Bereitstellungsfläche zwischengelagert und einer sachgerechten Verwertung oder Recycling in dafür zugelassenen Einrichtungen zugeführt.

Übrig gebliebenes Bodenmaterial, dass nicht wieder eingebaut werden soll (z. B. im Bereich der Gräben) ist durch einen nach PN98 zertifizierten Probenehmer repräsentativ zu beproben, nach LAGA M 20 (1997) Richtlinie (/26/)[1], der Deponieverordnung (DepV) sowie der Bayerischen PFAS Richtlinie (vom Juli 2022, /28/) zu untersuchen. Damit ist die Deklaration und Einstufung vorzunehmen und das Bodenmaterial einer entsprechenden externen Verwertung zuzuführen.

Das ausgehobene Bodenmaterial ist zu separieren, auf einer versiegelten Fläche (z. B. auf einer Plane) zwischenzulagern, und für den Zeitraum der Zwischenlagerung abzudecken.

Die Möglichkeit, den Boden im Zuge des potenziellen CCAN104-Bodensanierungsprojekts zu behandeln, wird noch zu überprüfen sein.

Sollte im Zuge der Grabarbeiten – insbesondere beim Bau der neuen Schächte – Grundwasser angetroffen und abgepumpt werden, so ist dieses zu erfassen, in einer entsprechend dimensionierten mobilen Sanierungsanlage zu behandeln und das Wasser nach Absprache mit der zuständigen Abteilung der Standortverwaltung und der deutschen Behörden in den Schmutz- oder Regenwasserkanal (Ablaufleitung zum Katterbach via Schacht 105009A) schadlos einzuleiten.

[1] Anmerkung: ab dem 1. August 2023 gilt in Deutschland die Mantelverordnung (/27/) inkl. Ersatzbaustoffverordnung.

5. Sanierungsplanung

Die Sanierungsplanung sieht bei der Erfüllung der Projektanforderungen eine gewisse Flexibilität vor, damit das bietende Sanierungsunternehmen seine eigene Projekterfahrung einbringen und nutzen kann, um die effizientesten und innovativsten Methoden/Technologien vorzuschlagen.

5.1 Vorgeschlagene Sanierungstechnologie

Auf der Grundlage der jüngsten Entnahme von Grundwasserproben, die im Juni 2022 durchgeführt wurde (als Teil der Grundwasseruntersuchung (siehe /12/)), wurden maximale PFAS-Gesamtkonzentrationen im mittleren und im abstromigen Bereich der Schadstoffahne (wahrscheinlicher Grundwasserentnahmebereich) bei GWM01-Off und GWM70 (52,5 bzw. 59,2 µg/L) nachgewiesen. Die Ergebnisse der Probenahmen, die während der Langzeitpumpversuche mit konstanter Förderrate durchgeführt wurden (siehe **Kapitel 3.1**), deuten darauf hin, dass die PFAS-Gesamtkonzentrationen im entnommenen Grundwasser wahrscheinlich zwischen ca. 20 und 45 µg/L liegen.

Nach den zusätzlichen Bohrungen und der Errichtung von Grundwassermessstellen im Rahmen der Grundwasseruntersuchung (/12/) wird davon ausgegangen, dass die PFAS-Grundwasserfahne am Standort hinreichend abgegrenzt ist.

In Übereinstimmung mit den Empfehlungen des *Decision Documents* (siehe **Kapitel 1.4**) werden am Standort Grundwasserentnahmen vorgeschlagen, um eine angemessene hydraulische Kontrolle der Schadstofffahne zu gewährleisten und die Behandlung des belasteten Grundwassers zu ermöglichen. Dazu gehört die Entnahme sowohl des stark belasteten Schichtwassers als auch des Grundwassers.

Auf der Grundlage der durchgeführten Pumpversuche und insbesondere der für GWM37 und GWM70 angenommenen Entnahmebereiche wird davon ausgegangen, dass die Grundwasserentnahme aus GWM37 und GWM70 ausreichen wird, um das Grundwasser innerhalb der Hauptfahne angemessen zu erfassen (siehe **Kapitel 3.3**, **Anhang A** und **Abbildung A-7**). Es wird vorgeschlagen, dieses Grundwasser über eine neue unterirdische Leitung zu TS3 zu pumpen, welche sich auf der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen befindet (siehe **Abbildung A-1** bis **Abbildung A-4**).

Wie in **Kapitel 3.5** erörtert, empfiehlt AECOM auf der Grundlage der Ergebnisse des Pilotversuchsberichts (/13/, siehe **Anhang B**) die Verwendung eines leistungsfähigen Kunstharz für die Behandlung des Grundwassers am Standort. Weitere Einzelheiten zum TS3-Design sind in **Kapitel 5.8** aufgeführt.

Die PFAS-Konzentrationen im behandelten Wasser der TS3 sollen so weit wie möglich reduziert werden, um die vorgeschlagenen Sanierungsziele zu erreichen (siehe **Kapitel 4.1**) und um das behandelte Wasser in Übereinstimmung mit der entsprechenden Einleitungsgenehmigung (siehe **Kapitel 1.5**) in das Oberflächengewässer Katterbach abzuleiten.

Die durchgeführte Untersuchung /12/ kam zu dem Schluss, dass aufgrund der vergleichbaren PFAS-Gesamtkonzentrationen in den A- und B-Aquiferen im Abstrom-Bereich der Schadstofffahne "für alle hydraulischen Kontroll-/Sanierungsarbeiten am Standort vollkommen ausgebaute Messstellen verwendet werden sollten". Deshalb soll die Bestandsmessstelle GWM37 durch eine vollkommene Grundwassermessstelle ersetzt werden, welche bis zur Basis der Blasensandstein-Einheit auszubauen ist. Die derzeitige Endtiefe dieser Messstelle liegt bei 17,1 m u. GOK. Ausgehend von den Beobachtungen während der Bohrarbeiten, soll die neue Messstelle bis in eine Tiefe von 30 m u. GOK eingerichtet werden.

Während die Entnahme von Grundwasser aus GWM37 und GWM70 die PFAS-Fahne kontrollieren wird, werden zusätzliche Entnahmen aus GWM78A (oberflächennahes Grundwasser) und dem Schichtwasser durchgeführt (siehe **Kapitel 5.3.2** und **Abbildung A-6**). Das Volumen des aus dieser zusätzlichen Messstelle entnommenen Wassers wird zwar geringer sein und daher die oben beschriebenen Entnahmebereiche nicht beeinträchtigen, aber die Entnahme dieses stark belasteten

Wassers aus geringer Tiefe wird dem Projekt langfristig zugutekommen. Diese Wasserentnahme wird in **Kapitel 5.3.2** näher erläutert.

5.2 Vorteile des TS3-Standorts auf der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen

Für die Aufbereitung des am Standort entnommenen Grundwassers bietet der Standort der TS3 auf der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen die folgenden potenziellen Vorteile:

- Vermeidung des Baus zusätzlicher Bauwerke und zusätzlicher Verkehrsbewegungen zum und vom Standort während der Bau- und Betriebsphase (d.h. innerhalb des umzäunten aktiven Flugfeldes und der Sicherheitszone),
- Verwendung desselben Eingabeschachts, derselben Ableitungsstelle und desselben Stromversorgung wie bei TS2, welche sich ebenfalls auf der Aufstellfläche der Sanierungsanlagen befinden wird (siehe **Abbildung A-5**),
- Die Möglichkeit, in Zukunft die Aufgaben der Behandlung, des Betriebs und der Wartung („*operation and maintenance*“, O&M) von TS3 mit denen von TS2 zu kombinieren. Zu den kombinierten Aufgaben für die beiden Projekte könnten gehören:
  - Eine kombinierte Sanierungsanlage,
  - Rückspülung und Austausch von Adsorptionsmitteln,
  - *O&M*-Termine vor Ort,
  - Validierung der Probenahmen,
  - Laboranalysen, und
  - Untersuchungsberichte.
- Potenziell geringerer Aufwand auf Seiten des DPW- und der Behörden für die Projekte in der Zukunft (d. h. gemeinsame Projekttreffen, Überprüfung weniger Berichte, usw.).

Die oben genannten Vorteile haben das Potenzial, einen kosteneffizienteren Ansatz für beide Projekte zu bieten, die wahrscheinlich langfristig (d. h. länger als 30 Jahre) laufen werden.

5.3 Wasserentnahmebereich

5.3.1 Grundwasser

Wie in den **Kapiteln 3.3** und **3.4** erörtert, ermöglichten die aus dem Doppelpumpversuch in GWM37 / GWM70 gewonnenen Daten die Abschätzung der wahrscheinlich erforderlichen Entnahmebereiche durch die vorgeschlagenen Grundwasserentnahmen (siehe **Abbildung A-7**). Die angenommenen kombinierten Entnahmebereiche der vorgeschlagenen GWM37- und GWM70-Entnahmebrunnen (die beide als vollkommen ausgebaute Messstellen arbeiten werden) werden als ausreichend für die langfristige hydraulische Kontrolle und Sanierung der nachgewiesenen PFAS-Fahne angesehen.

GWM37 muss zu einer vollkommen ausgebauten Messstelle bis zur Basis des Blasensandsteins in einer maximalen Tiefe von 30 m u. GOK umgebaut werden (gemäß der Bohrkernansprache im Gelände). Es wird darauf hingewiesen, dass eine neue 50-mm-Messstelle (mit der Bezeichnung GWM92A) auf dem Parkplatz zwischen den Messstellen GWM37 und GWM79A errichtet wird (siehe **Abbildung A-17**). Diese zusätzlichen Bohrarbeiten werden in Übereinstimmung mit dem PFAS-Standortcharakterisierungsplan (/10/) durchgeführt.

Aufgrund der sehr hohen PFAS-Konzentrationen in GWM78A (siehe **Kapitel 3.1**) wird das oberflächennahe Grundwasser aus dieser Messstelle ebenfalls für die Behandlung in TS3 entnommen. Der Wiederanstieg des Wasserspiegels in dieser Messstelle während der Pumpversuche (/12/) zeigte geringe Entnahmeraten in der Größenordnung von 1 L/min. In Anbetracht der nachgewiesenen hohen PFAS-Konzentrationen wird die Entnahme des Grundwassers jedoch als gerechtfertigt erachtet. Das

Grundwasser aus dieser Messstelle wird in das GWM70-Gebiet gepumpt, bevor es zu TS3 geleitet wird (siehe **Abbildung A-6**).

5.3.2 Schichtwasser

Wie in **Kapitel 3.1** erörtert und in **Abbildung A-8** (Ergebnisse von 2015 und 2021) dargestellt, wurden sehr hohe PFAS-Konzentrationen im Schichtwasser in der Nähe des ehemaligen Feuerwehrübungsplatz (westlich und nordwestlich dieser Struktur) nachgewiesen. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse und der Ergebnisse der tieferen Bodenanalyse ist es wahrscheinlich, dass dieses stark belastete Schichtwasser langsam in das Grundwasser (nach Nordwesten) und in Richtung der künftigen Entnahmebrunnen GWM37 und GWM70 migriert. Um die PFAS-Masse zu reduzieren, die in das Grundwasser des Standorts migriert, und so das Projekt langfristig zu unterstützen, werden daher sechs neue flache (Schichtwasser-)Messstellen als zusätzliche Entnahmebrunnen installiert. Obwohl das Vorhandensein von Schichtwasser saisonal bedingt sein kann und die entnehmbaren Mengen wahrscheinlich gering sind (d. h. weniger als 1 L/min), werden die PFAS-Konzentrationen wahrscheinlich deutlich höher sein als die im Grundwasser des Standorts nachgewiesenen.

Die sechs neuen flachen Schichtwassermessstellen mit den Bezeichnungen GWM86A bis GWM91A werden wie folgt ausgebaut (siehe **Abbildung A-6**):

- Alle Arbeiten zur Errichtung der Messstellen werden in Übereinstimmung mit den Anforderungen des PFAS-Standortcharakterisierungsplans (/10/) durchgeführt,
- Die Lage der Messstellen basiert auf den folgenden Kriterien:
  - in der Nähe des ehemaligen Feuerwehrübungsplatzes, wo die höchsten Boden- und Grundwasserkonzentrationen nachgewiesen wurden,
  - im Bereich, wo die höchsten PFAS-Konzentrationen im Schichtwasser nachgewiesen wurden (westlich und nordwestlich des ehemaligen Feuerwehrübungsplatz),
  - im Bereich, wo hohe PFAS-Konzentrationen im Boden in einer Tiefe von 3 m u. GOK oder tiefer nachgewiesen wurden und diese daher wahrscheinlich eine kontinuierliche Kontaminationsquelle für das Schichtwasser und letztlich das Grundwasser des Standorts darstellen, und
  - die Messstellen werden in einem Abstand von ca. 15 - 20 m vorgeschlagen, um die Ansammlung von Schichtwasser zu minimieren, das letztlich ins Grundwasser migrieren würde.
- Die 100-mm-Messstellen (GWM86A bis GWM91A) werden in Bohrlöchern mit großem Durchmesser (d. h. mindestens 300 mm Durchmesser) bis zu einer maximalen Endtiefe von 8 m u. GOK ausgebaut, um das Schichtwasser zu erfassen und zu entnehmen. Die endgültige Endtiefe der Bohrung und der Messstelle hängt von den Feldbeobachtungen während der Bohrarbeiten ab. Die Messstellensohle wird nach Möglichkeit in eine tonreiche Schicht/einen Tonsteinhorizont verlegt, damit die Messstelle das sich über dieser geringer durchlässigen Schicht ansammelnde Schichtwasser erfassen kann, und
- Wie in **Abbildung A-6** dargestellt, wird das Schichtwasser zuerst in den Bereich der GWM70 gepumpt, bevor es weiter zur TS3 geleitet wird.

5.4 Wasserentnahmen

Die vorgeschlagenen Grundwasserentnahmen am Standort (d. h. von GWM37, GWM70, GWM78A und den sechs neu errichteten flache Schichtwassermessstellen (GWM86A bis GWM91A) umfassen die folgenden Aspekte:

- GWM37 und GWM70 - angenommene Gesamtgrundwasserentnahmeraten von ca. 34,4 m^3 pro Tag auf der Grundlage der folgenden konstanten Pumpversuchsförderraten:
  - GWM70 ca. 15,5 L/min und

  - GWM37 ca. 15,5 L/min (angenommen nach Errichtung als vollkommen ausgebaute Messstellen).
- GWM78A (Messstelle des A-Aquifers) - angenommene Förderrate von ca. 1 L/min (ca. 1,4 m^3 pro Tag),
- GWM86A bis GWM91A (Schichtwasser) - angenommene Förderrate von ca. 0,5 L/min an jeder Messstelle (ca. 4,3 m^3 pro Tag), und
- Gesamtförderrate von ca. 50,4 m^3 pro Tag.

Die geeignete Dimensionierung der Entnahmepumpen dürfte wie folgt aussehen:

- GWM37 und GWM70 - die Pumpen müssen für die Förderung von Wasser aus einer Tiefe von 30 m mit einem maximalen Betriebsdruck von 15 bar ausgelegt sein, und
- GWM78A - ausgelegt für das Pumpen von Wasser aus einer Tiefe von 13 m mit einem maximalen Betriebsdruck von 5 bar, und
- GWM86A bis GWM91A - ausgelegt für das Pumpen von Wasser aus einer Tiefe von 8 m mit einem maximalen Betriebsdruck von 5 bar.
- Für jeden Entnahmebrunnen:
  - Zur Regulierung des Grundwasserstands:
    - Hoch- und Tiefstandsensoren zum Ein- und Ausschalten der Pumpen (Schwimmer),
    - Ein Stromrichter, der die Pumpendrehzahl frequenzgesteuert anpasst, um den Grundwasserstand konstant zu halten. Ein Stromrichter verlängert die Lebensdauer der Pumpe, da er den Verschleiß durch Stillstand verringert. Er wird oben in der Messstelle in einem trockenen Gehäuse installiert, und
    - Für Messstellen mit geringem Durchfluss wird ein Regler eingesetzt, um den Durchfluss auf die erforderliche Förderrate einzustellen.
  - Ein Durchflussmesser/Transmitter zur Überwachung oder Regulierung der Förderrate,
  - Ein mechanischer Durchflussmesser zur Messung der Förderrate jedes Entnahmebrunnens,
  - Elektrische Kabel für die Pumpen,
  - Steuerkabel für die Echt- / Vollzeit-Überwachung der Grundwasserströme und -stände (d. h. Teil des Fernüberwachungssystems). Diese Kabel werden in separaten Schutzrohren verlegt, um elektrische Interferenzen mit den Pumpenkabeln zu vermeiden, und
  - ein Probenahmehahn zur Entnahme von Grundwasserproben aus dem oberen Teil jeder Messstelle.
- Das aus den oben genannten Messstellen entnommene Grundwasser wird in einem einzigen 50-mm-Rohr zusammengeführt und zur Aufstellfläche der Sanierungsanlagen geleitet (siehe **Abbildung A-4**).

5.5 Wassertransport zur Aufstellfläche der Sanierungsanlagen

Das am Standort geförderte Grund- und Schichtwasser wird wie folgt zur TS3 gepumpt/geleitet:

- Der vorgeschlagene Verlauf der unterirdischen Versorgungsleitung sieht die Verlegung der Leitung westlich der internen Ringstraße vor. Diese Trasse wurde am 23. August 2022 mit Vertretern der Standortverwaltung (DPW) inspiziert und scheint im Allgemeinen frei von Bestandsleitungen zu sein. Die Trasse ist in **Abbildung A-1** bis **Abbildung A-5** und in den sieben Plänen für die unterirdischen Versorgungsleitungen in **Anhang B** dargestellt. Fotos, die während der Inspektion des Standorts aufgenommen wurden und den potenziellen Verlauf der Versorgungsleitungstrasse zeigen, sind als **Anhang C** beigefügt,
- Die 50-mm-Rohrleitung wird wie folgt verlegt:

- Verlegung in einem 100-mm-Schutzrohr in einer Mindesttiefe von 1,5 m u. GOK aus Gründen des Frostschutzes. Dieses Rohr wird zum Schutz des 50-mm-Rohrs und als sekundäre Leckageanzeige verwendet. Es kann auch in Zukunft verwendet werden, wenn das 50-mm-Rohr ersetzt werden muss (d. h. ein neuer 50-mm-Rohrabschnitt durch das Rohr gezogen wird),
- Die Schächte werden a) an den Verbindungsstellen des 50-mm-Rohrs und b) in einem Mindestabstand von 100 m errichtet. Ein möglicher Entwurf des Schachts und der Rohre ist in **Abbildung A-14** dargestellt,
- Ein Rückflussverhinderer wird an allen Rohrverbindungen angebracht, an denen Wasser aus anderen Messstellen in die Hauptwasserleitung gelangen könnte,
- Der Einstieg in den Schacht muss mindestens 600 mm breit sein, damit ein Arbeiter Wartungsarbeiten durchführen kann. Diese Arbeiten dürfen nur von Personen durchgeführt werden, die über eine entsprechende Ausbildung zu Arbeiten in engen Räumen verfügen (einschließlich Überwachung der Atemluft im Schacht vor dem Betreten),
- Die Leitung wird ein Gefälle von 0,25 % nach Osten (d. h. ein Gefälle von ca. 25 cm auf 100 m) haben, so dass eventuelles Leckagewasser aus dem 50-mm-Rohr nach Osten zum nächsten Schacht abfließt,
- Die Schächte werden mit einem wasserdichten Deckel versehen, um das Eindringen von Niederschlagswasser in den Schacht zu verhindern,
- In jedem Schacht wird ein manuelles Entlüftungsventil auf der Oberseite des 50-mm-Rohrs angebracht, damit angesammelte Luft (die eine Luftschleuse/Blockade verursachen kann) regelmäßig abgelassen werden kann (siehe **Abbildung A-14**),
- Die Rohre werden mit Bögen oder Muffen verlegt, die einen größeren Winkel als 135° aufweisen, um einen Druckverlust beim Pumpen zu vermeiden,
- Es ist vorgesehen, die Rohrleitungen in offener Bauweise zu verlegen; offene Gräben sind nach den geltenden Regeln (DIN 4124), Gesetzen und Vorschriften abzusichern. Alle Aushub- und Verfüllungsarbeiten werden gemäß den Anforderungen in **Kapitel 5.6** durchgeführt. Eine vorgeschlagene Grabenausführung ist in **Abbildung A-13** dargestellt.
- Da die Versorgungsleitung die Straße in zwei Bereichen in der Nähe von GWM70 kreuzt (siehe **Abbildung A-6**), müssen schätzungsweise ca. 20 m der asphaltierten Fahrbahn aufgeschnitten und ersetzt werden, um die Rohrleitung zu installieren. Der Rest der Grabarbeiten wird auf Grasflächen erfolgen (wie in **Abbildung A-1** und **Abbildung A-6** dargestellt). Die Gesamtlänge des Grabens wird ca. 690 m betragen.

- Die besprochenen Schächte werden im Rahmen der Überwachungsarbeiten auf mögliche Lecks untersucht (siehe **Kapitel 7.7**) und bei Bedarf für den künftigen Austausch von Abschnitten des 50-mm-Rohrs (d. h. innerhalb des 100-mm-Rohrs) verwendet,
- Der gesamte Boden, der während der Grabarbeiten entnommen wird, muss in Übereinstimmung mit einem vom Auftragnehmer erstellten Abfallmanagementplan gehandhabt werden. Soweit möglich, wird der ausgehobene Boden bei den Verfüllungsarbeiten wiederverwendet. Überschüssiges Bodenaushub wird eine Probenahme und labortechnische Untersuchung erfordern, um den geeigneten Ort für die Entsorgung außerhalb des Standortes zu bestimmen,
- Es werden alle Anstrengungen unternommen, um eine Beschädigung der Baumwurzeln während der Grabarbeiten zu vermeiden. Bei der Inspektion des Geländes wurde eine Trasse durch den Baumbestand im nördlichen Abschnitt ermittelt, die realisierbar sein dürfte (siehe Fotos in **Anhang C**),
- Die vorgeschlagene Trasse muss von der Garrison genehmigt werden, was eine Überprüfung der Lage bestehender Telefon- und anderer Kommunikationsleitungen erfordert. Sobald eine geeignete Trasse bestätigt ist, wird diese vor Ort zur endgültigen Genehmigung durch die Garrison eindeutig gekennzeichnet (d.h. im Rahmen einer Standortbegehung),
- Die Versorgungsleitung umgeht den Schacht K1, der sich in der Grasfläche im nördlichen Abschnitt befindet (siehe die Fotos in **Anhang C** und die Leitungspläne in **Anhang B**),

- Alle sensiblen Bereiche, in denen wahrscheinlich andere Leitungen verlegt sind, müssen von Hand freigelegt werden, um die tatsächliche Lage der vorhandenen Leitung(en) zu bestätigen,
- Alle Sicherheitszäune (auch in der Nähe der internen Ringstraße) müssen während der Grabarbeiten erhalten bleiben und können nicht (temporär) abgebaut werden.
- Die Leitplanke am Rande der internen Ringstraße kann während der Arbeiten zur Installation der Versorgungsleitungen vorübergehend entfernt werden.

Die Überprüfung der in **Anhang B** enthaltenen Leitungspläne zeigt, dass das Geländeniveau entlang der vorgeschlagenen Trasse vom Standort zur TS3 am südlichen Ende etwas höher liegt, was den Wasserfluss begünstigen wird:

- GWM37 - 463,7 m über dem Meeresspiegel (ü. NN),
- GWM70 - 464,9 m ü. NN,
- Die Kanalisationsschächte auf der internen Ringstraße liegen zwischen:
  - Süd - 464,15 m ü. NN,
  - Mitte (A6) - 462,99 m ü. NN, und
  - Nord (A13) - 463,32 m ü. NN.
- Schacht K1 in der Rasenfläche westlich von Gebäude 5801 - 463,05 m ü. NN. Siehe Fotos der Standortbegehung in **Anhang C**, und
- Eingang zur Aufstellfläche der Sanierungsanlagen - ca. 463 m ü. NN.

Da die vorgeschlagene Trasse keine nennenswerten Höhenunterschiede aufweist, müssen die Entnahmepumpen in der Lage sein, den erforderlichen Druck zu liefern, um das Wasser zu TS3 zu befördern (d. h. ohne zwischengeschaltete Pumpstationen). Dabei wird davon ausgegangen, dass das Wasser aus den Entnahmebrunnen entnommen und bis zu einer Höhe von ca. 2 m in TS3 gepumpt wird.

5.6 Grabarbeiten

5.6.1 Leitungsfreiheit

Die in **Anhang D** dargestellten Versorgungsleitungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, Aktualität oder Richtigkeit; sie dienen lediglich der Orientierung und zeigen das Vorhandensein verschiedener Versorgungsleitungen (Frischwasser, Kanalisation, Strom, Telekommunikation usw.) und zugehöriger Schächte in diesem allgemeinen Gebiet. Daher ist es zwingend erforderlich, vor Beginn der geplanten Grabarbeiten eine Grabbewilligung einzuholen (siehe **Kapitel 4.2.2**).

Für die Dauer der Grabarbeiten ist ein geeignetes Kabelsuchgerät bereitzuhalten und einzusetzen. In kritischen Bereichen (z. B. bei vorhandenen oberflächennahen Versorgungsleitungen usw.) kann manuelles Handschachten erforderlich sein.

Die geltenden Unfall-Verhütungs-Vorschriften sowie der projektspezifische Arbeits- und Sicherheitsplan (siehe **Kapitel 1.5**) sind anzuwenden.

Während der Grabarbeiten werden gemäß dem Erosions- und Staubkontrollplan (siehe **Kapitel 1.5**) geeignete Erosionsschutzmaßnahmen ergriffen. Dazu gehören das Abdecken mit Planen, das Anlegen von Erosionsrinnen oder -dämmen, das Abdecken vorhandener Schachtdeckel usw. Die versiegelten Flächen werden an jedem Arbeitstag nach Bedarf von Schmutz befreit.

5.6.2 Allgemeines zu Grabarbeiten und dem Verlegen von Leitungen

Aushub und Verfüllung für neue unterirdische Rohrleitungen umfassen alle Aushubarbeiten, Verbauarbeiten, Bauwasserhaltungsmaßnahmen, Verfüllung, Verdichtung, Entsorgung von überschüssigem Material und alle anderen Arbeiten, die mit dem Bau von Gräben verbunden sind,

einschließlich aller anderen Aushubarbeiten, die für Schächte oder andere Bauwerke, die Teil der Rohrleitung und / oder des Bauprojektes erforderlich sind.

Entlang der Trasse der neuen Rohrleitungen (siehe **Abbildung A-1** bis **Abbildung A-5** wird das Bodenmaterial lediglich so weit entfernt, dass ein Graben ausgehoben werden kann, der ausreichend Platz für eine effiziente und ausreichenden Leitungsverlegung bietet. Wo Gehwege, Einfahrten, versiegelte Flächen, Zäune, Bordsteinkanten, Rinnsteine und andere Strukturen angetroffen werden, ist darauf zu achten, dass sie nicht beschädigt oder zerstört werden. Oberboden, der für den späteren Wiedereinbau und die Oberflächengestaltung geeignet ist, wird separat an einer vom DPW genehmigten Stellen gelagert und so aufbewahrt, dass er nach dem Einbringen des restlichen Verfüllmaterials wiedereingebaut werden kann. Das Oberbodenmaterial ist deshalb mittels Plastikplanen gegen Niederschläge zu schützen. Soweit möglich, sind Schäden an den Wurzelsystemen größerer Pflanzen und Bäume entlang der Leitungsgräben zu vermeiden.

Alle Druckwasserleitungen und Schachtanschlüsse werden frostsicher in einer Mindesttiefe von 1,5 m unter Geländeoberkante (u. GOK) verlegt. Es ist vorgesehen, die Rohrleitungen in offener Bauweise zu verlegen, sofern nicht anders angegeben. Offene Gräben werden nach den geltenden Regeln (DIN 4124, /33/), Gesetzen und Vorschriften geschützt. Die Verlegung der Rohrleitungen erfolgt nicht durch Verfahren, die eine Einbettung des Rohres in körniges Material nicht zulassen, wie z. B. offenes Schneiden und Verlegen mit einer Grabenfräse und / oder Horizontalbohrung.

Die lot- und höhengerechte Verlegung der Rohrleitungen erfolgt erst nach der Entwässerung des Grabens und der Vorbereitung des Fundaments bzw. der Bettung. Die Rohre werden nicht in Wasser verlegt und werden ebenfalls nicht verlegt, wenn die Bodenverhältnisse oder das Wetter für solche Arbeiten ungeeignet sind. Schlamm, Schluff, Kies und andere Fremdkörper werden aus den Rohren und von den Anschlussflächen ferngehalten. Wenn gerade keine Rohrverlegung durchgeführt wird, wird das vordere Ende des Rohrs mit einem provisorischen Stopfen / einer Kappe dicht verschlossen.

Für das Einbringen von Rohrabschnitten in Gräben sind geeignete Vorrichtungen vorzusehen. Hebeösen in vertikal verlaufenden Rohren werden in der gleichen vertikalen Ebene wie die Hauptachse des Rohrs angebracht.

Die Verbindung der Rohre erfolgt nach den Vorgaben des Herstellers. Wenn nicht anders angegeben, werden Drainagerohre und Formstücke aus Polypropylen (PP-MD) nach DIN EN 14758 1 (/34/) mit werkseitig eingelegter, patentierter Lippendichtung hergestellt und nach DIN EN 1610 (/35/) sowie den Verlegevorschriften des Herstellers verlegt. Die Verbindungsstücke müssen aus dem gleichen Material wie die Rohre bestehen. Verbindungen zwischen verschiedenen Rohrmaterialien müssen mit einer gefertigten Kupplung und einer Betonummantelung hergestellt werden, sofern vom Hersteller nicht anders zugelassen.

Die Rohre werden in einem Bett aus gewaschenem Sand (Material der Klasse IB oder II für die Bettung) verlegt, und die Rohrtrasse wird mit einem darüber liegenden Warnband (helle Farbe) gesichert. Alle verlegten Rohre werden in ihrer Position fixiert, um ein seitliches Verschieben und das Öffnen von Verbindungen zu verhindern, bis eine ausreichende Verfüllung erfolgt ist, die das Rohr in seiner Position hält. Die Rohre werden vom Anschlusspunkt an das bestehende Rohr oder von einem festgelegten Startpunkt aus bergauf verlegt.

Alle Verbindungen müssen wasserdicht und gasdicht sein. An den wasserdichten Verbindungen wird ein hydrostatischer Test durchgeführt. Die Rohrleitungen werden vor der Fertigstellung der Verfüllung durch Luft- oder Wassertests bei niedrigem Druck bzw. durch Exfiltrationstests auf Dichtheit geprüft. Die Niederdruck-Luftprüfung für Kunststoffrohre entspricht der EN 1610 (/35/). Vor den Exfiltrationstests wird der Graben mindestens bis zur unteren Hälfte des Rohrs verfüllt. Falls erforderlich, wird eine ausreichende Menge an zusätzlichem Verfüllmaterial eingebracht, um Bewegungen des Rohrs während der Prüfung zu verhindern, wobei die Verbindungsstücke für die Inspektion unbedeckt bleiben. Werden sichtbare Mängel festgestellt und erfüllt die Leckage die angegebene Mindestanforderungen nicht, werden die Lecks durch Austausch der beschädigten Rohre und / oder Dichtungen behoben und die Prüfung wiederholt.

Ausgewähltes körniges Verfüllmaterial ist in losen Lagen von höchstens 200 mm Mächtigkeit einzubringen und auf eine maximale Dichte von mindestens 95 % zu verdichten. Das Verfüllmaterial besteht aus geeignetem, körnigem Material (gewaschener Sand, Schotter, Grubenschotter oder gebrochener Kies), das frei von Steinen mit einer Größe von 25 mm oder größer in jeder Dimension oder frei von Steinen der vom Rohrhersteller empfohlenen Größe ist, je nachdem, was kleiner ist. Die körnige Verfüllung darf nicht zu viele weiche, ungeeignete und organische Komponenten aufweisen oder andere unerwünschte Stoffe enthalten. Bodenaushub kann verwendet werden, wenn die Anforderungen erfüllt sind und er nicht verunreinigt ist. Zum Zeitpunkt der Verwendung muss die körnige Verfüllung frei von gefrorenen Klumpen und Fremdkörpern sein, die sich während des Aushebens mit ihr vermischt haben könnten.

Der ursprüngliche Zustand der Oberfläche ist wiederherzustellen

Es werden Verdichtungsversuche (z. B. dynamische Plattendruckversuche mit einem leichten Fallgewichtsgerät nach der technischen Prüfvorschrift TP BF-StB Teil B8-3-12 (/53/), oder gleichwertig) durchgeführt. Die Prüfungen an ausgewählten Stellen dienen dazu, den sachgerechten Einbau und die Verdichtung des Verfüllmaterials zu prüfen und zu dokumentieren.

Verformungsprüfungen werden frühestens 30 Tage nach Abschluss der endgültigen Verfüllung und Verdichtungsprüfung an der gesamten Länge der verlegten flexiblen Rohre durchgeführt. Alle Rohre sind vor der Prüfung zu reinigen oder zu spülen. Jedes flexible Rohr ist hierbei auf Schäden und Mängel, Setzungen, Ausrichtung usw. zu prüfen. Wenn die Verformungswerte die zulässige Verformung des durchschnittlichen Innendurchmessers der Leitung überschreiten, ist das Rohr auszubauen, durch eine neues Rohr zu ersetzen und 30 Tage nach Abschluss der Verfüllung, der Dichtheitsprüfung und der Verdichtungsprüfung erneut zu prüfen.

Alle Ergebnisse der Dichtheits-, Verformungs- und Verdichtungstests werden in der entsprechenden Dokumentation festgehalten.

Eine vorgeschlagene Grabenausführung ist in **Abbildung A-13** dargestellt.

5.7 Aufbau der Aufstellfläche und der Reinigungsanlage TS3 - Technische Leistungsbeschreibung

Die im Folgenden beschriebenen Mindestanforderungen sind so weit wie möglich funktional gehalten und müssen im Sinne der Realisierung eines voll leistungsfähigen und funktionsfähigen Systems betrachtet werden.

TS3 wird auf einer Aufstellfläche für die Reinigungsanlagen innerhalb des eingezäunten und flachen Bereichs zwischen den beiden Regenrückhaltebecken RRB03 und RRB04 und in der Nähe der bestehenden Standortumzäunung aufgestellt (siehe **Abbildung A-5**). TS3 und TS2 werden beide nebeneinander auf der Aufstellfläche stehen und mindestens 6 m von der nahe gelegenen Umzäunung entfernt sein, wie in den Richtlinien ATTP 3 39 32 (/31/) und UFC 4 22 03 (/32/) gefordert.

Die Aufstellfläche wird aus den folgenden Elementen (siehe **Abbildung A-5**) bestehen; weitere Einzelheiten sind in den folgenden Abschnitten enthalten:

- eine Betonplatte, die in geeigneter Weise als Aufstellungsfläche für den langfristigen Betrieb der Sanierungsanlage konstruiert wird. Die Betonplatte wird keinen der vorhandenen Regenwasserkanäle überdecken (siehe **Kapitel 5.7.1**),
- ein vertikaler Eingabeschacht, über den das behandelte Wasser der bestehenden, unterirdischen Drainageleitung in einer Tiefe von ca. 7 m u. GOK zugeführt wird (siehe **Kapitel 5.7.3**)
- eine Stromversorgung (über ein unterirdisches Leitungsrohr) vom Gebäude 5801 (siehe **Kapitel 5.7.5**) und
- Freispiegelleitungen zwischen der Aufstellfläche und dem neuen Eingabeschacht (siehe **Kapitel 5.7.6**).

Der vorgeschlagene TS3-Standort und die in **Abbildung A-5** dargestellten Versorgungsleitungen bedürfen der endgültigen Genehmigung durch die USAG Ansbach.

Die Aufstellfläche der Reinigungsanlagen und TS3 soll hindernisfrei für schwere LKW erreichbar und befahrbar sein.

5.7.1 Identifizierung bestehender und vorgeschlagener Einrichtungen

Die bestehenden und vorgeschlagenen Einrichtungen, die in den folgenden Kapiteln erörtert werden, sind in **Tabelle 3** zusammengefasst; weitere Informationen sind in **Abbildung A-10 bis Abbildung A-12** im Anhang zu entnehmen.

Tabelle 3: Übersicht der bestehenden und vorgeschlagenen Einrichtungen

Bezeichnung	Status	Formale Identifizierung	Durchmesser / Material	Beschreibung and Details
Rohrleitungen				
CCAN104 Versorgungs-leitung	vorgeschlagen	Transferleitung für unbehandeltes Wasser von den CCAN104-Entnahmebrunnen zu TS3	DN50 PE-HD in einem DN100-Rohr	Drucksteigleitung; Länge: 690 m Rohrsohle oben (SIE): 464,1 m ü. NN Rohrsohle unten (EIE): 460,7 m ü. NN
"*Pipe 1*"	bestehend	Vom Schacht „*Shaft Drainage Stairs Bldg. 5801*“ bei Geb. 5801 zu "*Pipe 2*"	DN400 / Beton	Drainagerohr; Länge: 11,3 m SIE: 455,63 m ü. NN EIE: 455,58 m ü. NN
"*Pipe 2*"	bestehend	Von Schacht „*Shaft White Cover (434)*“ zum neuen vertikalen Entnahmeschacht ("*Structure 3*")	DN500 / Beton	Drainagerohr; ungefähre Länge: 42,15 m SIE: 455,59 m ü. NN EIE: 454,96 m ü. NN
"*Pipe 4*"	vorgeschlagen	Von TS3 zum neuen vertikalen Eingabeschacht ("*Structure 4*")	DN200 / PP-MD	Freie Ablaufleitung; ungefähre Länge: 15 m EIE: 460,70 m ü. NN
"*Pipe 5*"	bestehend	Vom neuen vertikalen Eingabeschacht ("*Structure 4*") zum Schacht 105009A (645) ("*Structure 5*")	DN500 / Beton	Drainagerohr; ungefähre Länge: 34,5 m SIE: 454,95 m ü. NN EIE: 454,44 m ü. NN
Schachtbauwerke				
"*Structure 4*"	vorgeschlagen	Vertikaler Eingabeschacht	DN1200 / Beton	Oberer Rand: 461,74 m ü. NN Schachtboden: 454,95 m ü. NN
"*Structure 5*"	bestehend	Schacht 105009A (645)	DN1000 / Beton	Oberer Rand: 459,29 m ü. NN Schachtboden: 454,41 m ü. NN

5.7.2 Betonplatte der Aufstellfläche

TS3 wird über einen Zeitraum von mehr als 30 Jahren in einem 20-Fuß-Container untergebracht (siehe **Kapitel 5.8**). Aus diesem Grunde wird der Bau einer Bodenplatte aus Beton erforderlich sein. Die Platte sollte den technischen Mindestanforderungen für einen 20-Fuß-Container und der TS3 entsprechen. Das Gesamtgewicht des Containers wird voraussichtlich ca. 10 Tonnen betragen. Die Platte sollte

mindestens für die Frostempfindlichkeitszone II und den Baugrund Typ F3, BK10 ausgelegt sein. Die Abmessungen der TS3-Betonplatte sind mindestens 8 m x 5 m, wie in **Abbildung 1** dargestellt.

Weitere Spezifikationen für die Stahlbetonplatte sind (von unten nach oben):

- Verdichteter Untergrund,
- Horizontale Tragschicht aus mineralischem Material (unterhalb der Betonplatte) für Bauwerke nach DIN 4095, Natursplitt 2/54, zerkleinert, verdichtet, Schichtdicke und Ausführung gemäß **Abbildung 1** unten, und
- Obere Betonaufstellfläche: Gefälle von 0,5 % (**Abbildung 1** unten), Normalbeton C 30/37 DIN EN 206, DIN 1045-2, ohne Recycling-Baustoffe, Expositionsklasse XC4 + XD1 + XM1 + WA, Konsistenzklasse F3, einschließlich Schalung und Bewehrung B500A.

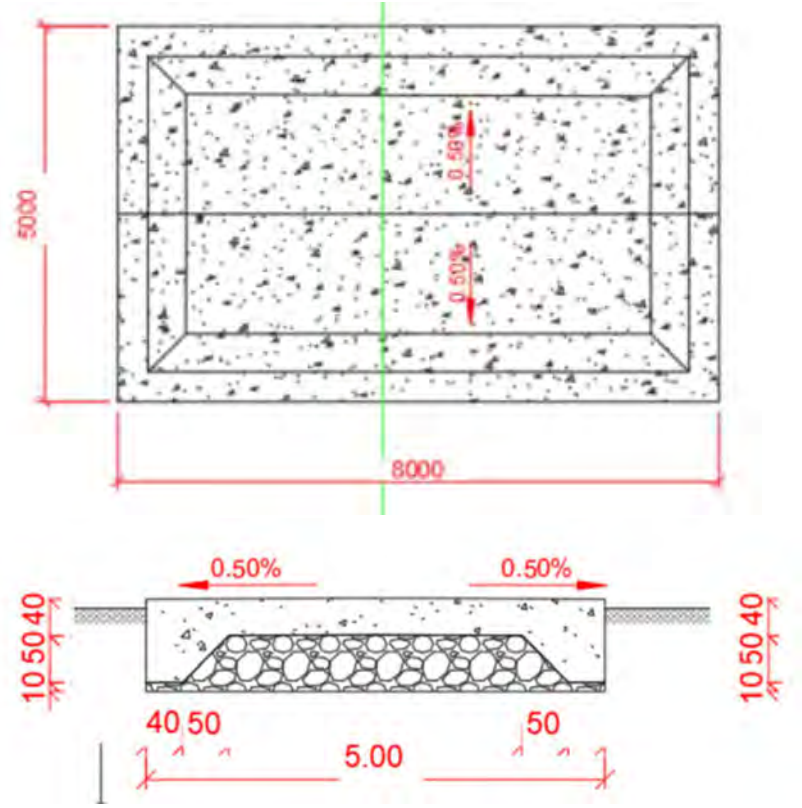


Abbildung 1. Details Betonplatte TS3

Bohrungen durch die Betonplatte ermöglichen das Durchführen der Verbindungsleitungen.

Hinweis: Der Standort plant direkt neben der Reinigungsanlage TS3 eine weitere, ähnlich dimensionierte Reinigungsanlage zu errichten. Diese wird im Rahmen der Grundwassersanierung im Bereich Geb. 5801 / Hangar #4 unter einem anderen Projekt / Vertrag / „*Decision Document*“ geplant und eingerichtet und wird als TS2 bezeichnet.

Die Standortverwaltung („*DPW*“) hat hierfür die gemeinsame Aufstellfläche für die Reinigungsanlagen (siehe **Abbildung A-5**) bereitgestellt. Aus Effektivitäts- und Kostengründen kann ggf. anstatt zwei separater Betonbodenplatten auch eine größere Betonbodenplatte (mindestens 8 m x 10 m) erstellt werden. In diesem Fall muss festgelegt und koordiniert werden, im Rahmen welchen Projektes, die größere Betonbodenplatte errichtet werden soll.

Darüber hinaus sollen zukünftig gegebenenfalls weiter Anlagen in diesem Bereich aufgestellt und betrieben werden. Obwohl diese weiteren Anlagen nicht Gegenstand der derzeitigen Planung sind, wird diese Fläche bereits jetzt als mögliche Erweiterungsfläche in den oben genannten Abbildungen dargestellt.

Wenn größere Container verwendet werden sollen, muss die Dimensionen der Betonbodenplatte entsprechend angepasst werden.

5.7.3 Neuer vertikaler Eingabeschacht („*Structure 4*“)

Ein neuer vertikaler Eingabeschacht („*Structure 4*“) wird bis zu einer Tiefe von ca. 7 m u. GOK (ungefähr 454,95 m ü. NN) errichtet, um einen Zugang zur bestehenden, unterirdischen Drainageleitung für die Rückführung des gereinigten Wassers herzustellen. Das gereinigte Wasser wird schließlich dem Katterbach zugeführt.

Der neue Eingabeschacht wird für die Rückführung des behandelten Wassers aus den beiden Anlagen TS2 und TS3 verwendet. Daher muss festgelegt und koordiniert werden, im Rahmen welchen Projektes dieser Schacht installiert werden soll. Wird TS3 zuerst installiert, ist die Ableitung des Drainagewassers unbedingt fortzuführen und jederzeit zu gewährleisten; insbesondere wenn "*Structure 3*" nicht bereits installiert ist, sind entsprechende temporäre Ableitungsmaßnahmen zu planen, z. B. eine Bypass-Lösung.

Der vorgeschlagene Standort des Schachts "*Structure 4*" ist in **Abbildung A-10** im Anhang und der vorgeschlagene Entwurf in **Abbildung A-15** im Anhang dargestellt. Der entworfene DN1200-Schacht wird aus Stahlbetonfertigteilen gemäß DIN EN 1917 (/42/) bestehen und über abgedichtete Fugen verfügen. Zu den Elementen gehören:

- Schachtboden, monolithisches Bodenelement, Gerinne und Aufkantung (in einem Guss gegossen).
- Schachtkammer mit Steighilfen.
- Schachtverjüngung (exzentrische Kegel).
- Abdeckplatte (exzentrisch) EN 124 Klasse >D400.
- Reduzierplatte (exzentrisch).
- Verstelleinheiten DN625, verschiebesichere Muffenverbindung.
- Beton C 40/50, Wassereindringtiefe <20 mm.

Der Schacht besteht aus Schachtringen, einem Deckel und einem Rost. Der Schachtdeckel muss entsprechende Vorrichtungen zum Öffnen haben und eine Gummidichtung aufweisen.

In die Schachtwände werden bei der Herstellung Tritte eingearbeitet. Die Tritte werden im Abstand von 40 cm gesetzt und bestehen aus korrosionsbeständigem, faserverstärktem Kunststoff (gusseiserne Stufen sind nicht zulässig).

Gemäß der entsprechenden geltenden Unfall-Verhütungs-Vorschrift sind für Schachtbauwerke mit Tiefen von mehr als 5,0 m zusätzliche Sicherheitseinrichtungen vorzusehen.

Das bestehende Drainagerohr "*Pipe 5*" (siehe **Abbildung A-10**) wird an den neuen vertikalen Eingabeschacht „*Structure 4*“ angeschlossen. Der Anschluss der Rohre an das Betonbauwerk erfolgt mit flexiblen, wasserdichten Verbindungsstücken. Die Öffnungen, durch welche die Rohre in das Schachtbauwerk eintreten, werden abgedichtet und vollständig mit schrumpfungsfreiem Mörtel ausgefüllt. Alle an den Schacht angeschlossenen Rohre werden mit einer Betonsäge oder einer ähnlichen Säge zurechtgeschnitten; das Abbrechen von Rohrstücken mit Hammer, Meißel oder Ketten ist nicht zulässig. Alle Verbindungen müssen wasserdicht und gasdicht sein. Verbindungen zwischen verschiedenen Rohrmaterialien müssen mit einer gefertigten und geeigneten Kupplung hergestellt werden.

Im unteren Teil des neuen vertikalen Eingabeschachtes können Entwässerungsmaßnahmen erforderlich sein. Das entnommene Wasser ist vor der Ableitung abzureinigen. Das Verfüllmaterial um das neue Schachtbauwerk muss in lockeren Lagen eingebracht und bis zur maximalen Dichte verdichtet werden. Die ursprüngliche Oberfläche und das ursprüngliche Gelände werden so weit wie möglich wiederhergestellt.

Überschüssige Rohrleitungen und Rohrverbindungen sowie das ausgehobene Boden- und Festgesteinsmaterial (z. B. Blasensandstein) werden ordnungsgemäß getrennt, klassifiziert und gemäß den geltenden deutschen Vorschriften und Bestimmungen entsorgt (siehe **Kapitel 4.8**).

5.7.4 Lokalisierung des vorhandenen Drainagerohrs ("Pipe 5")

Um das bestehende Drainagerohr "*Pipe 5*" zu lokalisieren, das vom Geb. 5801 zu „*Structure 5*“ (siehe **Abbildung A-10**) verläuft, wird ein Graben senkrecht zur voraussichtlichen Lage des bestehenden Rohrs "*Pipe 5*" bis zu einer Tiefe von ca. 7 m u. GOK ausgehoben.

Im unteren Bereich des Grabens können Entwässerungsmaßnahmen erforderlich sein. Das entnommene Wasser ist vor der Ableitung abzureinigen. Das Verfüllmaterial um das neue Schachtbauwerk muss in lockeren Lagen eingebracht und bis zur maximalen Dichte verdichtet werden. Die ursprüngliche Oberfläche und das ursprüngliche Gelände werden so weit wie möglich wiederhergestellt.

5.7.5 Stromanschluss an Gebäude 5801

Strom für die Sanierungsanlage TS3 (64 Amper, A) wird bauseits mit Absicherung zur Verfügung gestellt; die Verbrauchskosten trägt der Standort. Der vorgesehene Anschlusspunkt für den Strom befindet sich [redacted] Der Anschluss der elektrischen Leitung / Anlagen kann ausschließlich durch einen ausgebildeten Elektriker erfolgen.

Es muss eine Stromleitung (64 A) zwischen diesem Stromverteilerkasten und TS3 installiert werden. Um die Reinigungsanlage zu versorgen, wird die vorgesehene Stromleitung unterirdisch in einem Leerrohr verlegt; dies dient auch zur Unterquerung der Ringstraße.

Der vorgeschlagene Verlauf des Stromkabels vom Anschlusspunkt [redacted] bis zur Sanierungsanlage TS3 ist wie folgt (siehe **Abbildung A-5** und **Fotos 7** bis **16**, **Anhang C**):

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]
- Durchführung in die Sanierungsanlage TS3.

Das Stromkabel ist ein PVC-Erdkabel Typ NYY J (oder gleichwertig), 25 mm², Nennspannung U0/U von 0,6/1,0 kV (Prüfspannung: 4.000 V).

Die Kabeltrasse in den Räumen erfolgt auf einer angenommenen Länge von ca. 25 m Aufputz mittels z. B. geeigneter Grip-Sammelhalterungen (ca. 25 Stück; z. B. OBO BETTERMANN oder vergleichbar).

Die brandsichere Abschottung muss die Feuerwiderstandsklasse bis zu EI 120 für Elektroinstallationen und Kabelbündel erfüllen und besteht aus einem nach EN 1366-3 (/42/) geprüften Brandschutzstopfen in vorgefertigter, intumeszierender Konusform zur Abschottung von runden Übergängen; bei Wänden oder Decken mit einer Dicke von weniger als 150 mm muss ein Metallrahmen mit Hilfe von Gipsplatten oder Silikatkalzium verwendet werden. Die Fugen zwischen den Installationen und dem Brandschutzstopfen werden mit geeigneter Brandschutzfüllmasse (z. B. Hilti CFS-FI) verfüllt (Mindesttiefe 20 mm).

Der geplante Kabelverlauf ist in **Abbildung A-5** und im **Anhang C** dargestellt und wurde von den zuständigen DPW-Abteilungen (Strom, Wasser, Kanalisation, Kommunikation usw.) genehmigt. Im Außenbereich ist vorgesehen, dass das Stromkabel in ein Leerrohr eingezogen wird, das im offenen Grabenbau verlegt wird; offene Gräben werden nach den geltenden Regeln (DIN 4124; /33/), Gesetzen und Vorschriften geschützt.

Die Stromleitung wird in einer Tiefe von 0,8 m in einem Bett aus gewaschenem Sand (siehe **Abbildung A-13**) verlegt. Das Leerrohr (z. B. Kabuflex R plus Typ 750" Typ 75) muss halogenfrei sein, eine erhöhte Druckfestigkeit (Druckspannung Typ 750 und Schlagfestigkeit N nach DIN EN 61386-24 (/40/)) aufweisen, außen gewellt und zur leichten Kabeleinführung mit glatter Innenhaut ausgestattet sein. Das Leerrohr ist nach EN 1610 und den Verlegevorschriften des Herstellers einschließlich wasser- und sanddichter Rohrverbindungen mit Doppelmuffen/Doppelmuffen mit Profildichtringen zu verlegen. Der Leitungsverlauf wird mit einem entsprechenden Trassenwarnband mit der Aufschrift „Achtung Stromkabel“ geschützt.

Alle Aushub- und Verfüllungsarbeiten werden gemäß den Anforderungen in **Kapitel 5.6** durchgeführt. Eine vorgeschlagene Grabenausführung ist in **Abbildung A-13** dargestellt.

Die angenommene Länge des Stromkabels und der zugehörigen Gräben / Kabelführungen sind wie folgt:

- Kabelführung (Aufputz / an der Decke) im [redacted]
- Geradlinige Verlegung in einem Graben (unterirdisch) vom [redacted] südlich der Ringstraße: angenommene Länge von ca. 30 m (abhängig von der tatsächlichen Trassenführung).
- Unterquerung der Ringstraße in einem der vier vorhandenen Leerrohre vom [redacted] nördlich der Ringstraße: angenommene Länge von ca. 13 m.
- Verlegung in einem Graben (unterirdisch) vom [redacted] bis zur Aufstellfläche der Reinigungsanlage TS2: angenommene Länge von ca. 35 m (abhängig von der tatsächlichen Trassenführung und Gestaltung der Aufstellfläche).

Die Gesamtlänge des Stromkabels beträgt ca. 103 m und die Gesamtlänge des Grabens ca. 65 m (abhängig von der endgültigen Trassenführung).

Die ursprüngliche Oberfläche wird wiederhergestellt.

Die TS3 muss mit einem CE-zertifizierten Stromzähler ausgestattet sein.

Der Standort plant direkt neben der Sanierungsanlage TS3 eine weitere Sanierungsanlage ("TS2 genannt) mit ähnlichem Stromverbrauch und -kenndaten zu errichten. TS2 wird im Rahmen der Grundwassersanierung im Bereich des Gebäudes 5801 unter einem anderen Projekt/Vertrag/*Decision Document* eingerichtet.

Gemäß der Elektroabteilung der Standortverwaltung („*DPW Electrical Shop*“) können beide Anlagen (2 x 64 A = 128 A, wie für TS3 und TS2 erforderlich) über den vorhandenen Stromanschluss [redacted]

[redacted] angeschlossen werden. Aus diesem Grund können statt zwei separater, parallel verlaufender Stromkabel auch ein entsprechend dimensioniertes Stromkabel (Querschnitt: 25 mm²) verlegt werden. Es erscheint zweckmäßig im Bereich des Standortes der beiden Reinigungsanlagen TS3 und TS2 einen wetterbeständigen, elektrischen Verteilerkasten einzurichten und von dort die beiden Anlagen mit Strom zu versorgen.

Wenn zwei getrennte Stromleitungen verlegt werden sollen, empfiehlt es sich, diese gleichzeitig zu verlegen, um Zeit und Geld zu sparen - oder zumindest einen Zugdraht mit dem Stromkabel zu verlegen.

Außerdem müssen elektrische Anlagen geerdet werden, z. B. mit einem Erdungsstab nach DIN EN 62561-2 (/41/) für die Sanierungsanalgen(en).

5.7.6 Anschluss an den Eingabeschacht („*Pipe 4*“)

Sobald das Wasser die Reinigungsanlage TS3 durchlaufen hat und dort behandelt wurde, wird es über die Freispiegelleitung „*Pipe 4*" (siehe **Abbildung A-10**) in den neuen Eingabeschacht „*Structure 4*" (siehe **Kapitel 5.7.3**) abgeschlagen. Das gereinigte Wasser wird dann durch die bestehende, unterirdische Drainageleitung vom Standort weg- und schließlich dem Katterbach zugeführt.

Der Durchfluss in der Leitung entspricht der Abflussmenge von TS3. Da der gesamte Durchfluss durch die Filtereinheiten fließt, entspricht der Zufluss in die Filter dem Abfluss aus den Filtern (ca. 0,6 l/s). Für den Durchmesser der Freispiegelleitung ist DN200 und für das Gefälle ist 1 % vorgesehen, damit mögliche Sedimentablagerungen vermieden werden und das Mindestgefälle nach DIN zu erfüllen.

Die Spezifikationen der Freispiegelleitung "*Pipe 4*" sind:

- DN200 Rohre und Formstücke aus Polypropylen (PP-MD) nach DIN EN 14758-1 (/34/) mit werkseitig eingelegter, patentierter Lippendichtung.
- Horizontale, unterirdische Strecke (mindestens 0,8 m u. GOK für Frostschutz; siehe **Abbildung A-10** im Anhang) mit einer Länge von ca. 8 m von TS3 in den neuen vertikalen Eingabeschacht (dies ist abhängig von der endgültigen Konstruktion, dem Aufbau, dem Standort des TS3 und der Austrittsstelle aus dem Container).
- Der geplante Verlauf von "*Pipe 4*" ist in **Abbildungen A-10** im Anhang skizziert. Die Verlegung der Rohrleitung erfolgt nach DIN EN 1610 (/35/) und den Verlegevorschriften des Herstellers. Das Rohr wird unterirdisch und unter der Betonplatte (siehe **Kapitel 5.7.2**) verlegt.

Alle Aushub- und Verfüllungsarbeiten werden gemäß den Anforderungen in **Kapitel 5.6** durchgeführt.

Im Eingabeschacht ("*Structure 4*") wird ein Absturzbauwerk (siehe **Abbildung A-8**) installiert, um den freien Fall des gerenigten Wassers in den Ablaufschacht zu verhindern. Es sollten platzsparende Lösungen realisiert werden, die den Zugang zum Schacht ermöglichen. Das Kunststoffrohr mit einer Nennweite von DN200 (gleicher Durchmesser wie die oben aufgeführte freie Ablaufleitung) wird mit Rohrschellen in einem Abstand von maximal 50 cm an der Schachtwand befestigt. Der obere Einlass muss eine Reinigungsöffnung haben. Am unteren Auslauf ist ein Bogen einzubauen und das Gerinne in Fließrichtung entsprechend zu gestalten, hierbei sind lediglich 45-Grad Formteile (nicht 90-Grad) zu verwenden. Verschraubungen oder mit einem Deckel verschlossene Armaturen dürfen nicht verwendet werden.

Es ist zu beachten, dass das Abflussrohr „*Pipe 4*“ überdimensioniert wurde, um eine spätere Erweiterung der Abflussmenge zu ermöglichen. Hierbei sollen z. B. die Abflussleitungen (DN150) zukünftiger Reinigungsanlagen unterirdisch an die „*Pipe 4*“ angeschloßen und alles gereingte Wasser über den Einleitschacht in den Katterbach abgeführt werden. Wie oben beschrieben sind auch hierbei lediglich 45-Grad Formteile (nicht 90-Grad) zu verwenden.

5.8 TS3-Konzept / Sanierungstechnologie

Alle für TS3 erforderlichen Komponenten, Maschinen, Bauteile, Module, Steuerungs- und Regelungstechnik, etc. werden in einem oder mehreren ordnungsgemäß isolierten und beheizten Stahlcontainer(n) (z. B. 20-Fuß-Container, ca. 5,90 m lang, ca. 2,35 m breit und ca. 2,40 m hoch) installiert. Der / die Container wird / werden auf der Aufstellfläche (Betonbodenplatte) neben TS2 aufgestellt, wie in **Abbildungen A-5** im Anhang dargestellt.

Die Reinigungsanlage wird drei Behandlungsstufen umfassen:

- Stufe 1 - ein größerer Puffer- / Sedimentationstank, der die Behandlung in Chargen ermöglicht (je nach Bedarf, um die Durchflussraten durch das Adsorptionsmedium zu optimieren),
- Stufe 2 - ein Partikelfilter zur Entfernung von Feinstoffen und anderen Schwebstoffen, um das Adsorptionsmedium vor Verstopfung zu schützen, und
- Stufe 3 - die eigentliche Adsorption von PFAS aus dem Wasser über Adsorptionsfilter.

Ein Fliessdiagramm von TS3 ist in **Abbildung A-16** im Anhang dargestellt. Die TS3-Konstruktion sollte die folgenden Komponenten umfassen:

- Versorgungsleitung (frostgeschützt), die Rohwasser vom Standort (CCAN104-Gebiet) liefert, siehe **Kapitel 5.5**,
- Container mit folgenden Komponenten:
  - Magnetisch-induktiver Durchflussmesser (MID) zur Messung des Gesamtvolumens, das zu TS3 gepumpt bzw. aus TS3 abgeleitet wird,
  - Ein größerer Puffer- / Sedimentationsbehälter (**B1.01**; vorgeschlagene Größe: bis zu 10 m³), der mit einem Oberlauf- / Unterlaufwehr ausgestattet ist, um Schwankungen der entnommenen Wassermenge aus der Drainage zu regulieren und eine Abreinigung im Chargenbetrieb zu ermöglichen (je nach Bedarf, um den Einsatz des Adsorptionsmediums zu optimieren),
  - Druckerhöhungspumpe (**P1.02**),
  - Partikelfilter (**F1.01**; z. B. Beutelfilter in geeigneter Abstufung von 25 bis 5 Mikrometer Maschenweite, Sandfilter, Gewebefilter usw.) zur Entfernung von Feinstoffen und anderen Schwebstoffen, um das Absorptionsmedium vor Verstopfung zu schützen,
  - Ausreichend dimensionierte IA-Harzeinheiten (zwei Arbeitsfilter **F2.01** und **F2.02** und ein Polizeifilter **F2.03**) für die eigentliche Adsorption von PFAS aus dem belasteten Wasser,
  - Leckerkennung mit automatischer Abschaltvorrichtung,
  - Steuerung- / Schaltschrank mit Bedienfeld und inkl. Fernüberwachungs- und Steuereinheit,
  - Ein Echtzeit-Fernüberwachungssystem, das die Online-Anzeige und das Herunterladen der Systemdaten ermöglicht. Leckagen, Störungen oder Systemfehler werden dem Projektteam sofort per SMS / E-Mail / etc. gemeldet,
  - Probenahmeeinrichtungen,
  - Heizung mit entsprechender Steuerung,
  - Feuerlöscher nach DIN EN 2 (/51/).
  - Erste-Hilfe-Kasten C nach DIN 13157 (/52/).
- "Pipe 4" (DN200, siehe auch **Kapitel 5.7.6**) zur Ableitung des behandelten Wassers aus TS3 in den neuen Entnahmeschacht ("Structure 4") (frostsicher).

Die Zuleitung der TS3 wird mit einem MID, einer Probenahmestelle zur Analytik des Rohwassers (innerhalb des Containers) und einer Regelstrecke mit mindestens einem Absperrschieber und einem Manometer unmittelbar vor dem Puffer- / Sedimenationsbecken **B1.01** augestattet, um Schwankungen in der entnommenen Wassermenge ausgleichen zu können.

Die Anlagenverfügbarkeit wird für den Dauerbetrieb ausgelegt und muss mindestens 98 % betragen. Der Auftragnehmer / Anlagenbauer wird die Reinigungsanlage (Pumpentechnik, Rohrleitungen, Armaturen, Aufbereitungstechnik, etc.) so auslegen, warten und betreiben, dass keine Betriebsstörungen auftreten und die Anlagenverfügbarkeit erreicht wird. Kurze Unterbrechungen für

z. B. Reinigung und / oder Wartung sind zulässig, beispielweise beim Austausch von Betriebsstoffen (z. B. Kunstharz) oder Rückspülvorgängen (lediglich bei Einsatz eines Sandfilters). In diesem Fall müssen die zwischenzeitlich anfallenden Grundwassermengen im Puffer- / Sedimenationsbecken **B1.01** zwischengespeichert werden.

Das dem Puffer- / Sedimentationsbecken (**B1.01**) zugeführte Wasser fließt in eine Pumpevorlage (zur Abscheidung von eventueller Feinanteile als Ober- / Unterwehr ausgeführt), aus der mit einer frequenzgesteuerten Druckerhöhungspumpe (P1.02, siehe **Abbildung A-16** im Anhang) die Wasserfracht auf den Beutelfilter (F1.01, Spezifikationen: z. B. Edelstahlfilterfläche >0,5 m², 10 bar, siehe **Abbildung A-16** im Anhang) zur Abscheidung eventuell im Wasser enthaltener Feinanteile geleitet wird. Darüber hinaus wird empfohlen, zwei redundante Partikel-/Beutelfilter zu installieren, die bei zu hohem Druck im ersten Filter automatisch umschalten, um den Betrieb der Reinigungsanlage aufrechtzuerhalten.

Eventuell erhöhte Feinanteilfrachten sind grundsätzlich für die Bemessung der Betriebsmittelmengen, Verbräuche oder Wechsel von Arbeitsfiltern zu beachten. In Abhängigkeit der Beschaffenheit des jeweiligen Wassers müssen außerdem Ausfällungen oder sonstige negative Beeinflussungen (z. B. Verstopfung) auf der Grundlage der in **Kapitel 3** genannten Daten vermieden werden. Eventuell im Rohwasser enthaltene Störstoffe (siehe **Kapitel 3**) sind ggf. mittels Zugabe geeigneter Fällungs- und / oder Flockungshilfsmittel zu beseitigen. Kommt der Auftragnehmer diesen Vorgaben nicht nach, so hat er die dadurch entstehenden Kosten für Instandhaltung und Betrieb sowie Folgekosten (z. B. für die Durchführung von Reinigungsarbeiten) in vollem Umfang selbst zu tragen. Vorhandene oder hierdurch entstandene Partikel, Schweb-, Feststoffe oder dergleichen sind mit geeigneten Apparaturen zur Feststoffabscheidung aus den Hauptsträngen der Anlage auszutragen.

Die Kunstharzfiltereinheiten müssen ausreichend dimensioniert sein (Anzahl und Volumen zzgl. Reserven). Das Wasser wird den in Reihe geschalteten Filtereinheiten zugeführt (z. B. ca. 2,25 m³ Kunstharz in jedem Filter). Hier wird durch Adsorption die Reinigung des Wassers von den PFAS-Schadstoffen erfolgen. Es wird vorgeschlagen, drei Harz-Wasserfilter mit einer Wechselschaltung vorzusehen. Die ersten (F2.01 und F2.02; siehe **Abbildung A-16** im Anhang) dienen als Arbeitsfilter und der dritte (F2.03) als Polizeifilter. Der Polizeifilter wird benötigt, um die Ladekapzität des Adsorptionsmediums zu optimieren und dadurch einen effizienten und kostengünstigen Einsatz zu gewährleisten.

Die Erstbefüllung der Filter erfolgt mit neuem Kunstharz (Volumen von ca. 2,25 m³ in jedem Filter). Bei der Einrichtung sind die Anweisungen des Herstellers sorgfältig zu befolgen.

Beim Austausch der beladenen Filter werden die Arbeitsfilter neu befüllt und der Polizeifilter als erster neuer Arbeitsfilter verwendet. Die Rohrleitungen und Anschlüsse werden so ausgelegt, dass der oben dargestellte Wechsel der Leitungen (Zu- / Abfluss) zwischen den Behältern möglich ist.

Die Probenahmevorrichtungen werden wie folgt im Inneren des Containers installiert:

- Am unbehandelten Zulauf (Rohwasser),
- Nach den Arbeitsfiltern (F2.01 und F2.02), und
- Nach dem Polizeifilter (F2.03) (= behandeltes Ablauf „*Pipe 4*") vor der Einleitung in den Eingabeschacht ("Structure 4").

Hinter dem Polizeifilter (F2.02) wird in der anschließenden Ablaufleitung ein MID eingebaut.

Alle Tanks und Behälter werden mit Totalablässen ausgestattet.

Die Anlage ist so zu konzipieren, zu errichten und zu betreiben, dass ein störungsfreier Betrieb jederzeit auch während der Wintermonate möglich ist und es nicht zu Störungen und Ausfallzeiten aufgrund von Witterungseinflüssen kommt. Die Container werden isoliert und mit einem ausreichend dimensionierten und geregelten Heizsystem ausgestattet. Sämtliche freistehende Anlagenkomponenten und Rohrabschnitte werden durch geeignete Mittel wie z. B. Isolierung und Heizschnüre / -bänder gegen Frostschäden gesichert.

Die elektrischen Anlagen und der Container sind zu erden, z. B. mit einem Erdungsstab nach DIN EN 62561 2 (/41/), um Beschädigungen durch Blitzschlag wirksam zu vermeiden.

Nach Abschluss der Arbeiten stellt der Auftragnehmer Betriebs- und Wartungshandbücher, eine ausführliche Verfahrensbeschreibung mit normgerechten Verfahrensfliessbildern sowie CAD-Bestandszeichnungen in isometrischer Ansicht und Draufsicht für die gesamte TS3-Reinigungsanlage zur Verfügung, in denen alle Details und alle wesentlichen Größenangaben, sowohl über als auch unter der Erdoberfläche, einschließlich der Sohlenhöhe(n), dargestellt sind.

Alle Rohrleitungen, Behälter und sonstigen Komponenten werden entsprechend ihrer Funktion und Bezeichnung eindeutig und dauerhaft beschriftet, um Verwechslungen zu vermeiden. Ein Betriebsbuch für die Anlage mit einem Verfahrensfliessdiagramm, das die entsprechende Kennzeichnung der verschiedenen Teile des Systems zeigt, wird vor Ort aufbewahrt, um ein einfaches Nachschlagen zu ermöglichen.

Um die Reinigungsanlage TS3 vollautomatisch betreiben zu können, wird diese mit einer umfangreichen EMSR-Technik (Elektro-, Mess-, Steuer- und Regeltechnik) ausgerüstet. An den einzelnen Messwertaufnehmern werden Durchsätze, Drücke, Wasserstände, etc. aufgenommen und über Signalleitungen an eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) weitergeleitet. Hier werden die Daten ausgewertet und je nach Betriebszustand festgelegte Routinen oder Prozesse wie z. B. Störungsmeldungen, Abschaltungen etc. eingeleitet.

Nachfolgend werden grundlegende Steuer- und Regelvorgänge erläutert, die beim Betrieb der Reinigungsanlage in jedem Fall automatisch ablaufen müssen:

- Die Beschickung der Filter soll kontinuierlich erfolgen. Zur Gewährleistung eines kontinuierlichen und energiesparenden Betriebs der Reinigungsanlage TS3 sollen die Förderpumpen deshalb drehzahlgeregelt ausgeführt werden.
- Die Rückspülung der Partikelfilter (gilt lediglich, wenn ein Sandfilter eingesetzt wird) soll vollautomatisch erfolgen. Zur Einleitung einer automatischen Filterrückspülung ist der Differenzdruck des Sandfilters mittels Druckaufnehmer kontinuierlich aufzunehmen. Übersteigt dieser einen voreingestellten Schwellenwert, so wird die in der Reinwasservorlage installierte Pumpe in Betrieb gesetzt und der Rückspülvorgang eingeleitet bzw. durchgeführt. Zusätzlich müssen ein Vorlagebehälter und ein Schlammabsetzbecken vorgesehen werden.
- Der Container selbst wird als wasserdichte Auffangwanne (mit Leckageerkennung) konstruiert, so dass er im Falle einer Leckage gemäß den Anforderungen des WHG (/20/) als Auffangwanne zur Rückhaltung von PFAS-haltigem Wasser fungiert und kein belastetes Wasser in den Untergrund gelangt. Die gesamte Anlagentechnik muss innerhalb der Auffangwanne untergebracht sein. Ebenfalls sind Leckagesensoren anzubringen, über die bei einer Flutung des Bodens (Wasserkontakt) eine automatische Abschaltung der Anlage sowie das Auslösen eines Alarms herbeigeführt werden.
- Im Puffer- / Sedimentationsbecken B1.01 ist der Wasserstand kontinuierlich zu messen. Auf Basis der aufgenommen Füllstände sind die Förderströme innerhalb des Reinigungsanlage zu regeln.
- Wesentliche Betriebsparameter im Puffertank (z. B. Wasserstände, Durchflüsse, Drücke, Stellung des Automatikventils, Betriebsstunden etc.) sollen automatisch aufgenommen und die Messergebnisse in der SPS abgespeichert werden. Hierdurch soll der normale Reinigungsbetrieb wie auch Störungs- und Alarmzustände im Nachhinein nachvollziehbar gemacht werden. Die digitalen und analogen Ein- und Ausgangswerte, die in der SPS verarbeitet werden, sind über ein im Schaltschrank integriertes Bedienerpanel zu visualisieren.
- Zur Absicherung des Anlagenbetriebs ist die TS3 mit einer Datenfernübertragung (DFÜ) auszurüsten, über die zum einen alle erhobenen Messdaten einsehbar / abrufbar sind (über Rohdatenzugriff und Datenvisualisierung) und über die zum anderen die Anlage oder einzelne Anlagenkomponenten per Fernsteuerung bedient oder zumindest an- und ausgeschaltet werden können. Die DFÜ ist beim Auftragnehmer / Anlagenbetreiber einzurichten. Während des Betriebs der Reinigungsanlage sind ggf. auftretende Störungen und Alarmzustände per SMS / E-Mail / etc. automatisch an den Anlagenbetreiber und / oder einen Vertreter des Auftragnehmers weiterzuleiten.

Der Lieferumfang der TS3 ist wie folgt:

- Baustelleneinrichtung und Anlieferung der TS3 inkl. aller Geräte, Werkzeuge, Hebewerkzeuge und Betriebsmittel, etc. die zur Durchführung der Anlieferung und Einrichtung erforderlich sind,
- Betriebsbereite Montage und Installation der Anlagen - und Behältertechnik für die TS3 (inkl. Behälter, Filter, Maschinen, Apparate, Anschlussverrohrung an Zu- und Ableitungen, interner Verrohrung inkl. Wechselschaltungen im Bereich der Filterstraße und Umfahrungen, Armaturen, Befestigungen, Frostschutz, Unterkonstruktionen, etc.), die im Sinne einer voll-funktionstüchtigen, voll-leistungsfähigen Anlage und deren Regelbetrieb stehen,
- Sollten in der Ausschreibung keine Informationen und Vorgaben zur Auslegung und Dimensionierung einzelner Bauteile enthalten sein, so hat der Auftragnehmer / Hersteller diese eigenständig zu wählen und auszulegen,
- Erstbefüllung mit Betriebsmitteln (Kunstharz, Partikelfilter, etc.),
- Inbetriebnahme, Abnahme und Probebetrieb, und
- Vorhaltung mit Regelbetrieb der TS3 einschließlich Selbstüberwachung, Wartung und Instandsetzung (siehe auch **Kapitel 6**).

Lieferung und Wechsel von Betriebsmitteln (Kunstharz, Beutelfilter, etc.) (siehe auch **Kapitel 6**).

Der Betrieb einer solchen Sanierungsanlage und die Einleitung in ein Oberflächengewässer bedarf einer entsprechenden Einleitgenehmigung nach den relevanten Wassergesetzen durch die zuständigen Behörden (siehe **Kapitel 4.2.1**). Ein Überwachungsprogramm (siehe **Kapitel 6**) ist vorzuschlagen und den Behörden zur Genehmigung vorzulegen.

6. Betrieb und Wartung von TS3

Der Anlagenbetreiber führt Selbstüberwachungsmaßnahmen sowie die Wartung und Reparatur der Anlage durch. Überwachungstätigkeiten, Wartungsarbeiten und Reparaturen werden durch Automatisierung so weit wie möglich reduziert. Der Auftragnehmer / Anlagenbetreiber erbringt mindestens die folgenden Leistungen, um den kontinuierlichen und genehmigungskonformen Betrieb der Anlage sicherzustellen:

- Der Betrieb von TS3 wird vom Auftragnehmer / Anlagenbetreiber regelmäßig (mindestens einmal pro Woche) mit Hilfe von DFÜ überprüft, um den ordnungsgemäßen Betrieb zu bestätigen. Die Daten werden regelmäßig heruntergeladen und sicher gespeichert. Die geprüften und gemeldeten Daten sollten mindestens Folgendes umfassen:
    - Wasserstände in den Entnahmebrunnen (siehe **Kapitel 5.4**),

      Wasserentnahmerate und -menge (MID-Messung der Gesamtwassermenge, die zu TS3 gepumpt wird),
    - Betriebsstunden,
    - Betriebsdruck in den einzelnen Behandlungsstufen (Partikelfilter, einzelne Filtereinheiten), und
    - Störungsmeldungen.
- Monatliche Kontrollbegehungen und Wartungstermine der Anlage und des Schachtes "*Structure 4*" vor Ort. Sichtprüfung aller Komponenten, Behälter, Ventile, Rohre, Armaturen usw. auf Undichtigkeiten und / oder Schäden. Prüfung von Alarm- / Meldesystem, Notabschaltung, FI-Schutzschalter, Feuerlöscher und Erste-Hilfe-Kasten nach entsprechendem Normen. Ablesung von Zählwerken und Eintragen in das im Container ausgelegte Betriebsbuch.
- Kontrolle und Aktualisierung der Liste von Ansprechpartnern der Meldekette.
- Regelmäßiger Austausch bzw. regelmäßige Reparaturen verschleißintensiver Bauteile (z. B. Beutelfilter, Pumpen, defekte Rohrleitungen, Steuerplatinen, etc.) inkl. Lieferung und Bereitstellung von Ersatzteilen und Austauschaggregaten.

- Organisation, Anlieferung und Austausch von Betriebsstoffen (z. B. Kunstharz etc.); die Veranlassung obliegt jedoch dem Auftraggeber bzw. dessen Vertreter.
- Reinigung der Anlageninnenräume von Schmutzanhaftungen und Entsorgung von Restmüll.
- Organisation, Veranlassung und Überwachung der Entsorgung / Verbrennung von Rückständen und Abfallstoffen (Kunstharz, Schlamm etc.), die im Rahmen des Betriebs der Reinigungsanalge anfallen. Nachweise über die ordnungsgemäße Entsorgung der jeweiligen Betriebsstoffe gemäß den gelten Vorschriften sind zu erbringen.
- Durchführung von Wartungsarbeiten nach Bedarf, einschließlich Reinigung und Instandhaltung des vertikalen Eingabeschachtes („*Structure 4*“) und der Förderpumpe, insbesondere Durchführung von Maßnahmen gegen Verstopfungen und Verkrustungen, die zu einer Einschränkung der Förderleistung führen könnten.
- Regelmäßige Reinigung und Kalibrierung von Messsgeräten oder -sonden, Neujustierung bei Bedarf.
- Bei Bedarf: Erneuerung von notwendigen Warn- und Hinweisschildern, Piktogrammen und dem Fliessdiagramm der Reinigungsanlage.
- Unverzügliche Behebung von Störungen und Alarmzuständen (auch nach Stromausfall und insbesondere bei Frostgefahr) innerhalb von 24 Stunden an einem Wochentag.
- Alle Inspektionsvermerke und Wartungsprotokolle werden in das Betriebsbuch eingetragen, und bei Bedarf werden Fotos vor Ort gemacht, um festgestellte Mängel / Probleme, die Maßnahmen erfordern, zu dokumentieren und in die Überwachungsberichte aufzunehmen (siehe **Kapitel 7.8**).
- Unverzügliche Information des Auftraggebers über besondere Vorkommnisse (wie z. B. Anlagenausfälle).

Alle aus dem System abgeschiedenen Fraktionen sind laboranalytisch zu untersuchen und nach den geltenden deutschen Vorschriften ordnungsgemäß zu entsorgen; dies gilt auch für Betriebsstoffe wie z. B. Kunstharz oder abgesetzte Schwebstoffe aus dem Puffer- / Sedimentationsbecken B1.01.

7. Langzeit-Überwachung

7.1 Zielsetzung

Die Ziele der Langzeit-Überwachung am Standort sind:

- Bewertung der Wirksamkeit der vorgeschlagenen hydraulischen Sicherungsmaßnahme, einschließlich der Bestätigung, dass die Maßnahme:
    - die PFAS-Fahne in angemessener Weise entfernt und kontrolliert und
    - die Migration der PFAS-Fahne vom Standort so weit wie technisch möglich unterbindet.
- Überwachung und Bestätigung der Ausdehnung der PFAS-Fahne sowie möglicher Veränderungen während der vorgeschlagenen Grundwasserentnahme und -reinigung,
- Sollte das in den folgenden Abschnitten beschriebene Überwachungsprogramm zeigen, dass die PFAS-Fahne nicht angemessen kontrolliert und erfasst wird, sollen Alternativen entwickelt werden, und
- Visuelle Inspektionen der verschiedenen Komponenten des gesamten Sanierungssystems, um mögliche Probleme/Fehler zu identifizieren.

7.2 Vorgeschlagener Grundwasserüberwachungsplan

Das vorgeschlagene Grundwasserüberwachungsnetz und die Einzelheiten der Probenahmen/Wasserstandsmessungen sind in **Tabelle 4** und in **Abbildung A-17** dargestellt:

Tabelle 4. Vorgeschlagenes Grundwasserüberwachungsnetz (langfristig)

Messstellen ID	Grundwasser-Probenahme	Wasserstandsmessungen
GMW37 [1]	Ja	Ja
GMW38	Nein	Ja
GMW39	Ja	Ja
GMW40	Ja	Ja
GWM70 [1]	Ja	Ja
GWM71	Ja	Ja
GWM72	Nein	Ja
GWM73	Nein	Ja
GWM78A [1]	Ja	Ja
GWM78B	Ja	Ja
GWM79A	Ja	Ja
GWM80A	Ja	Ja
GWM81A	Ja	Ja
GWM82A	Ja	Ja
GWM84A	Ja	Ja
GWM84B	Ja	Ja
GWM85A	Ja	Ja
GWM92A (neue 50 mm - Messstelle)	Ja	Ja
GWM1-Off [2]	Ja	Ja
GWM2-Off [2]	Ja	Ja
GWM3-Off [2]	Ja	Ja

Anmerkungen: [1] vorgeschlagene Entnahmebrunnen
[2] die Probenahme dieser Off-Post-Messstellen wird von Dritten durchgeführt und dem CCAN104-Auftragnehmer (über das DPW) zur Verfügung gestellt

Falls das Überwachungsnetz die Errichtung neuer Messstellen erfordert, werden diese Arbeiten in Übereinstimmung mit **Kapitel 4** des PFAS-Standortcharakterisierungsplans (/10/) durchgeführt.

7.3 Zeitplan für die Grundwasserüberwachung

Der Zeitplan für die Grundwasserprobenahmen und die Wasserstandsmessungen im Überwachungsnetzes sowie für die Betriebsüberwachung an TS3 (unbehandeltes und behandeltes Wasser) werden wie in **Tabelle 5** auf dieser Seite beschrieben sein.

Tabelle 5. Vorgeschlagener Zeitplan für die Überwachung während des Sanierungsprojekts

Zeitpunkt	Grundwasser-Probenahme	Wasserstandmessungen	Sanierungsanlage TS3[1] (siehe auch Kapitel 5.8)
Vor Beginn der Wasserentnahme	Ausgangssituation	Ausgangssituation	-
Monat 1	Wöchentlich	Wöchentlich	Wöchentlich
Monat 2 und 3	Monatlich	Vierzehntägig	Wöchentlich
Monat 3 bis 6	Monatlich	Monatlich	Vierzehntägig
Monat 6 bis 12	Monatlich	Monatlich	Monatlich
ab 1 Jahr	Vierteljährlich	Monatlich	Monatlich

Anmerkungen: [1] Die vorgeschlagene TS3-Probenahme wird in einem Antrag auf wasserrechtliche Einleitungserlaubnis nach dem Wassergesetz (siehe **Kapitel 4.2.1**) beschrieben, der der Stadt Ansbach zur Genehmigung vorgelegt wird.

7.4 Methodik der Grundwasserprobenahme

Alle Entnahmen von Grundwasser am Standort werden in Übereinstimmung mit dem PFAS Standortcharakterisierungsplan (/10/) wie folgt durchgeführt:

Die Entnahme und die Handhabung der PFAS-Proben werden in Übereinstimmung mit dem allgemein anerkannten Leitfaden "*General PFAS Sampling Guidance*" des Michigan Department of Environmental Quality (/30/) durchgeführt.

Der Grundwasserflurabstand wird in den Grundwassermessstellen am Standort (siehe **Tabelle 4**) in einer Stichtagsmessung vor jeder Probenahme mit einem Lichtlot gemessen.

Vor der Entnahme einer Grundwasserprobe muss die Grundwassermessstelle klargespült werden, z. B. mit einer Tauchpumpe mit variabler Förderrate (Grundfos MP1 oder gleichwertig). Das optimale Fördervolumen ist erreicht, wenn sowohl die Feldparameter konstant als auch das hydraulische Kriterium erfüllt sind. Das hydraulische Kriterium bezieht sich auf das 1,5-fache Brunnenvolumen (= wassergefüllte Filterstrecke und Filterkiesschüttung im Bohrloch).

Die Feldparameter umfassen Temperatur (Temp.), pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit (Lf), Oxidations-Reduktions-Potential (Redox) und gelöster Sauerstoff (O_2). Die Feldparameter werden kontinuierlich im Durchfluss gemessen, um festzustellen, wann die Messstellen ausreichend gespült sind und Proben entnommen werden können. In Bezug auf die Grundwasserchemie ist eine ausreichende Spülung erreicht, wenn sich der pH-Wert und die spezifische Leitfähigkeit stabilisiert haben. Alle Beobachtungen und Messungen der Feldparameter werden in einem geeigneten Grundwasserprobenahmeprotokoll dokumentiert.

Die Grundwasserproben werden unmittelbar nach Abschluss des Klarspülens entnommen.

Zu Zwecken der Qualitätskontrolle werden Doppelproben entnommen und untersucht, und zwar in einer Häufigkeit von einer Probe pro 10 Originalproben.

Nach der Entnahme werden die Grundwasserproben eindeutig beschriftet und in stabilen Transportbehältern für den Versand an das Labor gelagert. Die Proben werden unter Einhaltung des Begleitscheinverfahrens an das Labor geschickt.

Die erforderlichen Laboranalysen werden in **Kapitel 7.6** detailliert beschrieben.

7.5 TS3 Prozess- und Betriebsüberwachung

Die vorgeschlagene Prozess- und Betriebsüberwachung wird den effizientesten Betrieb der Anlage und die erforderlichen Zeitpunkte für den Austausch des Adsorptionsmediums festlegen. Das Prozess- und Betriebsüberwachungskonzept muss im Zuge des wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens (siehe **Kapitel 4.2.1**) mit dem zuständigen Umweltamt der Stadt Ansbach abgestimmt werden.

Der Betrieb der Reinigungsanlage unterliegt einer regelmäßigen Überwachung (siehe **Kapitel 6**). Die Prozess- und Betriebsüberwachung beinhaltet mindestens:

- Regelmäßige Kontrollen (z. B. einmal wöchentlich) des Anlagenbetriebs und -zustands über das Fernmesssystem (siehe **Kapitel 5.8**),
- Regelmäßige visuelle Inspektion (z. B. einmal im Monat) und Überprüfung des Zustands von TS3 (Betriebsstunden, entnommene Wassermengen, Druck, Leckagen, sonstige Schäden usw.) sowie der Entnahmeschächte und der Einstiegschächte entlang der Wassertransportleitung und
- Regelmäßige Entnahme von Wasserproben für Laboranalysen, mindestens: Rohwasser, Wasser nach der/den Filtereinheit(en) und Reinwasser. Die Wasserproben werden nach dem in **Kapitel 7.3** beschriebenen Zeitplan entnommen und auf die in **Kapitel 7.6** aufgeführten Parameter untersucht.

Der Anlagenbetrieb nebst etwaiger Störungen ist in einem Betriebsbuch zu dokumentieren. Sollten Störungen festgestellt werden, so sind diese umgehend zu beseitigen und der Anlagenbetrieb ist innerhalb von 24 Stunden an einem Werktag wieder aufzunehmen.

Der vorgeschlagene Zeitplan für die Prozessüberwachung von TS3 (Roh- und Reinwasser) ist in **Tabelle 6** dargestellt.

Tabelle 6: Vorgeschlagener Zeitplan für die Betriebsüberwachung während des Reinigungsbetriebes[1]

Zeitplan	Zufluss (Rohwasser)	Nach den Filtereinheiten (z.B. F2.01 and F2.02)	Nach dem Polizeifilter / Abfluss (z.B. F2.03)
Monat 1	Wöchentlich	Wöchentlich	Wöchentlich
Monate 2 bis 6	Zweiwöchentlich	Zweiwöchentlich	Zweiwöchentlich
Monate 7 und danach	Monatlich	Monatlich	Monatlich

Hinweise: [1] Die vorgeschlagene TS3-Probenahme wird in einem Antrag auf wasserrechtliche Erlaubnis (/20/; siehe **Kapitel 4.2.1**), welcher der Stadt Ansbach zur Genehmigung vorgelegt wird, beschrieben. Weitere Anforderungen an die Überwachung können im Zuge des wasserrechtlichen Genehmigungsverfahrens von den Behörden gefordert werden.

Sollte die Laboranalytik anzeigen, dass die Beladekapazität des Adsorptionsmediums erreicht ist, so ist ein Austausch des Kunstharz umgehend durchzuführen.

7.6 Laboranalyse

Alle während des Sanierungsprojekts entnommenen Wasserproben werden von einem unabhängigen, akkreditierten Labor, wie in **Tabelle 7** auf der nächsten Seite dargestellt, untersucht:

Tabelle 7. Anforderungen an die Laboranalytik

Art der Wasserprobe	Erforderliche Laboranalysen	
	PFAS [1]	Andere Parameter [2]
Grundwassermessnetz	✓	
TS3 - Zulauf (Rohwasser)	✓	✓ [3]
TS3 – Nach den Filtereinheiten (Auslässe der Adsorptionsbehälter)	✓	
TS3 - Nach dem Polizeifilter / Auslass (Abfluss)	✓	

Anmerkungen: [1] *13 Verbindungen nach den bayerischen Richtlinien /28/*

[2] *Zu den anderen Parametern gehören Sulfat, Nitrat, Alkalität, Chlorid, TOC und gelöste Gesamtfeststoffe. Diese Parameter werden überwacht, um signifikante Veränderungen in der Wasserchemie und die Leistung des Adsorptionsmittels zu bewerten.*

[3] *Die vorgeschlagene Häufigkeit der Probenahme für die anderen Parameter ist vierteljährlich.*

7.7 Vor-Ort-Kontrollen

Die folgenden Teile des Sanierungssystems werden während des Sanierungsprojekts monatlich kontrolliert und dokumentiert:

- Inspektion und Wartung der Entnahmebrunnen und der TS3, um sicherzustellen, dass das System kontinuierlich und in Übereinstimmung mit den einschlägigen Genehmigungen läuft,
- Die Schächte der Wassertransportleitung (siehe **Abbildung A-14**) - Überprüfung auf Leckagen oder angesammeltes Wasser am Boden des Schachts und Ablassen der angesammelten Luft über das manuelle Entlüftungsventil,
- Die aufgezeichneten Daten der Datenlogger werden heruntergeladen und die Daten sicher gespeichert,
- Das ferngesteuerte Telemetriesystem wird überprüft, um den ordnungsgemäßen Betrieb zu bestätigen. Die Betriebsdaten werden regelmäßig heruntergeladen und sicher gespeichert, und
- Das Alarm-/Meldesystem wird auf seine ordnungsgemäße Funktionsweise hin überprüft.

Alle vor Ort gemachten Beobachtungen werden im Betriebsbuch festgehalten und, falls erforderlich, werden Fotos vor Ort beigefügt, um alle beobachteten Fehler/Probleme, die Maßnahmen erfordern, zu beschreiben und in die Überwachungsberichte aufzunehmen.

7.8 Berichterstellung

Es wird ein jährlicher Überwachungsbericht erstellt, der die folgenden Informationen enthalten sollte:

- Eine Zusammenfassung,
- Betriebsdaten für TS3 einschließlich:
  - Wartungsaktivitäten,
  - etwaige Ausfallzeiten und deren Gründe,
  - Gesamtmenge des entnommenen und abgeleiteten Wassers,
  - PFAS-Ergebnisse für den Zufluss und den Abfluss und Trendanalyse der Zuflussergebnisse,

  - Schätzung der PFAS-Gesamtmasse (Fracht), die aus der Schadstofffahne entnommen wird,
  - Abschätzung des Adsorptionsdurchbruchsverhaltens der TS3 und des damit verbundenen Zeitplans für den Austausch des Adsorptionsmittels,
  - festgestellte Leckagen, Störungen oder Systemfehler, die vor Ort beobachtet oder über das Telemetriesystem gemeldet wurden, und ob Abhilfemaßnahmen erforderlich waren (einschließlich Einzelheiten, Zeitplan, Verantwortlichkeiten usw.),
  - Ergebnisse der Vor-Ort-Kontrollen, einschließlich Kopien der Protokolle, und
  - erforderliche künftige Maßnahmen für einen angemessenen und effizienten Betrieb des Systems.
- Ergebnisse der Grundwasserüberwachung und deren Interpretation inklusive:
  - Vollständige Grundwasserprobenahmeprotokolle,
  - Trendanalyse der Haupt-PFAS-Verbindungen in der Schadstofffahne, einschließlich statistischer Auswertung der Trends,
  - Grundwasserstände, dargestellt in Tabellen und Abbildungen. Die Entnahmebereiche und die PFAS-Verteilung im Grundwasser werden in Abbildungen ebenfalls dargestellt,
  - Diskussion der hydraulischen Sicherungsmaßnahmen, einschließlich einer Entnahmeanalyse und langfristige Trends der Grundwasserstände, und
  - Eine Beurteilung, ob die Schadstofffahne angemessen hydraulisch gesichert wird oder ob weitere Maßnahmen erforderlich sind.
- Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

8. Prinzipieller Bauablaufplan

Vor Ausführung ist ein Termin- bzw. Bauzeitenplan zu erstellen, aus dem die einzelne Projektabschnitte hervorgehen. In diesem sind eventuell kritische Pfade aufzuzeigen. Der prinzipielle Bauablauf zur Erstellung und Inbetriebnahme der TS3 nebst dazugehöriger Infrastruktur ist wie folgt:

- Vorbereitende Maßnahmen: wasserrechtliche Erlaubnis (siehe **Kapitel 4.2.1**) und andere Genehmigungen (siehe **Kapitel 4.2.2** und **4.2.3**), etc.
- Kampfmitteltechnische Erkundungen (baubegleitend und / oder vorab, siehe **Kapitel 4.3**),
- Mobilisierung zum Standort und Baustelleneinrichtung,
- Installation der Wasserleitungen, die von den Entnahmebrunnen am Standort zur Aufstellfläche der Sanierungsanlagen führen werden (siehe **Kapitel 5.5**),
- Herstellen der Betonplatte der Aufstellfläche von TS3 (und TS2) (siehe **Kapitel 5.7.2**),
- Bau/Installation des neuen Eingabeschachtes "Structure 4" (siehe **Kapitel 5.7.3**),
- Herstellen der Stromversorgung (siehe **Kapitel 5.7.5**),
- Verlegung der Gräben für "Pipe 4" sowie des zugehörigen Stromanschlusses (siehe **Kapitel 5.7.6**),
- Anlieferung und Aufbau von TS3,
- Inbetriebnahme mit Probebetrieb und Überführung in den Regelbetrieb,
- Demobilisierung und Baustellenräumung,
- Betrieb der Anlage und Regelüberwachung (siehe **Kapitel 6** und **7**).

Der Auftragnehmer kann den oben aufgeführten prinzipiellen Bauablauf nach eigenem Ermessen und Bedürfnissen ändern, optimieren und / oder anpassen.

9. Literaturverzeichnis

/1/ CDM Federal Services Europe JV; Soil Investigation of FTPIT near Building 5508 (Hangar 5), Katterbach Kaserne – PFCs (Perfluorinated Compounds) - Letter Report; 20 October 2014.

/2/ Cardno TEC GmbH; Investigation of grass cuttings from the airfields in Ansbach, Katterbach Kaserne and Storck Barracks, Illesheim for Perfluorocarbons (PFC); 24 July 2015.

/3/ AECOM (URS International Inc.); FY15 PFC Feasibility Study (Hangar 5), Katterbach Kaserne, USAG Ansbach; 05 February 2016.

/4/ ERM GmbH; Initial investigation of potential PFC contamination in soil, old fire-fighting training ground south of buildings 5850/5809; 13 April 2016.

/5/ AECOM International, Inc.; FY15 PFC RI/FS at former FFTP near Bldg. 5508 (Hangar 5), Katterbach Kaserne; 18 July 2016.

/6/ ERM GmbH; Sampling of Grass Cuttings – Katterbach Airfield; 24 August 2016.

/7/ Arcadis Germany GmbH; Katterbach Barracks – Potential PFC Contamination of the Grass South of Area 7.1/7.2 - Letter Report; 29 November 2016.

/8/ Arcadis Germany GmbH; PFC Contamination, Airfield - Katterbach Kaserne, Top Soil Investigation; 11 May 2017.

/9/ Wood; FY17 CCAN104 and CCAN126 – GE43T Remedial Investigation / Feasibility Study, U.S. Army Garrison Ansbach, Germany; December 2019.

/10/ AECOM, 23 May 2022. FY20 PFAS Site Characterization Plan, Bismarck Kaserne and Katterbach Heliport, USAG Ansbach, Germany. Final.

/11/ AECOM International, Inc., 31. Mai 2022. CCAN126 PFAS IRA Ansbach, Bericht zur Probenahme und konzeptioneller Sanierungsplan für die Reinigungsanlage TS2. Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Deutschland. Endversion

/12/ AECOM, 7 September 2022. Groundwater Investigation, CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies.

/13/ AECOM, 31. Mai 2023. Grundwasser Pilotversuch, CCAN104 GE43T Grundwassersanierungsplan, Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany. Final.

/14/ AECOM, 7 June 2023. Geb. 5801 – PFAS IRA Ansbach – Planung PFAS-Reinugungsanlage TS2. Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Deutschland. Endversion.

/15/ I. Javandel, C. Tsang, 1986. Capture-Zone Type Curves: A Tool for Aquifer Cleanup. 1 September.

/16/ City of Ansbach, 2020. *Vollzug der Bodenschutzgesetze; Sanierungsuntersuchung / Machbarkeitsstudie PFC-Schaden Katterbach PFAS-Belastungssituation im Grundwasser am Standort CCAN 104 (Abstromsicherung)*. 4 March.

/17/ City of Ansbach, 2020. Enforcement of soil protection laws; Remedial investigation / feasibility study PFC contamination Katterbach, PFAS contamination situation in groundwater at site CCAN 104 (downstream protection). 3 April.

/18/ City of Ansbach, 2020. *Vollzug der Bodenschutzgesetze; Sanierungsuntersuchung / Machbarkeitsstudie, Standort Katterbach-Kaserne (US Army Garrison Ansbach), PFAS-Belastung Standort CCAN 104 – Forderung zum weiteren Vorgehen.* 8 June.

/19/ USACE. Decision Document, CCAN126, GE43T- Old FFTP, South of Bldg. 5809 (HQAES ID: 5652A.1010) and CCAN104, GE43T - Former FFTP, Bldg. 5508/Hangar 5, (HQAES ID: 5652A.1011). 17 March 2020.

/20/ Water Law (*Wasserhaushaltsgesetz*, *WHG*) issued 31 July 2009 and last amended on 18 August 2021.

/21/ Bayerisches Wassergesetz (BayWG) vom 25. Februar 2010 (GVBl. S. 66), das zuletzt durch § 1 des Gesetzes vom 9. November 2021 (GVBl. S. 608) geändert worden ist.

/22/ Sprengstoffgesetz (SprengG); vom 10. September 2002, zuletzt geändert am 11. Juni 2017.

/23/ Berufsgenossenschaft (BG) der Bauwirtschaft - DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) Regel 101-004 – Kontaminierte Bereiche; April 1997.

/24/ TRGS 524 Technische Regeln für Gefahrstoffe Schutzmaßnahmen für Tätigkeiten in kontaminierten Bereichen (TRGS 524) – Bundesrecht; Ausgabe Februar 2010 (GMBl S. 419, 902), geändert und ergänzt im Oktober 2011 (GMBl S. 1018).

/25/ Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, D.C. 20314-1000; Manual No. 385-1-1: Safety and Health Requirements; 30 November 2014.

/26/ Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) M 20: Anforderung an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen – Technische Regeln; 6. November 1997 (4., erweiterte Auflage).

/27/ Verordnung der Bundesregierung – Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponierverordnung und der Gewerbeabfallverordnung (Mantelverordnung); Drucksache 494/21.

/28/ Bayrischen Landesamt für Umwelt (LfU). Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden (version: July 2022).

/29/ Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft. Merkblatt Nr. 3.8/1 – Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer.

/30/ General PFAS Sampling Guidance; Michigan Department of Environmental Quality (www.michigan.gov/pfasresponse).

/31/ Army Tactics, Techniques, and Procedures (ATTP) 3-39.32 (former Field Manual FM 3-19.30) - Physical Security; Headquarters, Department of the Army; August 2010.

/32/ Unified Facility Criteria (UFC) 4-022-03; U.S. Army Corps of Engineers, Naval Facilities Engineering Command & Air Force Civil Engineer Center; 1 October 2013.

/33/ DIN 4124: 2012-01: Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten

/34/ DIN EN 14758-1:2012-05: Kunststoff-Rohrleitungssysteme für erdverlegte drucklose Abwasserkanäle und -leitungen - Polypropylen mit mineralischen Additiven (PP-MD) - Teil 1: Anforderungen an Rohre, Formstücke und das Rohrleitungssystem

/35/ DIN EN 1610: 2015-12: Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen

/36/ DIN EN 397: 2022-10: Industrieschutzhelme

/37/ DIN 4095: 1990-06: Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung

/38/ DIN EN 206: 2021-06: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität

/39/ DIN 1045-2: 2022-07 (Entwurf): Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton

/40/ DIN EN 61386-24: 2011-08 VDE 0605-24: 2011-08: Elektroinstallationsrohrsysteme für elektrische Energie und für Informationen - Teil 24: Besondere Anforderungen für erdverlegte Elektroinstallationsrohrsysteme

/41/ DIN EN IEC 62561-2: 2019-12 VDE 0185-561-2: 2019-12: Blitzschutzsystem-bauteile (LPSC) - Teil 2: Anforderungen an Leiter und Erder

/42/ DIN EN 1917: 2003-04: Einsteig- und Kontrollschächte aus Beton, Stahlfaserbeton und Stahlbeton

/43/ DIN EN 681-1: 2006 11: Elastomer-Dichtungen - Werkstoff-Anforderungen für Rohrleitungs-Dichtungen für Anwendungen in der Wasserversorgung und Entwässerung - Teil 1: Vulkanisierter Gummi

/44/ DIN 8075: 2018-08: Rohre aus Polyethylen (PE) -PE 80, PE 100 - Allgemeine Güteanforderungen, Prüfungen

/45/ DIN 16874: 2018-09: Rohre aus Polyethylen hoher Dichte (PE-HD) für die erdverlegte Telekommunikation - Maße und technische Lieferbedingungen

/46/ DIN 14425: 2017-04: Feuerwehrwesen - Tragbare Tauchmotorpumpen mit Elektroantrieb

/47/ DIN EN 809: 2012-10: Pumpen und Pumpenaggregate für Flüssigkeiten - Allgemeine sicherheitstechnische Anforderungen

/48/ DIN EN 16480: 2022-07: Pumpen – Kreiselpumpen - Geforderte Mindesteffizienz für Wasserpumpen sowie Bestimmung des Mindest-Effizienzindexes (MEI)

/49/ DIN EN 13951: 2012-08: Flüssigkeitspumpen – Sicherheitsanforderungen - Nahrungsmittelausrüstungen; Konstruktionsregeln zur Sicherstellung der Hygiene bei der Verwendung

/50/ DIN EN 12050-1: 2015-05: Abwasserhebeanlagen für die Gebäude- und Grundstücksentwässerung - Teil 1: Fäkalienhebeanlagen

/51/ DIN EN 2: 2005-01: Brandklassen

/52/ DIN 13157: 2021-11: Erste-Hilfe-Material - Verbandkasten C

/53/ Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau. Teil B 8.3 TP BF-StB B 8.3: Dynamischer Plattendruckversuch mit Leichtem Fallgewichtsgerät, 2012

/54/ DIN 1998:2018-07: Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Verkehrsflächen - Richtlinie für die Planung

/55/ DIN EN 1366-3: 2022-05: Feuerwiderstandsprüfungen für Installationen - Teil 3: Abschottungen

/56/ DIN 1986-100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100

/57/ DIN 1988-200: 2012-05: Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen - Teil 200: Installation Typ A (geschlossenes System) - Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel des DVGW

/58/ DIN EN 476: Allgemeine Anforderungen an Bauteile für Abwasserleitungen und -kanäle

/59/ CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design, Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany: Groundwater Pilot Trial; AECOM International, Inc.; 31 March 2023 (draft)

/60/ UFC 3-201-01: Civil Engineering, April 2018, Change 4 September 2020

/61/ UFC 3-210-10: Low Impact Development

Abbildungen

Abbildung A-1 Überblick über die vorgeschlagene Versorgungsleitung zur Sanierungsanlage TS3

Abbildung A-2 Vorgeschlagene Versorgungsleitung - nördlicher Abschnitt

Abbildung A-3 Vorgeschlagene Versorgungsleitung - mittlerer Abschnitt

Abbildung A-4 Vorgeschlagene Versorgungsleitung - südlicher Abschnitt

Abbildung A-5 Vorgeschlagene Lage und Einrichtung der Reinigungsanlage TS3

Abbildung A-6 Vorgeschlagene Entnahmebrunnen

Abbildung A-7 PFAS-Grundwasserkonzentrationen und angenommene Entnahmebereiche für GWM37 und GWM70

Abbildung A-8 PFAS-Konzentrationen im Schichtwasser

Abbildung A-9 Leitungssituation (unverbindlich)

Abbildung A-10 Bestehendes Regenwassersystem

Abbildung A-11 Profilansicht 1

Abbildung A-12 Profilansicht 2

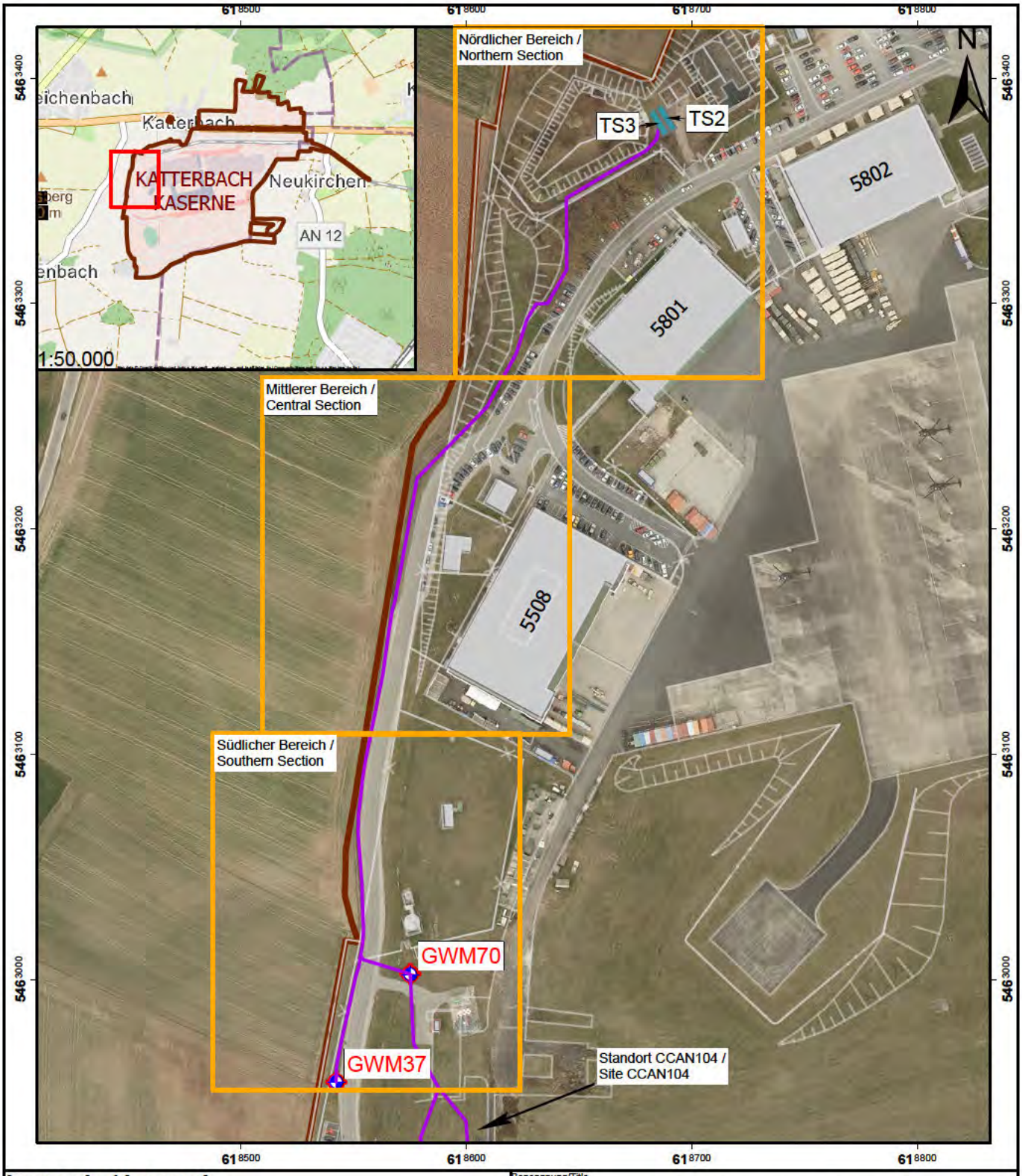
Abbildung A-13 Vorgeschlagene Ausführung der Gräben

Abbildung A-14 Potenzieller Schachtbauplan

Abbildung A-15 Potenzielle Konstruktionszeichnung des vertikalen Eingabeschachtes

Abbildung A-16 Fliessdiagramm von TS3

Abbildung A-17 Vorgeschlagenes Grundwassermessstellennetz



Legende / Legend

- Sanierungsanlagen TS2 und TS3 / Treatment Systems TS2 and TS3
- Entnehmemessstellen / Extraction Wells
- Versorgungsleitung zur TS3 / Service Line to TS3
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties

0 20 40 80 Meters

Benennnung/Title

Übersicht der vorgeschlagenen Versorgungsleitung zur Sanierungsanlage "TS3" / Overview of the Proposed Service Line to the "TS3" Treatment System

Projekt/Project

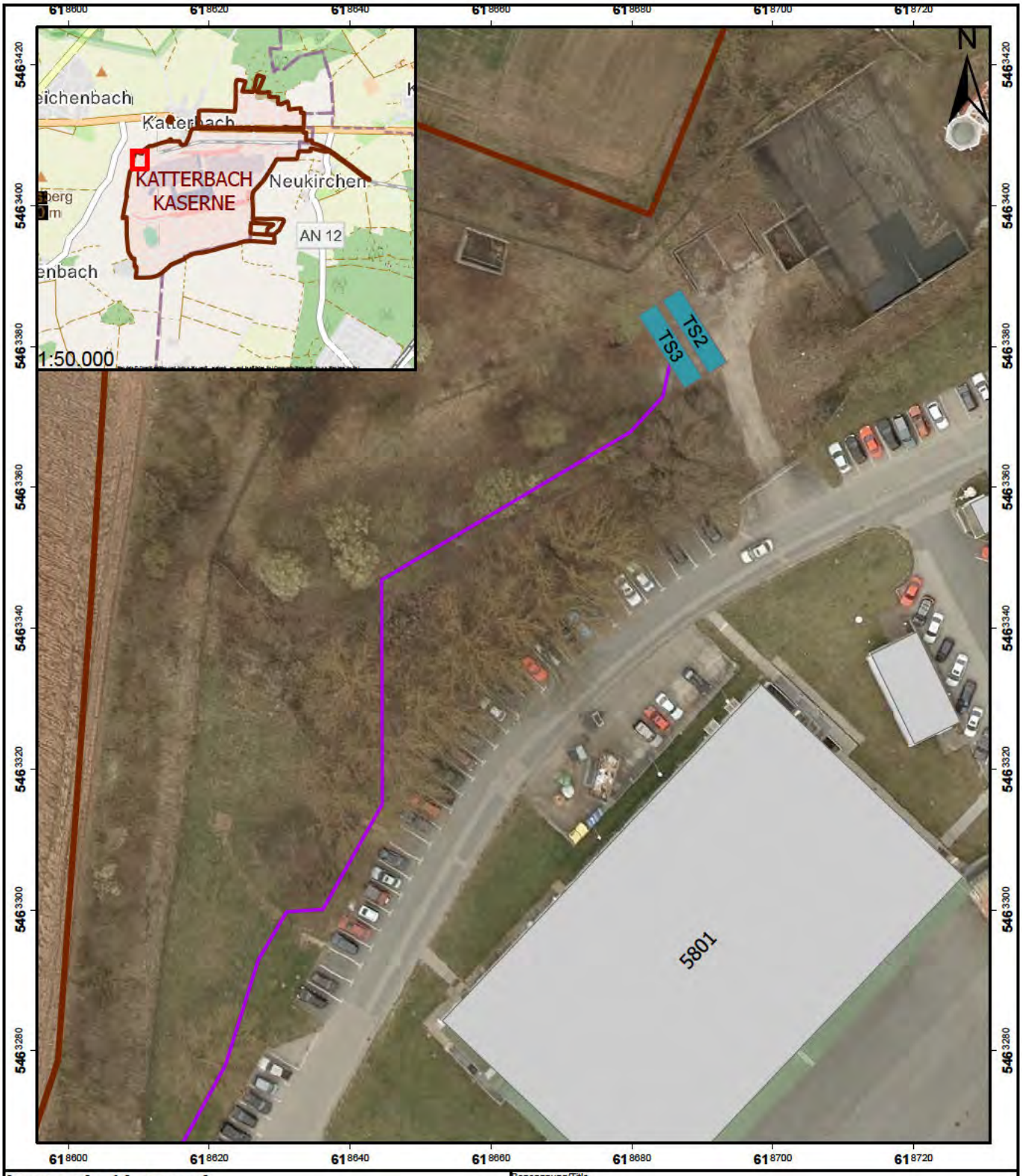
CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies,
Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM
AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069-400

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
1:2.500	AR	A4	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N
Datum/Date	Zeichner/Drafter	Abbildung/Figure		
Feb 2023	MI	A-1		



Legende / Legend

- Sanierungsanlage TS2 und TS3 / Treatment System TS2 and TS3
- Versorgungsleitung zur TS3 / Service Line to TS3
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties

0 5 10 20 Meters

Benennnung/Title

Vorgeschlagene Versorgungsleitung - Nördlicher Bereich / Proposed Service Line - Northern Section

Projekt/Project

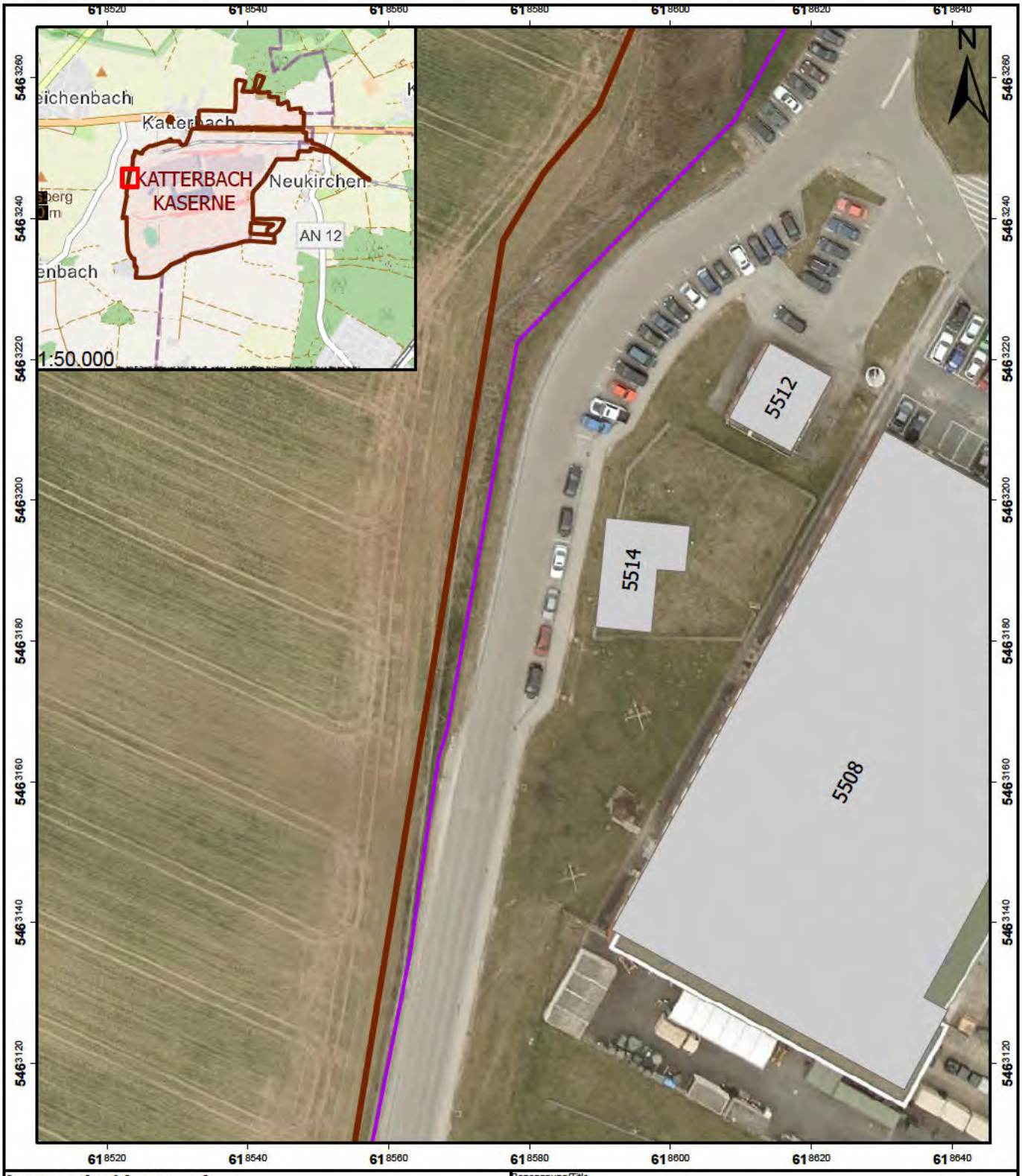
CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies, Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069–400

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
1:800	AR	A4	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N
Datum/Date	Zeichner/Drafter	Abbildung/Figure		
Feb 2023	MI	A-2		



Legende / Legend

- Versorgungsleitung zur TS3 / Service Line to TS3
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties

0 5 10 20 Meters

Benennung/Title

Vorgeschlagene Versorgungsleitung - Mittlerer Bereich / Proposed Service Line - Central Section

Projekt/Project

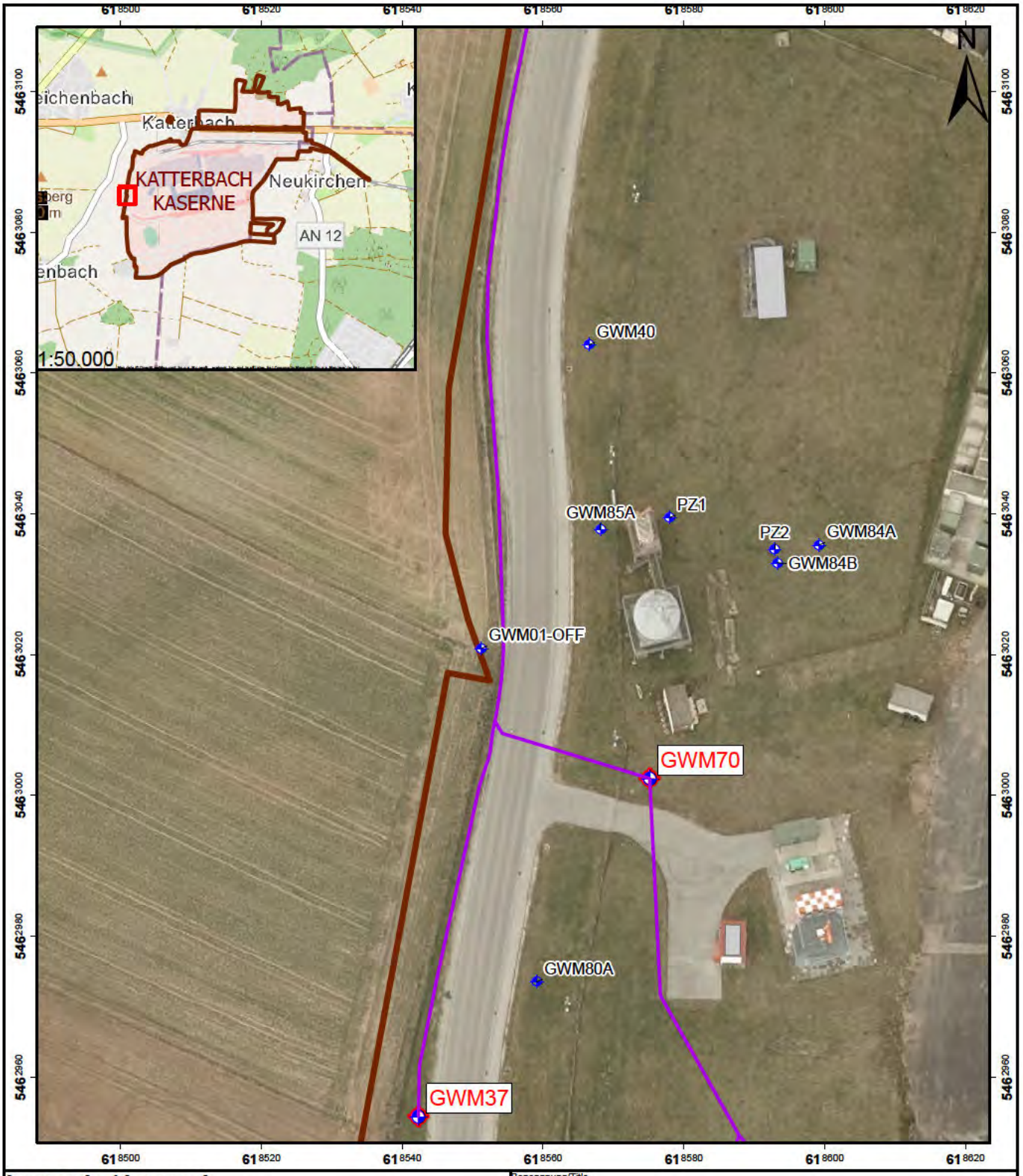
CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies, Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069–400

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
1:800	AR	A4	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N
Datum/Date	Zeichner/Drafter	Abbildung/Figure		
Feb 2023	MI	A-3		



Legende / Legend

- Entnahmemessstellen / Extraction Wells
- Grundwassermessstellen / Groundwater Monitoring Wells
- Versorgungsleitung zur TS3 / Service Line to TS3
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties

0 5 10 20 Meters

Benennung/Title

Vorgeschlagene Versorgungsleitung - Südlicher Bereich / Proposed Service Line - Southern Section

Projekt/Project

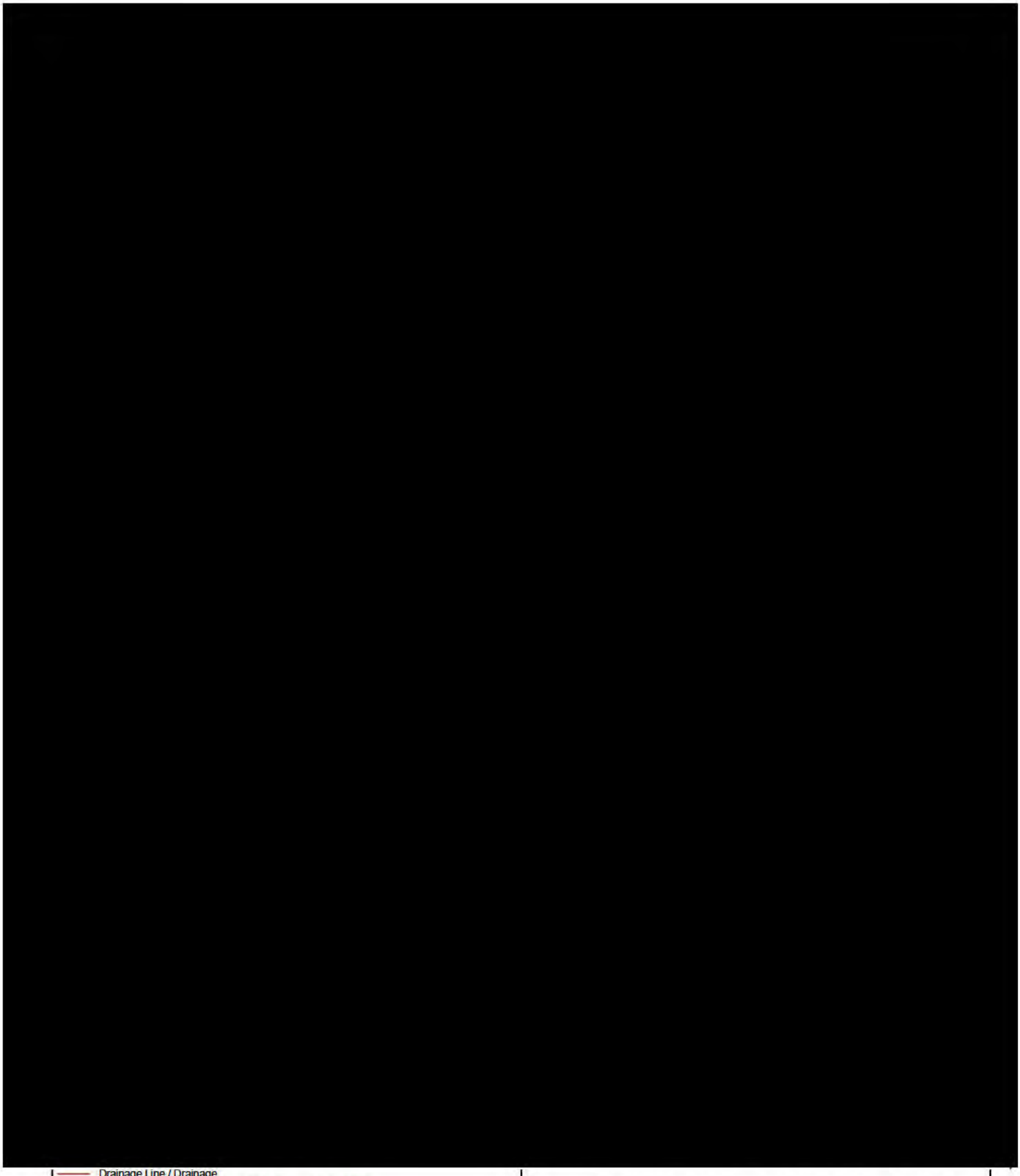
CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies, Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069-400

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
1:800	AR	A4	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N
Datum/Date	Zeichner/Drafter	Abbildung/Figure		
Feb 2023	MI	A-4		



- Drainage Line / Drainage
- Extraction and Discharge Lines TS2 / Zu- und Ablauf TS2
- presumed Discharge Line TS3 / vermutl. Ablauf TS3
- Service Line to TS3 / Versorgungsleitung zur TS3
- Power Line TS2 & TS3 / Stromleitung TS2 & TS3
- Power Connector / Stromkasten
- Treatment Container / Reinigungsanlage
- Treatment Area / Aufstellfläche
- Potential Enlargement of Treatment Area / Mögliche Vergrößerung der Aufstellfläche
- New Shaft Structures / Neue Schachtbauwerke
- Sampling Location / Probenahmestelle
- RRB Rainwater Retention Basin / Regenrückhaltebecken
- X Fence / Zaun
- Proposed Staging Area / Vorgeschlagene Baustelleneinrichtungsfläche
- Optional Proposed Staging Area / Optional vorgeschlagene Baustelleneinrichtungsfläche

Vorgeschlagene Lage und Einrichtung der Reinigungsanlage TS3

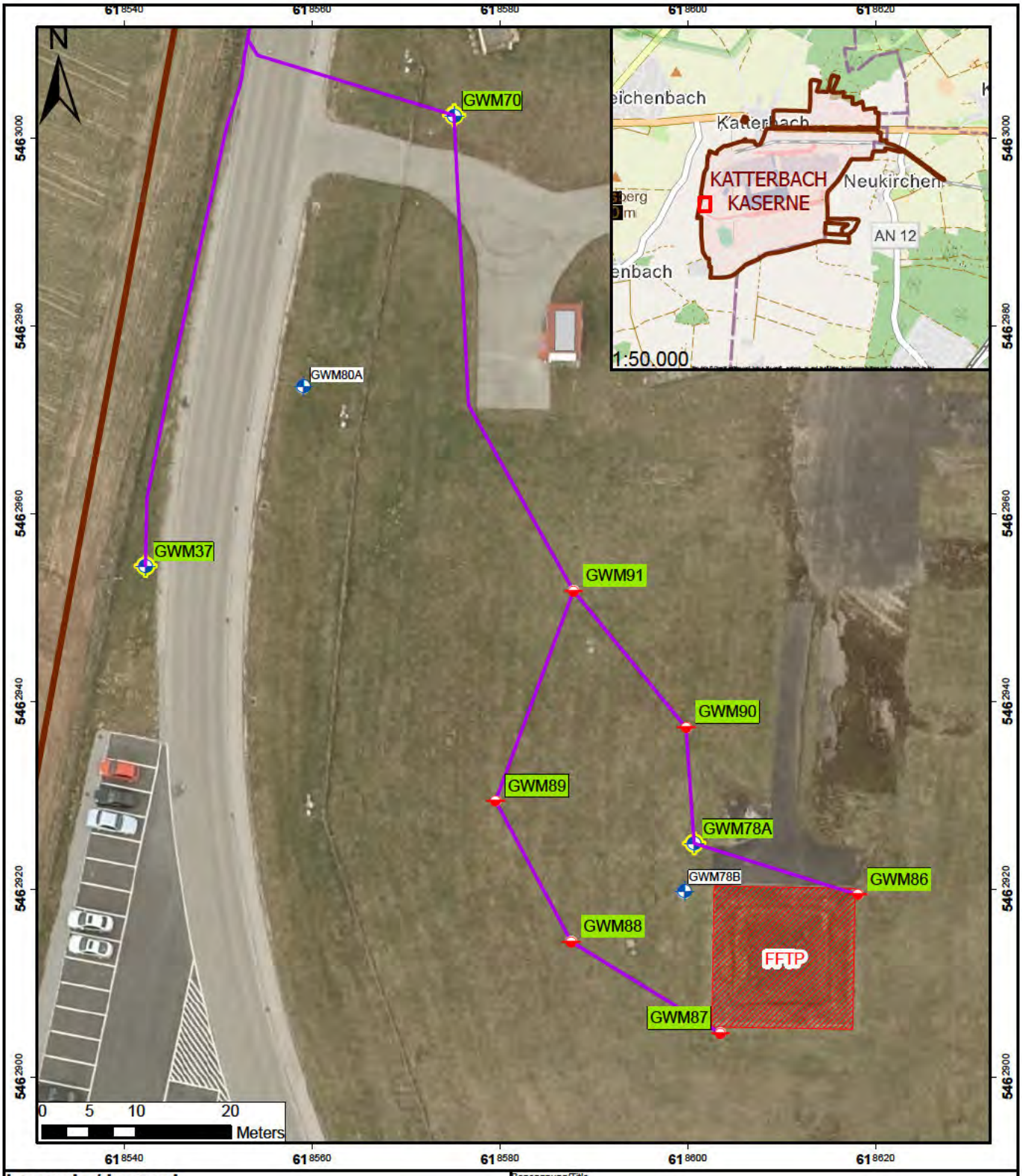
Project/Projekt: **CCAN104 GE43T Stormwater Remedial Design U.S.Army Garrison Ansbach, Germany**

Client/Auftraggeber: U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM
AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone/Tel.: +49 (0) 631 71069-400

Scale/Masstab: 1:800	Responsible/Bearbeiter: SS	Size/Blattgröße: A4	Project/Projekt #: 60669010
Date/Datum: June/Juni 2023	Drafter/Zeichner: RS	Figure/Abbildung: **A-5**	Spatial Reference/Koordinatensystem: UTM 32N (WGS 84)

File/Datei: ..\Fig_A-1_Prop_Location_TS2_en-dt mxd



Legende / Legend

- Vorgeschlagene Sickerwasserentnahmemessstellen (neu) / Proposed Perched Extraction Wells (new)
- Vorgeschlagene Grundwasserentnahmemessstellen / Proposed Groundwater Extraction Wells
- Versorgungsleitung zur TS3 / Service Line to TS3
- Bestehende Grundwassermessstellen / Existing Groundwater Monitoring Wells
- Ehemaliger Feuerwehrübungsplatz / Former Fire Fighting Training Pit
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties

Benennung/Title

Vorgeschlagenes Entnahmemessstellen/ Proposed Extraction Wells

Projekt/Project

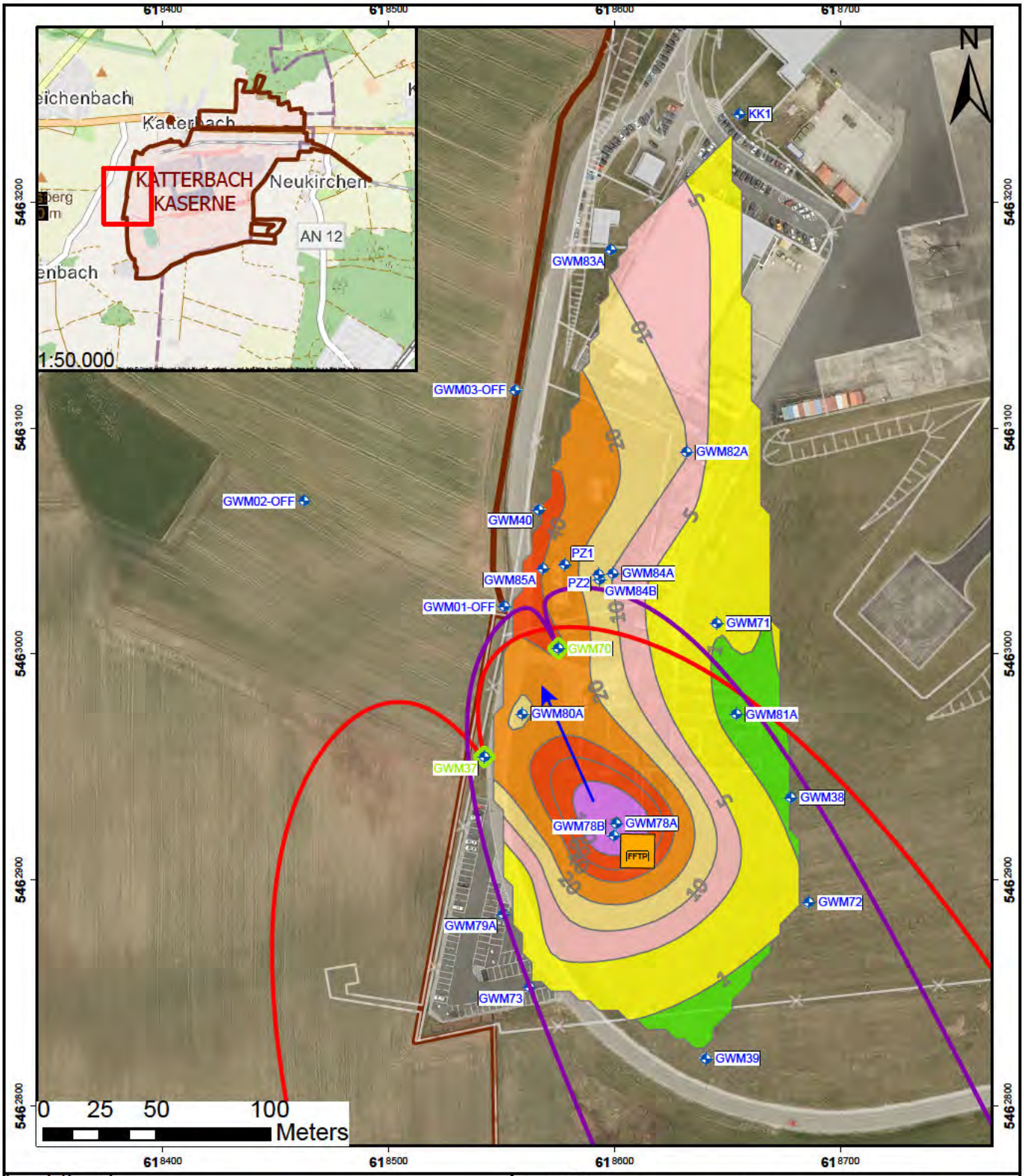
CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies, Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069-400

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
1:600	AR	A4	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N
Datum/Date	Zeichner/Drafter	Abbildung/Figure		
Feb 2023	MI	A-6		



Legende / Legend

- Geschätzter Einflussbereich für GWM 70 / Estimated Capture Zone for GWM 70
- Geschätzter Einflussbereich der GWM 37 / Estimated Capture Zonee of GWM 37
- Pumpversuch GWM 37 und GWM 70 / Pumping Test GWM 37 and GWM 70
- Grundwassermessstelle / Groundwater Monitoring Well
- Angenommene Grundwasserfließrichtung (basierend auf den PFAS-Konzentrationen) / Estimated groundwater flow direction (based on PFAS concentrations)

PFAS- Konzentration (Grundwasser) [µg/L] / PFAS Concentrations (Groundwater) [µg/L]

- 0 - 1
- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 40
- 40 - 100
- 100 - 300
- > 300
- Ehemaliger Feuerwehrübungsplatz / Former Fire Fighting Training Pit
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties

Benennung/Title

PFAS- Grundwasserkonzentrationen und geschätzter Einflussbereich für GWM 37 und GWM 70 / PFAS Groundwater Concentrations and Capture Zone for GWM 37 and GWM 70

Projekt/Project

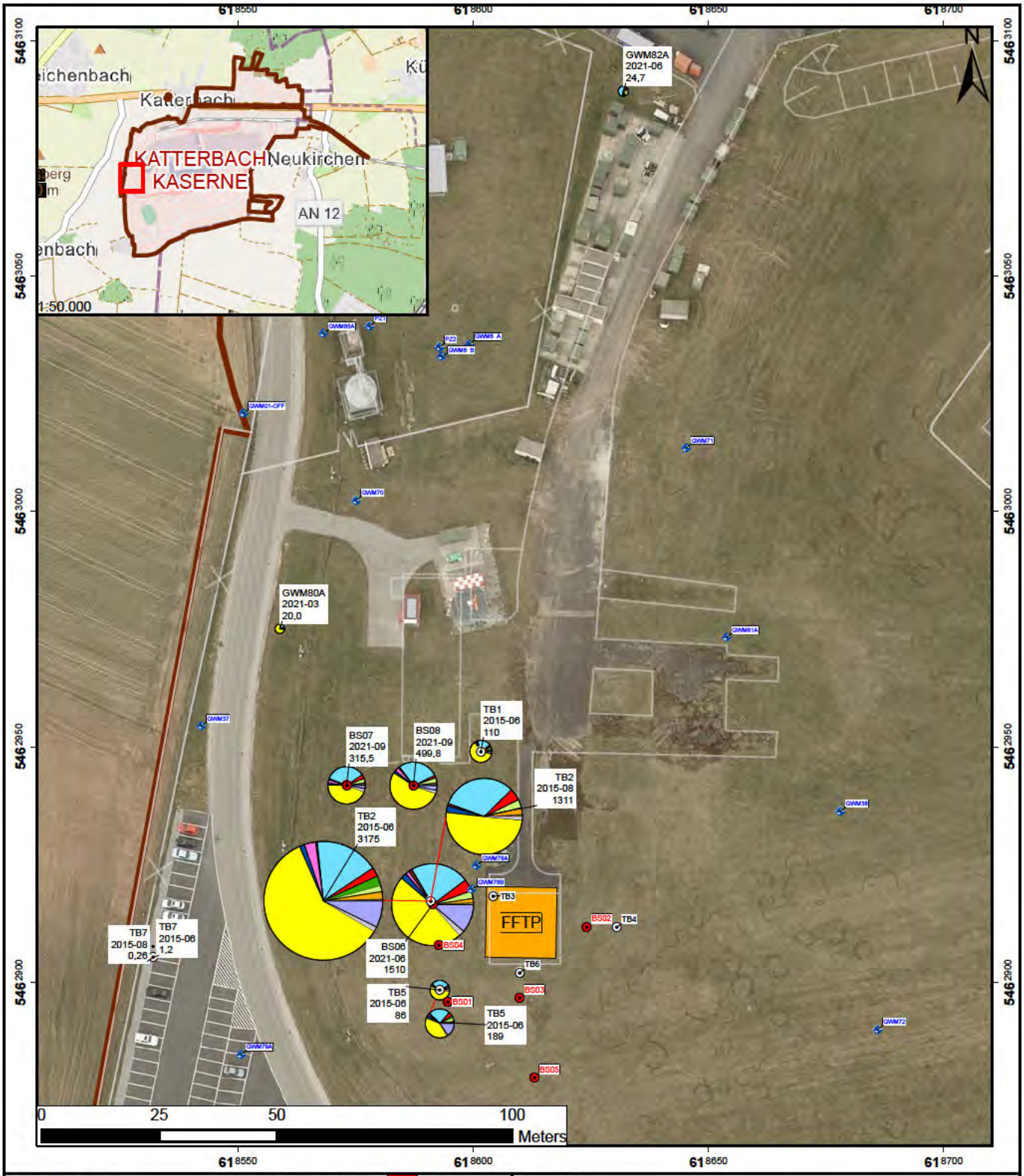
CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies, Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069-400

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
1:2.500	AR	A4	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N
Datum/Date: Feb 2023	Zeichner/Drafter: MI	Abbildung/Figure: A-7		



Legende/ Legend

- Grundwassermessstelle / Groundwater Monitoring Well
- Schneckenbohrung / Auger Drilling Boring
- Trockenbohrung / Boring
- Ehemaliger Feuerwehrübungsplatz / Former Fire Fighting Training Pit
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties

PFAS-Konzentrationen [µg/L] / PFAS Concentrations [µg/L]

- Probenahmepunkt/Sampling Point
- Probenahmedatum/ Sampling Date
- Konzentra tionConcentration

PFBA, PFBS, PFPeA, PFPeS

PFHxA, PFHxS, PFHpA, PFHpS, PFOA, PFOS, PFOSA, PFNoA, PFDA, H4PFOS

10 µg/L — 100 µg/L — 500 µg/L

Bemerkungen / Notes
TB3, TB4 und TB6 sowie BS01 bis BS05 trocken / TB3, TB4, TB6 and BS01 to BS05 dry

Benennung/Title

PFAS- Konzentrationen (Schichtwasser) / PFAS concentrations (Perched Water)

Projekt/Project

CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies,
Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

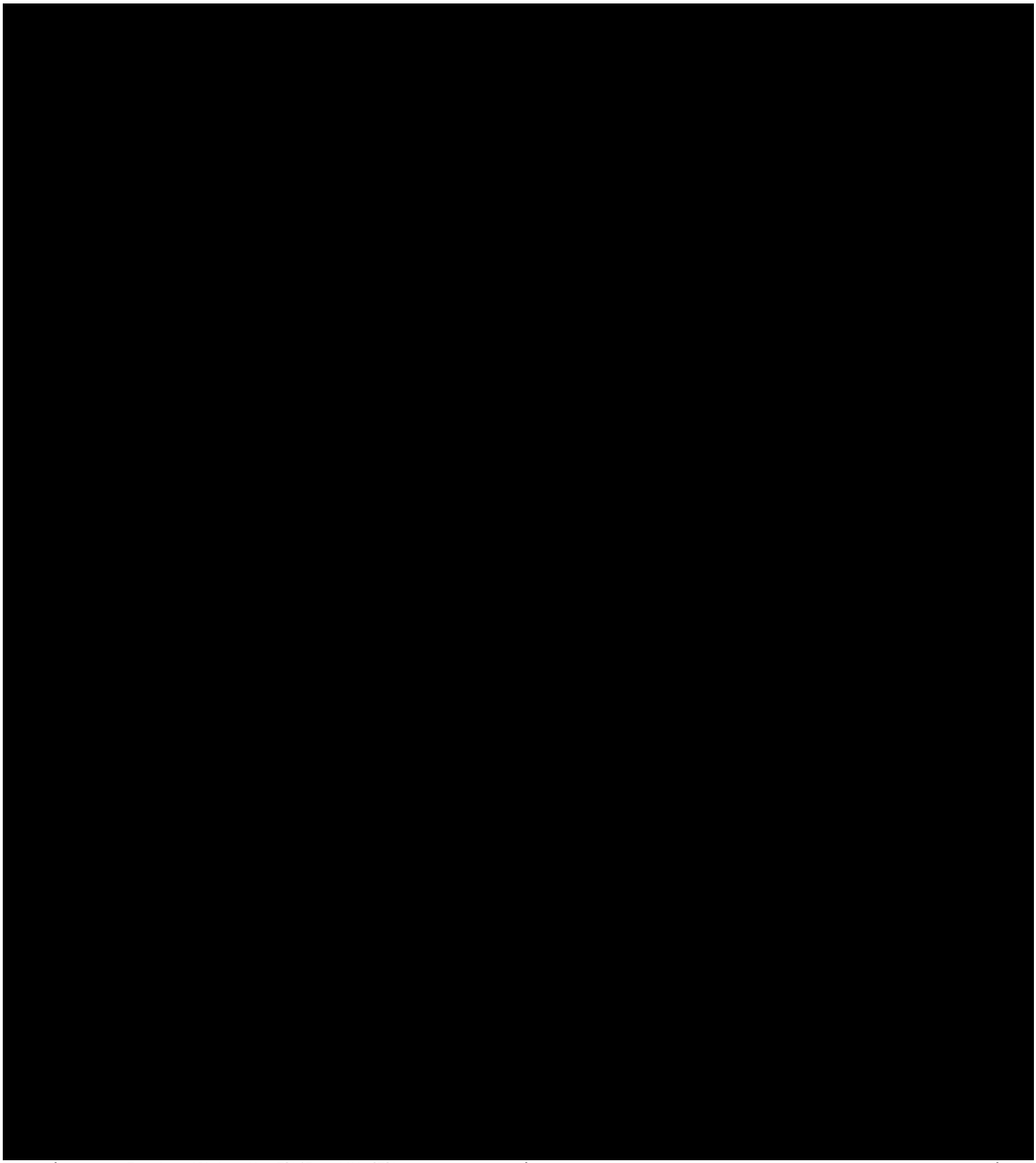
Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size
1:1.200	AR	A4

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069-400

Datum/Date	Zeichner/Drafter	Abbildung/Figure	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
Aug 2022	MI	**A-8**	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N



- Extraction and Discharge Lines TS2 / Zu- und Ablauf TS2
- presumed Discharge Line TS3 / vermutl. Ablauf TS3
- Service Line to TS3 / Versorgungsleitung zur TS3
- Power Line TS2 & TS3 / Stromleitung TS2 & TS3
- Power Connector / Stromkasten
- Treatment Container / Reinigungsanlage
- Treatment Area / Aufstellfläche
- Potential Enlargement of Treatment Area / Mögliche Vergrößerung der Aufstellfläche
- New Shaft Structures / Neue Schachtbauwerke
- Sampling Location / Probenahmestelle
- RRB Rainwater Retention Basin / Regenrückhaltebecken
- X Fence / Zaun
- Stormwater Pipe / Regenwasserkanal
- Electro Line / Elektroleitung
- Heating Pipe / Heizungsleitung
- Exterial Light / Lichtleitung
- Combined Sewer Pipe / Mischwasserkanal
- Optical fibre / Lichtwellenleiter

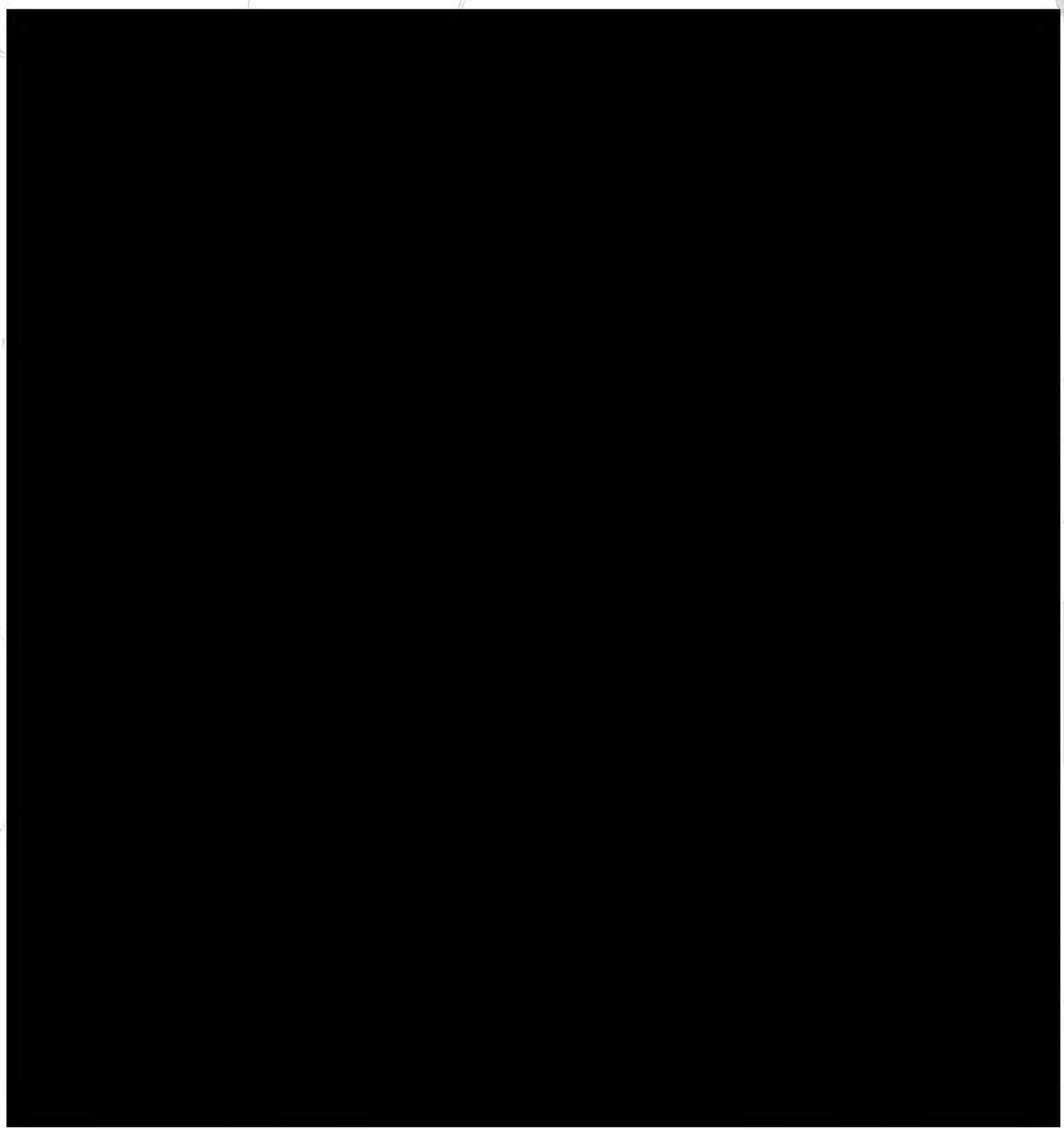
Utility Situation (provisionally) / Leitungssituation (unverbindlich)

Project/Projekt
CCAN104 GE43T Stormwater Remedial Design
U.S.Army Garrison Ansbach, Germany

Client/Auftraggeber
U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone/Tel.: +49 (0) 631 71069–400

Scale/Masstab 1:800	Responsible/Bearbeiter SS	Size/Blattgröße A4	File/Datei ..\Fig_A-3_Utility Sit_en-dt1.mxd
Date/Datum June/Juni 2023	Drafter/Zeichner RS	Figure/Abbildung **A-9**	Project/Projekt # 60669010
			Spatial Reference/Koordinatensystem UTM 32N (WGS 84)



Structure Table	
Structure Name	Structure Details
Structure 1 (existing)	RIM = 459.40 SUMP = 455.63 Pipe 1 INV □UT = 455.63
Structure 2 (existing)	RIM = 462.19 SUMP = 455.59 Pipe 2 INV □UT = 455.59
Structure 3	RIM = 461.86 SUMP = 453.89 Pipe 2 INV IN = 454.96 Pipe 3 INV □UT = 453.89
Structure 4	RIM = 461.74 SUMP = 454.95 Pipe 4 INV IN = 460.70 Pipe 5 INV □UT = 454.95
Structure 5 (existing)	RIM = 459.29 SUMP = 454.41 Pipe 5 INV IN = 454.44

Pipe Table			
Pipe Name	Size	Length	Slope
Pipe 1 (existing)	400	11.30	0.40%
Pipe 2 (existing)	500	42.15	1.51%
Pipe 3	32	12.00	various
Pipe 4	200	4.00	1.00%
Pipe 5 (existing)	500	34.05	1.51%

Zeichenerklärung

Vermessung

435,07	Messpunkt mit Höhe		Böschung
435,07	gemessener Punkt mit Höhe		Haltung
	Straßeneinlauf 30cmx50cm		Entwässerungsrinne
	Straßeneinlauf 50cmx50cm		Zaun
	Oberflurhydrant		Hecke
	Wasserschieber		Kanalverlauf übernommen
	Unterflurhydrant		Leitplanke
435,07	Schachtdeckel		Geländer
	Durchlass		Mauer
	Schilder		
	Laterne		
	Lüfter		
	Schachtabdeckung		
	Verteilerkasten		

Index	Art der Änderung	Datum	Bearbeiter	Prüfer
00	Planerstellung	20.07.2022	Murr	Heller
01	Ergänzen Zu- und Abläufe Schacht 1005009A (645)	10.08.2022	Schreiber	Heller
02				
03				
04				
05				

verwendete Bezugssysteme: Hauptlagesystem: UTM (Zone32) Haupthöhensystem: NHN (DHHN2016)

Ingenieurbüro Heller GmbH

Schemberg 30 | 91567 Herrieden | Tel.: 09825/9296-0 | Fax: -50
Internet: www.ib-heller.de | E-Mail: info@ib-heller.de

Bauleitplanung
Straßenbau
Abwasserbeseitigung/
Wasserversorgung
Vermessung/Geoinformation

Vorhabensbezeichnung:

Bestandsvermessung für Sanierungsplan Regenwasser- System Kaserne Katterbach

Anlage: -

Plannummer: 2022247 / Bestand_Jul2022.PLT

Leistungsphase:

Grundlagenermittlung

Planbezeichnung:

Bestandsplan

Maßstab: 1:200

Index / Datum: 01/ 10.08.2022

Vorhabensträger:

AECOM International Inc.

(Datum) (Unterschrift)

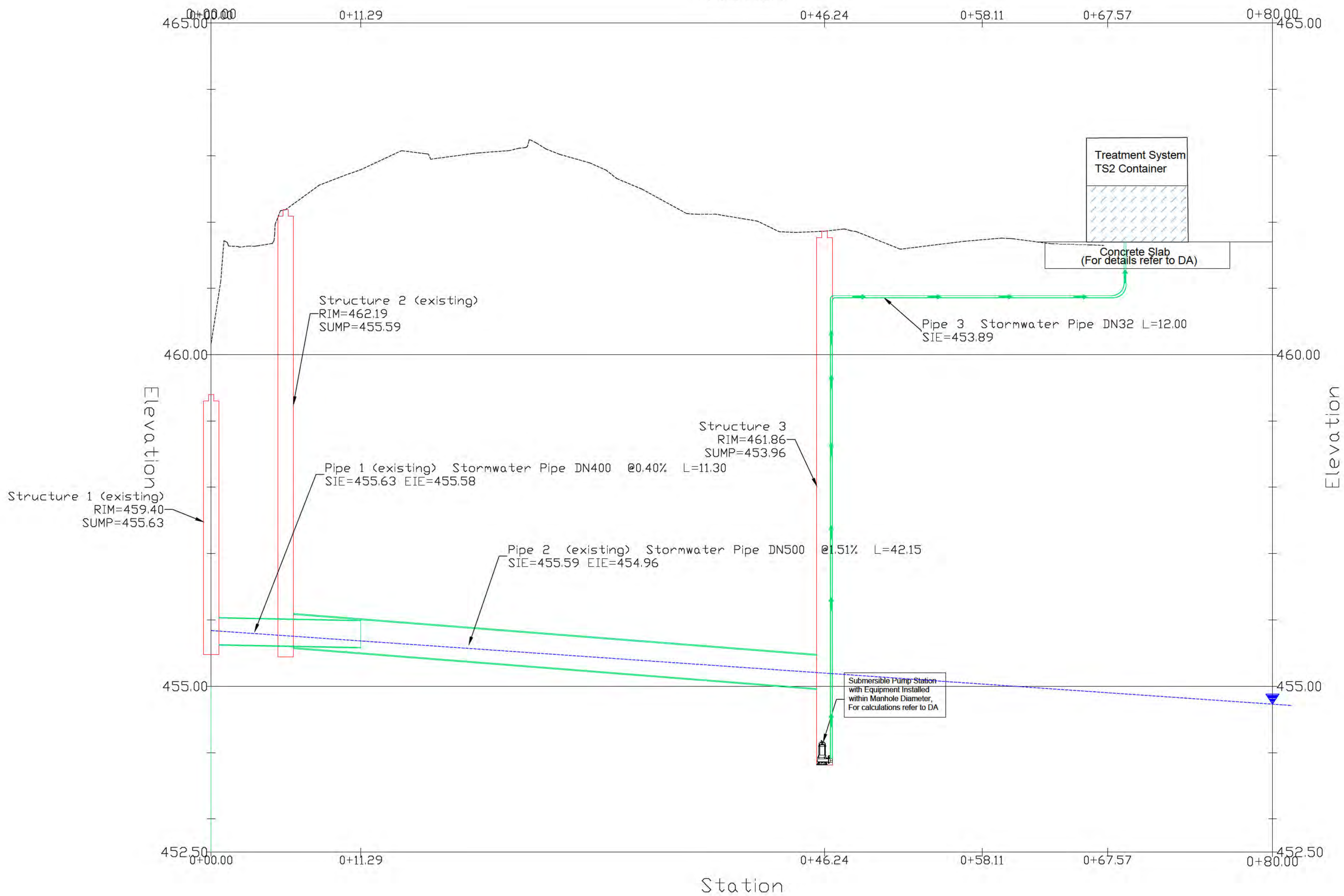
Entwurfsverfasser:

Ingenieurbüro Heller GmbH

(Datum) (Unterschrift)

CARD/1

Profile View of Stormwater Piping routed from Treatment System TS2



Structure Table

Structure Name	Structure Details
Structure 1 (existing)	RIM = 459.40 SUMP = 455.63 Pipe 1 INV OUT = 455.63
Structure 2 (existing)	RIM = 462.19 SUMP = 455.59 Pipe 2 INV OUT = 455.59
Structure 3	RIM = 461.86 SUMP = 453.89 Pipe 2 INV IN = 454.96 Pipe 3 INV OUT = 453.89
Structure 4	RIM = 461.74 SUMP = 454.95 Pipe 4 INV IN = 460.70 Pipe 5 INV OUT = 454.95
Structure 5 (existing)	RIM = 459.29 SUMP = 454.41 Pipe 5 INV IN = 454.44

Pipe Table

Pipe Name	Size	Length	Slope
Pipe 1 (existing)	400	11.30	0.40%
Pipe 2 (existing)	500	42.15	1.51%
Pipe 3	32	12.00	various
Pipe 4	150	4.00	1.00%
Pipe 5 (existing)	500	34.05	1.51%

LEGEND *LEGENDE*

- - - - - - -	EXISTING GROUND LEVEL VORHANDENER BODENEBENE
————	DESIGNED GROUND LEVEL GEPLANTES BODENNIVEAU
SIE=	START INVERT ELEVATION ROHRSOHLE OBEN
EIE=	END INVERT ELEVATION ROHRSOHLE UNTEN

GRAPHIC SCALE *MASSSTABSBALKEN*

1:200
1:200

SEAL *STEMPEL*

NOT FOR CONSTRUCTION

US Army Corps of Engineers®

DESIGNED BY / ENTWORFEN VON: E. OSIKA
DRAWN BY / GEZEICHNET VON
CHECKED BY / GEPRÜFT
SUBMITTED BY / VORGELEGT
SIZE / FORMAT
ISSUE DATE / PLANDATUM
SOLICITATION NO. / AUFTRAGS-NR.
CONTRACT NO. / VERTRAGS-NR.

MARK / REV. | DESCRIPTION / BESCHREIBUNG | DATE / DATUM

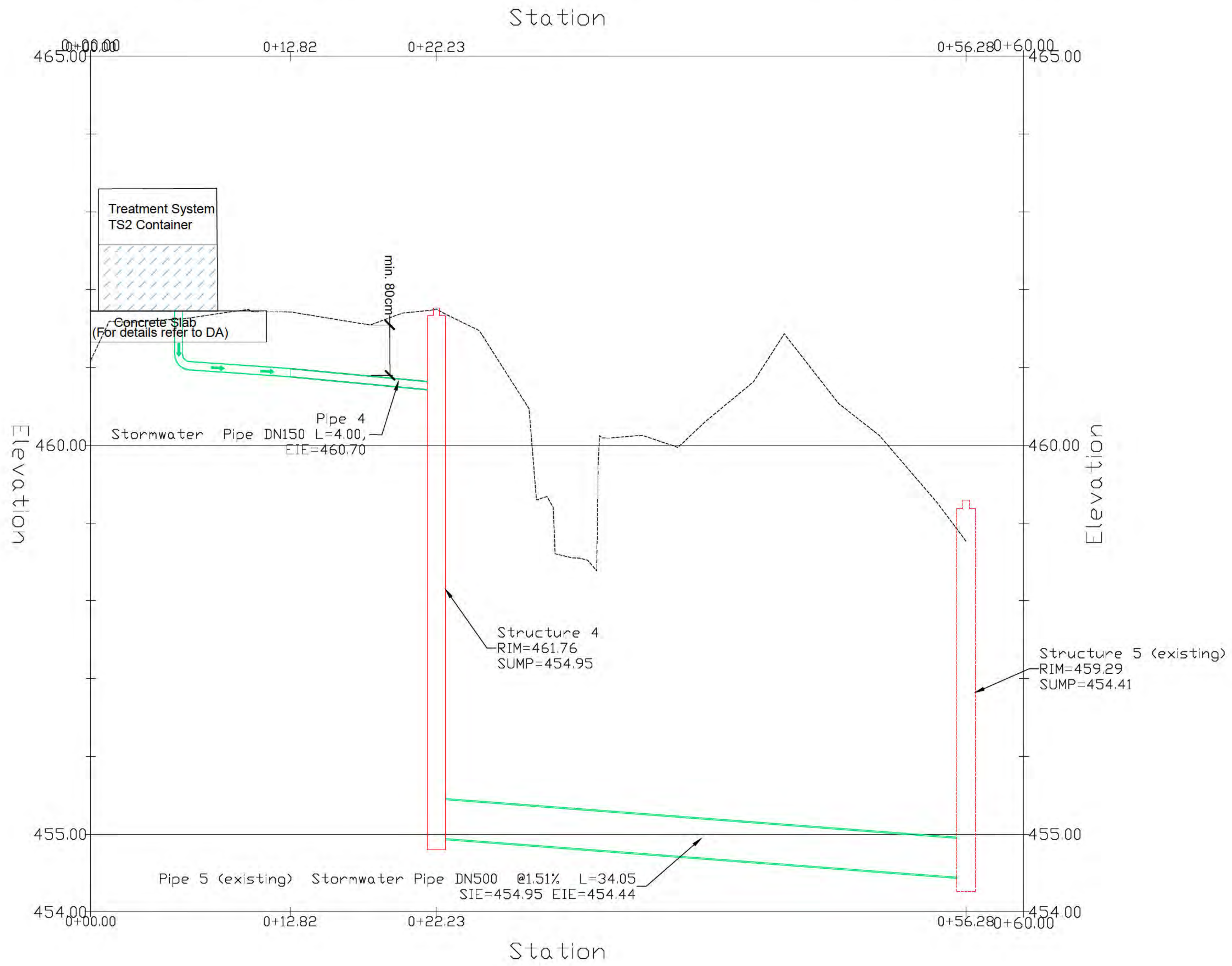
U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
EUROPE DISTRICT - CONTRACTING DIVISION
KONRAD ADENAUER RING 39
65187 WIESBADEN GERMANY

AECOM

CIVIL
PROFILES
DRAINAGE
BAUSTELLE
PROFILE
ENTWÄSSERUNG

SHEET ID / BLATT
CU202

Profile View of Stormwater Piping routed from Treatment System TS2



Structure Table	
Structure Name	Structure Details
Structure 1 (existing)	RIM = 459.40 SUMP = 455.63 Pipe 1 INV OUT = 455.63
Structure 2 (existing)	RIM = 462.19 SUMP = 455.59 Pipe 2 INV OUT = 455.59
Structure 3	RIM = 461.86 SUMP = 453.89 Pipe 2 INV IN = 454.96 Pipe 3 INV OUT = 453.89
Structure 4	RIM = 461.74 SUMP = 454.95 Pipe 4 INV IN = 460.70 Pipe 5 INV OUT = 454.95
Structure 5 (existing)	RIM = 459.29 SUMP = 454.41 Pipe 5 INV IN = 454.44

Pipe Table			
Pipe Name	Size	Length	Slope
Pipe 1 (existing)	400	11.30	0.40%
Pipe 2 (existing)	500	42.15	1.51%
Pipe 3	32	12.00	various
Pipe 4	150	4.00	1.00%
Pipe 5 (existing)	500	34.05	1.51%

LEGEND
LEGENDE

- - - - - - -	EXISTING GROUND LEVEL VORHANDENER BODENEBENE
———	DESIGNED GROUND LEVEL GEPLANTES BODENNIVEAU
SIE=	START INVERT ELEVATION ROHRSOHLE OBEN
EIE=	END INVERT ELEVATION ROHRSOHLE UNTEN

GRAPHIC SCALE
MASSSTABSBALKEN

1:200
1:200

SEAL
STEMPEL

NOT FOR CONSTRUCTION

US Army Corps of Engineers®

DESIGNED BY / ENTWORFEN VON: E. OSIKA

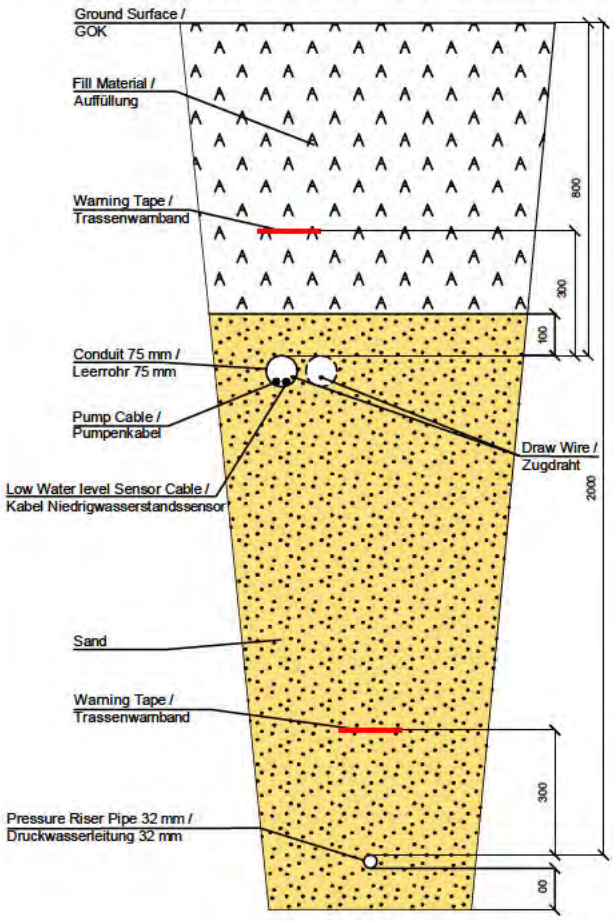
U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS
EUROPE DISTRICT - CONTRACTING DIVISION
KONRAD ADENAUER RING 39
65187 WIESBADEN GERMANY

AECOM

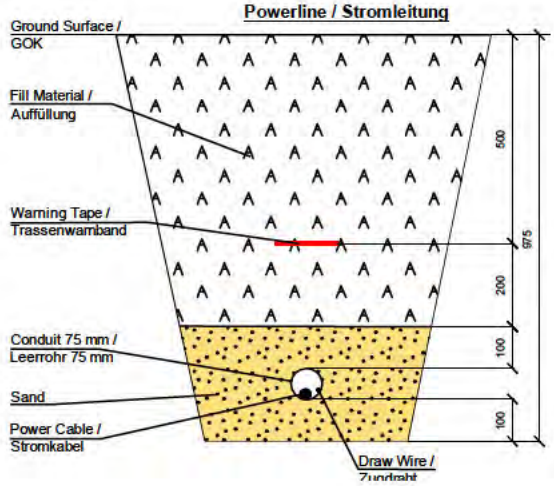
CIVIL
PROFILES
DRAINAGE
BAUSTELLE
PROFILE
ENTWÄSSERUNG

SHEET ID / *BLATT*
CU202

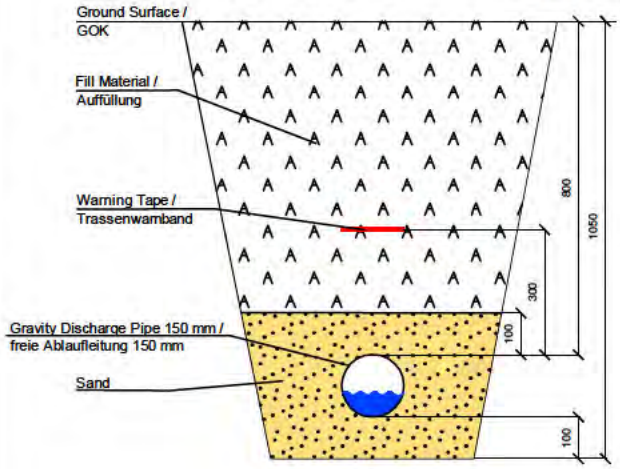
Pressure Riser Pipe ("Pipe 3") / Druckwasserleitung



Powerline / Stromleitung



Gravity Discharge Pipe / Freie Ablaufleitung ("Pipe 4")



Title

Proposed Design of Trenches / Geplante Versorgungsleitungen

Client

U.S.Army Corps of Engineers, Europe District

Project

CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design
U.S.Army Garrison, Germany

Scale	Respons ble	Sheet Size
-/-	SS	DIN A4
Date	Drafter	Figure
04.04.2023	RS	A-13

AECOM

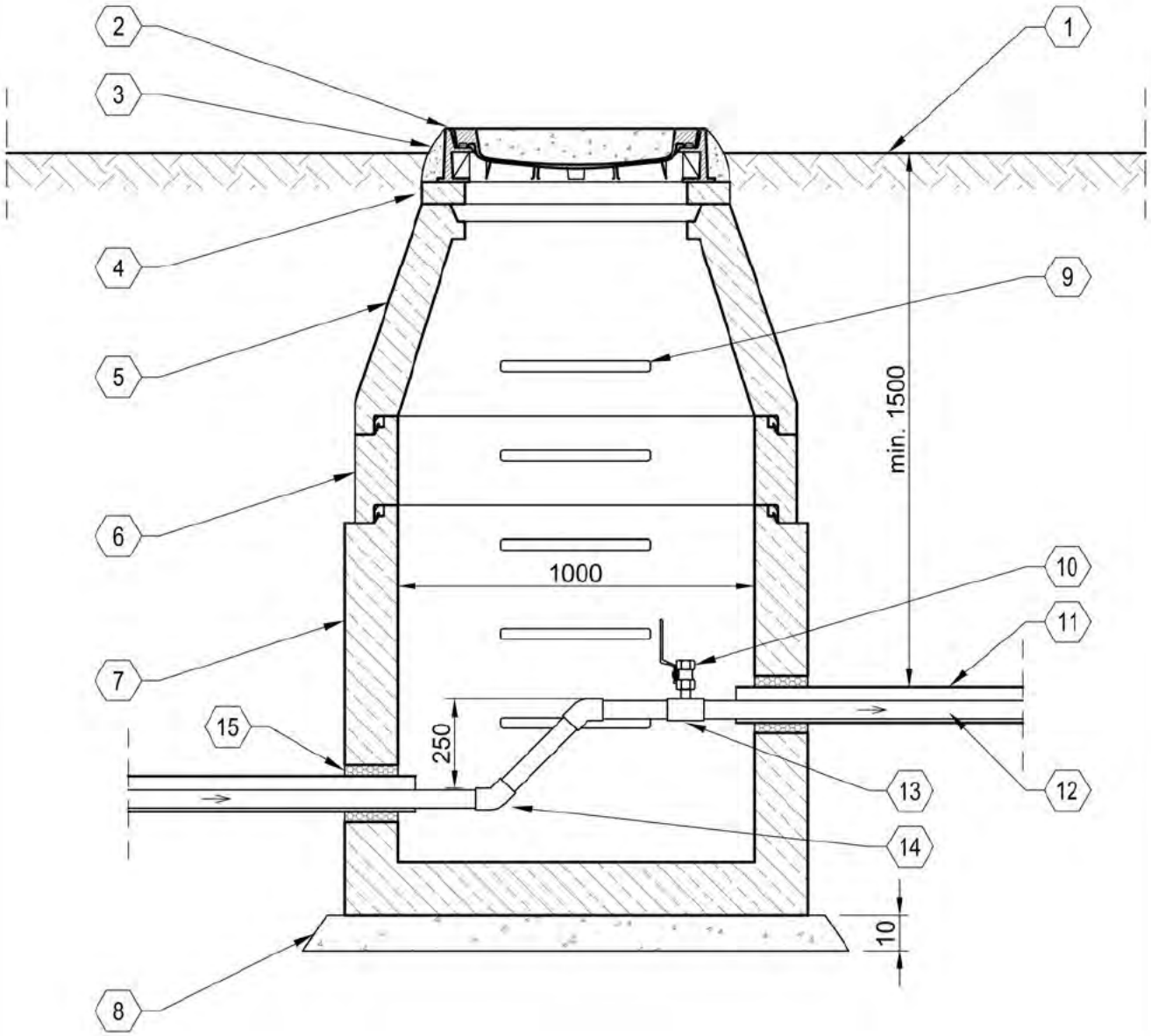
AECOM International Inc.

Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: 0631 71069-400

File Graben_Rohr_Verfüllung_2023-04.dwg

Project-No. 60641816

4.04.2023



Element	Explanation
1	EXISTING GRASSY AREA
2	GREY IRON COVER DN600 MM CLASS B125 WITH CONCRETE FILLING
3	CONCRETING OF THE MANHOLE BODY
4	PRECAST CONCRETE SEATING RING - OPTIONAL
5	PRECAST CONCRETE TRANSITIONAL CONE 625 MM / 1000 MM
6	PRECAST CONCRETE MANHOLE RING DN1000 MM , H=250 MM WITH GASKET
7	PRECAST CONCRETE MANHOLE BASE DN 1000 MM , H=1000 MM WITH GASKET
8	MADE ON-SITE CONCRETE SLAB TH. 100 MM -CONCRETE STRENGTH MIN C12/15
9	STEEL ACCESS STEPS WITH PP OR PEHD COVER
10	MANUAL AIR RELEASE VALVE DN 1"
11	PROTECTION PIPE PVC DN100 MM
12	LINE PIPE PVC DN50 MM
13	PVC TEE DN50 MM WITH THREADED OUTLET 1"
14	PVC BEND DN50 MM 45
15	OPENING D=140 MM, TIGHT PASSAGE WITH SEALING CHAIN

Benennnung/Title

Möglicher Kanalschachtentwurf /
Potential Manhole Construction Design

Projekt/Project

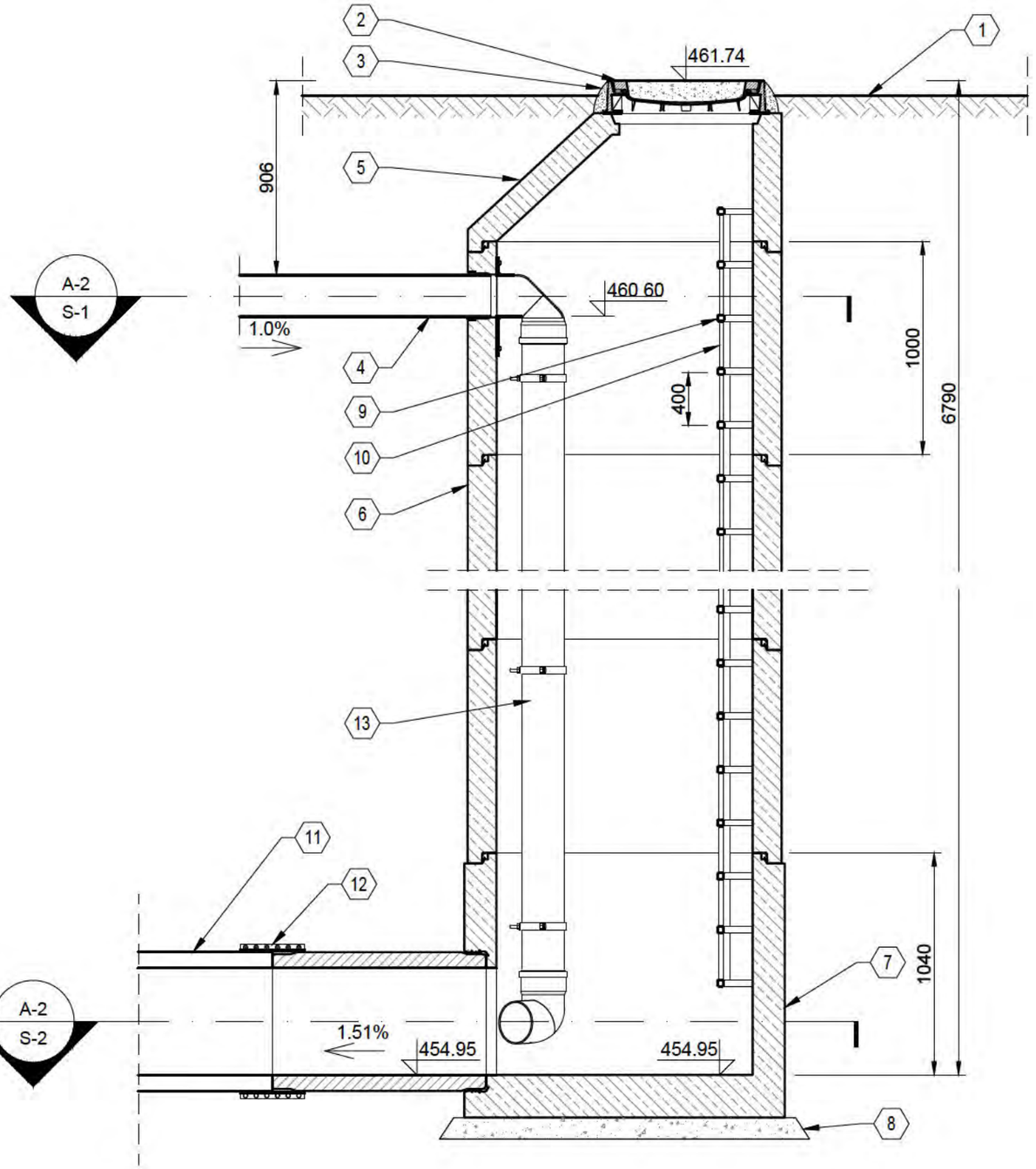
CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies,
Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM
AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069–400

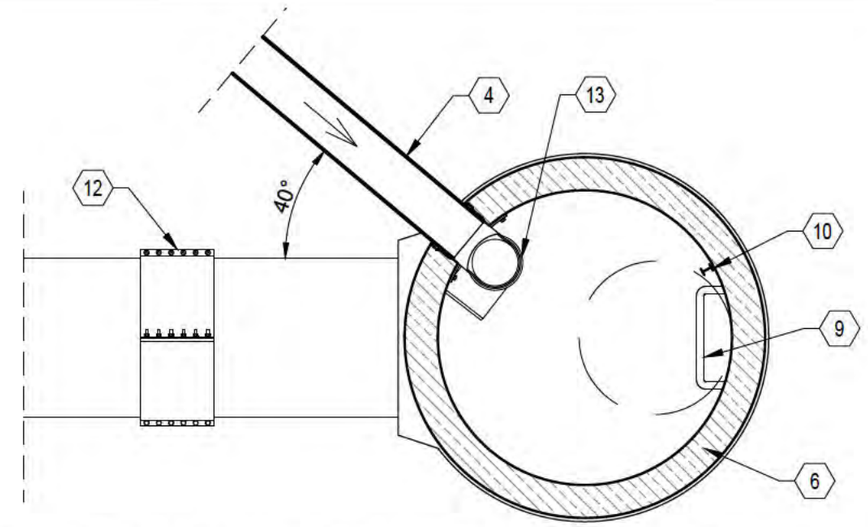
Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
1:20	AR	A4	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N
Datum/Date: Feb 2023	Zeichner/Drafter: MI	Abbildung/Figure: **A-14**		



D-1 VERTICAL OUTLET SHAFT "STRUCTURE 4"

DETAILS DRAWING

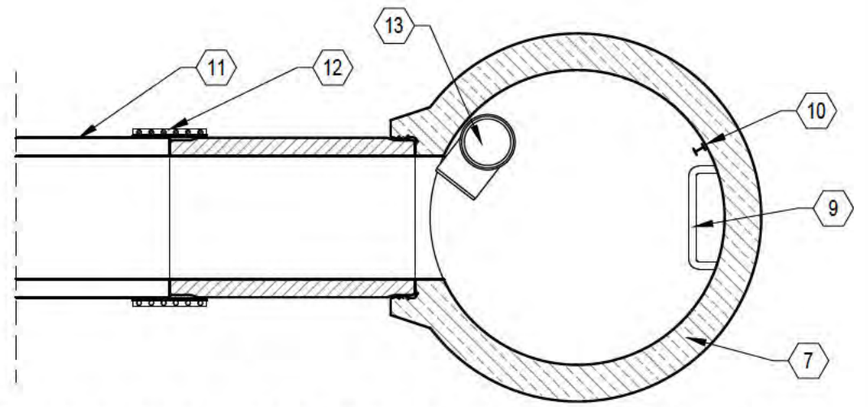
SCALE/ - 1:25



S-1 VERTICAL OUTLET SHAFT "STRUCTURE 4"

SECTION

SCALE/ - 1:25



S-2 VERTICAL OUTLET SHAFT "STRUCTURE 4"

SECTION

SCALE/ - 1:25

Element	Explanation
1	EXISTING GRASSY AREA
2	GREY IRON COVER DN 600 MM CLASS B125 WITH CONCRETE FILLING
3	CONCRETING OF THE MANHOLE BODY
4	" PIPE 4 " DN 200 MM , i=1% , PP-MD FROM TS2
5	PRECAST CONCRETE C40/50 TRANSITIONAL CONE DN 625 MM / 1200 MM
6	PRECAST CONCRETE C40/50 MANHOLE RING DN 1200 MM , H=1000 MM WITH GASKET
7	PRECAST CONCRETE C40/50 MANHOLE BASE DN 1200 MM , H=1040 MM WITH GASKET
8	MADE ON-SITE CONCRETE SLAB TH. 100 MM - CONCRETE STRENGTH MIN C12/15
9	ACCESS STEPS FIBER REINFORCED PLASTIC
10	GUIDE RAIL FOR FALL ARRESTERS
11	EXISTING " PIPE 5 " DN 500 MM , i=1.51% , CONCRETE TOWARDS KATTERBACH CREEK
12	REPAIR COPUPLING FOR DN 500 MM CONCRETE PIPE
13	INTERNAL FALL - DOWNPIPE DN 200 MM FIXING TO MANHOLE WALL

Maßstab/Scale: 1:25	Bearbeiter/Responsible: SS	Plangröße/Size: A3
Datum/Date: Jun 2023	Zeichner/Drafter: TF	Abbildung/Figure: A-15

Benennung/Title

Potential Construction Design
Outlet Shaft

Projekt/Project

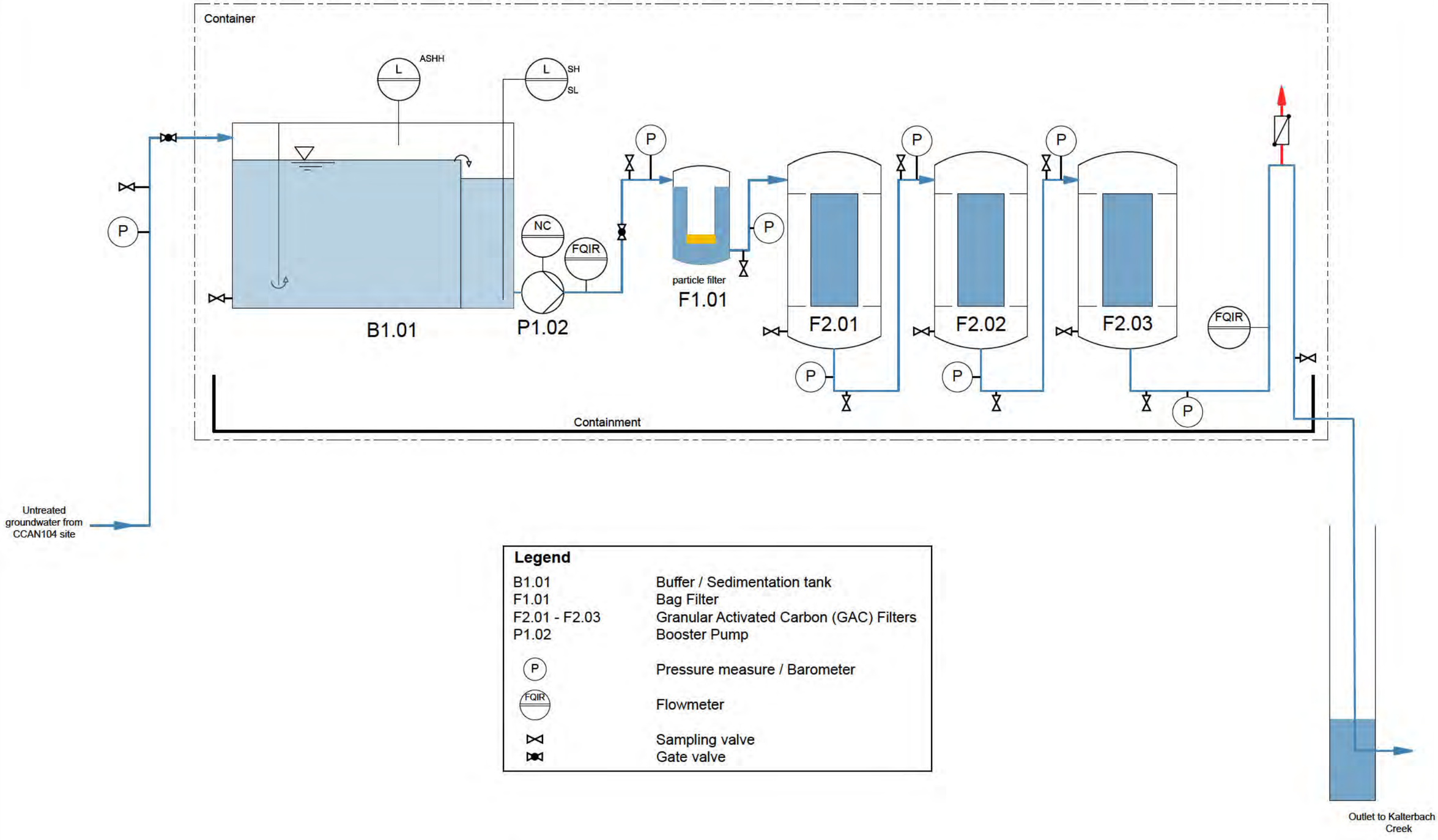
Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069-400

Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
60669010	WGS 1984 UTM Zone 32N



Legend

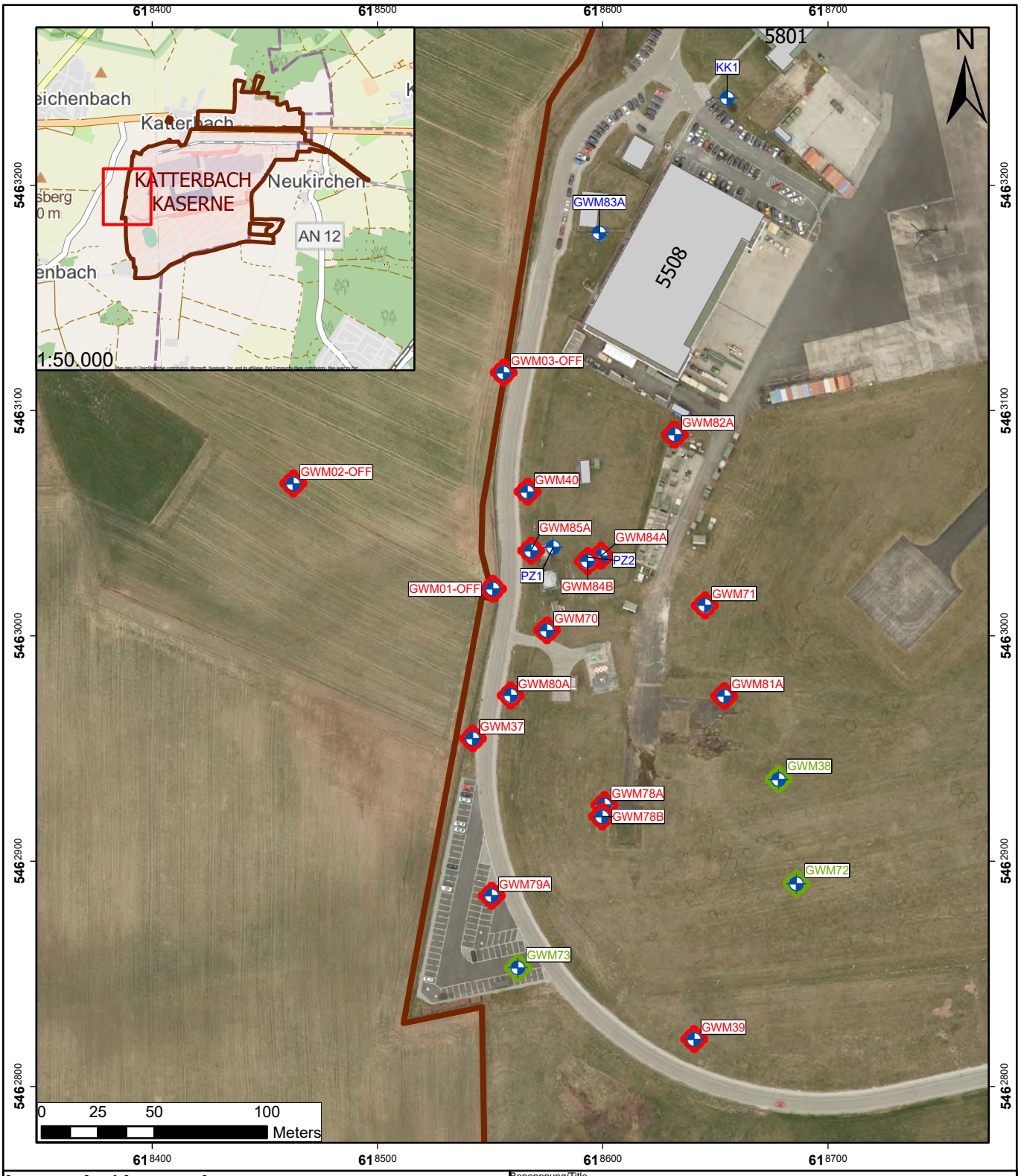
B1.01	Buffer / Sedimentation tank
F1.01	Bag Filter
F2.01 - F2.03	Granular Activated Carbon (GAC) Filters
P1.02	Booster Pump
(P)	Pressure measure / Barometer
(FQIR)	Flowmeter
⋈	Sampling valve
⋈	Gate valve

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserlautern
Phone/Tel. : +49 (0) 631 71069-400

Benennung/Title	**Fliessdiagramm von TS3 / Process Flow Diagram of TS3**
Projekt/Project	**CCAN104 GW43T Groundwater Remedial Design U.S.Army Garrison Ansbach, Germany**
Auftraggeber/Client	**U.S. Army Corps of Engineers, Europe District**

Ech.	1/ -	Format	A3
Date	April 2023		
Projekt #	60641816		
Ref.	-		
Dessin	JOS	Verif	MCH

FIGURE A-16



Legende / Legend

- Stichtagsmessung und -beprobung / Groundwater gauging and sampling
- Stichtagsmessung / Groundwater gauging only
- Grundwassermessstellen / Groundwater Monitoring Wells
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties

Benennung/Title

Vorgeschlagenes Grundwassermessstellennetz / Proposed Groundwater Monitoring Well Network

Projekt/Project

CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies, Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069–400

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
1:2.500	AR	A4	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N
Datum/Date	Zeichner/Drafter	Abbildung/Figure		
Feb 2023	MI	A-17		

Übersichtstabellen (Juni 2022)

Tab. A-1: Grundwasser Analyseergebnisse - PFAS /
Groundwater Analytical Results - PFAS

AECOM

Messstelle / Well	Probenahmedatum / Sampling Date	Probenbezeichnung / Sample Name	Probennummer / Laboratory Sampling No	Einheit / Unit	PFBA	PFBS	PFPeA	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFHpS	PFOA	PFOS	PFOSA	PFNoA	PFDA	H_4PFOS (6 2 FTS)	Summe PFAS / Sum PFAS	Spezieszusammensetzung [%] / Proportion of total PFAS [%]			
				GFS	10	6		6	0.1			0.1	0.1		0.06							
				GOW			3			0.3	0 3			0.1		0.1	0.1		% PFOS	% PFHxS	% H_4PFOS	% PFOS + PFHxS + H4PFOS
			Stufe 2- Werte / Bavarian Level-2 Value (soil leachate)		40	24	12	24	0.4	1	1	0.4	0.4	0.4	0.25	0.4	0.4					
GWM 37	09.06 2022	GWM 37	AP2230976	µg/L	0.53	1.8	1 5	3.3	14	0 63	0.56	0.89	3.7	< 0,01	0.56	< 0,01	1.9	**29.37**	12.6%	47.7%	6 5%	60.3%
GWM 38	09.06 2022	DUP 101	AP2230981	µg/L	< 0,01	0.026	< 0,01	0.029	0.49	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.018	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**0.56**	3 2%	87 0%	0 0%	90.2%
	09.06 2022	GWM 38	AP2230972	µg/L	< 0,01	0.022	< 0,01	0.03	0.45	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.018	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**0.52**	3 5%	86 5%	0 0%	90.0%
GWM 39	08.06 2022	GWM 39	AP2230967	µg/L	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.13	< 0,01	< 0,01	0 083	< 0,01	< 0,01	0.013	< 0,01	< 0,01	**0.23**	0 0%	57 5%	0 0%	57.5%
GWM 40	10.06 2022	GWM 40	AP2230985	µg/L	0.71	1.1	2.4	3.2	22	0.8	2.4	1.6	20	< 0,01	1.3	< 0,01	3.7	**59.21**	33.8%	37 2%	6 2%	70.9%
GWM 70	10.06 2022	GWM 70	AP2230986	µg/L	0.56	0.78	1 9	2.4	18	0 64	1 8	1.2	15	< 0,01	1.2	< 0,01	2.4	**45.88**	32.7%	39 2%	5 2%	71.9%
GWM 71	08.06 2022	DUP 102*	AP2230980	µg/L	< 0,01	0.029	0.01	0.049	0.72	< 0,01	0.016	0 045	0.13	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**1.00**	13.0%	72.1%	0 0%	85.1%
	08.06 2022	GWM 71	AP2230971	µg/L	< 0,01	0 03	0.01	0.047	0.75	< 0,01	0.015	0 041	0.12	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**1.01**	11.8%	74 0%	0 0%	85.9%
GWM 72	08.06 2022	GWM 72	AP2230967	µg/L	< 0,01	0.032	0.016	0.048	0.38	< 0,01	0.026	0 019	0.59	< 0,01	0.078	< 0,01	0 03	**1.22**	48.4%	31 2%	2 5%	79.6%
GWM 73	09.06 2022	GWM 73	AP2230975	µg/L	0 069	0.046	0.27	0.22	1.2	0.085	< 0,01	0.14	2.5	< 0,01	0.049	< 0,01	< 0,01	**4.58**	54.6%	26 2%	0 0%	80.8%
GWM 78A	23.04 2021	GWM 78A	AP2122257	µg/L	0.77	0 51	2 3	3.1	8	0.8	0.36	1.1	5.5	< 0,01	0 2	< 0,01	4.3	**26.94**	20.4%	29.7%	0 0%	50.1%
	20.05 2021	GWM 78A	AP2128717	µg/L	0.26	0.18	0.85	1	2.5	0 27	0.069	0.29	1.2	< 0,01	0.033	< 0,01	1.1	**7.75**	15.5%	32 2%	0 0%	47.7%
	30.03 2022	GWM 78A	AP2215758	µg/L	1.8	2.4	4 9	9.4	35	2.1	2 2	3.3	35	< 0,01	1 2	< 0,01	20	**117.30**	29.8%	29 8%	0 0%	59.7%
	10.06 2022	GWM 78A	AP2230987	µg/L	6.1	5.1	20	27	120	7.7	11	16	93	< 0,01	3.9	< 0,01	80	**389.80**	23.9%	30 8%	20.5%	54.6%
GWM 78B	06.05 2021	GWM 78B	AP2125875	µg/L	< 0,01	0.016	0.024	0.037	0.2	< 0,01	0.013	0.017	0.19	< 0,01	0.017	< 0,01	0.048	**0.56**	33.8%	35 6%	8 5%	69.4%
	20.05 2021	GWM 78B	AP2128718	µg/L	0 013	0.034	0.029	0.06	0.37	0.011	0.024	0.024	0.22	< 0,01	0.023	< 0,01	0 06	**0.87**	25.3%	42 6%	6 9%	68.0%
	30.03 2022	GWM 78B	AP2215759	µg/L	0 014	0.035	0.035	0.063	0.36	0.015	0.027	0.023	0.33	< 0,01	0.033	< 0,01	0.055	**0.99**	33.3%	36.4%	5 6%	69.7%
	08.06 2022	GWM 78B	AP2230970	µg/L	0 022	0 03	0.047	0.07	0.37	0.015	0.02	0 022	0.47	< 0,01	0.026	< 0,01	0.072	**1.16**	40.4%	31 8%	6 2%	72.2%
GWM 79A	20.09 2021	GWM 79A	AP2153268	µg/L	0 019	< 0,01	0.062	0.031	< 0,01	0.011	< 0,01	< 0,01	0.052	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**0.18**	29.7%	0.0%	0 0%	29.7%
	30.03 2022	GWM 79A	AP2215760	µg/L	0 029	0.012	0.095	0.056	0.24	0.025	< 0,01	< 0,01	0.09	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**0.55**	16.5%	43 9%	0 0%	60.3%
	08.06 2022	GWM 79A	AP2230969	µg/L	0.03	0.012	0.099	0.059	0.26	0.021	< 0,01	< 0,01	0.093	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**0.57**	16.2%	45 3%	0 0%	61.5%
GWM 80A	31.03 2021	GWM 80A	AP2115703	µg/L	0.14	0.081	0.47	0.42	2.8	0.16	0.23	0.24	15	0.014	0.17	0 011	0 25	**20.00**	75.0%	14 0%	1 3%	89.0%
	23.04 2021	GWM 80A	AP2122258	µg/L	0.36	1.2	0.91	2.2	12	0.49	0.73	1.1	3	< 0,01	0.76	< 0,01	2	**24.75**	12.1%	48 5%	8.1%	60.6%
	20.05 2021	GWM 80A	AP2128719	µg/L	0 053	0.14	0.17	0.27	1.7	0.054	0.034	0 066	0 25	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.066	**2.80**	8 9%	60 6%	2.4%	69.6%
	09.06 2022	GWM 80A	AP2230974	µg/L	0.2	0 35	0.69	0.93	5.4	0 21	0.39	0.33	4.8	< 0,01	0.3	< 0,01	0.7	**14.30**	33.6%	37 8%	4 9%	71.3%
GWM 81A	31.03 2021	GWM 81A	AP2115703	µg/L	0.14	0.081	0.47	0.42	2.8	0.16	0.23	0.24	15	0.014	0.17	0 011	0 25	**20.00**	75.0%	14 0%	1 3%	89.0%
	23.04 2021	GWM 81A	AP2122258	µg/L	0.36	1.2	0.91	2.2	12	0.49	0.73	1.1	3	< 0,01	0.76	< 0,01	2	**24.75**	12.1%	48 5%	8.1%	60.6%
	20.05 2021	GWM 81A	AP2128719	µg/L	0 053	0.14	0.17	0.27	1.7	0.054	0.034	0.066	0.25	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.066	**2.80**	8 9%	60 6%	2.4%	69.6%
	08.06 2022	GWM 81A	AP2230968	µg/L	< 0,01	0.014	< 0,01	0.018	0.35	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.044	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**0.43**	10.3%	82 2%	0 0%	92.5%
GWM 82A	30.06 2021	GWM 82A	AP2137862	µg/L	0.36	1.2	0.91	2.2	12	0.49	0.73	1.1	3	< 0,01	0.76	< 0,01	2	**24.75**	12.1%	48 5%	8.1%	60.6%
	20.09 2021	GWM 82A	AP2153269	µg/L	0.04	0.12	0.11	0.23	1.8	0.048	0.06	0 094	0 64	< 0,01	0.026	< 0,01	0.074	**3.24**	19.7%	55 5%	2 3%	75.3%
	30.03 2022	GWM 82A	AP2215762	µg/L	0.22	0 23	0.72	0.72	3.6	0 23	0.19	0.29	1.9	< 0,01	0.097	< 0,01	1	**9.20**	20.7%	39.1%	10.9%	59.8%
	09.06 2022	GWM 82A	AP2230982	µg/L	0.21	0 26	0.73	0.81	4.1	0 22	0.21	0.3	2.6	< 0,01	0.14	< 0,01	1	**10.58**	24.6%	38 8%	9 5%	63.3%
GWM 83A	20.09 2021	GWM 83A	AP2153270	µg/L	0.18	0.19	0.62	0.61	3.4	0.16	0.21	0.23	1.7	< 0,01	0.066	< 0,01	0 93	**8.30**	20.5%	41 0%	11.2%	61.5%
	30.03 2022	GWM 83A	AP2215761	µg/L	0.19	0.19	0.62	0.6	3.2	0.18	0.21	0.25	1.8	< 0,01	0.063	< 0,01	0 95	**8.25**	21.8%	38 8%	11.5%	60.6%
	09.06 2022	GWM 83A	AP2230977	µg/L	0.18	0.18	0.63	0.61	3.2	0.19	0 2	0.25	2.1	< 0,01	0.081	< 0,01	1.1	**8.72**	24.1%	36.7%	12.6%	60.8%
GWM 84A	09.06 2022	GWM 84A	AP2230973	µg/L	0.35	0 24	1 3	1.2	4.3	0 36	0.079	0.28	0.22	< 0,01	0.018	< 0,01	1.1	**9.45**	2 3%	45 5%	11.6%	47.8%
GWM 84B	10.06 2022	GWM 84B	AP2230984	µg/L	0 023	0.044	0.082	0.11	0.65	0.026	0.015	0 052	0.11	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.023	**1.14**	9.7%	57 3%	2 0%	67.0%
GWM 85A	10.06 2022	GWM 85A	AP2230983	µg/L	0.6	1.1	2	3	21	0.71	1 3	1.4	5.3	< 0,01	0.49	< 0,01	3	**39.90**	13.3%	52 6%	7 5%	65.9%
GWM1 OFF	09.06 2022	GWM1 OFF	AP2230979	µg/L	0.55	1.2	1 8	2.8	22	0 65	2	1.4	16	< 0,01	1.5	< 0,01	2.6	**52.50**	30.5%	41 9%	5 0%	72.4%
KK1	08.06 2022	KK1	AP2230978	µg/L	0 047	0.16	0.11	0.23	1.8	0.051	0.085	0.1	0.52	< 0,01	0.029	< 0,01	0.038	**3.17**	16.4%	56 8%	1 2%	73.2%

Bemerkungen / Notes:

*	Doppelprobe / Duplicate Sample
DATE.2022	Probenahme vom Juni 2022 / Sampling round conducted in June 2022
n.a.	nicht analysiert / not analyzed
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwerte GFS gemäß "Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden" / Insignificant threshold values ("GFS") according guidelines for the provisional evaluation of PFAS-compounds in water
GOW	Gesundheitliche Orientierungswerte GOW gemäß "Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden" / Health-oriented criteria ("GOW") according guidelines for the provisional evaluation of PFAS-compounds in water and soil

Tab A-2: Sickerwasseranalyseergebnisse - PFAS /
Perched Analytical Results - PFAS

AECOM

Bohrung / Boring	Probenahmedatum / Sampling Date	Probennummer / Sample-ID	Einheit / Unit	PFBA	PFBS	PFPeA	PFPeS	PFHxA	PFHxS	PFHpA	PFHpS	PFOA	PFOS	PFOSA	PFNoA	PFDA	H_4PFOS (6:2 FTS)	Summe PFAS / Sum PFAS
			GFS	10	6			6	0.1			0.1	0.1		0.06			
			GOW			3				0.3	0.3			0.1		0.1	0.1	
		Stufe 2- Werte / Bavarian Level-2 Value (soil leachate)		40	24	12		24	0.4	1	1	0.4	0.4	0.4	0.25	0.4	0.4	
BS06	30.06.2021	AP2137861	µg/L	12	25	46	n.a.	72	350	21	22	36	720	< 0,01	32	0.62	170	**1510.00**
BS07	13.09.2021	AP2151466	µg/L	2.9	4	12	n.a.	11	110	3.2	9.2	5.1	140	< 0,01	9	0.012	9.1	**315.51**
BS08	13.09.2021	AP2151467	µg/L	4.6	5.6	18	n.a.	8	140	4.4	15	8.3	270	0.012	9.9	0.031	16	**499.84**
TB1	*24.06.2015*	*15-31192-008*	*µg/L*	1.4	1.6	3.1	2	3	22	0.46	1.2	2.7	67	< 0,01	1.1	0.09	3.2	**110.43**
TB2	*10.08.2015*	*15-41243-003*	*µg/L*	11	38	47	< 0,01	67	420	13	< 0,01	37	660	0.01	18	0.38	< 0,01	**1311.49**
TB2	*23.06.2015*	*15-31192-009*	*µg/L*	14	66	54	84	78	550	14	98	44	1900	< 0,01	40	1.4	230	**3174.53**
TB5	*24.06.2015*	*15-31192-010*	*µg/L*	2.6	1.7	8.6	3.6	9.3	45	1.9	3.9	5.8	75	< 0,01	1.9	0.07	29	**188.72**
TB5	*25.06.2015*	*15-31616-002*	*µg/L*	0.55	1.4	2.4	< 0,01	2.6	27	0.83	< 0,01	2.7	48	0.08	0.76	0.07	< 0,01	**86.39**
TB7	*11.08.2015*	*15-41243-004*	*µg/L*	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.19	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.07	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**0.26**
TB7	*25.06.2015*	*15-31616-001*	*µg/L*	< 0,01	0.02	0.01	< 0,01	< 0,01	0.22	< 0,01	< 0,01	0.02	0.91	< 0,01	0.03	< 0,01	< 0,01	**1.21**
TB8	*11.09.2015*	*15-45880-001*	*µg/L*	< 0,01	0.01	< 0,01	< 0,01	0.01	0.11	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0.11	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	**0.24**

Spezieszusammensetzung [%] / Proportion of total PFAS [%]			
% PFOS	% PFHxS	% H_4PFOS	% PFOS + PFHxS
47.7%	23.2%	11.3%	82.1%
44.4%	34.9%	2.9%	82.1%
54.0%	28.0%	3.2%	85.2%
60.7%	19.9%	2.9%	83.5%
50.3%	32.0%	0.0%	82.3%
59.9%	17.3%	7.2%	84.4%
39.7%	23.8%	15.4%	79.0%
55.6%	31.3%	0.0%	86.8%
26.9%	73.1%	0.0%	100.0%
75.2%	18.2%	0.0%	93.4%
45.8%	45.8%	0.0%	91.7%

Bemerkungen / Notes:

n.a. nicht analysiert / not analyzed

GFS Geringfügigkeitsschwellenwerte gemäß "Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden" / Threshold values according guidelines for the provisional evaluation of PFAS-compounds in water and soil

GOW gesundheitliche Orientierungswerte gemäß "Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden" /
Threshold values according guidelines for the provisional evaluation of PFAS-compounds in water and soil

Tab. A-3: Vor-Ort Parameter - Grundwasser /
Groundwater Field Parameters

Messstelle / Well	Probenahmedatum / Sampling Date	Probenahmegerät / Sampling Device	Entnahmetiefe / Sampling Depth	Entnahmerate / Discharge Rate	Wasserstand - Beginn / Water Level - Start	Wasserstand - Ende / Water Level - End	Elektrische Leitfähigkeit / Electrical Conductivity	pH-Wert / pH-Value	Redox-spannung / Redox Potential PtAg/AgCl *	Redoxspannung / Redox Potential Eh **	rH	Temperatur / Temperature	Gelöster Sauerstoff / Dissolved Oxygen		Bemerkungen / Comments
			[m u POK] / [m bTOC]	[L/min]	[m u POK] / [m bTOC]	[m u POK] / [m bTOC]	[µS/cm]	[-]	[mV]	[mV]	[-]	[°C]	[%]	[mg/L]	Farbe, Trübung, Geruch / Color, Turbidity, Odor
GWM 78A	10/06/2022	SQ1/Bailer	12.50	3 00	9.24	11.17	1382	7.10	250	471	30.12	14.40	84.50	8.56	
GWM 79A	08/06/2022	SQ1/Bailer	6	6	4.83	5.65	933	7.10	238.20	459 2	29.72	14.90	70.60	6.57	-
GWM 80A	09/06/2022	SQ1/Bailer	14	15	9.59	13.70	555	6.80	233.80	454 8	28.98	12.20	49.10	4.82	-
GWM 81A	08/06/2022	SQ1/Bailer	14	10	9.75	13 80	683	6.70	257	478	29.56	14.20	80.10	8.02	-
GWM 82A	09/06/2022	SQ1/Bailer	20	24	11.65	13.10	711	7.10	299.60	520 6	31.80	11.50	59.10	6.06	-
GWM 83A	09/06/2022	SQ1/Bailer	11.50	10	9.41	9.98	1085	6.90	253.40	474.4	29.84	14.60	54.20	5.23	-
GWM 84A	10/06/2022	SQ1/Bailer	19	12	9.05	11 64	603	7.00	266	487	30.46	11.60	66	6.81	-
GWM 85A	10/06/2022	SQ1/Bailer	19	15	7.90	18 55	861	6.70	212.20	433 2	28.05	11.90	76.50	7.93	-
GWM 78B	08/06/2022	SQ1/Bailer	16	15	10.83	12 59	921	7.30	239.20	460 2	30.16	11.80	64.80	6.59	-
GWM 84B	09/06/2022	SQ1/Bailer	18	15	12.74	16.40	592	6.90	243	464	29.49	12	53.80	5.49	-
GWM 37	09/06/2022	SQ1/Bailer	16	15	10.01	12 67	1116	7.00	251.80	472 8	29.98	12.30	57.10	5.76	-
GWM 38	08/06/2022	SQ1/Bailer	14	6	8.62	12 50	803	6.80	235.50	456 5	29.03	13.30	58.80	5.80	-
GWM 39	08/06/2022	SQ1/Bailer	16	30	4.75	6.60	715	7.10	222.50	443 5	29.19	11.40	41.80	4.17	-
GWM 40	10/06/2022	SQ1/Bailer	14	10	7.50	10 90	1069	7.20	283.60	504 6	31.46	12.70	72.90	7.30	-
GWM 70	10/06/2022	SQ1/Bailer	20	24	8.95	15 65	632	6.60	319.80	540 8	31.48	14.50	76.60	7.35	-
GWM 71	09/06/2022	SQ1/Bailer	20	24	9.44	12.77	519	6.80	233.30	454 3	28.96	11.40	33.10	3.48	-
GWM 72	08/06/2022	SQ1/Bailer	13	10	7.90	11 34	1065	7.10	238.30	459 3	29.73	16.60	58.10	5.33	-
GWM 73	09/06/2022	SQ1/Bailer	20	20	4.87	7.80	806	7.10	276	497	31.00	12.40	38.40	3.89	-
KK1	08/06/2022	Comet/Bailer	13.50	4 80	9.74	10 63	673	7.30	200	421	28.83	12.80	58.60	5.85	-
GWM 01	09/06/2022	Comet	12	5 20	7.83	10 60	899	6.40	237.90	458 9	28.31	11.20	92.70	9.50	-

Bemerkungen / Notes:

WL	Wasserstand / Water Level
bTOC	unter Pegeloberkante / below top of casing
Ag/AgCl *	mit Silber/Silberchlorid-Elektrode vor Ort gemessen / measured on-site with a silver/silver chloride electrode
E_h **	Redoxpotential umgerechnet auf die Normalwasserstoffelektrode / Redox potential converted on the standard hydrogene electrode
rH	$rH = 2 \times (E_H/E_N) + 2\ pH$
E_N:	Nernst voltage / Nernst-Spannung (59,16 mV)
d.d.	Gerät defekt / Device not working

rH = 0 - 9	stark reduzierend / intense reducing
rH = 9 - 17	schwach reduzierend / slightly reducing
rH = 17 - 25	indifferente Systeme / indifferent systems
rH = 34 - 42	stark oxidierend / intense oxidizing

Tab. A-4: Grundwasseranalyseergebnisse - Basisparameter /
Groundwater Analytical Results - Basic Parameters

AECOM

Messstelle / Well	Probenahmedatum / Sampling Date	Probennummer / Laboratory Sampling No	Leitfähigkeit / Electrical conductivity	pH-Wert / pH value	Sauerstoff / Oxygen	Säurekapazität Ks 4,3 / Acid capacity Ks 4,3	Basekapazität Kb 8,2 / Base capacity Kb 8,2	Calcitlösekapazität D / Calcite Dissolve Capacity D	Calcium	Magnesium	Natrium / Sodium	Kalium / Potassium	Mangan / Manganese	Eisen / Iron	Ammonium	Chlorid / Chloride	Sulfat / Sulfate	Nitrat / Nitrate	Nitrit / Nitrite	o-Phosphat / o Phosphate	Silikat / Silicate	Summe Anionen / Sum Anions	Summe Kationen / Sum Cations	Permanganat-Index / Permanganate index	DOC	spektr. Abs. Koeff. 436nm / spectr. Abs. coeff. 436mm	spektr. Abs. Koef. 254nm / spectr. Abs. coeff. 254mm	AOX	Bor / Boron
		Einheit / Unit	µS/cm	-	mg/L	mmol/L	mmol/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mval/L	mval/L	mg/L	mg/L	m-1	m-1	mg/L	mg/L
GWM 78A	30.03.2022	AP2215758	1271	7.38	8.50	7.4	0.55	-61.1	140	66	29.0	2.0	0.02	0.09	0.03	190.0	39.0	23.0	<0,05	0.27	10.0	13.89	13.75	0.58	1.2	<0,1	1.8	<0,01	<0,02
GWM 78B	30.03.2022	AP2215759	903	7.53	7.70	6.4	0.35	-50.9	110	51	8.2	2.2	<0,001	<0,005	<0,02	94.0	29.0	18.0	<0,05	0.28	9.5	9.89	10.11	<0,5	0.7	<0,1	1.1	<0,01	<0,02
GWM 79A	30.03.2022	AP2215760	899	7.38	8.50	6.4	0.48	-33.8	100	47	22.0	2.0	0.04	0.07	0.03	78.0	64.0	12.0	<0,05	0.25	10.0	10.07	9.88	<0,5	0.9	0.13	1.8	0.02	<0,02
GWM 80A	29.03.2022	AP2215206	562	6.80	5.80	5.2	1.66	37.3	73	29	6.5	1.5	0.00	0.02	<0,02	2.2	31.0	23.0	<0,05	0.53	17.0	6.23	6.36	<0,5	1.2	0.12	1.6	<0,01	<0,02
GWM 81A	31.03.2022	AP2215763	627	7.01	7.80	6.6	1.28	-3.1	82	38	6.0	1.7	0.31	0.44	<0,02	0.5	18.0	28.0	<0,05	0.85	14.0	7.39	7.56	0.70	2.0	0.21	4.4	<0,01	<0,02
GWM 82A	30.03.2022	AP2215762	619	7.24	8.00	6.2	0.70	-17.8	76	38	8.0	0.9	0.00	0.01	<0,02	8.6	27.0	14.0	<0,05	0.69	16.0	7.18	7.30	<0,5	0.9	<0,1	1.4	<0,01	<0,02
GWM 83A	30.03.2022	AP2215761	947	7.15	6.80	6.7	0.89	-28.1	110	50	16.0	1.2	0.00	0.01	<0,02	100.0	36.0	11.0	<0,05	0.41	16.0	10.39	10.34	<0,5	1.0	<0,1	1.4	<0,01	<0,02
GWM 84A	17.03.2022	AP2212394	579	7.09	8.70	5.8	0.92	-0.9	74	32	8.6	3.0	0.00	0.01	0.10	3.2	33.0	13.0	<0,05	0.86	11.0	6.74	6.79	<0,5	2.5	<0,1	3.9	<0,01	0.05
GWM 84B	29.03.2022	AP2215207	581	7.29	7.60	5.7	0.58	-19.4	78	30	7.4	1.6	0.01	0.01	<0,02	6.7	22.0	17.0	<0,05	0.50	14.0	6.57	6.73	<0,5	1.2	<0,1	1.3	<0,01	<0,02
GWM 85A	11.05.2022	AP2224862	770	6.79	8.00	4.1	1.37	36.8	88	36	20.0	2.6	0.01	0.09	<0,02	96.0	40.0	25.0	<0,05	0.94	12.0	7.99	8.30	<0,5	1.4	<0,1	2.0	<0,01	0.04

Bemerkungen/Notes:

Basisparameter gemäß Merkblatt Nr. 3.8/1 (/15/) / Basic parameters according to Bavarian leaflet No. 3.8/1 (/15/)

Tab. A-5: Grundwasseranalyseergebnisse - LHKW, AKW, MKW, andere /
Groundwater Analytical Results - CHC, AHC, TPH, others

Messstelle / Well	Probenahmedatum / Sampling Date	Probennummer / Laboratory Sampling No	Benzol / Benzene	Toluol / Toluene	Ethylbenzol / Ethyl-benzene	m-/p-Xylol / m-/p-Xylene	Cumol	o-Xylol / o-Xylene	n-Propylbenzol / n-Propylbenzene	3,4-Ethyltoluol	Mesitylen	Styrol	2-Ethyltoluol	TMB124	TMB123	Summe BTEX / Sum BTEX	MKW / TPH
		Einheit / Unit	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/l
		Stufe 2 / Threshold 2	10													100	1000
GWM 37	24.08.2022	AP2246204	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	n.n.	<0,1
GWM 70	24.08.2022	AP2246203	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	n.n.	<0,1

Messstelle / Well	Probenahmedatum / Sampling Date	Probennummer / Laboratory Sampling No	VC	DCM	DCA11	DCE12T	DCA12	DCE12C	TCM	TCA111	PCM	TCE	PCE	Summe LHKW / Sum CHC
		Einheit / Unit	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
		Stufe 2 / Threshold 2	3											40
GWM 37	24.08.2022	AP2246204	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	3.6	3.6
GWM 70	24.08.2022	AP2246203	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	11	11

Messstelle / Well	Probenahmedatum / Sampling Date	Probennummer / Laboratory Sampling No	pH-Wert / pH value	Temperatur / Temperature	Leitfähigkeit (25°C) / Conduc. (25°C)	Säurekapazität pH 4,3 / Acidity capacity pH 4,3	Säurekapazität pH 8,2 / Acidity capacity pH 8,2	Abfiltrierb. Stoffe / Filterable Substances	Absetzbare Stoffe / Settling Substances	Ammonium	DOC	TOC	o-Phosphat
		Einheit / Unit		°C	µS/cm	mmol/l	mmol/l	mg/l	ml/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
GWM 37	24.08.2022	AP2246204	7.04	19.5	1126	6.2	1.2	<2	<0,1	<0,02	1.2	1.3	0.91
GWM 70	24.08.2022	AP2246203	6.74	19.3	545	4.1	1.8	<2	<0,1	0.02	1.4	1.8	0.89

Messstelle / Well	Probenahmedatum / Sampling Date	Probennummer / Laboratory Sampling No	Chlorid / Chloride	Nitrat / Nitrate	Nitrit / Nitrite	Sulfat / Sulfate	Arsen / Arsenic	Aluminium	Eisen / Iron	Kalium / Potassium	Mangan / Manganese	Natrium / Sodium	Silikat / Silicate	Eisen (gelöst) / Iron (dissolved)	Mangan gelöst / Manganese dissolved	Calcium	Magnesium	Gesamthärte / Hardness	Gesamthärte (CaCO3) / Hardness (CaCO3)
		Einheit / Unit	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	°dH	mmol/l
Merkblatt 3.8/1 - Stufe 2- Werte / Bavarian Level-2 Value (soil lechate)							0.04												
GWM 37	24.08.2022	AP2246204	150	43	<0,1	36	<0,001	<0,01	0.041	1.5	0.014	16	13	<0,005	<0,001	140	58	33.0	5.9
GWM 70	24.08.2022	AP2246203	29	15	<0,05	33	<0,001	<0,01	0.024	2.6	0.003	9.2	10	<0,005	<0,001	70	27	16.0	2.9

Messstelle / Well	Probenahmedatum / Sampling Date	Probennummer / Laboratory Sampling No	Naphthalin / Naphthalene	Acenaphthylen / Acenaphthylene	Acenaphthen / Acenaphthene	Fluoren / Fluorene	Phenanthren / Phenanthrene	Anthracen / Anthracene	Fluoranthen / Fluoranthene	Pyren / Pyrene	Benzo[a]anthracen / Benzo(a)anthracene	Chrysen / Chrysene	Benzo[b]fluoranthen / Benzo(b)fluoranthene	Benzo[k]fluoranthen / Benzo(k)fluoranthene	Benzo[a]pyren / Benzo(a)pyrene	Indeno[1,2,3-cd]pyren / Indeno(1,2;3-cd)pyrene	Dibenzo[a,h]anthracen / Dibenzo(a,h)anthracene	Benzo[ghi]perylen / Benzo(ghi)perylene	Summe 16 EPA-PAK / Sum PAH (16 EPA)
		Einheit / Unit	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Merkblatt 3.8/1 - Stufe 2- Werte / Bavarian Level-2 Value (soil lechate)			8												0.1				2
GWM 37	24.08.2022	AP2246204	0.011	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	0.011
GWM 70	24.08.2022	AP2246203	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01	n.n.

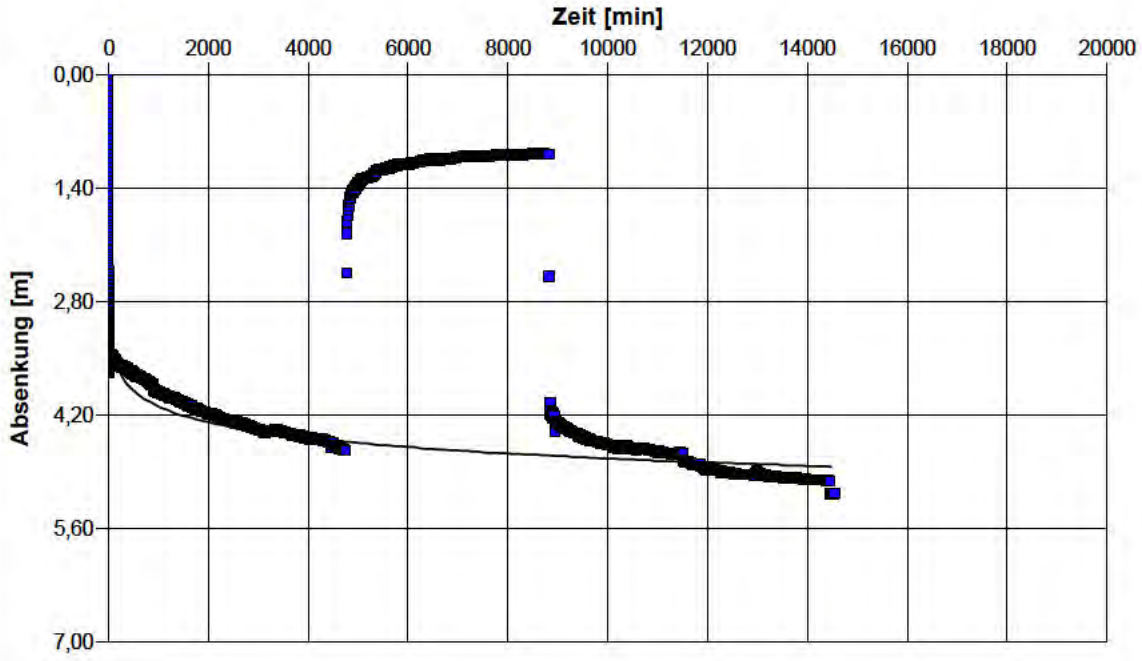
Bemerkungen/Notes:

n n.	nicht nachweisbar / not detectable
DOC	Gelöster organischer Kohlenstoff / Dissolved organic carbon
TOC	Gesamter organischer Kohlenstoff / Total organic carbon

Anhang A - GWM37/GWM70-Pumpversuchsdaten

AECOM	**Pumpversuchsauswertung**
	Projekt: GWM 70 u. GWM 37
	Projekt-Nr: 60641816
	Auftraggeber: USACE - Europe District

Ort: Ansbach	Pumpversuch: GWM 70 u. GWM 37	Pumpbrunnen: GWM 70, GWM 37
Durchgeführt von: HO		Versuchsdatum: 23.08.2022
Bearbeiter: HO	GWM 70	Datum: 08.09.2022
Aquifermächtigkeit: 14,78 m		



Berechnungsergebnisse nach HANTUSH

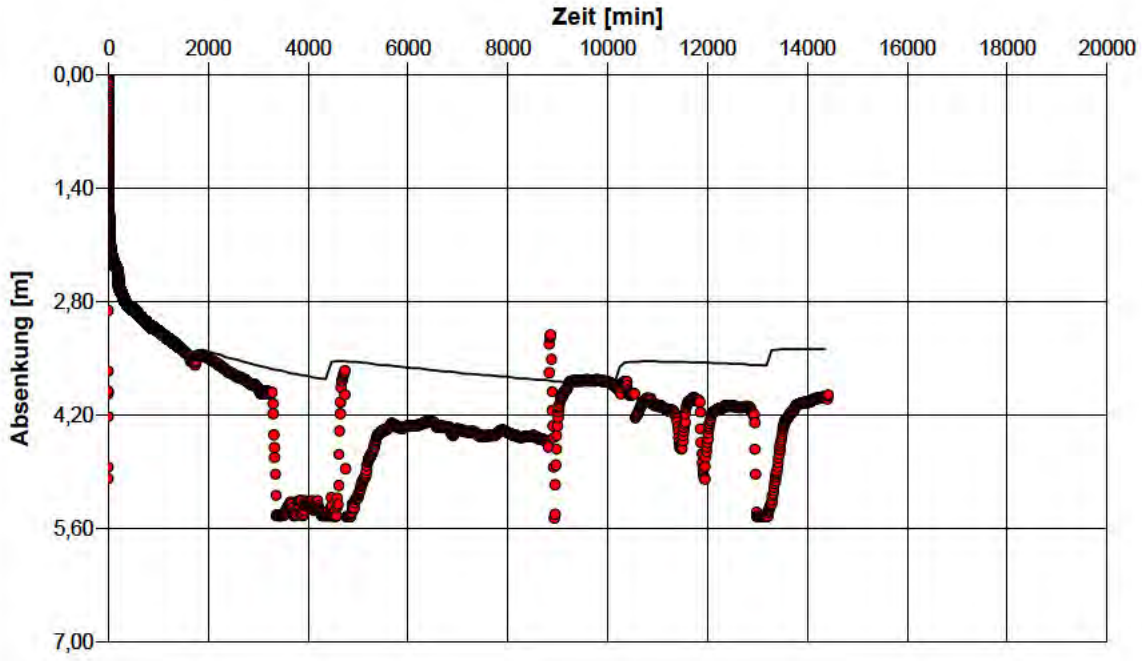
Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoeffizient	Hydr. Widerstand [min]	Leakage-Faktor [m]
GWM 70	$1{,}12 \times 10^{-4}$	$7{,}60 \times 10^{-6}$		$1{,}67 \times 10^{10}$	$1{,}06 \times 10^{4}$

AECOM

Pumpversuchsauswertung

Projekt:	GWM 70 u. GWM 37
Projekt-Nr:	60641816
Auftraggeber:	USACE - Europe District

Ort: Ansbach	Pumpversuch: GWM 70 u. GWM 37	Pumpbrunnen: GWM 70, GWM 37
Durchgeführt von: HO		Versuchsdatum: 23.08.2022
Bearbeiter: HO	GWM 37	Datum: 14.09.2022
Aquifermächtigkeit: 14,78 m		

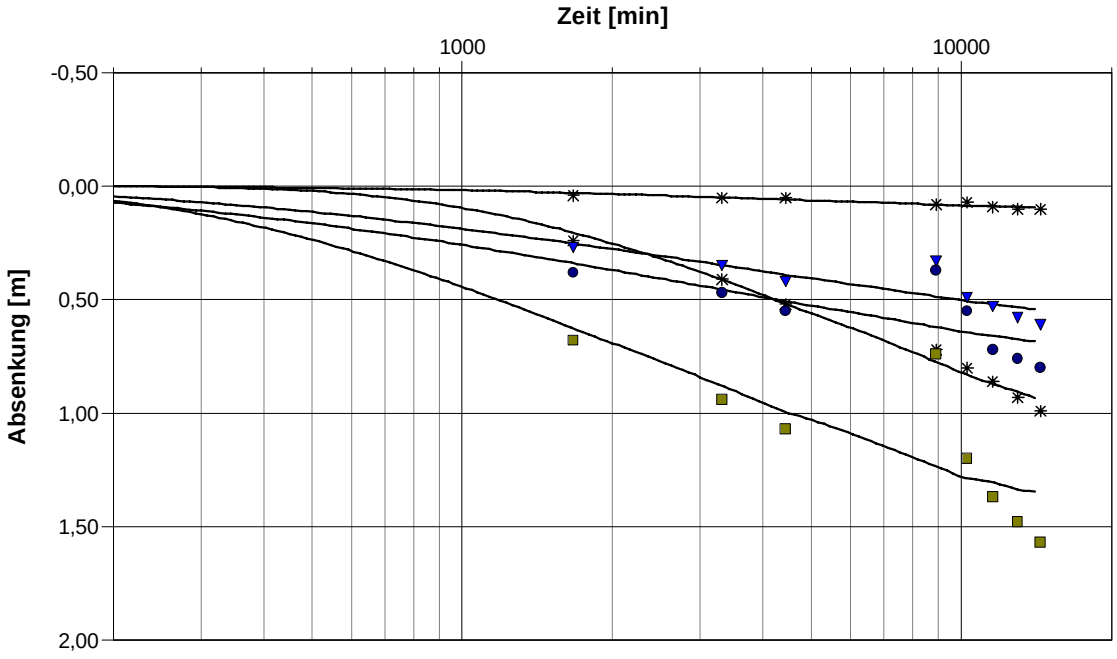


Berechnungsergebnisse nach THEIS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoeffizient	
GWM 37	$6{,}98 \times 10^{-5}$	$4{,}72 \times 10^{-6}$		

AECOM	**Pumpversuchsauswertung**
	Projekt: GWM 70 u. GWM 37
	Projekt-Nr: 60641816
	Auftraggeber: USACE - Europe District

Ort: Ansbach	Pumpversuch: GWM 70 u. GWM 37	Pumpbrunnen: GWM 70, GWM 37
Durchgeführt von: HO		Versuchsdatum: 23.08.2022
Bearbeiter: HO	A-wells	Datum: 14.09.2022
Aquifermächtigkeit: 14,78 m		



Berechnungsergebnisse nach THEIS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoeffizient	
GWM 78A	$6{,}76 \times 10^{-5}$	$4{,}57 \times 10^{-6}$	$3{,}21 \times 10^{-3}$	
GWM 79A	$8{,}03 \times 10^{-4}$	$5{,}43 \times 10^{-5}$	$1{,}43 \times 10^{-2}$	
GWM 80A	$7{,}68 \times 10^{-5}$	$5{,}20 \times 10^{-6}$	$5{,}48 \times 10^{-3}$	
GMW 84A	$1{,}74 \times 10^{-4}$	$1{,}18 \times 10^{-5}$	$2{,}57 \times 10^{-3}$	
GWM 85A	$2{,}07 \times 10^{-4}$	$1{,}40 \times 10^{-5}$	$4{,}63 \times 10^{-3}$	
Durchschnitt	$2{,}66 \times 10^{-4}$	$1{,}80 \times 10^{-5}$	$6{,}04 \times 10^{-3}$	

	Pumpversuchsauswertung
	Projekt: GWM 70 u. GWM 37
	Projekt-Nr: 60641816
	Auftraggeber: USACE - Europe District

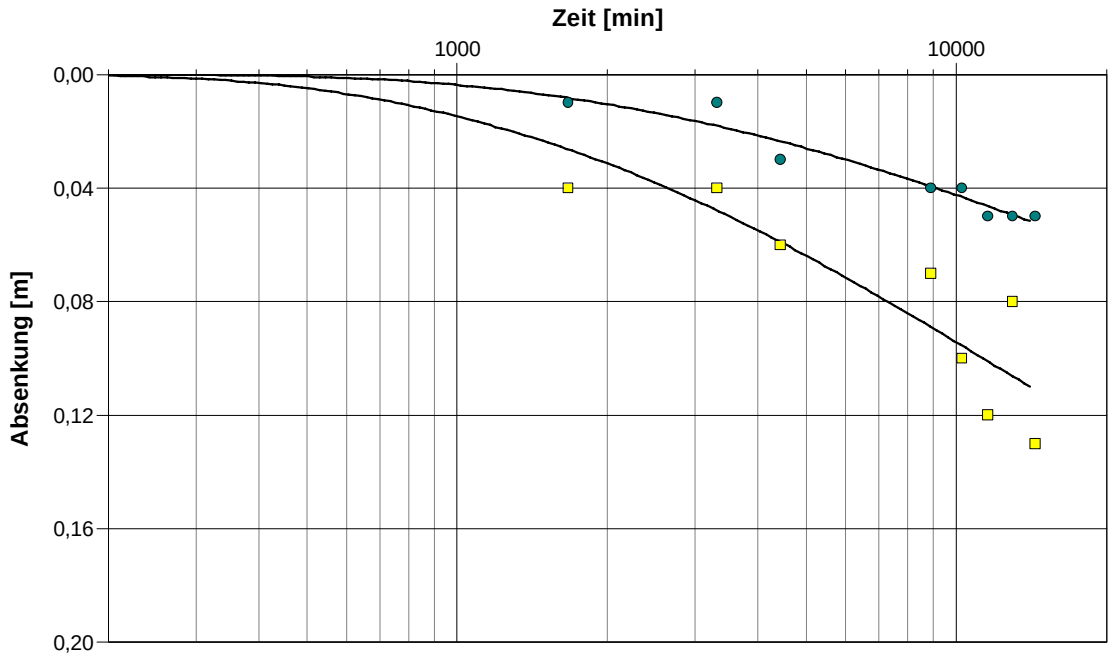
Ort: Ansbach	Pumpversuch: GWM 70 u. GWM 37	Pumpbrunnen: GWM 70, GWM 37
Durchgeführt von: HO		Versuchsdatum: 23.08.2022
Bearbeiter: HO	B-wells	Datum: 14.09.2022
Aquifermächtigkeit: 14,78 m		

Berechnungsergebnisse nach THEIS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoeffizient	
GWM 84B	$9{,}92 \times 10^{-5}$	$6{,}72 \times 10^{-6}$	$3{,}57 \times 10^{-3}$	

AECOM	**Pumpversuchsauswertung**
	Projekt: GWM 70 u. GWM 37
	Projekt-Nr: 60641816
	Auftraggeber: USACE - Europe District

Ort: Ansbach	Pumpversuch: GWM 70 u. GWM 37	Pumpbrunnen: GWM 70, GWM 37
Durchgeführt von: HO		Versuchsdatum: 23.08.2022
Bearbeiter: HO	Piezometers	Datum: 14.09.2022
Aquifermächtigkeit: 14,78 m		

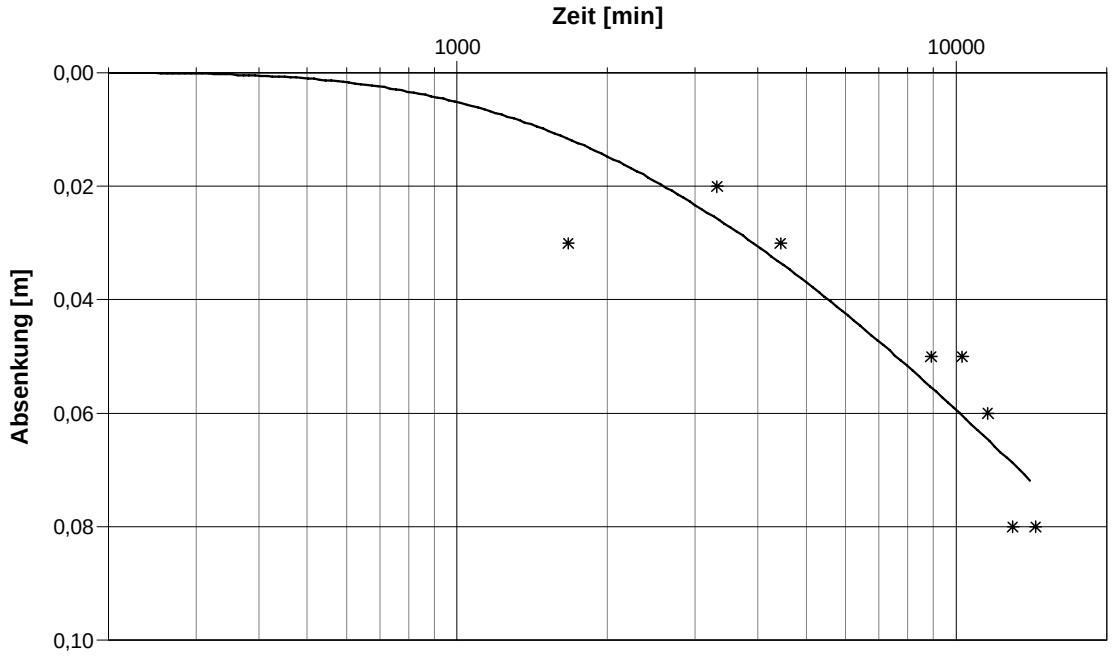


Berechnungsergebnisse nach THEIS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoeffizient	
PZ1	$5{,}70 \times 10^{-4}$	$3{,}85 \times 10^{-5}$	$6{,}53 \times 10^{-2}$	
PZ2	$8{,}91 \times 10^{-4}$	$6{,}03 \times 10^{-5}$	$1{,}88 \times 10^{-1}$	
Durchschnitt	$7{,}30 \times 10^{-4}$	$4{,}94 \times 10^{-5}$	$1{,}27 \times 10^{-1}$	

AECOM	**Pumpversuchsauswertung**
	Projekt: GWM 70 u. GWM 37
	Projekt-Nr: 60641816
	Auftraggeber: USACE - Europe District

Ort: Ansbach	Pumpversuch: GWM 70 u. GWM 37	Pumpbrunnen: GWM 70, GWM 37
Durchgeführt von: HO		Versuchsdatum: 23.08.2022
Bearbeiter: HO	Fully penetra ing	Datum: 14.09.2022
Aquifermächtigkeit: 14,78 m		



Berechnungsergebnisse nach THEIS

Beobachtungsbrunnen	Transmissivität [m²/s]	Hydraul. Durchlässigkeit [m/s]	Speicherkoeffizient	
GWM 40	$7{,}43 \times 10^{-4}$	$5{,}03 \times 10^{-5}$	$5{,}11 \times 10^{-2}$	

Pumpversuchsauswertung

Projekt: GWM 70 u. GWM 37

Projekt-Nr: 60641816

Auftraggeber: USACE - Europe District

Ort: Ansbach	Pumpversuch: GWM 70 u. GWM 37	Pumpbrunnen: GWM 70, GWM 37
Durchgeführt von: HO		Versuchsdatum: 23.08.2022
Aquifermächtigkeit: 14,78 m		

	Bezeichnung	Bearbeiter	Datum	Auswertmethode	Brunnen	T [m²/s]	K [m/s]	S
1	GWM 70	HO	08.09.2022	HANTUSH	GWM 70	$1{,}12 \times 10^{-4}$	$7{,}60 \times 10^{-6}$	
2	GWM 37	HO	14.09.2022	THEIS	GWM 37	$6{,}98 \times 10^{-5}$	$4{,}72 \times 10^{-6}$	
3	A-wells	HO	14.09.2022	THEIS	GWM 78A	$6{,}76 \times 10^{-5}$	$4{,}57 \times 10^{-6}$	$3{,}21 \times 10^{-3}$
4	A-wells	HO	14.09.2022	THEIS	GWM 79A	$8{,}03 \times 10^{-4}$	$5{,}43 \times 10^{-5}$	$1{,}43 \times 10^{-2}$
5	A-wells	HO	14.09.2022	THEIS	GWM 80A	$7{,}68 \times 10^{-5}$	$5{,}20 \times 10^{-6}$	$5{,}48 \times 10^{-3}$
6	A-wells	HO	14.09.2022	THEIS	GMW 84A	$1{,}74 \times 10^{-4}$	$1{,}18 \times 10^{-5}$	$2{,}57 \times 10^{-3}$
7	A-wells	HO	14.09.2022	THEIS	GWM 85A	$2{,}07 \times 10^{-4}$	$1{,}40 \times 10^{-5}$	$4{,}63 \times 10^{-3}$
8	B-wells	HO	14.09.2022	THEIS	GWM 84B	$9{,}92 \times 10^{-5}$	$6{,}72 \times 10^{-6}$	$3{,}57 \times 10^{-3}$
9	Piezometers	HO	14.09.2022	THEIS	PZ1	$5{,}70 \times 10^{-4}$	$3{,}85 \times 10^{-5}$	$6{,}53 \times 10^{-2}$
10	Piezometers	HO	14.09.2022	THEIS	PZ2	$8{,}91 \times 10^{-4}$	$6{,}03 \times 10^{-5}$	$1{,}88 \times 10^{-1}$
11	Fully penetrating	HO	14.09.2022	THEIS	GWM 40	$7{,}43 \times 10^{-4}$	$5{,}03 \times 10^{-5}$	$5{,}11 \times 10^{-2}$
					Durchschnitt	$3{,}47 \times 10^{-4}$	$2{,}35 \times 10^{-5}$	$3{,}76 \times 10^{-2}$

Anhang B - Grundwasser Pilotversuch (AECOM, 2023)

Endversion (übersetzt)

AECOM

Grundwasser Pilotversuch

CCAN104 GE43T Grundwassersanierungsplan
Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

Projektreferenz: W912GB19D0006; Delivery Order W912GB20F0266
Projektnummer: 60641816

31. Mai 2023

Eine bessere Welt gestalten

Erstellt für

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District
Konrad-Adenauer-Ring 39
65189 Wiesbaden
Germany

Erstellt durch:

AECOM International, Inc.
Straßburger Alle 2-4
67657 Kaiserslautern
Deutschland

T: +49 (0)631 71069-400
F: +49 (0)69 2717 9801
aecom.com

© 31. Mai 2023 AECOM International, Inc.. Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Dokument wurde von AECOM International, Inc. ("AECOM") für die Nutzung durch den Auftraggeber („Kunde“) gemäß dem Auftragszweck, den allgemein anerkannten Beratungsgrundsätzen und den zwischen AECOM und dem Kunden vereinbarten Vertragsbedingungen erstellt. Alle von Dritten zur Verfügung gestellten Informationen, auf die hier Bezug genommen wird, wurden von AECOM nicht geprüft oder verifiziert, sofern nichts anderes ausdrücklich in diesem Dokument angegeben ist. Die Nutzung des Dokumentes für andere Zwecke als beauftragt, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung von AECOM.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1
1.1 Hintergrund 1
1.2 Zielsetzung 2
2. Standortbeschreibung 2
2.1 Standortbeschreibung und -aufbau 2
2.2 Sanierungsziele 3
3. Methodik des Pilotversuchs 3
3.1 Auswahlgrundlagen der Adsorptionsmittel 3
3.1.1 Auswahlkriterien 3
3.1.2 Ausgewählte Adsorptionsmittel 3
3.2 Aufbau der Testanlage 4
3.3 Details der Testkolonnen (Column Test Details) 5
3.4 Beschreibung der Probenahme 7
3.5 Labor Analysen 7
4. Ergebnisse der PFAS-Analysen 7
5. Bewertung von Leistung und Kosten der Adsorptionsmittel 9
5.1 Leistung der Adsorptionsmittel 9
6. Diskussion 15
7. Schlussfolgerungen 17
8. Literaturverzeichnis 18

Tabellen (im Text)

Tabelle: 1: Auswahl der Adsorptionsmittel für den Versuch 3

Abbildungen (im Text)

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Testkolonnensystems (Column Test System) 4
Abbildung 2: Betriebsbereites Testkolonnensystem (Operational Column Test System) 5
Abbildung 3: Kunstharz Verfärbungen (1. Dezember 2022) 6
Abbildung 4: Entwicklung der BVs für die verschiedenen Adsorptionsmaterialien 9
Abbildung 5: Menge der absorbierten PFAS [mg] 10
Abbildung 6: Sättigung der Adsorptionsmedien [%] 10
Abbildung 7: Gesamtkonzentration PFAS am Auslass der Säule 1 (µg/l) 11
Abbildung 8: Entwicklung der Konzentration am Ausgang der Säule 1 gegenüber der Eingangskonzentration (C/C0) [%] 12
Abbildung 9: Konzentration am Ausgang Säule 1 (l behandeltes Wasser / kg Masse an Adsorptionsmedium) 12
Abbildung 10: Entwicklung der PFBA-Konzentration am Säulenausgang gegenüber der durchschnittlichen Eingangskonzentration (µg/l) 13
Abbildung 11: Entwicklung der PFPeA-Konzentration am Säulenausgang gegenüber der durchschnittlichen Eingangskonzentration [µg/l] 14

Abbildungen (im Anhang)

Abbildung A-1 Übersichtslageplan

Abbildung A-2 PFAS-Konzentration (Grundwasser) – Juni 2022

Tabellen (im Anhang)

Tabelle A-1 Aufbaudetails des Säulenversuchs

Tabelle A-2 PFAS-Ergebnisse im Zulauf (GWM70)

Tabelle A-3 PFAS-Ergebnisse des Säulenversuchs und %-Reduzierung

Grafiken (im Anhang)

Grafik 1 PFAS-Konzentrationen – Zulauf (GWM70)

Grafik 2 PFAS-Konzentration – GAC (Säule 1)

Grafik 3 PFAS-Konzentration – GAC (Säule 2)

Grafik 4 PFAS-Konzentration – Modifizierter Ton (Säule 1)

Grafik 5 PFAS-Konzentration – Modifizierter Ton (Säule 2)

Grafik 6 PFAS-Konzentration – Kunstharz (Säule 1)

Grafik 7 PFAS-Konzentration – Kunstharz (Säule 2)

Abkürzungen

Abb.	Abbildung
AECOM	AECOM International, Inc.
AEDB-CC	"*Army Environmental Database – Compliance-related Cleanup*" - (Umweltdatenbank der U.S. Army)
AFFF	„*aqueous film-forming foams*" - (wasserfilmbildendende Schaummittel)
AIR	Analytik Institut Rietzler GmbH
ARLOC	Army Location
Bldg.	"Building" - (Gebäude)
BV (EBV)	"*Bed Volumen (Empty Bed Volume)*" - (Bettvolumen)
°C	Grad Celsius
C/C0	Konzentration / Zulauf Konzentration
CHC	„*chlorinated hydrocarbons*" - leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
cm	Zentimeter
COC	*"Chain of Custody"* - Überwachungskette
DAkkS	Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
DIN	Deutsches Institut für Normung (German Standard Institute)
D.O.	"*Delivery Order*" - Lieferauftrag
DOC	„*dissolved organic carbon*" - (gelöster organischer Kohlenstoff)
DPW	„*Directorate of Public Works*" - (Standortverwaltung)
EBCT	"*Empty Bed Contact Time"* - (Bettvolumen / Durchflussrate)
EMD	„*Environmental Management Division*" - (Umweltabteilung)
etc.	et cetera
Fe	Eisen
FFTP	"*Fire-Fighting Training Pit*" - (Feuerlöschübungsplatz)
FS	"*Feasibility Study*" - (Machbarkeitsstudie)
FY	"*Financial Year*" - (Finanzjahr)
GAC	"*granular activated carbon"* - (Aktivkohle)
HN	„*Host Nation*" - (Gastgebernation)
IX	"*Ion Exchange*" - (Ionen Austausch)
kg	Kilogramm
l	Liter
LfU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
m	Meter
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
mg	Milligramm
min	Minute
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe C_{10} - C_{40} (H53)
ml	Milliliter
mm	Millimeter
Nr.	Nummer
OWS	„*oil-water separator"* - (Ölabscheider)
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PFAS	Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen
PFBA	Perfluorbutansäure
PFBS	Perfluorbutansulfonsäure
PFDeA/PFDA	Perfluordecansäure
PFHpA	Perfluorheptansäure
PFHpS	Perfluorheptansulfonsäure
PFHxA	Perfluorhexansäure
PFHxS	Perfluorhexansulfonsäure
PFNoA/PFNA	Perfluornonansäure
PFOS	Perfluoroktansulfonsäure
PFOA	Perfluoroktansäure
PFOSA	Perfluoroktansulfonamid
PFPeA	Perfluorpetansäure
RD	"*Remedial Design"* - Sanierungsplanung
RI	*"Remedial Investigation"* - Sanierungsuntersuchung

TCE	Tetrachloroethen
TM	Trademark
TOC	*„total organic carbon“* - (organischer Gesamtkohlenstoffgehalt)
TS3	“*Treatment System 3*” – (Sanierungsanlage #3)
U.S.	„*United States“* - (Vereinigte Staaten)
USACE	*U.S. Army Corps of Engineers, Europe District*
USAG	*U.S. Army Garrison*
µg	Mikrogram
WHG	„*Wasserhaushaltsgesetz“* - (water law)
WTP	„*Water Treatment Plant*” - Wasseraufbereitungsanlage
z.B.	zum Beispiel
%	Prozent
®	registered Trademark

1. Einleitung

AECOM International, Inc. (AECOM) wurde von der U.S. Army Corps of Engineers, Europe District (USACE) im Auftrag der U.S. Army Garrison (USAG) Ansbach, Directorate of Public Works (DPW), Environmental Management Division (EMD) beauftragt, einen Grundwasser-Pilotversuch (d.h. Säulentests vor Ort) durchzuführen. Die Studie ist für die Planung der vorgeschlagenen Sanierung der Auswirkungen von Per- und Polyfluoralkylsubstanzen (PFAS) auf das Grundwasser am Standort CCAN104 der Army Umweltdatenbank (Army Environmental Database Compliance Clean-up (AEDB-CC) in der Katterbach Kaserne, Deutschland erforderlich (im Folgenden als "Standort" bezeichnet). Der Standort ist in der **Abbildung A-1** dargestellt.

Dieser Bericht schließt sich an die Machbarkeitsstudie (FS) /9/ an, die in Verbindung mit diesem Bericht gelesen werden sollte, insbesondere die Abschnitte 7. 2 bis 7.6:

- Wood; FY17 CCAN104 and CCAN126 – GE43T Remedial Investigation (RI) / FS, U.S. Army Garrison Ansbach, Germany; December 2019. /9/.

Im Anschluss an zusätzliche Grundwasseruntersuchungen und Langzeitpumpversuche am Standort (ausführliche Grundwasseruntersuchung /11/) wurde in Abschnitt 7.6 von /9/ ein "Pilotversuch zur Auswahl geeigneter Aktivkohlen" auf der Grundlage der bevorzugten Sanierungsoption G4 ("hydraulische Sicherung und Kontrolle der Schadstofffahne an der abstromigen Standortgrenze") empfohlen. Daraus ergab sich die Notwendigkeit dieses Pilotversuchs zur Grundwasserreingung.

Der Pilotversuch wurde in Übereinstimmung mit dem folgenden Arbeitsplan durchgeführt:

- AECOM; Work Plan, CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies U.S. Army Garrison Ansbach, Germany; 2 September 2022.

Dieses Projekt wurde unter der Vertragsnummer W912GB19D0006, Lieferauftragsnummer W912GB21F0266, vergeben.

1.1 Hintergrund

Die Liegenschaft wurde in den 1930er Jahren durch die “*Deutsche Wehrmacht*” errichtet und wird seit 1945 von der U.S. Army genutzt. Sie umfasst Verwaltungs-, Lager-, Wartungs-, Gesundheits-, Wohn- und Bildungseinrichtungen sowie einen Hubschrauberflugplatz.

Interviews mit dem Personal des Stützpunkts deuten darauf hin, dass der ehemalige Feuerlöschübungsplatz (FFTP) im Bereich südlich des Gebäudes 5508 (Hangar 5) zwischen 1986 und 2001 für Brandschutzübungen mit wasserfilmbildenden Löschschäumen (AFFF) genutzt wurde. Das im Bereich des ehemaligen Feuerlöschübungsplatzes (FFTP) verwendete AFFF-Konzentrat war unter dem Handelsnamen "Light Water" bekannt und wurde von der Firma 3M hergestellt. Durch diese Aktivitäten wurden die Böden in dem Bereich mit per- und polyfluorierten Alkylverbindungen (PFAS) belastet. Im Laufe der Zeit sind die hochmobilen PFAS-Verbindungen durch das Boden- und Gesteinsprofil gewandert und haben das Grundwasser des Standorts belastet.

Die PFAS-Untersuchungen am Standort laufen seit einem Schreiben der deutschen Behörden (Host Nation - HN) vom 29. August 2014. Als Reaktion auf dieses Schreiben wurden von verschiedenen Stellen auf dem Gelände und außerhalb des Geländes Boden-, Sicker-, Grund- und Quellwasserproben sowie Grasschnitt entnommen (vergleiche hierzu Bezüge /1/ bis /11/).

Die Auswirkungen von PFAS auf den Boden und das Grundwasser des Standorts wurden in verschiedenen Phasen der Untersuchungen festgestellt (vergleiche hierzu /5/, /9/, und /11/). Höhere PFAS-Konzentrationen im Bodeneluat (in einigen Bereichen zwischen 50 und 100 µg/l) wurden in der Nähe des ehemaligen Feuerlöschübungsplatzes (/5/ und /9/) festgestellt. Dieser Bereich gilt als Hauptschadensbereich und scheint eine ständige Quelle für die Belastung des Grundwassers am

Standort zu sein. Maximalkonzentrationen von Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) im Bodeneluat von 420 µg/L (Feststoff 27.000 µg/kg) wurden in der Oberbodenprobe (2-10 cm) in der Nähe der südwestlichen Ecke des ehemaligen Feuerlöschübungsplatzes festgestellt.

Im Rahmen von verschiedenen Phasen der Standortuntersuchungen wurden sowohl vor Ort (onsite) als auch außerhalb des Standorts (offsite) PFAS-belastetes Grundwasser sowohl im direkten Bereich als auch in der Umgebung des ehemaligen Feuerlöschübungsplatzes festgestellt. Das Ausmaß der Schadstofffahne wurde im Rahmen der Grundwasseruntersuchung (/11/) mit der Probenahme im Juni 2022 weiter abgegrenzt. Die PFAS-Gesamtkonzentrationen im zentralen Teil der Fahne liegen zwischen 39,9 und 59,2 µg/L im Bereich der Grundwassermessstellen GWM40, GWM70, und GWM85A (onsite) and GWM01 (offsite). Die Verteilung der PFAS-Konzentration im Grundwasser am Standort im Juni 2022 ist in der **Abbildung A-2** dargestellt.

1.2 Zielsetzung

Die Ziele des Pilotversuchs waren:

- Die Durchführung eines Vor-Ort-Versuchs mit drei verschiedenen Adsorptionsmitteln, um ihre Fähigkeit zu bewerten, die PFAS-Konzentrationen im Grundwasser des Standorts bis unterhalb die Sanierungszielwerte abzusenken (siehe **Abschnitt 2.2**),
- die Erhebung ausreichender Daten, um eine Bewertung des besten Adsorptionsmittels bzw. der besten Adsorptionsmittel für die Sanierungsarbeiten im großen Maßstab zu ermöglichen, einschließlich Überlegungen zu Leistung, Kosten, Wiederverwendbarkeit/Reaktivierung des Materials, Entsorgungskosten und Berechnung von Durchbruchskapazitätskurven und Kontaktzeiten (Emty Bed Contact Times - EBCT, Zeit, die das kontaminierte Wasser in Kontakt mit einem Behandlungsmedium verbringt) usw,
- eine Empfehlung der am besten geeigneten Adsorptionsmittel für die großtechnische Umsetzung auszuarbeiten, und
- Bereitstellung ausreichender Informationen für die Entwicklung eines Sanierungsplans für das Grundwasser des Standorts.

2. Standortbeschreibung

2.1 Standortbeschreibung und -aufbau

Die Katterbach Kaserne [ARLOC GE43T] befindet sich etwa fünf Kilometer östlich der Stadt Ansbach, Bundesland Bayern, Deutschland. Die Anlage besteht aus zwei nebeneinander liegenden, umzäunten Bereichen, die durch die Bundesstraße B14 getrennt sind. Das Areal nördlich der B14 heißt "Bismarck Kaserne", das Areal südlich der B14 wird als "Ansbach Army Helipad" bezeichnet. Im westlichen Teil des Geländes befindet sich ein Zaun für den Sicherheitsbereich des Flugplatzes und eine interne Ringstraße.

Der PFAS-Schaden liegt südlich des Gebäudes 5508 (Hangar 5) an der ehemaligen FFTP (Übungsplatz für Brandschutzübungen) im westlichen Teil des Hubschrauberflugplatzes (**Abbildung A-1**). Der frühere Feuerlöschübungsplatz bestand aus einem kreuzförmigen Betonbecken (1986 bis 2001), bis es 2001 durch eine flache Betongrube von etwa 15 m x 18 m ersetzt wurde, die aktuell noch bestand hat. Die Grube ist mit einem Abfluss ausgestattet, der über einen 12.000-Liter-Sammeltank an einen Öl-Wasser-Abscheider angeschlossen ist. Ein weiterer Abfluss aus diesem Bereich (in Richtung Norden) erfolgt ebenfalls über das Regenwasserkanalsystem des Flugplatzes. Brandbekämpfungsübungen mit wasserfilmbildenden Löschschäumen wurden bis zum Jahr 2000 etwa vierteljährlich durchgeführt.

Das Gebiet in der Nähe des ehemaligen Feuerlöschübungsplatzes ist überwiegend mit Gras bewachsen. Die Ringstraße wurde etwa 2007 gebaut und hat wahrscheinlich zu einer gewissen Verlagerung von belasteten Böden und Abwässern in diesem Gebiet geführt. Die westliche Grenze der Liegenschaft liegt etwa 75 m westlich der Betongrube.

2.2 Sanierungsziele

Die vorgeschlagenen Abreinigungsziele für PFAS für das vorgeschlagene System zur Grundwasseraufbereitung am Standort (TS3) sind von der einschlägigen vorläufigen bayerischen Leitlinie abgeleitet /18/. Dementsprechend muss PFAS-belastetes Wasser vor der Einleitung in ein Oberflächengewässer nach dem Stand der Technik behandelt werden. Im Falle einer Grundwasseraufbereitung gilt diese Anforderung als erfüllt, wenn der Reinigungsgrad für PFAS von mindestens 90 % erreicht wird (/18/). Darüber hinaus wird die Einhaltung folgender Einleitkriterien vorgeschlagen, um a) eine Verschlechterung im Sinne des § 27 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) zu verhindern (/22/) und b) einen technisch verhältnismäßigen und durchführbaren Ansatz für den Standort zu bieten:

- PFOS: 0,02 µg/l, und
- PFAS (13 Einzelparameter nach /18/): 0,2 µg/l.

3. Methodik des Pilotversuchs

3.1 Auswahlgrundlagen der Adsorptionsmittel

3.1.1 Auswahlkriterien

Die Auswahl der Adsorbentien für den Pilotversuch basierte auf folgenden Kriterien:

- den Ergebnissen anderer ähnlicher, weltweit durchgeführter Studien,
- der lokalen Verfügbarkeit,
- den Kosten und der Möglichkeit, das Material wiederzuverwenden/zu reaktivieren (und damit die Kosten zu senken),
- bei GAC die Möglichkeit, das Material zu reaktivieren (vorzugsweise in einer nahegelegenen thermischen Anlage), und
- für nicht-GAC: Entsorgungsmöglichkeiten und -kosten.

3.1.2 Ausgewählte Adsorptionsmittel

Auf der Grundlage der oben genannten Informationen wurden folgende Adsorptionsmittel für den Versuch ausgewählt:

Tabelle: 1: Auswahl der Adsorptionsmittel für den Versuch

Material
Aktivkohle (GAC)
Alternatives Adsorptionsmittel (modifizierter organo-Ton)
Ionen Austauscherharz (Kunstharz)

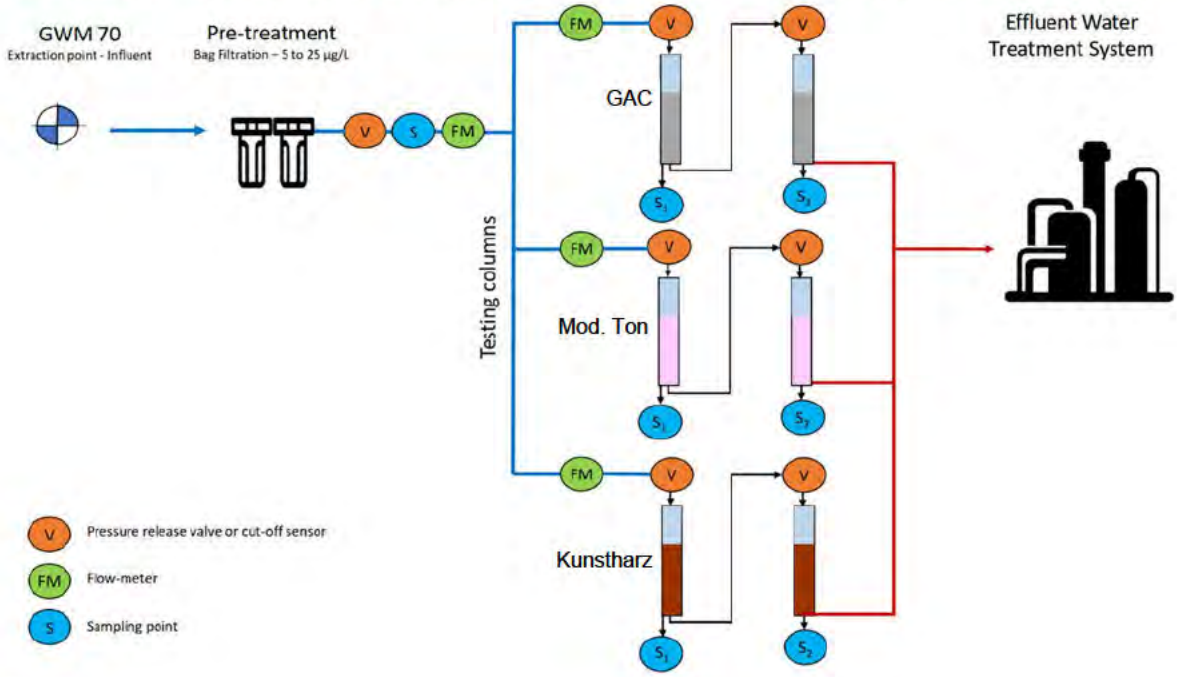
3.2 Aufbau der Testanlage

Die Pilotversuchsanlage wurde Anfang Oktober 2022 errichtet und befand sich, einschließlich des großen Rückhaltebeckens, neben der Abwasseraufbereitungsanlage (WTP). Die Anlage, war mit einer, nach WHG /22/. vorgeschriebenen Leckagesicherung ausgestattet und in einer Wetterfesten Einhausung (2 x 3 Meter) untergebracht und verschlossen. Es wurde ein Heizsystem installiert, um die Temperatur über 5 Grad Celsius zu halten.

Der Zulauf des Pilotsystems war das mit PFAS kontaminierte Grundwasser aus GWM70 (siehe **Abbildung A-2**). Der Zufluss wurde mit einer Tauchpumpe in ein Vorbehandlungssystem (Beutelfiltration) gepumpt, um Sedimentfeinteile zu reduzieren (um die Gefahr des Verstopfens der Adsorptionsmittel) und die Wechselwirkung von Nicht-PFAS-Bestandteilen mit den Adsorptionsmitteln zu minimieren. Der gefilterte Zulauf wurde dann über drei Leitungen (jeweils mit kleinen Tauchpumpen) durch jedes der drei Säulenpaare gepumpt, bevor er in den Vorlagebehälter/WTP abgeleitet wurde.

Die Vortests umfassten die Vorbereitung der Brunnenpumpe, die hydrostatische Prüfung und die Dichtheitsprüfung, die Spülung des Systems vor dem Einfüllen der Medien, die Vorbereitung und Installation der Filtermedien, die Rückspülung (je nach Bedarf) und die Einstellung des Durchflusses in jeder Säule. Die Befüllung der Säulen mit den einzelnen Adsorptionsmitteln und die erforderlichen Adsorptionssäulenvolumina und EBCTs folgten den spezifischen Anweisungen der Hersteller. Die schematische Darstellung des Pilotversuchs gibt einen Überblick über den Aufbau und die Einzelheiten der Systemelemente (siehe folgende **Abbildung 1**).

Abbildung 1: Schematische Darstellung des Testkolonnensystems (Column Test System)



Das Testkolonnensystem bestand aus sechs einzelnen Kolonnen, wobei der Behandlungsprozess in drei Stationen aufgeteilt war. Jede Station beinhaltete zwei Kolonnen mit demselben Adsorptionsmittel. Die Kolonnen waren also in einer 3 x 2-Konfiguration angeordnet, wobei das Wasser zuerst durch Kolonne 1 und dann durch Kolonne 2 floss. Die Aktivkohle befand sich in den ersten beiden Säulen, der mod. Ton in den mittleren beiden Säulen und das Kunstharz in den letzten beiden Säulen (siehe **Abbildungen 1** und **2**). Die einzelnen Teile waren entsprechend ihrer Position und Funktion innerhalb des Versuchssystems deutlich gekennzeichnet.

Abbildung 2: Betriebsbereites Testkolonnensystem (Operational Column Test System)

Jede Säule war mit einem Belüftungsventil am oberen Ende der Säule ausgestattet, um das Ablassen von Luft zu ermöglichen und die Adsorbentien stets untergetaucht (vollständig mit Wasser bedeckt) zu halten.

Der Zulauf zur Versuchsanlage war mit einem mechanischen Durchflussmesser ausgestattet, um die Gesamtmenge zu messen, die durch die Anlage fließt. Jede der drei Stationen war mit einem elektronischen Durchflussmesser ausgestattet, der den Zulauf und das Volumen in der jeweiligen Station maß. Am oberen Ende jeder Säule wurde ein Manometer angebracht, um den tatsächlichen Innendruck in jeder Säule überwachen zu können.

3.3 Details der Testkolonnen (Column Test Details)

Auf der Grundlage der von den drei Anbietern zur Verfügung gestellten Informationen sind die Adsorptionsmittelvolumina, die berechneten Durchflussraten, die Kontaktzeit (EBCT) usw. sowie die tatsächlichen Messungen vor Ort (d. h. die Gesamtdauer, die Nasssäulenvolumina (Adsorptionsmittel) pro Säule und die gesamten behandelten Wassermengen) während der Betriebsphase in **Tabelle A-1** aufgeführt. Der Versuch lief vom 11. Oktober bis zum 8. Dezember 2022 (58 Tage).

Die Protokolle der Probenahme- und Überwachungsarbeiten finden Sie unter **Anhang A**.

Es wird darauf hingewiesen, dass die PFAS-Ergebnisse von GAC, die in der Anfangsphase des Versuchs (11. Oktober bis 17. November 2022; 37 Tage) erzielt wurden, uneinheitlich waren und darauf hinzudeuten schienen, dass es ein Problem mit dem Säulenpaar gab, d. h., es könnten ein oder

mehrere bevorzugte Pfade vorhanden gewesen sein, was zu frühzeitigeren und unregelmäßigeren PFAS-Nachweisen in den Ergebnissen in beiden Säulen (sowohl Säule 1 als auch Säule 2) führte als zu erwarteten war. Daher wurden diese Ergebnisse von der weiteren Bewertung ausgeschlossen. Am 18. November 2022 wurden die beiden Säulen mit frischem GAC mit dem doppelten Volumen wie zuvor aufgefüllt und mit der doppelten Durchflussrate beaufschlagt. Die Säulentests wurden bis zum 8. Dezember 2022 (20 Tage) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser zweiten Phase wurden als konsistent und vergleichbar mit anderen AECOM-GAC-Versuchen angesehen und daher für eine weitere Bewertung dieses Adsorptionsmittels akzeptiert. Weitere Einzelheiten zu den beiden Phasen der GAC Säulenversuche sind in **Tabelle A-1** enthalten.

Am 1. Dezember 2022 wurde eine typische Verfärbung des oberen Teils das Kunstharz Säule 1 festgestellt, während die Farbe der Säule 2 unverändert blieb (siehe **Abbildung 3** unten).

Abbildung 3: Kunstharz Verfärbungen (1. Dezember 2022)

3.4 Beschreibung der Probenahme

Es wurden folgende Probenahmen durchgeführt:

- Für alle sechs Säulen wurden zweiwöchentlich Proben für jedes Adsorptionsmittel entnommen, und zwar direkt aus dem Probenahmehahn, der sich am Auslauf jeder Säule befindet (**Abbildung 2**). Der Hahn wurde vor der Entnahme der Probe gespült, um eine frische Probe zu erhalten,
- Alle Proben wurden auf PFAS in Übereinstimmung mit den /18/, und
- wie in der Einleitungserlaubnis für die Kläranlage vorgeschrieben (Einleiteerlaubnis wurde von der Stadt Ansbach eingeholt und ist auf den 10. Juni 2021 datiert), wurden auch Wasserproben aus der Reinigungsanlage entnommen. Über diese Probenahmen wird gesondert berichtet und der Bericht der Stadt Ansbach zur Verfügung gestellt.

3.5 Labor Analysen

Alle während des Versuchs entnommenen Proben wurden von dem Labor Analytik Institut Rietzler GmbH (AIR) in Fürth analysiert. AIR stellte alle für die PFAS-Analyse geeigneten Probenbehälter zur Verfügung. Die Dokumentation der Nachweiskette (Chain of Custody, COC) begleitete jeden Versandbehälter zum Labor. AIR ist nach DIN EN 17025 von der Deutschen Akkreditierungsstelle GmbH (DAkkS) für die entsprechende PFAS-Analyse akkreditiert. Die Analyseberichte des Labors sind als **Anhang B** beigefügt.

Die physikalischen Eigenschaften sowie die technischen Einzelheiten zu den Adsorptionsversuchen (Durchflussmengen, Pumpvolumen, Versuchsdauer) finden Sie in **Tabelle 2**.

4. Ergebnisse der PFAS-Analysen

Die Ergebnisse der Untersuchung des Zulaufs auf PFAS sind in **Tabelle A-2** und die Ergebnisse der Säulentests (einschließlich der prozentualen Reduzierung der PFAS-Konzentrationen gegenüber den Zulaufkonzentrationen) in **Tabelle A-3** aufgeführt. Die Ergebnisse der Zulaufuntersuchungen und der Säulentests sind auch in den Diagrammen 1 bis 7 in den Anhängen dargestellt; hierzu gehören auch die prozentualen Anteile der PFAS-Verbindungen. Die Ergebnisse werden wie folgt zusammengefasst:

Zulauf (GWM70)

- Die Gesamtmenge des während des Versuchs entnommenen Grundwassers betrug etwa 750 m³,
- Die Gesamtkonzentrationen von PFAS waren relativ konstant und lagen zwischen 33,5 und 24 µg/l,
- Die wichtigsten PFAS-Verbindungen im Zulauf waren: PFOS, PFHxS, H4PFOS, PFHxA und PFPeA, die durchgängig zwischen etwa 85 und 89 % der gesamten PFAS-Konzentrationen ausmachten,
- Der prozentuale Anteil der PFAS-Verbindungen blieb während der gesamten Versuchsdauer relativ konstant (siehe **Abbildung 1**), mit Ausnahme von:
  - PFOS – ging langsam von ca. 45-49% auf ca. 31% der PFAS-Gesamtkonzentration zurück,
  - PFHxS – langsamer Anstieg von etwa 32 % auf etwa 37 % der PFAS-Gesamtkonzentration, und
  - PFHxA and H4PFOS – langsamer Anstieg von etwa 4 % auf 6 % der PFAS-Gesamtkonzentration und
- PFDA and PFOSA waren im Versuchszeitraum nicht nachweisbar.

Aktivkohle (GAC)

- Das Gesamtvolumen des über die Säulen behandelten Grundwassers betrug 6,5 m³ (2,861 Bettvolumina, BV), wobei das BV als das Gesamtvolumen des Adsorptionsmittels innerhalb einer Säule/eines Behälters definiert ist (siehe Abbildung 4, **Abschnitt 5.1,** die die Entwicklung der Bettvolumina während des Versuchs zeigt),
- Für die beiden Hauptkomponenten der PFAS-Verbindungen gilt hierbei:
  - PFOS – lag über die Versuchsdauer in Säule 1 unter den Einleitungskriterien (0,02 µg/l) und war in Säule 2 durchweg nicht nachweisbar, und
  - PFHxS – war über die Versuchsdauer in beiden Säulen nicht nachweisbar.
- Sieben der 13 PFAS-Verbindungen wurden in Säule 1 relativ früh nachgewiesen

  (z.B. am 5. Dezember 2022) mit einer maximalen Konzentration von 0,31 µg/L für PFBA,
- Am Ende des Versuchs:
  - Säule 1 – Es wurden neun von 13 PFAS-Komponenten nachgewiesen – PFNA, PFOS, PFOA, PFHxA, PFBS, PFBA, H4PFOS, PFHpA, and PFPeA, and
  - Säule 2 - sechs PFAS-Komponenten wurden nachgewiesen - PFOA, PFHxA, PFBA, H4PFOS, PFHpA, und PFPeA.

Mod. Ton

- Das Gesamtvolumen des über die Säulen behandelten Grundwassers betrug 23,9 m³ (11,835 Bettvolumina, BV),
- Für die beiden Hauptkomponenten der PFAS-Verbindungen gilt hierbei:
  - lag über die Versuchsdauer in Säule 1 unter den Einleitungskriterien (0,02 µg/l) und war in Säule 2 durchweg nicht nachweisbar, und

    PFHxS - war über die Versuchsdauer an beiden Säulen nicht nachweisbar.
- Die folgenden PFAS-Komponenten konnten in beiden mit mod. Ton bestückten Säulen nachgewiesen werden: PFPeA, H4PFOS, PFBA, und PFHxA (siehe auch **Grafik 4** and **5**),
- PFHxS, PFBS, PFOSA and PFHpS waren am Ende der Studie in Säule 1 nicht nachweisbar, und
- lediglich PFHxA (0.044 µg/L), PFBA (0.37 µg/L) and PFPeA (0.72 µg/L) konnten am Ende des Versuches am Auslauf der Säule 2 nachgewiesen werden.

Kunstharz

- Das Gesamtvolumen des über die Säulen behandelten Grundwassers betrug 34 m³ (16,752 Bettvolumina, BV),
- Die beiden wichtigsten PFAS-Verbindungen im Grundwasser - PFOS und PFHxS - wurden während der gesamten Versuchsdauer in beiden Säulen nicht nachgewiesen,
- Ledigliche PFHxA (0,026 µg/L), PFBA (0,38 µg/L) und PFPeA (0,48 µg/L) wurden am Ende des Versuchs im Auslauf der Säule 1 nachgewiesen, und
- Nur PFBA konnte in der Säule 2 am Ende des Versuchs mit steigender Tendenz bis zu einer Konzentration von 0,28µg/l nachgewiesen werden (siehe auch **Grafik 7**).

5. Bewertung von Leistung und Kosten der Adsorptionsmittel

5.1 Leistung der Adsorptionsmittel

Da jedes Adsorptionsmittel unterschiedliche spezifische Strömungsgeschwindigkeiten und Kontaktzeiten (EBCT) erfordert, ist es üblich, die Adsorptionsleistung anhand der Anzahl der leeren Bettvolumina (BVs oder EBVs) zu vergleichen.
Diese beiden Parameter werden auf der Grundlage der folgenden Formeln berechnet:

$$BV\ (-) = \frac{Gesamtmenge\ des\ behandelten\ Wassers\ (l)}{Bettvolumen\ (Füllmenge\ Adsorptionsmittel)(l)}$$

$$EBCT\ (min) = \frac{Bettvolumen\ (l)}{Wasserdurchflussrate\ (l/min)}$$

Auf der Grundlage der vom Hersteller empfohlenen Anforderungen wurden unterschiedliche Durchflussraten und EBCT für die verschiedenen Adsorptionsmittel eingestellt. Folglich wurden während des Pilotversuchszeitraums verschiedene BVs auf jeder Adsorptionsmittelsäule behandelt, wie in der folgenden **Abbildung 4** dargestellt.

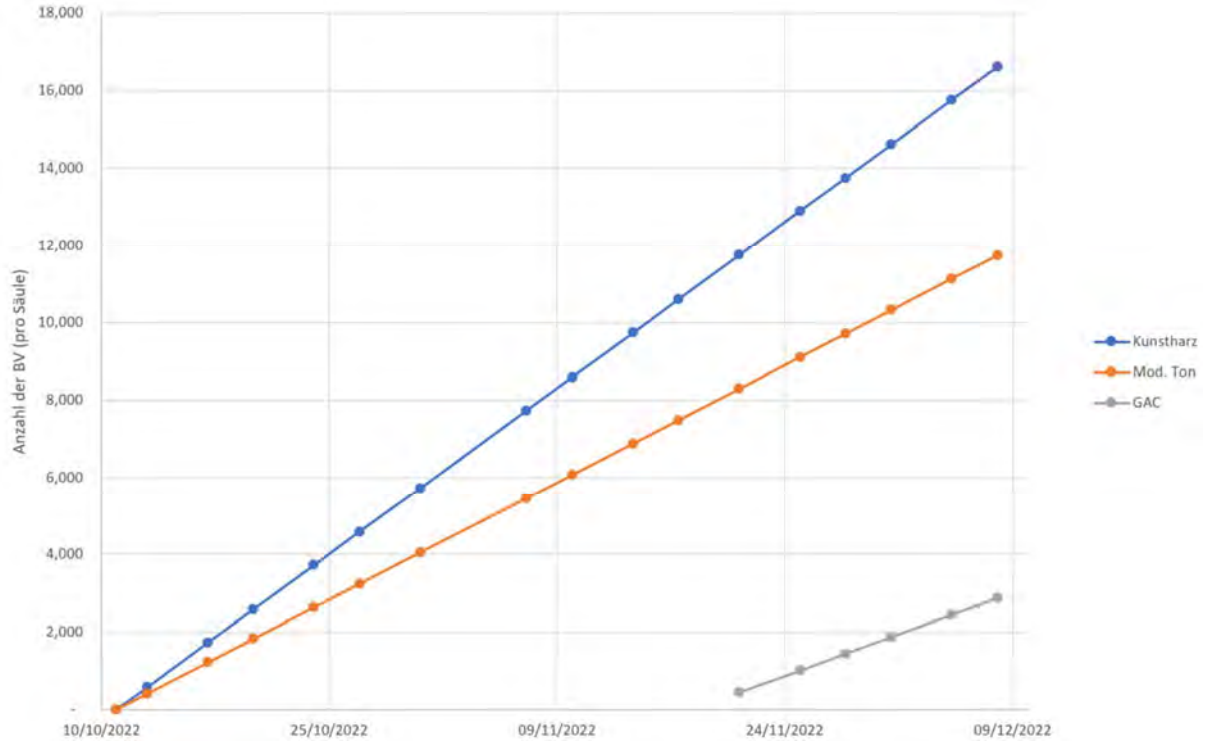


Abbildung 4: Entwicklung der BVs für die verschiedenen Adsorptionsmaterialien

Aus **Abbildung 5** ist ersichtlich, dass vor 3.000 BVs kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Adsorbentien in Bezug auf die Massenentfernung besteht. Für die Aktivkohle sind nach 3.000 BVs, als der Versuch endete, keine Informationen verfügbar (siehe **Abschnitt 3.3**). Bei der mod. Ton nimmt die Effizienz schrittweise ab, und die Behandlung scheint weniger effizient zu sein, als die von Kunstharz. Aus **Abbildung 6** geht jedoch hervor, dass keine Sättigung des Mediums zu beobachten ist und die Schadstoffmasse in den ersten drei Säulen konstant zunimmt (was darauf hindeutet, dass sich ihre Leistung während des Versuchszeitraums kaum verändert hat).

Abbildung 6 zeigt, dass die Sättigung des Behandlungsmediums für die Aktivkohle nicht erreicht wird, da der Sättigungsgrad am Ende des Versuchs bei etwa 0,017 % lag (Säule 1). Zum Vergleich: In einem kürzlich von AECOM durchgeführten isothermen Batch-Test wurden sieben verschiedene Aktivkohlen zur Behandlung eines PFAS-belasteten Wassers (1,5 µg/l, hauptsächlich PFOS) getestet, wobei unter

statischen Bedingungen eine Mediensättigung zwischen 0,007 % und 0,13 % gemessen wurde. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass ein Durchbruch in Bezug auf die Einleitungskriterien zu erwarten ist, bevor die Sättigung des Behandlungsmediums erreicht ist.

Die Sättigung von der mod. Ton und Kunstharz (Säule 1) lag am Ende des Versuchs bei etwa 0,038 % bzw. 0,042 % (siehe **Abbildung 6**); dies ist deutlich höher als der diskutierte Sättigungsgrad der Aktivkohle, was vor allem auf die größere Zahl der behandelten BVs zurückzuführen ist.

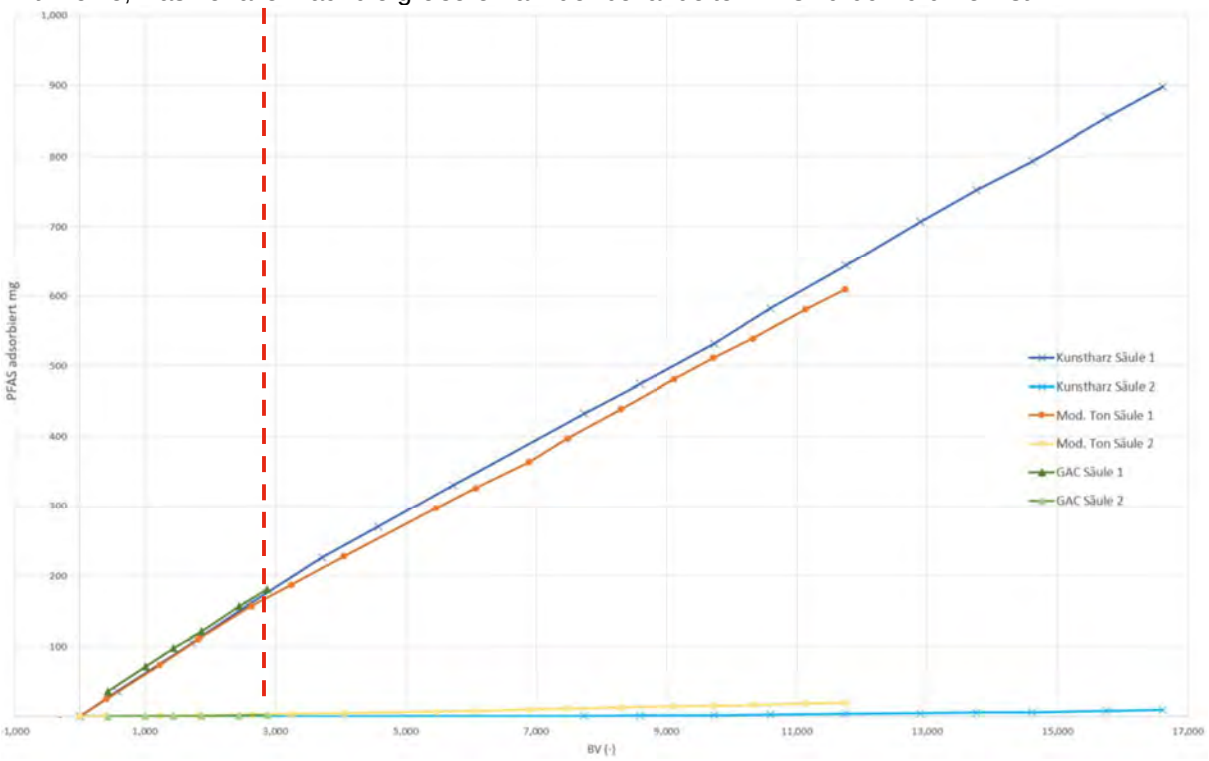


Abbildung 5: Menge der absorbierten PFAS [mg]

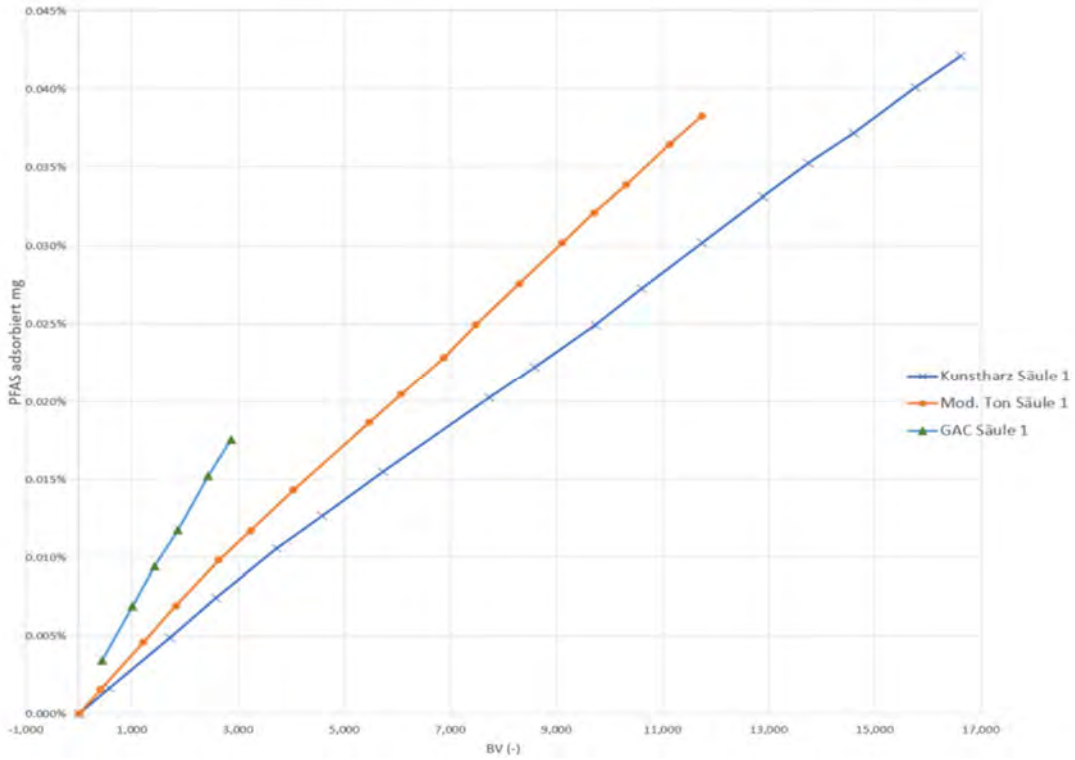


Abbildung 6: Sättigung der Adsorptionsmedien [%]

Abbildung 7 und **Abbildung 8** zeigen im Folgenden, dass einige Adsorptionsmittel nicht in der Lage sind, den Abflussgrenzwert (0,2 µg/L Gesamt-PFAS) an den Auslässen von Säule 1 durchgängig zu erreichen (**Abbildung 7**), auch wenn die Behandlungsmedien weiterhin effizient PFAS adsorbieren (d.h. die adsorbierte PFAS-Masse nimmt zu). Beispielsweise wird der Grenzwert für die Gesamtmenge an PFAS in den Aktivkohle und der mod. Ton-Säulen nach etwa 1.000 BVs überschritten (siehe **Abbildung 7**). Bei das Kunstharz-Säule sind die PFAS-Gesamtkonzentrationen am Auslass während der gesamten Versuchsdauer durchgehend deutlich niedriger als bei den anderen beiden Adsorptionsmitteln, und der Ableitungsgrenzwert wird erst nach einer deutlich höheren Anzahl von BVs (7.500 BVs) im Vergleich zu den anderen beiden Adsorptionsmitteln überschritten (siehe **Abbildung 7**). Sowohl **Abbildung 7** als auch **Abbildung 8** zeigen, dass die Massenentfernung von PFAS bei Kunstharz deutlich höher ist als bei den anderen beiden Medien.

Die Gesamtkonzentrationen von PFAS in den Auslassproben stiegen im Laufe der Zeit für alle Adsorptionsmittel an, blieben jedoch deutlich niedriger als die Einlasskonzentrationen, die zwischen 24 und 33 µg/L lagen (wie in **Tabelle A-2 im Anhang**). Die Testkolonne mit Kunstharz-Medien entfernte eine größere Menge an PFAS-Masse im Vergleich zu den GAC- und mod. Ton-Medien, da die Ausgangskonzentrationen über einen längeren Zeitraum unter 4% der Eingangskonzentration blieben (ca. 16.000 BVs der Tests, siehe **Abbildung 8**).

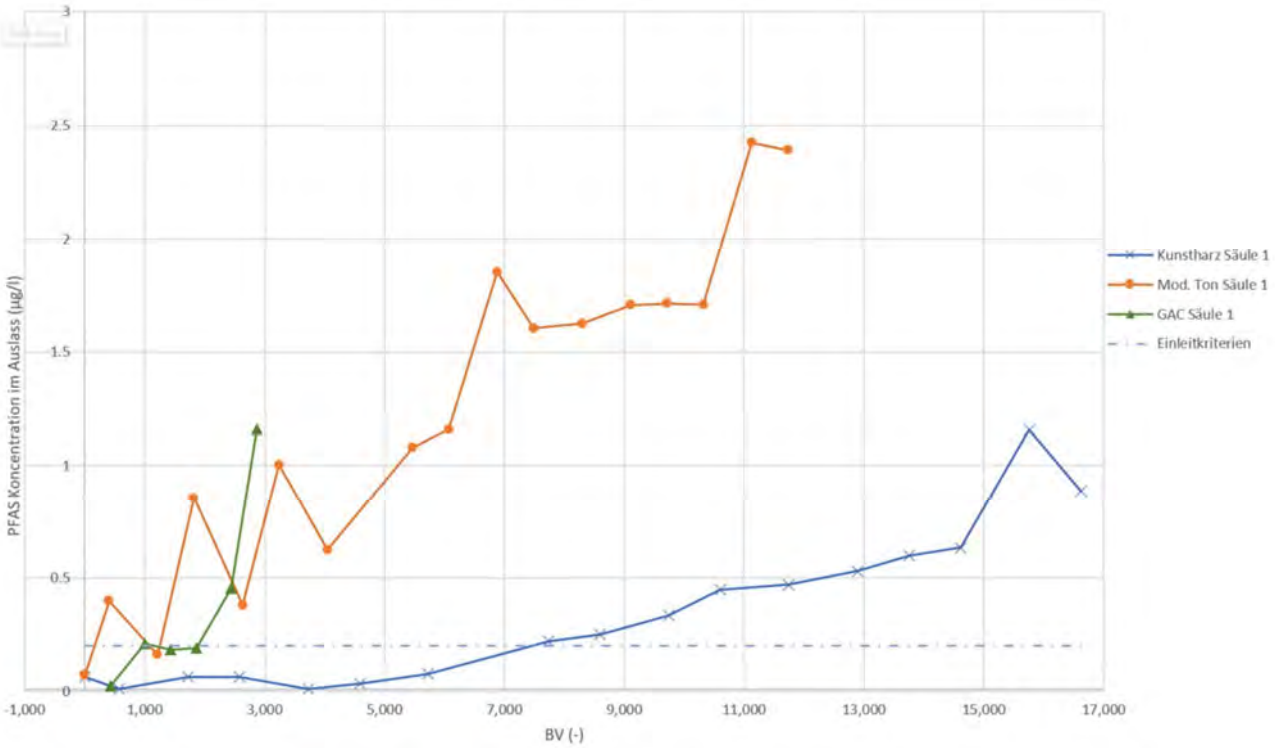


Abbildung 7: Gesamtkonzentration PFAS am Auslass der Säule 1 (µg/l)

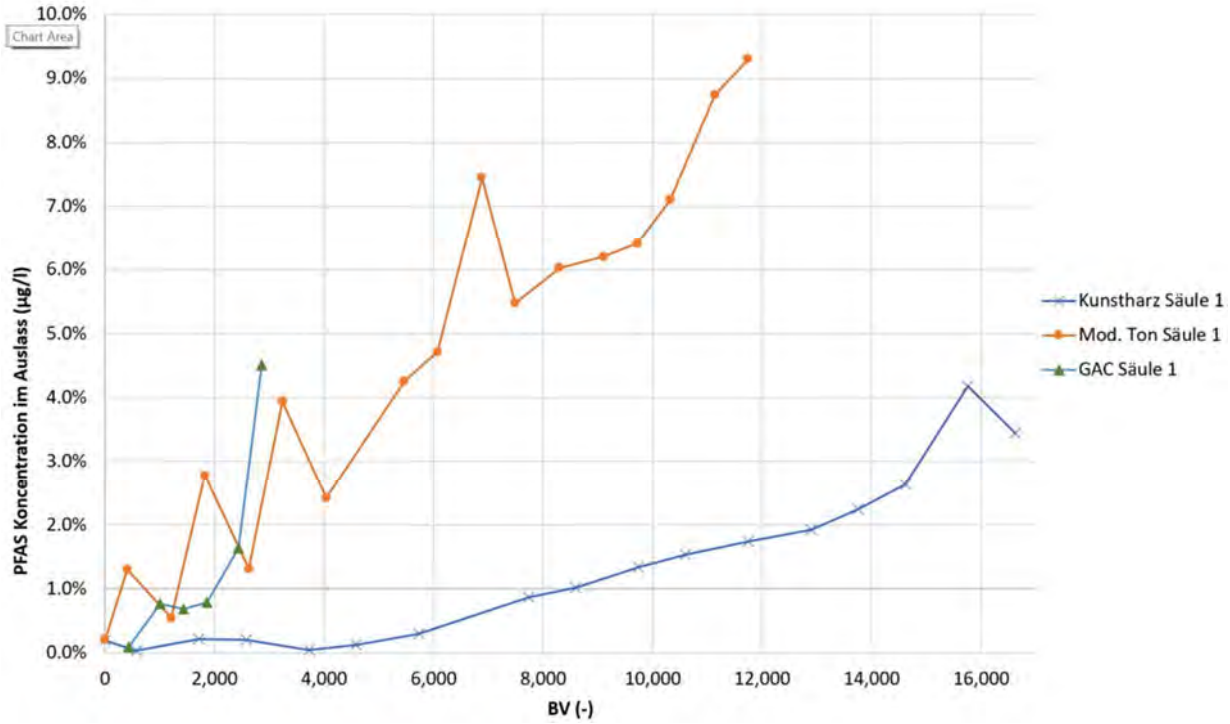


Abbildung 8: Entwicklung der Konzentration am Ausgang der Säule 1 gegenüber der Eingangskonzentration (C/C0) [%]

In der folgenden **Abbildung 9** ist ein spezifischer Durchsatzvergleich der verwendeten Medienmasse (d.h. basierend auf dem Volumen des behandelten Grundwassers / kg Medien) dargestellt und zeigt, dass Kunstharz durchweg PFAS bis zu geringeren Ausgangskonzentrationen entfernt als die beiden anderen Medien.

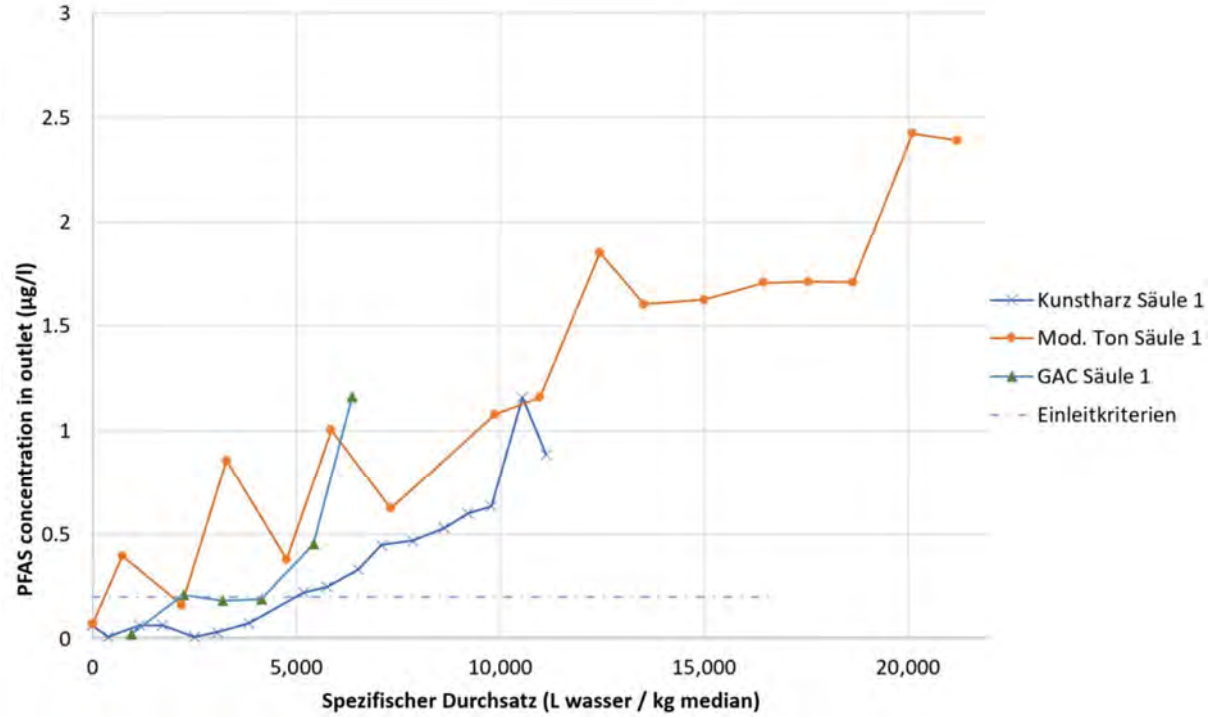


Abbildung 9: Konzentration am Ausgang Säule 1 (l behandeltes Wasser / kg Masse an Adsorptionsmedium)

Es ist anzumerken, dass die Effizienz der Abreinigung für die einzelnen PFAS-Verbindungen nicht die gleiche ist:

- Der Durchbruch für PFBA erfolgte relativ schnell (siehe **Abbildung 10**), und die Ausgangskonzentrationen der Säule 1 erreichten schnell den gleichen Wert wie die Eingangskonzentration (etwa 2.500 BV für GAC, etwa 3.300 BV für der mod. Ton und etwa 10.000 BV für das Kunstharz),
- Der Durchbruch für PFPeA erfolgte ebenfalls relativ schnell, und die Sättigung scheint bei etwa 9.100 BV auf der mod. Ton-Säule zu beobachten zu sein (**Abbildung 11**). Eine Sättigung wurde bei Kunstharz (aufgrund des Endes des Versuchs) oder Kunstharz (aufgrund der effizienteren Entfernung von PFPeA) nicht beobachtet,
- PFBA und in geringerem Maße PFPeA sind die einzigen Verbindungen, die bei GAC und mod. Ton eine Sättigung des Behandlungsmediums erreichten, und die Auslasskonzentrationen erreichten schnell die Werte der Einlasskonzentrationen (**Abbildung 10** und **Abbildung 11**). Kunstharz war deutlich effizienter bei der Entfernung der beiden kurzkettigen Verbindungen, und
- Andere PFAS-Verbindungen wurden von den drei Medien gut adsorbiert. PFOS und PFHxS waren in hohen Konzentrationen vorhanden (jeweils etwa 10 µg/l) und wurden vollständig entfernt (98,6 - 100 %), wobei auf keiner der Säulen eine Sättigung beobachtet wurde (**Tabelle A-3**).

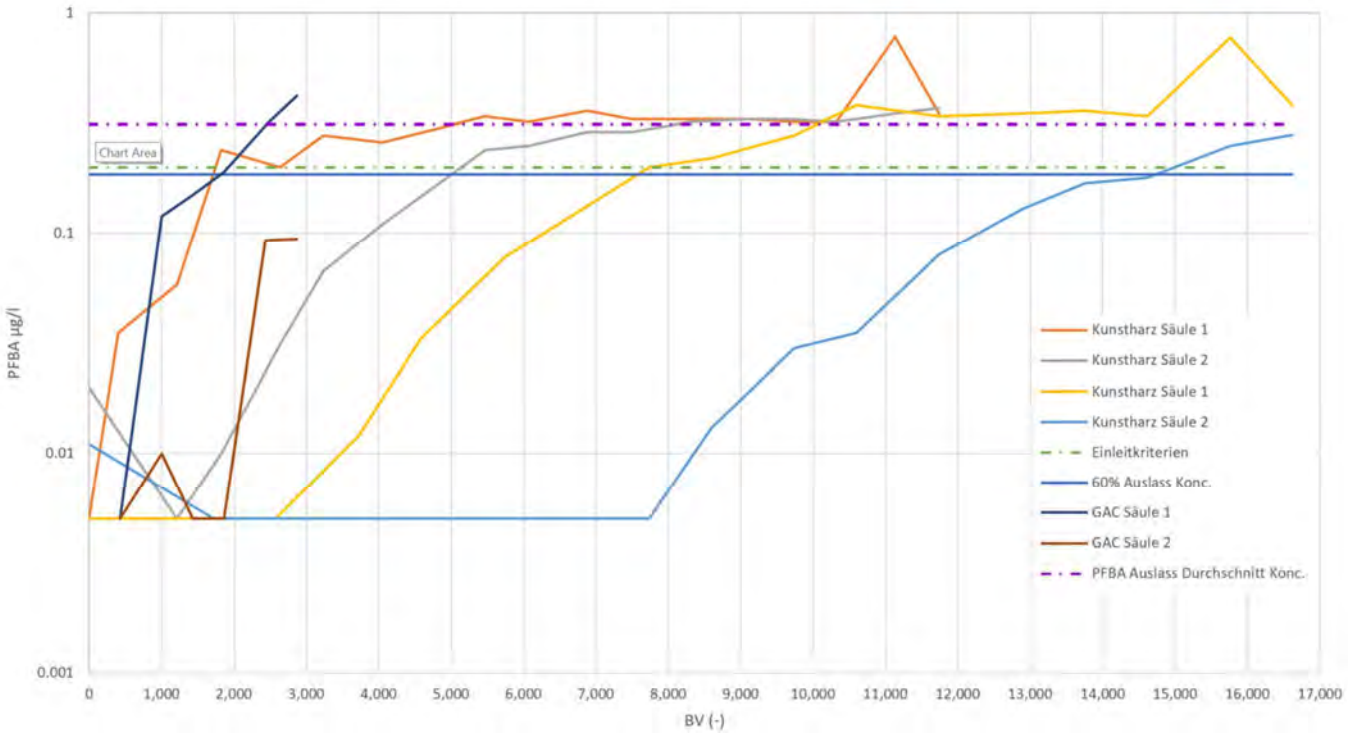


Abbildung 10: Entwicklung der PFBA-Konzentration am Säulenausgang gegenüber der durchschnittlichen Eingangskonzentration (µg/l)

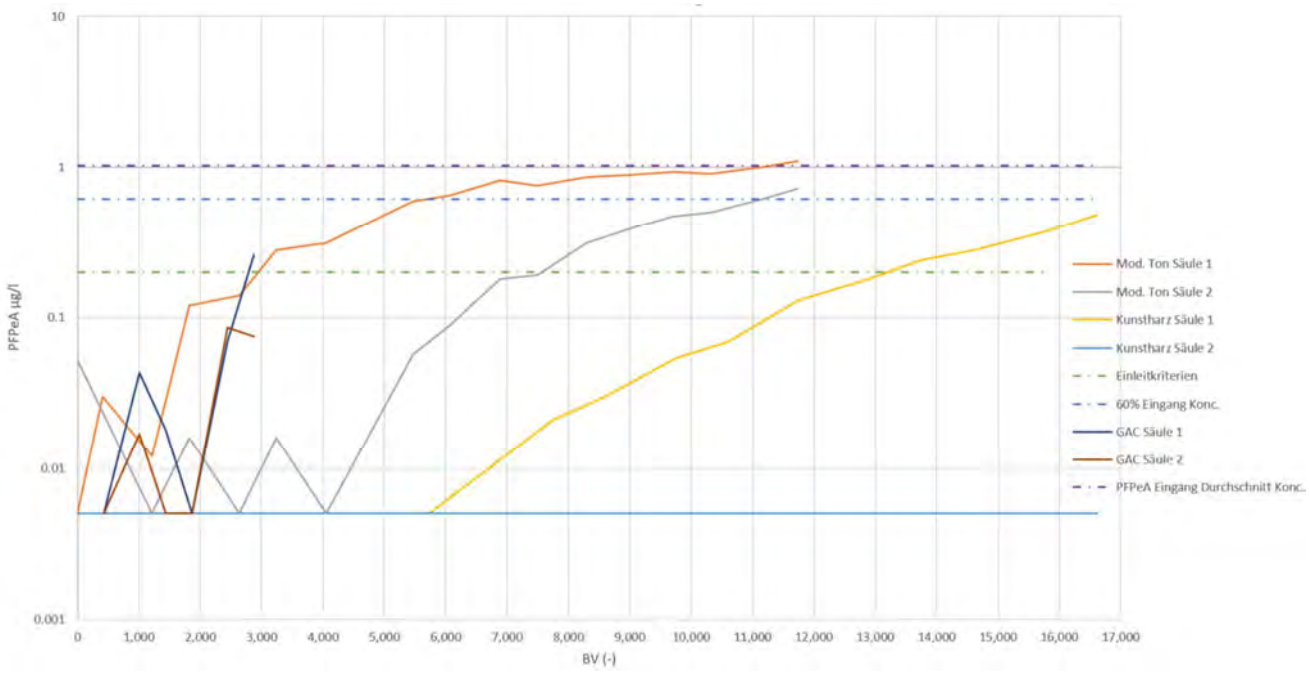


Abbildung 11: Entwicklung der PFPeA-Konzentration am Säulenausgang gegenüber der durchschnittlichen Eingangskonzentration [µg/l]

6. Diskussion

Die Veränderungen der PFAS-Konzentrationen im Zulaufwasser während des Versuchszeitraums sind wie folgt zu bewerten:

- Die allmähliche Verringerung der PFAS-Gesamtkonzentration im Zufluss deutet wahrscheinlich auf die Bewegung und Entnahme von weniger kontaminiertem Grundwasser von außerhalb der Fahne und auf Verdünnung hin und
- Der allmähliche Rückgang der PFOS-Konzentrationen in % der gesamten PFAS (und der allmähliche Anstieg der kurzkettigen PFAS-Verbindungen, siehe **Grafik 1**) deutet wahrscheinlich auf die geringere Mobilität der langkettigen PFOS-Verbindungen und die Auswirkungen von Sorption und Matrixdiffusion im Sandstein-Grundwasserleiter hin, in dem nach den Ergebnissen der Untersuchungen am Standort wahrscheinlich Linsen/Schichten mit geringer Durchlässigkeit vorhanden sind. Der langsame Rückgang der prozentualen PFOS-Konzentrationen stimmt mit den Ergebnissen des Langzeit-Pumpversuchs bei GWM70 überein (siehe **Grafik 5** in der Grundwasseruntersuchung /12/).

Die drei nachgewiesenen PFAS-Konzentrationen in der mod. Ton am Ende des Versuchs auf Säule 2 (PFHxA, PFBA und PFPeA) waren mit den Kunstharz-Ergebnissen am Ende des Versuchs auf Säule 1 vergleichbar (d. h. die Ausgangskonzentrationen aus den beiden mod. Ton -Säulen waren mit der Leistung einer Kunstharz-Säule vergleichbar). Dies verdeutlicht die größere Adsorptionskapazität des Kunstharz.

Insbesondere war das Kunstharz bei der Entfernung von PFPeA deutlich besser als der mod. Ton mit einer Entfernung von 100 % im Vergleich zu 23,4 % (0,72 µg/L) bei der letzten Probenahme an Säule 2 (unter Berücksichtigung der oben erwähnten signifikant unterschiedlichen Behandlungsmengen).

Am Ende des Versuchs wurden neun der 13 PFAS-Verbindungen in Säule 1 des GAC nachgewiesen, wobei das deutlich kleinere Behandlungsvolumen (6,5 m³, 2.861 BV) im Vergleich zum mod. Ton (23,9 m³, 11.835 BV) und Kunstharz (34,0 m³, 16.752 BV) zu beachten ist. Säule 1 der GAC entfernte jedoch während des gesamten Versuchs mehr als 95 % der PFAS-Masse und Säule 2 mehr als 98 %. Säule 2 entfernte außerdem erfolgreich mehr als 92 % der PFAS-Masse aus den wichtigsten PFAS-Verbindungen im Zulauf (PFOS, PFHxS, H4PFOS, PFHxA und PFPeA).

Bei den drei Behandlungsmedien wird ein Durchbruch beobachtet, bevor die Sättigung des Mediums erreicht ist. Dies bedeutet, dass die Medien:

- nicht mehr effizient sind, um die Einleitungskriterien zu erreichen, so dass zur Einhaltung der Einleitkriterien ein weiterer Nachbehandlungsschritt (d. h. Verwendung eines zweiten Aktivkohlefilters), und
- noch in der Lage, PFAS zu adsorbieren, so dass die Medien weiterhin verwendet werden könnten. D.h. während ein Durchbruch auftreten würde, könnte das erste Gefäß weiterhin verwendet werden (um die Sättigung des Adsorptionsmittels zu optimieren) und der zweite Aktivkohlefilter würde verwendet werden, um die Einleitkriterien zu erfüllen. Dieser Ansatz erfordert zwar zwei Aktivkohlefilter, ist aber eine effizientere und kostengünstigere Nutzung des Adsorptionsmittels.

Aus Sicht der technischen Leistung ist das Kunstharz effizienter, wenn es darum geht, die PFAS-Konzentrationen am Ausgang der Säule konstant niedrig zu halten. Ebenfalls scheinen PFBA-Durchbruch und die Sättigung im Vergleich zu den beiden anderen Behandlungsmedien langsamer zu verlaufen. Dies bedeutet, folgendes:

- Bei gleichem Wasseraufbereitungsvolumen sind mit dem Kunstharz weniger Medienwechsel zu erwarten als mit GAC oder die mod. Ton,
- Polizeifilter wären erforderlich, um die PFAS-Massenadsorption im Filter zu maximieren, bevor dieser aufgrund eines PFBA-Durchbruchs schnell gewechselt werden muss,
- Mit dem Kunstharz müssten weniger Polizeifilter gewechselt werden.

Die Zusammenfassung der betrieblichen Details und Kosten zeigt, dass das Kunstharz zwar in der Anschaffung das teuerste, aber im Betrieb auch das kostengünstigste Adsorptionsmittel ist, da es die höhere Leistung aufweist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass weniger Adsorptionsmittel pro Jahr verbraucht wird und die damit verbundenen Kosten für den Austausch von Behältern, den Transport und die Entsorgung von Abfällen sinken. Im Vergleich zu den anderen Adsorptionsmitteln würde der erforderliche jährliche Austausch des Kunstharz auch andere Projektvorteile bieten, einschließlich:

- weniger notwendige Besuche am Standort und damit weniger Management, Verkehrsbewegungen usw. Dadurch verringert sich das Risiko von Sicherheitsvorfällen am Standort (z. B. im Vergleich zur GAC, die etwa neun Wechsel pro Jahr erfordern würde),
- weniger Verschleiß und mögliche Schäden an den Behältern während des Austauschs,
- größere Nachhaltigkeit und weniger Kohlenstoffemissionen durch Fahrzeugbewegungen, und
- möglicherweise weniger Überwachung des Aufbereitungssystems, sobald die Leistung des Harzes unter großtechnischen Bedingungen am Standort bestätigt wurde (d. h. nach 1-2 Jahren der Überwachung).

Der Medienverbrauch wurde auf der Grundlage eines konstanten Flusses und gleichbleibender PFAS-Konzentrationen berechnet. Sollte die Konzentration von kurzkettigen PFAS-Verbindungen (z. B. PFBA) in Zukunft abnehmen, könnte der Medienverbrauch angepasst werden.

Da die Regulierung der Luftemissionen aus thermischen Behandlungsanlagen (d. h. aus der Verbrennung von PFAS-belasteten Adsorptionsmitteln) wahrscheinlich einer genaueren Prüfung unterzogen werden wird, sollte die mögliche Verwendung eines regenerierbaren Harzes am Standort in Zukunft weiter geprüft werden. Dieser Ansatz kann in Kombination mit einer potenziellen Zerstörungstechnologie wie dem De-FluoroTM-System eine Lösung bieten, die keine Behandlung oder Entsorgung von PFAS-Abfällen außerhalb des Standorts erfordert.

7. Schlussfolgerungen

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Studie und der erstellten Kostenschätzungen kommt AECOM zu folgenden Schlussfolgerungen:

- Aufgrund des unterschiedlichen Säulenaufbaus der drei Adsorptionsmittel wurden unterschiedliche Grundwassermengen behandelt:
  - GAC - 6,5 m^3, 2,861 BV,
  - Mod. Ton – 23,9 m^3, 11,835 BV und
  - Kunstharz – 34,0 m^3, 16,752 BV.
- Bei jedem der drei Adsorptionsmittel werden PFOS und PFHxS, die in hohen Konzentrationen (jeweils etwa 10 µg/L) vorhanden sind, gut an die Medien adsorbiert und damit vollständig behandelt. An den Säulen wird keine Sättigung beobachtet,
- Nach etwa 1.000 BV wird das Einleitungskriterium für PFAS insgesamt (0,2 µg/L) in der GAC (2.000 BV nach Säule 2) und mod. Ton auf Säule 1 (4.500 BV nach Säule 2) überschritten, während für das Kunstharz das Einleitkriterium nach etwa 7.500 BV überschritten wird (15.000 BV nach Säule 2), siehe **Abbildung 7**,
- In Säule 2 am Ende des Versuchs (mit Hinweis auf die unterschiedlichen Behandlungsmengen):
  - GAC - sechs PFAS Komponenten werden nachgewiesen - PFOA, PFHxA, PFBA, H4PFOS, PFHpA and PFPeA,
  - Mod. Ton - nur PFHxA (0,044 µg/l), PFBA (0,37 µg/l) und PFPeA (0,72 µg/l) werden nachgewiesen, und
  - Kunstharz - lediglich PFBA wurde festgestellt, wobei die Konzentration kontinuierlich auf 0,28 µg/l anstieg.
- Die kurzkettige Verbindung PFBA ist die am schwierigsten aus dem Grundwasser zu entfernende Verbindung und wird wahrscheinlich den erforderlichen Zeitpunkt für den Austausch der Adsorbermittel bestimmen,
- Das Kunstharz entfernte während der gesamten Versuchsdauer eine deutlich größere Menge an PFAS als die beiden anderen Medien. Wichtig ist, dass es auch bei der Entfernung der beiden (schwierigeren) kurzkettigen Verbindungen PFBA und PFPeA deutlich effizienter war,
- Aufgrund des wahrscheinlichen künftigen Anstiegs der Energiekosten, wird der Preisanstieg für die Herstellung von GAC aus Aktivkohle wahrscheinlich deutlich höher ausfallen als hier angenommen (d.h. es wurde ein durchschnittlicher Anstieg der Betriebskosten um 1,5 % angenommen),
- In Bezug auf Leistung und Kosteneffizienz wird das Kunstharz als die bevorzugte Option für die großtechnische Behandlung des Grundwassers am Standort angesehen. Da es nur einen Behälterwechsel pro Jahr erfordern würde (GAC würde neun und mod. Ton vier Wechsel erfordern), würde es auch andere Vorteile mit sich bringen, darunter weniger Verkehrsbewegungen/Kohlenstoffemissionen, weniger Verschleiß an den Behältern während des Wechsels sowie ein geringeres Risiko von Sicherheitsvorfällen, und
- da die Regulierung der Luftemissionen aus thermischen Behandlungsanlagen (d.h. aus der Verbrennung von PFAS-belasteten Adsorptionsmittel) wahrscheinlich einer genaueren Prüfung unterzogen werden wird, sollte der potenzielle Einsatz eines regenerierbaren Harzes am Standort in Zukunft weiter geprüft werden. Dieser Ansatz kann in Kombination mit einer potenziellen Zerstörungstechnologie wie dem De-FluoroTM-System eine Lösung bieten, die keine Behandlung oder Entsorgung von PFAS-Abfällen außerhalb des Standorts erfordert.

8. Literaturverzeichnis

/1/ CDM Federal Services Europe JV; Soil Investigation of FTPIT near Building 5508 (Hangar 5), Katterbach Kaserne – PFCs (Perfluorinated Compounds) - Letter Report; 20 October 2014.

/2/ Cardno TEC GmbH; Investigation of grass cuttings from the airfields in Ansbach, Katterbach Kaserne and Storck Barracks, Illesheim for Perfluorocarbons (PFC); 24 July 2015.

/3/ AECOM (URS International Inc.); FY15 PFC Feasibility Study (Hangar 5), Katterbach Kaserne, USAG Ansbach; 05 February 2016.

/4/ ERM GmbH; Initial investigation of potential PFC contamination in soil, old fire-fighting training ground south of buildings 5850/5809; 13 April 2016.

/5/ AECOM International, Inc.; FY15 PFC RI/FS at former FFTP near Bldg. 5508 (Hangar 5), Katterbach Kaserne; 18 July 2016.

/6/ ERM GmbH; Sampling of Grass Cuttings – Katterbach Airfield; 24 August 2016.

/7/ Arcadis Germany GmbH; Katterbach Barracks – Potential PFC Contamination of the Grass South of Area 7.1/7.2 - Letter Report; 29 November 2016.

/8/ Arcadis Germany GmbH; PFC Contamination, Airfield - Katterbach Kaserne, Top Soil Investigation; 11 May 2017.

/9/ Wood; FY17 CCAN104 and CCAN126 – GE43T Remedial Investigation / Feasibility Study, U.S. Army Garrison Ansbach, Germany; December 2019. Final.

/10/ AECOM, 2022. Soil Stabilization Report, CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies. 21 July. Draft.

/11/ AECOM, 2022. Work Plan, CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies U.S. Army Garrison Ansbach, Germany. 2 September.

/12/ AECOM, 2023. Groundwater Investigation, CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies. 3 February 2023. Final.

/13/ AECOM, 2023. Draft Intermediate Remedial Design (65%), CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies. 23 February (German).

/14/ City of Ansbach, 2020. *Vollzug der Bodenschutzgesetze; Sanierungsuntersuchung / Machbarkeitsstudie PFC-Schaden Katterbach PFAS-Belastungssituation im Grundwasser am Standort CCAN 104 (Abstromsicherung)*. 4 March.

/15/ City of Ansbach, 2020. Enforcement of soil protection laws; Remedial investigation / feasibility study PFC contamination Katterbach, PFAS contamination situation in groundwater at site CCAN 104 (downstream protection). 3 April.

/16/ City of Ansbach, 2020. *Vollzug der Bodenschutzgesetze; Sanierungsuntersuchung / Machbarkeitsstudie, Standort Katterbach-Kaserne (US Army Garrison Ansbach), PFAS-Belastung Standort CCAN 104 – Forderung zum weiteren Vorgehen.* 8 June.

/17/ Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU); Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden. January 2015.

/18/ Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU). *Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden.* April 2017,

/19/ Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen (Verfüll-Leitfaden), 15 July 2021. Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz.

/20/ Guidelines for PFAS assessment, 21 January 2022. Federal Ministry for the Environmental, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection.

/21/ Umwelt Bundesamt, 2020. Remediation and management for local and wide-spread PFAS contaminations. Ref: 205/2020. November.

/22/ Water Law (*Wasserhaushaltsgesetz*, *WHG*) issued 31 July 2009 and last amended on 18 August 2021

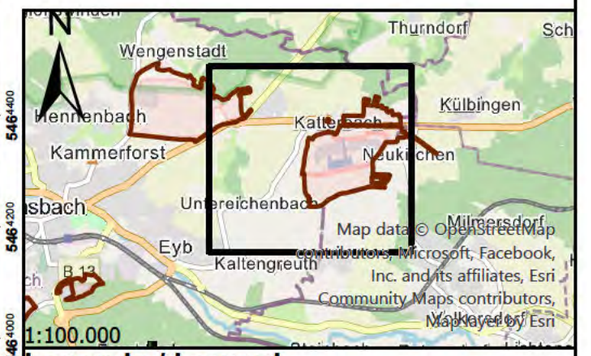
/23/ Orange County Water District, 2 June 2021. PFAS Treatment Testing Study, Final Report.

/24/ *Merkblatt Nr. 3.8/1: Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen – Wirkungspfad Boden-Gewässer* (version 31.10.2001); issued by Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft

Abbildungen

Abbildung A-1 Übersichtslageplan

Abbildung A-2 PFAS-Konzentration (Grundwasser) – Juni 2022



Legende / Legend

- Bach / Creek
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties
- CCAN104 Untersuchungsgebiet / CCAN104 Investigation Area
- Ehemaliger Feuerwehrübungsplatz / Former Fire Fighting Training Pit

0 200 400 800 Meters

Benennung/Title

Übersichtslageplan / Area Location Plan

Projekt/Project

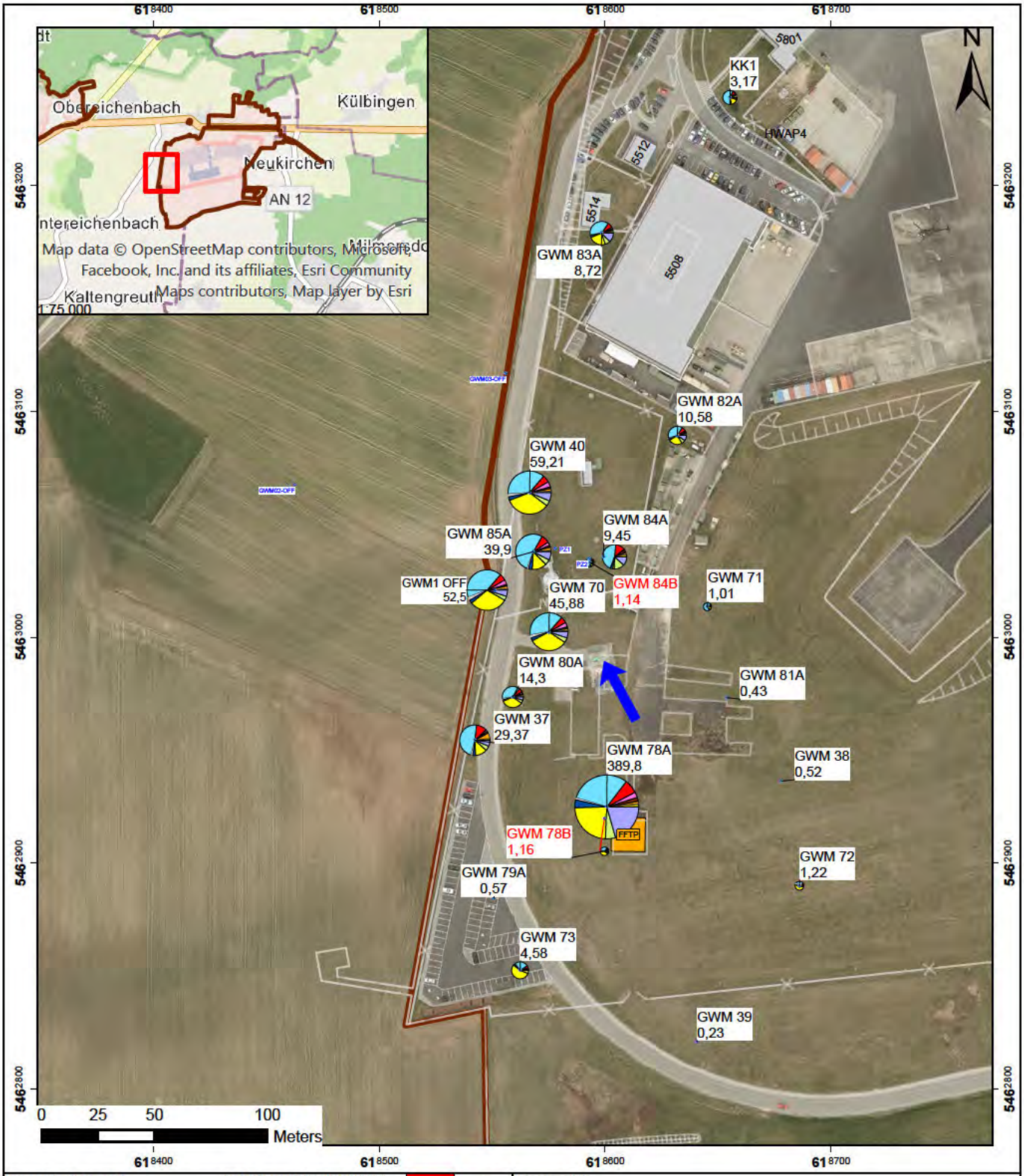
CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies, Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 (0) 631 710 69-400

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size
1:11.000	AR	A3
Datum/Date	**Zeichner/Drafter**	**Abbildung/Figure**
July 2022	MI	A-1
Projekt/Project #	**Spatial Reference**	
60630368	WGS 1984 UTM Zone 32N	



Legende / Legend

- Grundwassermessstelle / Groundwater Monitoring Well
- Ehemaliger Feuerwehrübungsplatz / Former Fire Fighting Training Pit
- Gebäude / Buildings
- U.S. Liegenschaften / U.S. Properties

10 µg/L
100 µg/L
300 µg/L

PFAS-Konzentration [µg/L] / PFAS Concentrations [µg/L]

- PFBA
- PFBS
- PFHpA
- PFHpS
- PFHxA
- PFHxS
- PFNoA
- PFOA
- PFOS
- PFOSA
- PFPeA
- H4PFOS

Geschätzte Grundwasserfließrichtung basierend auf der PFAS-Verteilung / Assumed Groundwater Flow Direction based on PFAS Distribution

Benennung/Title

PFAS-Konzentration (Grundwasser) - Juni 2022/ PFAS concentrations (Groundwater) - June 2022

Projekt/Project

CCAN104 GE43T Groundwater Remedial Design and Soil Studies,
Katterbach Kaserne, USAG Ansbach, Germany

Auftraggeber/Client

U.S. Army Corps of Engineers, Europe District

Maßstab/Scale	Bearbeiter/Responsible	Plangröße/Size
1:2.500	AR	A4

AECOM International Inc.
Straßburger Allee 2-4
67657 Kaiserslautern
Phone: +49 631 71069-400

Datum/Date	Zeichner/Drafter	Abbildung/Figure	Projektnummer/Projectnumber	Spatial Reference
Aug 2022	MI	A-2	60641816	WGS 1984 UTM Zone 32N

Tabellen

Tabelle A-1 Aufbaudetails des Säulenversuchs

Tabelle A-2 PFAS-Ergebnisse im Zulauf (GWM70)

Tabelle A-3 PFAS-Ergebnisse des Säulenversuchs und %-Reduzierung

Tab. A-1: Aufbaudetails des Säulenversuchs / Column Test Setup Details

Planned Details

Adsorbent Media	Column Diameter (cm)	Wet Column Height (cm / column)	Wet Column Volume (L)	Specific Gravity	Weight (kg)	EBCT (min)	Flowrate (L/min)	Flowrate (L/h)	BV / hr
GAC - 1st	5.5	48	1.140	0.45	0.51	10	0.114	6.84	6.0
GAC - 2nd	5.5	96	2.281	0.45	1.03	10	0.228	13.68	6.0
Mod. Ton	5.5	85	2.019	1.73	3.49	7.07	0.286	17.14	8.5
Kunstharz	5.5	85.5	2.031	1.05	2.13	5	0.406	24.38	12.0

Actual Details

Measured Onsite	Start		Finish		Total Hours	Flowrate (L/h)	Averaged Total (L)	Total Measured in MID (L)	Total BV (-)
	Time	Date	Time	Date					
GAC - 1st	13:30:00	11/10/2022	10:42:00	17/11/2022	885.2	6.84	6,057	6,074	5,326
GAC - 2nd	14:00:00	18/11/2022	12:30:00	08/12/2022	478.5	13.68	6,548	6,526	2,861
Mod. Ton	13:30:00	11/10/2022	11:15:00	08/12/2022	1389.8	17.14	23,818	23,901	11,835
Kunstharz	13:30:00	11/10/2022	11:15:00	08/12/2022	1389.8	24.48	34,021	34,029	16,752

adopted values

Actual Details

Measured Onsite	Actual Weights (kg)		Actual Heights (cm)	
	Column 1	Column 2	Column 1	Column 2
GAC - 1st	0.64	0.64	48	48
GAC - 2nd	1.003	1.003	78	82
Mod. Ton	3.66	3.66	87	90
Kunstharz	1.5	1.5	84	87

Approximate Total Volume Extracted from GWM70:

L / min (average)	L / hour (average)	Total Hours	Total Volume (m^3)
9	540	1390	750.5

abor-Nr.		AP2256799	AP2256803	AP2257452	AP2258857	AP2259366	AP2260522	AP2260957	AP2262047	AP2263642	AP2264292	AP2265694	AP2266233	AP2267954	AP2268324	AP2269427	AP2270380	AP2271625
Bezeichnung		Infl_11102022	Infl-13102022	Infl_17102022	Infl_20102022	Infl_24102022	Infl_27102022	Infl_31102022	Infl_07112022	Infl_10112022	Infl_14112022	Infl_17112022	Infl_21112022	Infl_25112022	Inf_28112022	Infl_01122022	Infl_05122022	Infl_08122022
Datum		11.10.2022	11.10.2022	17.10.2022	20.10.2022	24.10.2022	27.10.2022	31.10.2022	10.11.2022	10.11.2022	14.11.2022	17/11/2022	21/11/2022	25.11.2022	28.11.2022	01.12.2022	05/12/2022	08/12/2022
Parameter	Einheit	GWM70 Zufluss																
PFNA	µg/l	0.66	0.72	0.71	0.73	0.67	0.67	0.68	0.72	0.69	0.74	0.68	0.76	0.8	0.77	0.76	0.85	0.78
PFOS	µg/l	15	13	14	15	13	10	11	9.6	8.8	9.4	12	9.6	10	9.1	7.9	8.8	7.9
PFOA	µg/l	0.74	0.81	0.59	0.58	0.67	0.61	0.63	0.71	0.72	0.66	0.54	0.75	0.69	0.68	0.81	0.72	0.79
PFHxS	µg/l	11	9.7	8.6	8.5	9	8.8	8	8.5	8.6	8.5	10	9.8	9.5	9.7	8.5	9.9	9.7
PFHxA	µg/l	1.4	1.4	1.3	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.5	1.7	1.6
PFBS	µg/l	0.36	0.38	0.36	0.37	0.39	0.4	0.43	0.5	0.5	0.54	0.56	0.59	0.65	0.67	0.66	0.69	0.75
PFBA	µg/l	0.34	0.34	0.31	0.38	0.3	0.28	0.29	0.3	0.29	0.3	0.3	0.31	0.32	0.31	0.3	0.34	0.31
PFDA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
H4PFOS	µg/l	1.4	1.5	1.3	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4	1.5	1.3	1.7	1.6	1.8	1.7	1.6	2.4	1.7
PFOSA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpS	µg/l	1	1.1	1.1	1.2	1	0.79	0.82	0.81	0.78	0.75	0.87	0.74	0.81	0.7	0.71	0.97	0.81
PFHpA	µg/l	0.37	0.39	0.33	0.33	0.3	0.28	0.31	0.35	0.34	0.3	0.3	0.36	0.36	0.37	0.39	0.36	0.43
PFPeA	µg/l	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1	1	1	0.95	0.96	0.93	0.95	0.98	1	0.92	1	0.94
Sum of PFAS	µg/l	33.47	30.54	29.7	30.79	29.03	25.43	25.76	25.29	24.57	24.85	29.28	26.96	27.51	26.7	24.05	27.73	25.71
Total	µg/l	33.48	30.55	29.71	30.8	29.04	25.44	25.77	25.3	24.58	24.86	29.29	26.97	27.52	26.71	24.06	27.74	25.72

Red values - non-detect (adopted half the lab detection limit for % calculations)
Blue compounds - the main PFAS compounds detected

Table A-3 - PFAS-Ergebnisse des Säulenversuchs und %- Reduzierung /
Column Test PFAS Results and % Reduction

Labor-Nr.		AP2266234	AP2267955	AP2268325	AP2269428	AP2270381	AP2271626	AP2266235	AP2267956	AP2268326	AP2269429	AP2270382	AP2271627
Bezeichnung		GAC_1_21112022	GAC_1_25112022	GAC_1_28112022	GAC_1_01122022	GAC_1_05122022	GAC_1_08122022	GAC_2_21112022	GAC_2_25112022	GAC_2_28112022	GAC_2_01122022	GAC_2_05122022	GAC_2_08122022
Datum		21/11/2022	25.11.2022	28.11.2022	01.12.2022	05/12/2022	08/12/2022	21/11/2022	25.11.2022	28.11.2022	01.12.2022	05/12/2022	08/12/2022
Parameter	Einheit	GAC - Säule 1						GAC - Säule 2					
PFNA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.016	0.036	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOS	µg/l	0.013	0.011	0.005	0.005	0.013	0.016	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.083	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.01
PFHxS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHxA	µg/l	0.005	0.026	0.015	0.005	0.01	0.11	0.005	0.017	0.005	0.005	0.054	0.048
PFBS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.026	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFBA	µg/l	0.005	0.12	0.15	0.19	0.31	0.42	0.005	0.01	0.005	0.005	0.093	0.094
PFDA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
M4PFOS	µg/l	0.011	0.012	0.005	0.005	0.026	0.12	0.005	0.021	0.005	0.005	0.018	0.019
PFOSA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.09	0.005	0.012	0.005	0.005	0.018	0.025
PFPeA	µg/l	0.005	0.043	0.018	0.005	0.07	0.26	0.005	0.017	0.005	0.005	0.086	0.075
Sum of PFAS - lab	µg/l	0.024	0.212	0.183	0.19	0.455	1.161	0	0.077	0	0	0.269	0.271

% reduction												
PFNA	99.3%	99.4%	99.4%	99.3%	98.1%	95.4%	99.3%	99.4%	99.4%	99.3%	99.4%	99.4%
PFOS	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.8%	99.9%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
PFOA	99.3%	99.3%	99.3%	99.4%	99.3%	89.5%	99.3%	99.3%	99.3%	99.4%	99.3%	98.7%
PFHxS	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
PFHxA	99.7%	98.4%	99.1%	99.7%	99.4%	93.1%	99.7%	98.9%	99.7%	99.7%	96.8%	97.0%
PFBS	99.2%	99.2%	99.3%	99.2%	99.3%	96.5%	99.2%	99.2%	99.3%	99.2%	99.3%	99.3%
PFBA	98.4%	62.5%	51.6%	36.7%	8.8%	-35.5%	98.4%	96.9%	98.4%	98.3%	72.6%	69.7%
PFDA	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
M4PFOS	99.3%	99.3%	99.7%	99.7%	98.9%	92.9%	99.7%	98.8%	99.7%	99.7%	99.3%	98.9%
PFOSA	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
PFHpS	99.3%	99.4%	99.3%	99.3%	99.5%	99.4%	99.3%	99.4%	99.3%	99.3%	99.5%	99.4%
PFHpA	98.6%	98.6%	98.6%	98.7%	98.6%	79.1%	98.6%	96.7%	98.6%	98.7%	95.0%	94.2%
PFPeA	99.5%	95.6%	98.2%	99.5%	93.0%	72.3%	99.5%	98.3%	99.5%	99.5%	91.4%	92.0%
Sum of PFAS - lab	99.9%	99.2%	99.3%	99.2%	98.4%	95.5%	100.0%	99.7%	100.0%	100.0%	99.0%	98.9%

Red values - non-detect (adopted half the lab detection limit for % calculations)
Blue compounds - the main PFAS compounds detected

Table A-3 - PFAS-Ergebnisse des Säulenversuchs und %- Reduzierung /
Column Test PFAS Results and % Reduction

AECOM

Labor-Nr.		AP2256801	AP2256806	AP2257454	AP2258859	AP2259359	AP2260525	AP2260960	AP2262050	AP2263645	AP2264295	AP2265697	AP2266236	AP2267957	AP2268327	AP2269430	AP2270383	AP2271628
Bezeichnung																		
Datum		11.10.2022	11.10.2022	17.10.2022	20.10.2022	24.10.2022	27.10.2022	31.10.2022	07.11.2022	10.11.2022	14.11.2022	17/11/2022	21/11/2022	25.11.2022	28.11.2022	01.12.2022	05/12/2022	08/12/2022
Parameter	Einheit	Mod. Ton - Säule 1																
PFNA	µg/l	0.005	0.017	0.011	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.044	0.024	0.019	0.02	0.01	0.01	0.034	0.036
PFOS	µg/l	0.033	0.1	0.016	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.029	0.018	0.012	0.011	0.005	0.01	0.005	0.042
PFOA	µg/l	0.005	0.018	0.005	0.024	0.005	0.025	0.005	0.005	0.012	0.062	0.039	0.022	0.022	0.012	0.011	0.015	0.035
PFHxS	µg/l	0.025	0.035	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHxA	µg/l	0.005	0.038	0.013	0.14	0.016	0.14	0.022	0.078	0.11	0.22	0.19	0.28	0.34	0.38	0.43	0.51	0.63
PFBS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.011	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFBA	µg/l	0.005	0.035	0.058	0.24	0.2	0.28	0.26	0.34	0.32	0.36	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32	0.78	0.35
PFDA	µg/l	0.005	0.02	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.023	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.021
4APFOS	µg/l	0.013	0.081	0.052	0.25	0.025	0.2	0.033	0.055	0.051	0.23	0.22	0.086	0.078	0.049	0.027	0.092	0.14
PFOSA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpA	µg/l	0.005	0.025	0.005	0.081	0.005	0.078	0.005	0.014	0.016	0.052	0.033	0.016	0.015	0.011	0.005	0.013	0.037
PFPeA	µg/l	0.005	0.03	0.012	0.12	0.14	0.28	0.31	0.59	0.65	0.82	0.75	0.86	0.89	0.93	0.9	1	1.1
Sum of PFAS - lab	µg/l	0.071	0.399	0.162	0.855	0.381	1.003	0.625	1.077	1.159	1.851	1.604	1.625	1.706	1.712	1.708	2.424	2.391
% reduction																		
PFNA		99.2%	97.6%	98.5%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	94.1%	96.5%	97.5%	97.5%	98.7%	98.7%	98.4%	95.4%
PFOS		99.8%	99.2%	99.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.7%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.5%
PFOA		99.3%	97.8%	99.2%	95.9%	99.3%	95.9%	99.2%	99.3%	98.3%	90.6%	92.8%	97.1%	96.8%	98.2%	98.6%	97.9%	95.6%
PFHxS		99.8%	99.6%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
PFHxA		99.6%	97.3%	99.0%	88.3%	98.8%	88.3%	98.3%	94.4%	92.1%	84.3%	86.4%	81.3%	78.8%	77.6%	71.3%	70.0%	60.6%
PFBS		98.6%	98.7%	98.6%	98.6%	98.7%	98.8%	98.8%	99.0%	99.0%	98.0%	99.1%	99.2%	99.2%	99.3%	99.2%	99.3%	99.3%
PFBA		98.5%	89.7%	81.3%	36.8%	33.3%	0.0%	10.3%	-13.3%	-10.3%	-20.0%	-10.0%	-6.5%	-3.1%	-3.2%	-6.7%	-129.4%	-12.9%
PFDA		0.0%	-300.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-360.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	-320.0%
4APFOS		99.1%	94.6%	96.0%	82.1%	98.1%	85.7%	97.5%	96.1%	96.6%	82.3%	87.1%	94.6%	95.7%	97.1%	98.3%	96.2%	91.8%
PFOSA		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
PFHpS		99.5%	99.5%	99.5%	99.6%	99.5%	99.4%	99.4%	99.4%	99.4%	99.3%	99.4%	99.3%	99.4%	99.3%	99.3%	99.5%	99.4%
PFHpA		98.6%	93.6%	98.5%	75.5%	98.3%	72.1%	98.4%	96.0%	95.3%	82.7%	89.0%	95.6%	95.8%	97.0%	98.7%	96.4%	91.4%
PFPeA		99.6%	97.5%	98.9%	89.1%	87.3%	72.0%	69.0%	41.0%	31.6%	14.6%	13.4%	9.5%	9.2%	7.0%	2.2%	0.0%	-17.0%
Sum of PFAS - lab		99.8%	98.7%	99.5%	97.2%	98.7%	96.1%	97.6%	95.7%	95.3%	92.6%	94.5%	94.0%	93.8%	93.6%	92.9%	91.3%	90.7%

Red values - non-detect (adopted half the lab detection limit for % calculations)
Blue compounds - the main PFAS compounds detected

Table A-3 - PFAS-Ergebnisse des Säulenversuchs und %- Reduzierung /
Column Test PFAS Results and % Reduction

AECOM

Labor-Nr.		AP2258807	AP2259190	AP2259193	AP2259370	AP2260526	AP2260961	AP2262051	AP2263846	AP2264296	AP2265658	AP2266237	AP2267958	AP2268328	AP2269431	AP2270384	AP2271629
Bezeichnung																	
Datum		11.10.2022	17.10.2022	20.10.2022	24.10.2022	27.10.2022	31.10.2022	07.11.2022	10.11.2022	14.11.2022	17/11/2022	21/11/2022	25.11.2022	28.11.2022	01.12.2022	05/12/2022	08/12/2022
Parameter	Einheit	Mod. Ton - Säule 2															
PFNA	µg/l	0.037	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.01	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOS	µg/l	0.21	0.005	0.005	0.005	0.011	0.005	0.005	0.005	0.005	0.012	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOA	µg/l	0.033	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.012	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHxS	µg/l	0.14	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHxA	µg/l	0.049	0.005	0.015	0.005	0.012	0.005	0.005	0.005	0.012	0.005	0.005	0.005	0.01	0.019	0.025	0.044
PFBS	µg/l	0.027	0.005	0.023	0.005	0.017	0.005	0.005	0.005	0.017	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFBA	µg/l	0.02	0.005	0.01	0.031	0.067	0.11	0.24	0.25	0.29	0.29	0.32	0.33	0.33	0.32	0.35	0.37
PFDA	µg/l	0.03	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
4APFOS	µg/l	0.036	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOSA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpS	µg/l	0.013	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpA	µg/l	0.024	0.005	0.012	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFPeA	µg/l	0.052	0.005	0.016	0.005	0.016	0.005	0.057	0.089	0.18	0.19	0.31	0.4	0.47	0.5	0.61	0.72
Sum of PFAS - lab	µg/l	0.671	0	0.076	0.031	0.133	0.11	0.297	0.339	0.521	0.492	0.63	0.73	0.81	0.839	0.985	1.134
% reduction																	
PFNA		94.4%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	98.6%	99.3%	99.3%	99.4%	99.4%	99.3%	99.4%	99.4%
PFOS		98.6%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%
PFOA		95.5%	99.2%	99.1%	99.3%	99.2%	99.2%	99.3%	99.3%	98.2%	99.1%	99.3%	99.3%	99.3%	99.4%	99.3%	99.4%
PFHxS		98.7%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
PFHxA		96.5%	99.6%	98.8%	99.6%	99.0%	99.6%	99.6%	99.6%	99.1%	99.6%	99.7%	99.7%	99.4%	98.7%	98.5%	97.3%
PFBS		92.5%	98.6%	93.8%	98.7%	95.8%	98.8%	99.0%	99.0%	96.9%	99.1%	99.2%	99.2%	99.2%	99.2%	99.3%	99.3%
PFBA		94.1%	98.4%	97.4%	89.7%	76.1%	62.1%	20.0%	13.8%	3.3%	3.3%	-3.2%	-3.1%	-3.1%	-6.7%	-2.9%	-19.4%
PFDA		-500.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4APFOS		97.4%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.7%	99.6%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%	99.8%	99.7%
PFOSA		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
PFHpS		98.7%	99.5%	99.6%	99.5%	99.4%	99.4%	99.4%	99.4%	99.3%	99.4%	99.3%	99.4%	99.4%	99.3%	99.5%	99.4%
PFHpA		93.5%	98.5%	96.4%	98.3%	98.2%	98.4%	98.6%	98.5%	98.3%	98.3%	98.6%	98.6%	98.6%	98.7%	98.6%	98.8%
PFPeA		95.7%	99.5%	98.5%	99.5%	98.4%	99.5%	94.3%	90.6%	81.3%	79.6%	67.4%	59.2%	52.0%	45.7%	39.0%	23.4%
Sum of PFAS - lab		98.0%	100.0%	99.8%	99.9%	99.5%	99.6%	98.8%	98.6%	97.9%	98.3%	97.7%	97.3%	97.1%	96.5%	96.4%	95.6%

Red values - non-detect (adopted half the lab detection limit for % calculations)
Blue compounds - the main PFAS compounds detected

Table A-3 - PFAS-Ergebnisse des Säulenversuchs und %- Reduzierung /
Column Test PFAS Results and % Reduction

AECOM

Labor-Nr.		AP2256802	AP2256808	AP2257455	AP2258860	AP2259371	AP2260527	AP2260962	AP2262052	AP2263647	AP2264297	AP2265899	AP2266238	AP2267959	AP2268329	AP2269432	AP2270385	AP2271830
Bezeichnung																		
Datum		31.10.2022	31.10.2022	17.10.2022	28.10.2022	24.10.2022	27.10.2022	31.10.2022	07.11.2022	10.11.2022	14.11.2022	17/11/2022	21/11/2022	25.11.2022	28.11.2022	01.12.2022	05/12/2022	08/12/2022
Parameter	Einheit	Kunsthaus - Säule 1																
PFNA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOS	µg/l	0.005	0.012	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHxS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHxA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.014	0.018	0.026
PFBS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFBA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.012	0.033	0.077	0.2	0.22	0.28	0.38	0.34	0.35	0.36	0.34	0.77	0.38
PFDA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
4HPFOS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOSA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFPeA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.021	0.03	0.054	0.069	0.13	0.18	0.24	0.28	0.37	0.48
Sum of PFAS - lab	µg/l	0	0.012	0	0	0.012	0.033	0.077	0.221	0.25	0.334	0.449	0.47	0.53	0.6	0.634	1.158	0.886
% reduction																		
PFNA		99.2%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.4%	99.4%	99.3%	99.4%	99.4%
PFOS		100.0%	99.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	100.0%	99.9%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
PFOA		99.3%	99.4%	99.2%	99.1%	99.3%	99.2%	99.2%	99.3%	99.3%	99.2%	99.1%	99.3%	99.3%	99.3%	99.4%	99.3%	99.4%
PFHxS		100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
PFHxA		99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.7%	99.7%	99.7%	99.1%	98.9%	98.4%
PFBS		98.6%	98.7%	98.6%	98.6%	98.7%	98.8%	98.8%	99.0%	99.0%	99.1%	99.1%	99.2%	99.2%	99.3%	99.2%	99.3%	99.3%
PFBA		98.5%	98.5%	98.4%	98.7%	96.0%	88.2%	73.4%	33.3%	24.1%	6.7%	-26.7%	-9.7%	-9.4%	-16.1%	-13.3%	-126.5%	-22.6%
PFDA		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4HPFOS		99.6%	99.7%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.7%	99.6%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%	99.8%	99.7%
PFOSA		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
PFHpS		99.5%	99.5%	99.5%	99.6%	99.5%	99.4%	99.4%	99.4%	99.4%	99.3%	99.4%	99.3%	99.4%	99.3%	99.3%	99.5%	99.4%
PFHpA		98.6%	98.7%	98.5%	98.5%	98.3%	98.2%	98.4%	98.6%	98.5%	98.3%	98.3%	98.6%	98.6%	98.6%	98.7%	98.6%	98.8%
PFPeA		99.6%	99.6%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	97.9%	96.8%	94.4%	92.6%	86.3%	81.6%	76.0%	69.6%	63.0%	48.9%
Sum of PFAS - lab		100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.7%	99.1%	99.0%	98.7%	98.5%	98.3%	98.1%	97.8%	97.4%	95.8%	96.6%

Red values - non-detect (adopted half the lab detection limit for % calculations)
Blue compounds - the main PFAS compounds detected

Table A-3 - PFAS-Ergebnisse des Säulenversuchs und %- Reduzierung /
Column Test PFAS Results and % Reduction

AECOM

Labor-Nr.		AP2256805	AP2259191	AP2259194	AP2259372	AP2260528	AP2260863	AP2262053	AP2263648	AP2264298	AP2265700	AP2266233	AP2267980	AP2268330	AP2269433	AP2270386	AP2271631
Bezeichnung																	
Datum		11.10.2022	17.10.2022	20.10.2022	24.10.2022	27.10.2022	31.10.2022	07.11.2022	09.11.2022	14.11.2022	17/11/2022	21/11/2022	25.11.2022	28.11.2022	01.12.2022	08/12/2022	08/12/2022
Parameter	Einheit	Kurnithart - Säule 2															
PFNA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHxS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHxA	µg/l	0.017	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFBS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFBA	µg/l	0.011	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.013	0.03	0.035	0.08	0.13	0.17	0.18	0.25	0.28
PFDA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
4APFOS	µg/l	0.038	0.005	0.045	0.005	0.026	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFOSA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpS	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFHpA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
PFPeA	µg/l	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Sum of PFAS - lab	µg/l	0.066	0	0.045	0	0	0	0	0	0.03	0.035	0.08	0.13	0.17	0.18	0.25	0.28

% reduction																
PFNA	99.2%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.3%	99.4%	99.4%	99.3%	99.4%	99.4%
PFOS	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	100.0%	99.9%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
PFOA	99.3%	99.2%	99.1%	99.3%	99.2%	99.2%	99.3%	99.3%	99.2%	99.1%	99.3%	99.3%	99.3%	99.4%	99.3%	99.4%
PFHxS	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
PFHxA	98.8%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.6%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%
PFBS	98.6%	98.6%	98.6%	98.7%	98.8%	98.8%	99.0%	99.0%	99.1%	99.1%	99.2%	99.2%	99.3%	99.2%	99.3%	99.3%
PFBA	96.8%	98.4%	98.7%	98.3%	98.2%	98.3%	98.3%	95.5%	90.0%	88.3%	74.2%	59.4%	45.2%	40.0%	26.5%	9.7%
PFDA	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4APFOS	97.3%	99.6%	96.8%	99.6%	98.1%	99.6%	99.6%	99.7%	99.6%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%	99.7%	99.8%	99.7%
PFOSA	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
PFHpS	99.5%	99.5%	99.6%	99.5%	99.4%	99.4%	99.4%	99.4%	99.3%	99.4%	99.3%	99.4%	99.3%	99.3%	99.5%	99.4%
PFHpA	98.6%	98.5%	98.5%	98.3%	98.2%	98.4%	98.6%	98.5%	98.3%	98.3%	98.6%	98.6%	98.6%	98.7%	98.6%	98.8%
PFPeA	99.6%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%	99.5%
Sum of PFAS - lab	99.8%	100.0%	99.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.7%	99.5%	99.4%	99.3%	99.1%	98.9%

Red values - non-detect (adopted half the lab detection limit for % calculations)
Blue compounds - the main PFAS compounds detected

Grafiken

Grafik 1 PFAS-Konzentrationen – Zulauf (GWM70)

Grafik 2 PFAS-Konzentration – GAC (Säule 1)

Grafik 3 PFAS-Konzentration – GAC (Säule 2)

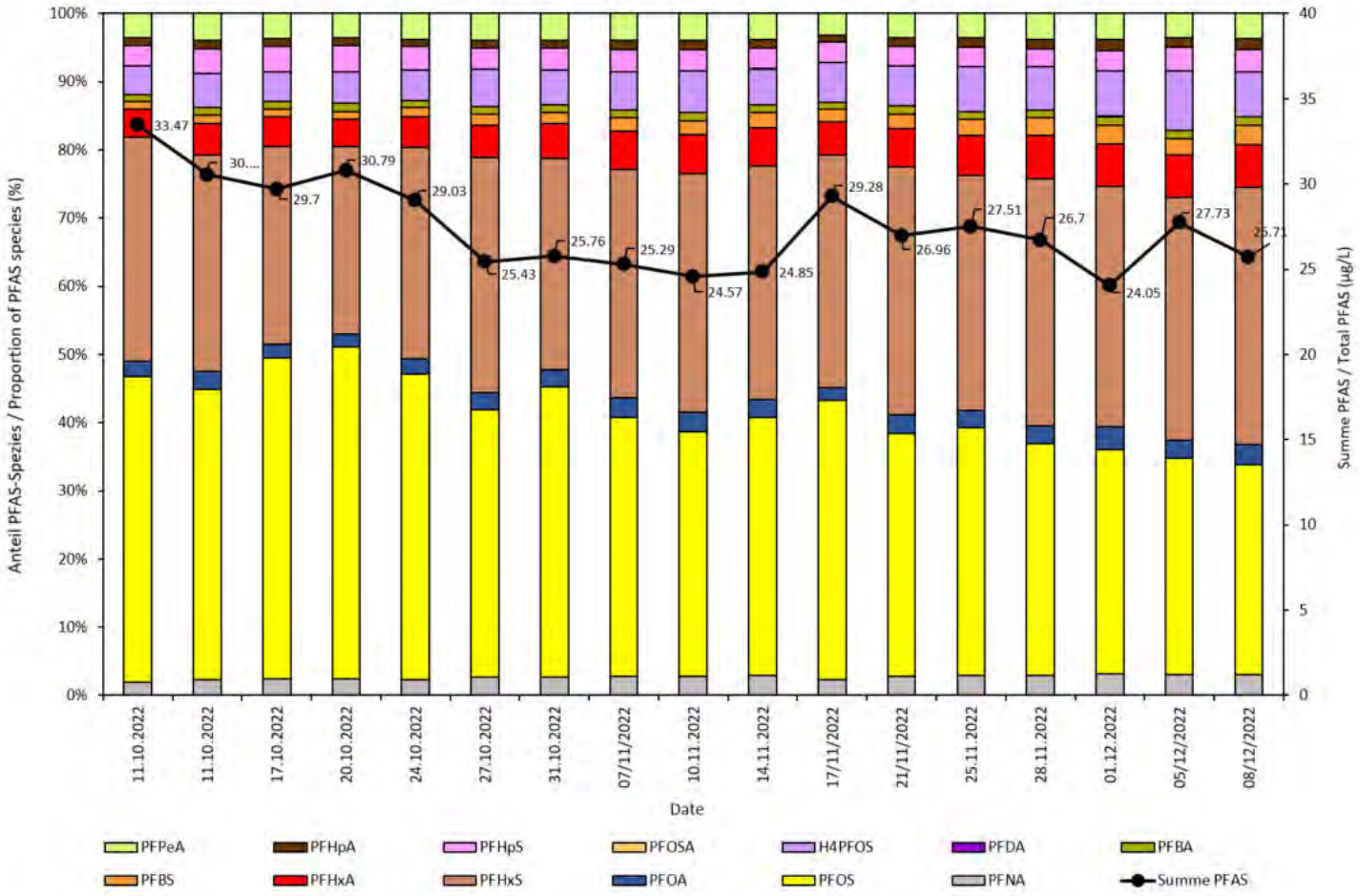
Grafik 4 PFAS-Konzentration – Modifizierter Ton (Säule 1)

Grafik 5 PFAS-Konzentration – Modifizierter Ton (Säule 2)

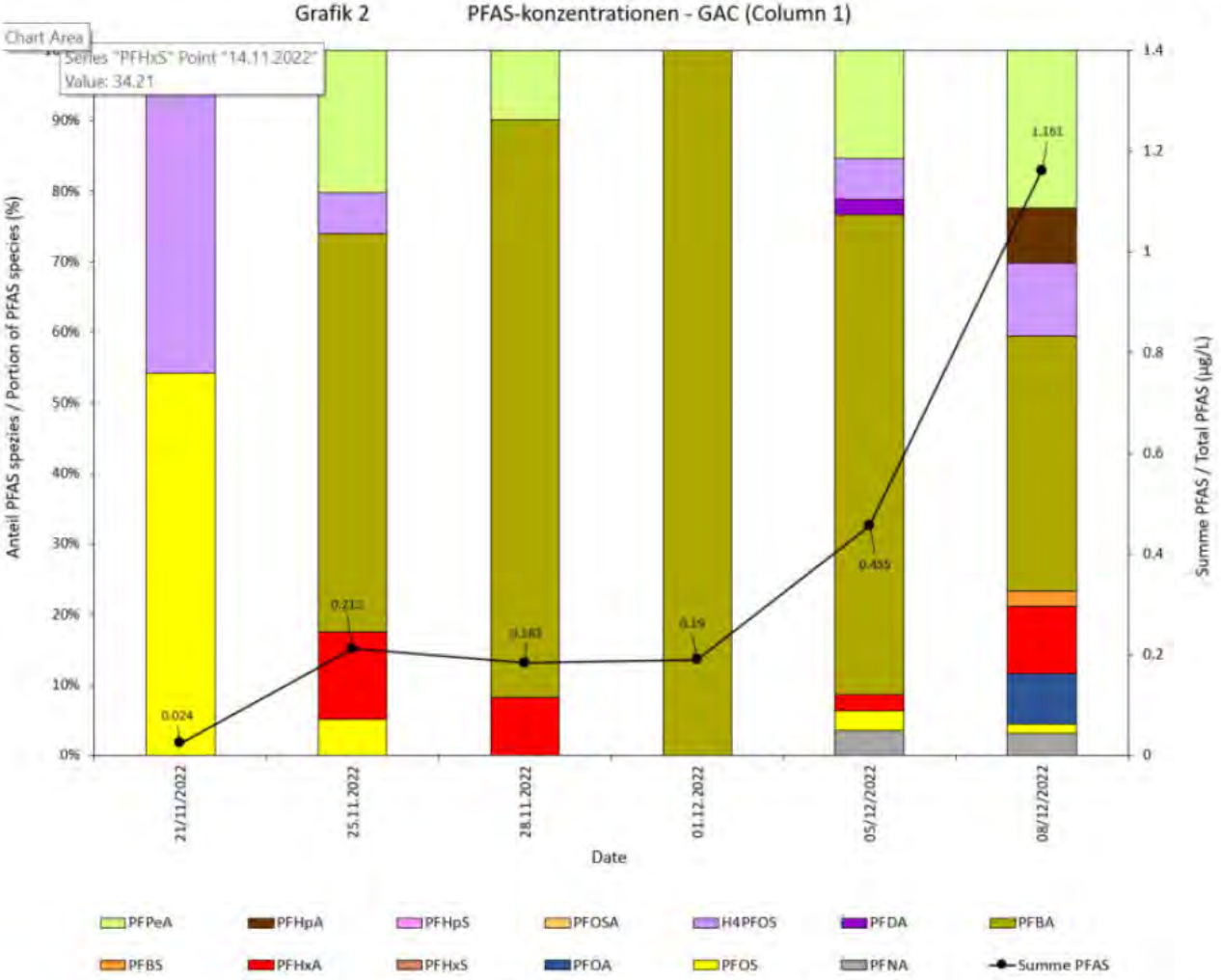
Grafik 6 PFAS-Konzentration – Kunstharz (Säule 1)

Grafik 7 PFAS-Konzentration – Kunstharz (Säule 2)

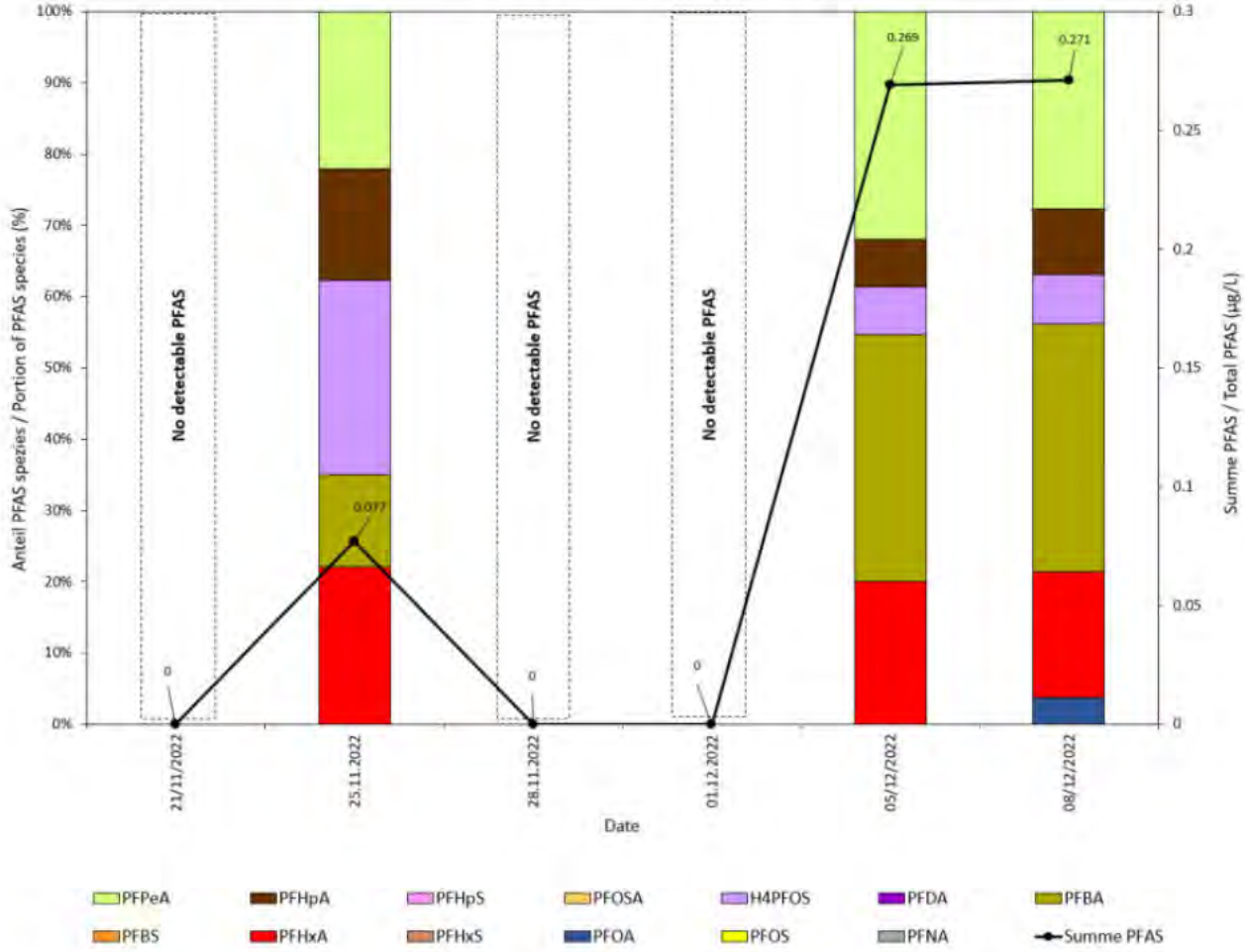
Grafik 1 PFAS-konzentrationen - Zulauf (GWM70)



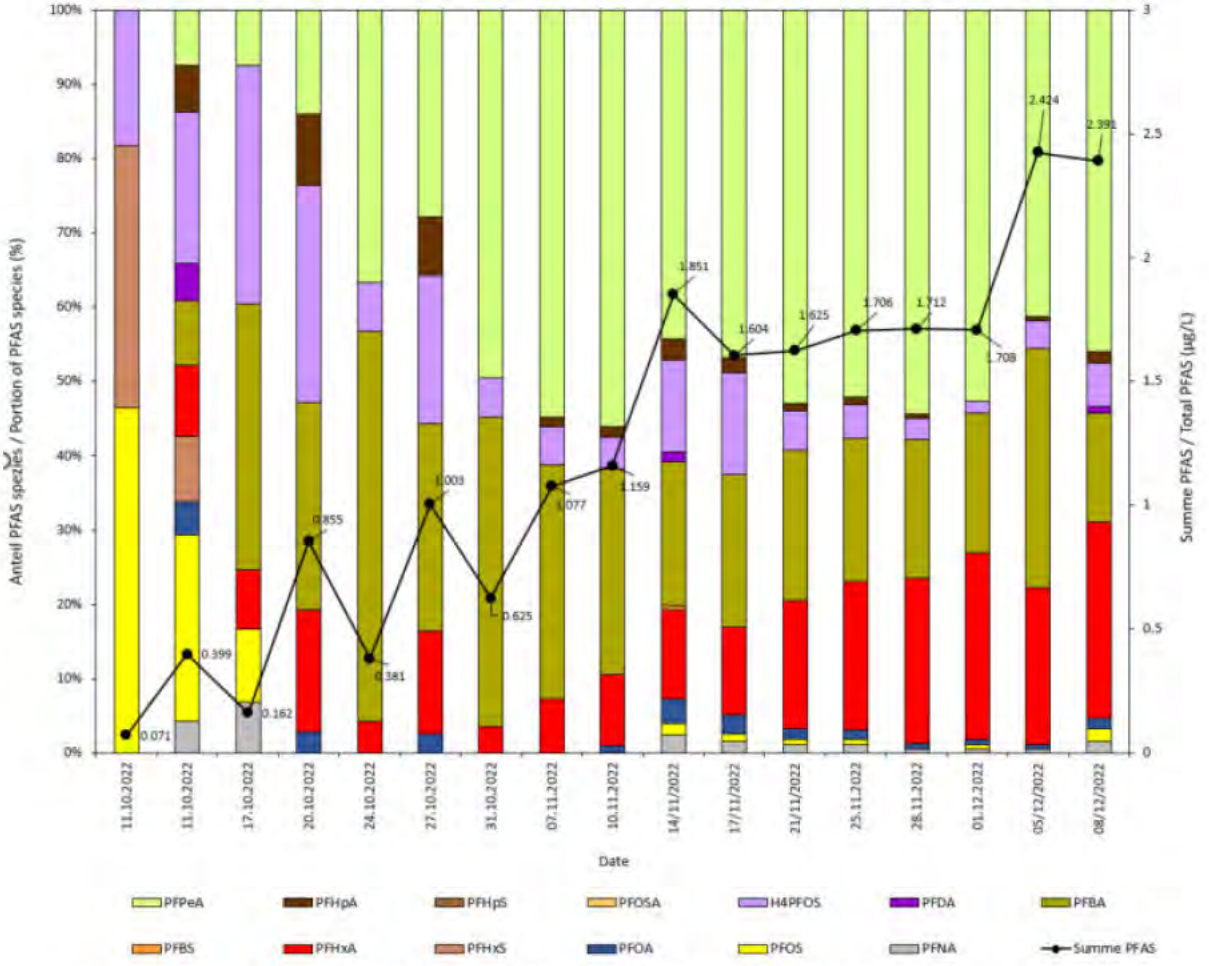
Grafik 2 PFAS-konzentrationen - GAC (Column 1)



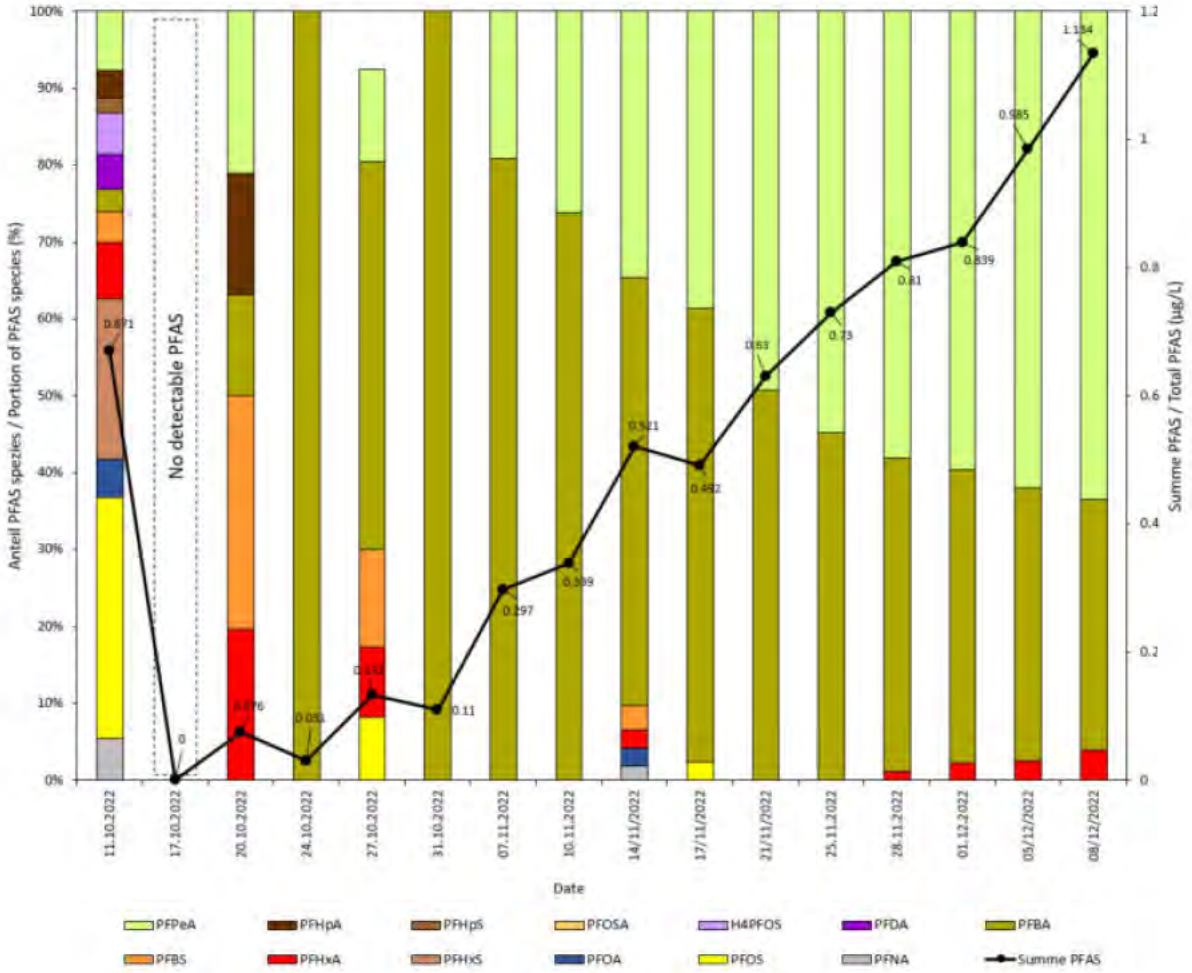
Grafik 3 PFAS-konzentrationen - GAC (Column 2)



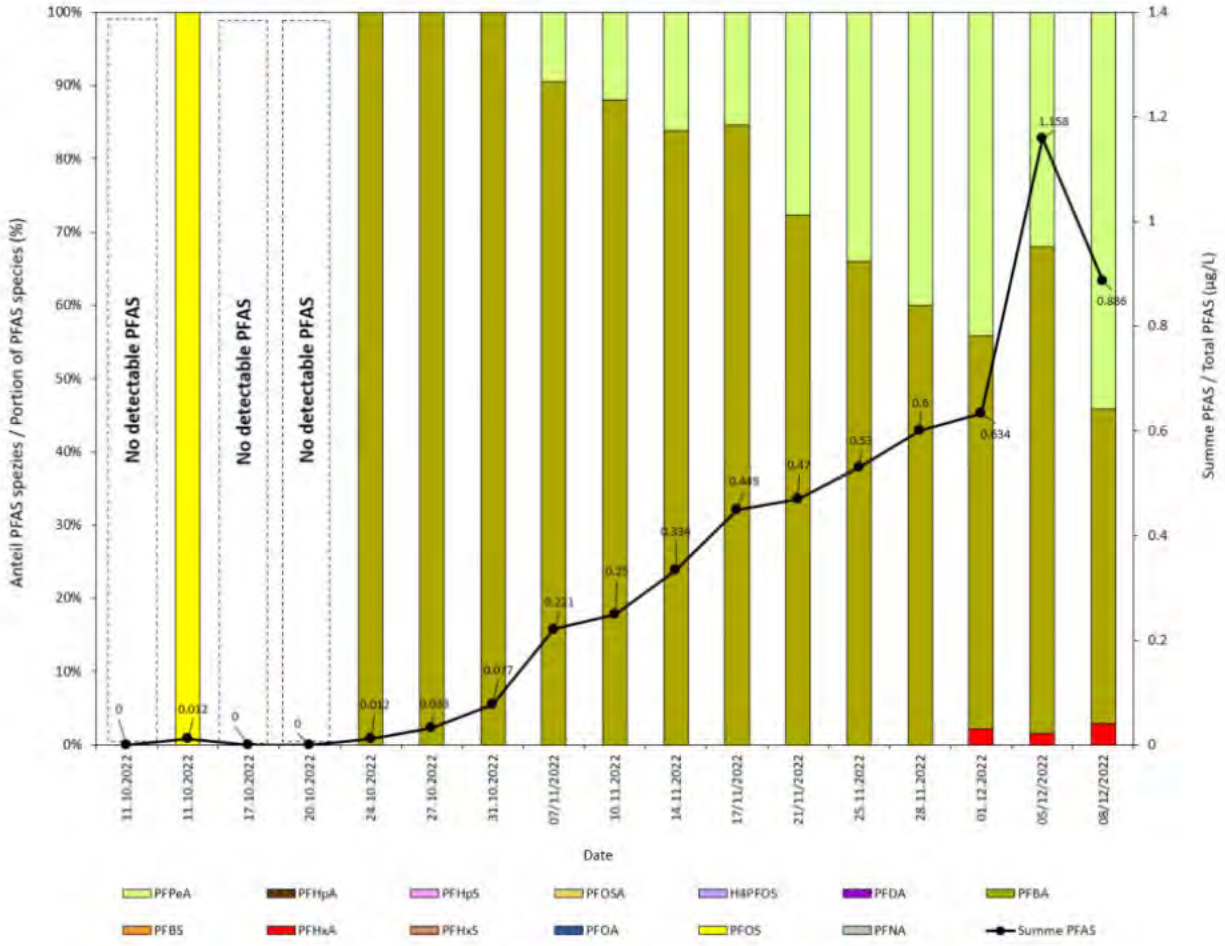
Grafik 4 PFAS-konzentrationen - Mod. Ton (Column 1)



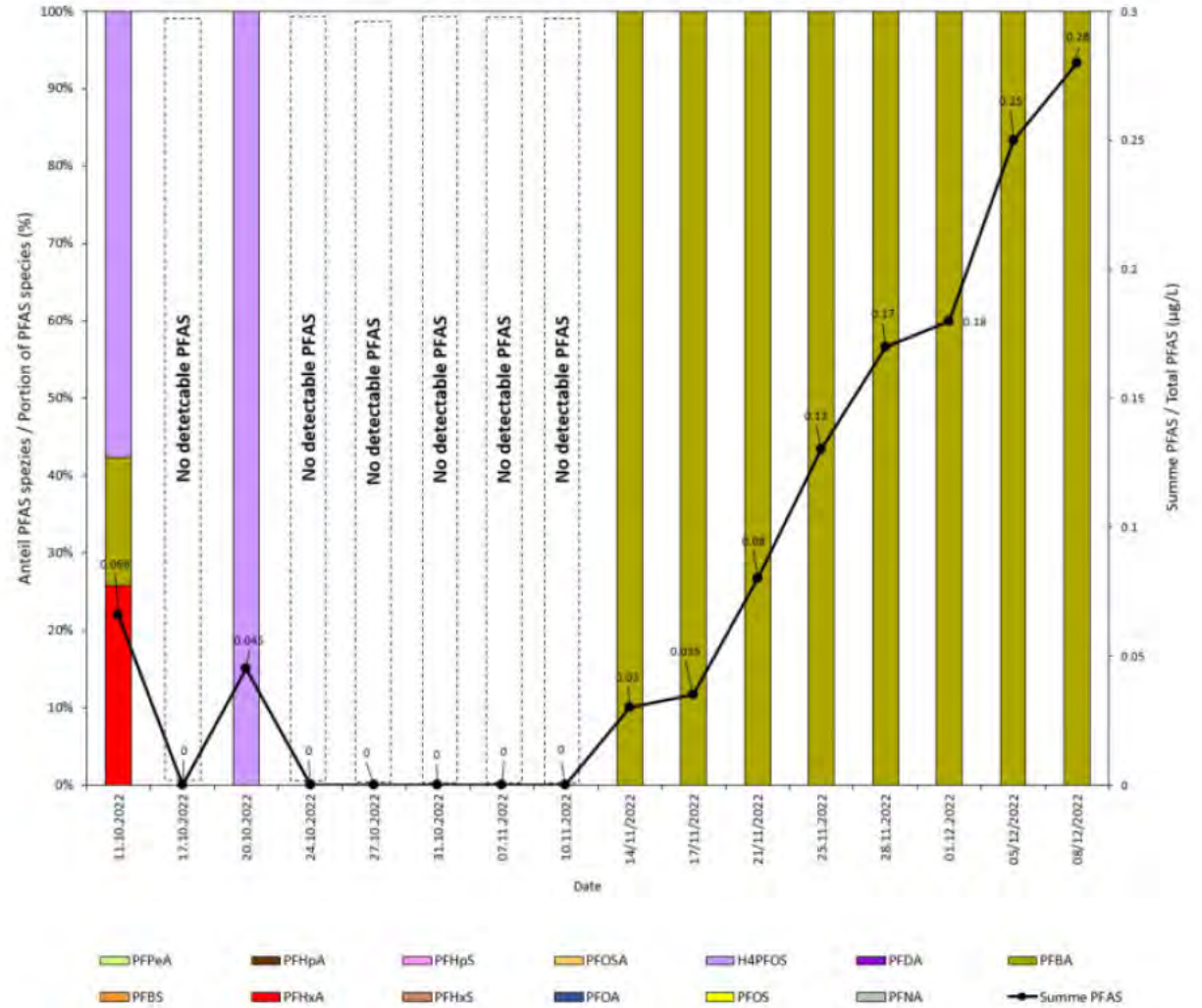
Grafik 5 PFAS-konzentrationen - Mod. Ton (Column 2)



Grafik 6 PFAS-konzentrationen - Kunstharz (Column 1)



Grafik 7 PFAS-konzentrationen - Kunstharz (Column 2)



Anhänge

Anhang A:

Probenahmeprotokolle

CCAN104 COLUMN TESTS - SAMPLING DETAILS

		1 03	1 13	2 03	2 13	3 03	3 13	After AK1	Outflow	
								while pump is running		
Date	Time	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	bar	
11.10.2022	13:30	0	0	0,3	0,4	0,6	0			
13.10.2022	0,5	0	0	0,2	0,3	0,6	0,2			
17.10.22	13:15	0	0	0 - 0,2	0 - 0,2	0,2 - 0,4	0 - 0,4			
20.10.22	12:00	0	0	0 - 0,2	0 - 0,2	0,2 - 0,4	0 - 0,4	1	–	
24.10.22	10:30	0	0	"	"	"	"	1	–	
27.10.22	10:30	0	0	"	"	"	"	1	–	
31.10.22	10:30	"	"	"	"	0 - 0,4	0 - 0,4	1	–	
03.11.22	10:30	"	"	"	"	0,4 - 0,6	"	1	–	
07.11.22	10:30	"	"	0 - 0,6	"	"	"	1	–	
10.11.22	09:30	"	"	0,2 - 0,6	"	0,6	"	1	–	
14.11.22	11:00	"	"	0,2 - 0,7	0,2 - 0,4	0,6	0 - 0,5	(0,25 (off))	–	11:25 PST
17.11.22	10:30	"	"	"	"	0,5 - 0,6	"	(0,25 (off))	–	
21.11.22	10:23	"	"	0 - 0,7	0 - 0,2	0,4 - 0,5	0 - 0,3	1 (on)	–	
25.11.22	10:21	"	"	0 - 0,8	0 - 0,3	"	"	1	–	
28.11.22	12:30	"	"	0 - 0,8	0 - 0,3	0,4 - 0,6	0 - 0,3	1	–	
1.12.22	9.45	"	"	0 - 0.9	0 - 0.3	0.4 - 0.6	0 - 0.3	1	–	
05.12.22	11:30	"	"	0 - 1	"	"	"	"	"	
08.12.22	11:00	"	"	"	"	"	"	"	"	

[illegible]		GAC_1_XXXX2022		GAC_2_XXXX2022		FS_1_XXXX2022		FS_2_XXXX2022		Pur_1_XXXX2022		Pur_2_XXXX2022		Water Treatment Plant (once a week)			
		First column		Second column		First column		Second column		First column		Second column		F2.01_XXXX22		F2.02_XXXX22	
														Arbeitsfilter		Polizeifilter	
Date	Time	Date	Time	Date	Time	Date	Time	Date	Time	Date	Time	Date	Time	Date	Time	Date	Time
11.10.22	13:30	11.10.22	13:30			11.10.22	13:30			13.10.22	13:30						
12.10.22	12:00	13.10.22	17:00	13.10.22	12:00	13.10.22	12:00	13.10.22	12:00	13.10.22	12:00	13.10.22	17:00	13.10.22	17:00	13.10.22	12:00
17.10.22	12:50	17.10.22	12:52	17.10.22	12:54	17.10.22	12:56	17.10.22	12:58	17.10.22	12:58	17.10.22	12:58	NA	NA	NA	NA
20.10.22	12:00	20.10.22	12:00	20.10.22	12:00	20.10.22	12:00	20.10.22	12:00	20.10.22	12:00	20.10.22	12:00	20.10.22	12:00	20.10.22	12:00
24.10.22	10:30	24.10.22	10:30	24.10.22	10:30	24.10.22	10:30	24.10.22	10:30	24.10.22	10:30	24.10.22	10:30	NA	NA	NA	NA
27.10.22	10:30	27.10.22	10:30	27.10.22	10:30	27.10.22	10:30	27.10.22	10:30	27.10.22	10:30	27.10.22	10:30	27.10.22	10:30	27.10.22	10:30
31.10.22	10:30	31.10.22	10:30	31.10.22	10:30	31.10.22	10:30	31.10.22	10:30	31.10.22	10:30	31.10.22	10:30	NA	NA	NA	NA
03.11.22	10:30	03.11.22	10:30	03.11.22	10:30	03.11.22	10:30	03.11.22	10:30	03.11.22	10:30	03.11.22	10:30	03.11.22	10:30	03.11.22	10:30
07.11.22	10:30	07.11.22	10:30	07.11.22	10:30	07.11.22	10:32	07.11.22	10:34	07.11.22	10:36	07.11.22	10:38	NA	NA	NA	NA
10.11.22	09:30	10.11.22	09:32	10.11.22	09:34	10.11.22	09:36	10.11.22	09:38	10.11.22	09:40	10.11.22	09:40	10.11.22	09:45	10.11.22	09:48
14.11.22	~~14:00~~ 18:56	14.11.22	~~14:00~~ 10:57	14.11.22	10:50	14.11.22	10:51	14.11.22	10:53	14.11.22	10:55	14.11.22	10:57	NA	NA	NA	NA
17.11.22	10:38	17.11.22	10:42	17.11.22	10:45	17.11.22	10:51	17.11.22	10:53	17.11.22	10:57	17.11.22	10:59	17.11.22	11:15	17.11.22	11:18
21.11.22	10:48	21.11.22	10:55	21.11.22	10:58	21.11.22	11:00	21.11.22	11:02	21.11.22	11:04	21.11.22	11:06	~~21.11~~ NA	NA	NA	NA
25.11.22	10:44	25.11.22	10:49 *	25.11.22	10:54	25.11.22	10:56	25.11.22	10:58	25.11.22	11:00	25.11.22	11:02	25.11.22	10:32	25.11.22	10:34
28.11.22	12:35	28.11.22	12:40	28.11.22	12:45	28.11.22	12:48	28.11.22	12:51	28.11.22	12:55	28.11.22	12:57	28.11.22	12:59	NA	NA
1-12-22	9.50	1-12-22	10.00	1-12-22	10.00	1.12.22	10.05	1.12.22	10.05	1.12.22	10.10	1.12.22	10.10	1.12.22	10.15	1.12.22	10.15
05.12.22	11.45	05.12.22	11.48	05.12.22	11.51	05.12.22	11.53	05.12.22	11.56	05.12.22	11.58	05.12.22	12.01	NA	NA	NA	NA
08.12.22	11:00	08.12.22	11:10	08.12.22	11:10	08.12.22	11:15	08.12.22	11:15	08.12.22	11:20	08.12.22	11:20	08.12.22	11:30	08.12.22	11:30

* 10:50 Bus 100

Date	Time	Flow rate L/min	GAC Date	GAC Time	GAC Volume m3	GAC Flow rate L/min
11.10.22	13:25	9,7	11.10.22	13:25	0,0184	0,114
13.10.22	12:00		13.10.22	12:00	0,335	0,114
17.10.22	13:00	12	17.10.22	13:00	1,001	0,114
20.10.22	12:00	13	20.10.22	12:00	1,484	0,114
24.10.22	10:45	13	24.10.22	10:45	2,135	0,114
27.10.22	10:35	11,5	27.10.22	10:30	2,627	0,114
31.10.22	10:30	9,11	31.10.22	10:30	3,294	0,114
03.11.22	10:30	8,80	03.11.22	10:30	3,786	0,114
07.11.22	10:30	9	07.11.22	10:32	4,446	0,114
10.11.22	10:00		10.11.22	10:00	4,932	0,114
14.11.22			14.11.22	11:07	5,600	0,114
17.11.22			17.11.22	11:07	6,092	0,114
18.11.22	14:00		18.11.22	14:00	0	0,228
21.11.22			21.11.22	10:29	0,937	0,228
25.11.22			25.11.22	10:25	2,251	0,228
28.11.22	12:17	9	28.11.22	12:20	3,263	0,228
1.12.22	10:20		1.12.22	10:20	4,223	0,228
05.12.22	12:00	9	05.12.22	11:45	5,555	0,228
08.12.22	11:30	9	08.12.22	11:30	6,526	0,128

FS Date	FS Time	FS Volume m3	FS Flow rate L/min	Pur Date	Pur Time	Pur Volume m3	Pur Flow rate L/min
11.10.22	13:25	0,0457	0,286	11.10.22	13:25	0,0656	0,406
13.10.22	12:00	0,843	0,286	13.10.22	12:00	1,197	0,406
17.10.22	13:00	2,517	0,286	17.10.22	13:00	3,571	0,406
20.10.22	12:00	3,728	0,286	20.10.22	12:00	5,296	0,406
24.10.22	10:45	5,362	0,286	24.10.22	12:45	7,623	0,406
27.10.22	10:30	6,594	0,286	27.10.22	12:20	9,378	0,408
31.10.22	10:30	8,266	0,286	31.10.22	10:30	1,762 ??	0,408
03.11.22	10:30	9,500	0,286	03.11.22	10:32	3512	0,408
07.11.22	10:34	1,155	0,286	07.11.22	10:36	5875	0,408
10.11.22	10:00	2373	0,286	10.11.22	10:00	7,610	0,408
14.11.22	11:10	4,053	0,286	14.11.22	11:11	0,00341	0,408
17.11.22	11:08	5,290	0,286	17.11.22	11:09	1,765	0,408
← GAC replaced in columns.							
21.11.22	10:29	6,93	0,286	21.11.22	10:30	4,100	0,408
25.11.22	10:25	8,579	0,286	25.11.22	10:26	6,449	0,408
28.11.22	12:21	9,850	0,286	28.11.22	12:23	8,259	0,408
1.12.22	10:21	1,055	0,286	1.12.22	10:22	9,976	0,408
05.12.22	11:45	2,727	0,286	05.12.22	11:45	2,358	0,408
08.12.22	11:30	3,947	0,286	08.12.22	11:30	4,095	0,408

Outflow P&T Date	Time	Volume m3	Flow rate L/min
11.10.22	13:25	13386	
13.10.22	12:00	13413	60
20.10.22	12:00	13501	110
24.10.22	12:45	13554	105
27.10.22	12:20	13593	105
31.10.22	10:40	13647	4
03.11.22	10:40	13687	4
07.11.22	10:40	13741	4
10.11.22	10:00	13781	4
14.11.22	11:25	13835	0
17.11.22	11:10	13875	0
21.11.22	10:31	13926	0
25.11.22	10:28	13971	116
28.11.22	10:30	14008	117
1.12.22	10:30	14040	
05.12.22	11:50	14089	
08.12.22	11:30	14	

— 117 [illegible]
— (11: 117

Pressure (bar)

Baro \ Date	11.10	13.10.22
1.03	0,0	0,0
1.13	0,0	0,0
2.03	0,[illegible]	0,2
2.13	0,4	0,3
3.03	0,6	0,6
3.13	0,0	0,2

comments:

- 31.10.22 Pur volume seems to have been reseted.
- 07.11.22 FS seems to be reseted after 10.000 [illegible]
- FS + Pur colums shut-off on 8.12.22 at 11:

Anhang B

Laborberichte (auf CD)

AECOM International, Inc.
Straßburger Alle 2-4
67657 Kaiserslautern
Neu-Isenburg
Deutschland

T: +49 (0)631 71069-400
F: +49 (0)69 2717 9801
aecom.com

AECOM International, Inc.
Straßburger Alle 2-4
67657 Kaiserslautern
Neu-Isenburg
Deutschland

T: +49 (0)631 71069-400
F: +49 (0)69 2717 9801
aecom.com