



wood.

Wood E&IS GmbH
Ostendstr. 153
90482 Nürnberg
Germany
+49 (0)69 756007 0
www.woodplc.com

Siemens AG
SRE DP PMM CP
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München
Vergabe Nr.: PO9500018812
November 2020
Projekt Nr.: 581280011G

Siemens Campus Erlangen (SCE)
Orientierende Altlastenuntersuchung Modul 8

Bericht für

Siemens AG
Siemens Real Estate
SRE DP PMM CP
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München

Erstellt von



Iris Ulsamer
Environmental Consultant

Geprüft durch



Dr. Matthias Kukulus
Projektleiter

Freigegeben von



Marc Söllner
Sachverständiger nach §18 BBodSchG, SG 5 (Sanierung)

Wood

Urheberrecht und Geheimhaltungspflicht

Inhalt und Layout dieses Berichts unterliegen Woods Urheberrecht (© Wood E&IS GmbH). Dieser Bericht darf nicht kopiert oder für andere Zwecke als für den im Bericht angegebenen genutzt werden. Alle Informationen in diesem Bericht bezüglich unserer Methodik werden vertraulich zur Verfügung gestellt und dürfen ohne Wood E&IS GmbHs vorherige schriftliche Zustimmung nicht an Dritte weitergegeben oder kopiert werden. Die Offenlegung dieser Informationen kann einen einklagbaren Vertrauensbruch darstellen oder Wood E&IS GmbHs geschäftliche Interessen beeinträchtigen. Jeder Dritte, der auf irgendeine Weise Zugang zu diesem Bericht erhält, unterliegt dem nachfolgenden Haftungsausschluss.

Haftungsausschluss von Dritten

Jegliche Weitergabe dieses Berichts an Dritte unterliegt diesem Haftungsausschluss. Dieser Bericht wurde von Wood zur Verwendung durch den auf der Titelseite genannten Kunden erstellt. Es stellt keinerlei Empfehlung für Dritte dar, die auf irgendeine Weise darauf Zugriff erhalten. Die Wood E&IS GmbH schließt jedwede Haftung für Verluste oder Schäden, die sich mit einer Stützung auf den Berichtsinhalt ergeben, im gesetzlich zulässigen Umfang aus. Die Wood E&IS GmbH schließt jedoch keine Haftung für Personenschäden oder Tod aus, die aufgrund von Fahrlässigkeit, betrügerischen Handlungen oder anderen Gründe entsteht, für die eine Haftung rechtlich nicht ausgeschlossen werden kann.

Managementsysteme

Dieses Dokument wurde durch die Wood E&IS GmbH in voller Übereinstimmung mit den Management-systemen erstellt, die von Lloyd's Register nach ISO 9001:2015 und ISO 14001:2015 (Büro in Mailand) zertifiziert wurden.

Revisionsstand

Nr.	Details	Datum
1	Vorabzug	12.11.2020
2	Schlussfertigung	16.11.2020

Zusammenfassung

Hintergrund

Im Rahmen der Historischen Erkundung der GeoCon GmbH vom 11.03.2016 „Historische Erkundung zur Schadstoffsituation hinsichtlich LHKW in Boden, Bodenluft und Grundwasser, Siemens Forschungszentrum, Erlangen“ (1) wurden für die heute dem Modul 8 zugerechneten Gebäude Nr. 52 und 56 historische Nutzungen ermittelt, welche einen Verdacht für potentielle Bodenverunreinigungen ergaben. Für Bau 52 (ca. 2923 m²) und Bau 56 (1305 m²) lassen sich Verdachtsmomente auf LHKW-Belastungen aufgrund des historischen Betriebs von Werkstätten ableiten. In Bau 56 war zudem eine Beizeerei in Betrieb.

Verdachtsmomente auf LHKW, die sich gemäß (1) auch für die heute im Westen des Moduls 8 gelegenen Gebäude Bau35 und Bau36 aufgrund einer ehemals dort ansässigen „Chemie mit Neutralisationsanlage“ ergaben, wurden bereits 2017 im Rahmen einer Orientierenden Altlastenerkundung (3) überprüft, wobei keine relevanten Schadstoffgehalte in Boden und Bodenluft nachgewiesen wurden.

Im Rahmen der vorliegenden Orientierenden Altlastenuntersuchung wurde dem Vorverdacht bei Bau52 und Bau56 mit Boden- und Grundwasseraufschlüssen nachgegangen, um einen Altlastenverdacht entweder auszuräumen oder weitere Maßnahmen für eine Detailuntersuchung mit Gefährdungsabschätzung zu empfehlen.

Im Außenbereich von Bau52 wurden sechs Kleinrammbohrungen abgeteufelt, weitere vier im Untergeschoss von Bau56. Im Abstrom der Verdachtsflächen wurden fünf Grundwassermessstellen DN50 bis in 6,3 bis 10,4 m Tiefe im oberen Aquifer (Unterer Bursandstein) installiert. Je 20 Bodenproben wurden auf LHKW, MKW, BTEX, PAK und Schwermetalle untersucht, acht Bodenproben auf Cyanide sowie 15 Bodenproben auf PFT(24). Bei Bau52 wurden zudem sechs Bodenluftproben gewonnen und auf die Leichtflüchter LHKW, BTEX und Alkane untersucht. Die fünf Grundwasserproben der neuen Messstellen wurden auf LHKW, PAK, Schwermetalle und PFT(24) überprüft. Grundwasserproben der Messstellen M8/02 und M8/03 wurden ergänzend auf MKW, Alkane, und BTEX untersucht.

Ergebnisse und Gefährdungsbeurteilung Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Orientierenden Altlastenuntersuchung in den Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser lässt sich ein, von den Verdachtsflächen Bau52 und Bau 56 ausgehendes Gefährdungspotential für den relevanten Wirkungspfad Boden-Grundwasser nicht ableiten.

Von den im Feststoff untersuchten Schadstoffgruppen zeigten lediglich die Schwermetalle bei den Einzelstoffen Thallium und untergeordnet Kupfer und Arsen geringfügige Hilfwert-1-Überschreitungen. Da die leicht erhöhten Gehalte in natürlich gewachsenen Böden auftraten und geogen erhöhte Werte für diese Parameter regional bekannt sind, lässt sich hieraus kein spezifisch erhöhtes Risikopotential für das Grundwasser oder ein Zusammenhang mit der Vornutzung der Gebäude Bau52 oder Bau56 ableiten. Cyanide waren im Untergrund von Bau56 (ehem. Beizeerei) nicht nachweisbar.

Für die weiteren im Feststoff untersuchten Schadstoffgruppen ergeben sich gänzlich unauffällige Befunde. LHKW, PFT(24), BTEX, MKW und Alkane waren in keiner der untersuchten Bodenproben nachweisbar. PAK waren nur in einzelnen Feststoffproben und maximal in Spurengehalten <Hilfwert 1 nachweisbar.

Eine Bodenluftprobe aus der Kleinrammbohrung Bau52_01 nordwestlich des Gebäudes fiel durch eine erhöhte Alkankonzentration von 210 mg/m³ auf. Eine geringe Alkankonzentration von 8,4 mg/m³ wurde auch in der Bodenluft aus Sondierung Bau52_02 ermittelt. Diese Befunde korrespondieren nicht mit entsprechenden Feststoffgehalten, wo Alkane, aber auch etwa BTEX nicht nachweisbar waren. In Erweiterung des ursprünglichen Erkundungskonzepts wurden die neu eingerichteten Messstellen im unmittelbaren (M8/03) und weiteren Abstrom (M8/02) daraufhin auf Alkane sowie MKW und BTEX überprüft. Im Grundwasser war keiner dieser treibstoffbürtigen Schadstoffe nachweisbar, so dass von der erhöhten Alkankonzentration in der Bodenluft von

Sondierung Bau52_01 kein Gefährdungspotential für das Grundwasser abgeleitet wird.

Die Ergebnisse der Grundwasseranalytik aus den fünf neu eingerichteten Messstellen war unauffällig. Die Schadstoffgruppen LHKW, MKW, Alkane, BTEX und PAK waren im untersuchten Grundwasser nicht nachweisbar. Von den untersuchten Schwermetallen war lediglich Arsen in Spuren nachweisbar.

PFT(24) waren in der anströmigen Messstelle M8/05 nicht nachweisbar, in den weiteren vier Messstellen in unauffälligen Spurenkonzentrationen zwischen 0,02 µg/l und maximal 0,14 µg/l messbar. PFOS stellt hierbei den dominanten Einzelparameter dar, wobei der vorläufige Schwellenwert für PFOS von 0,1 µg/l in keiner Probe überschritten wird.

Die bereits westseitig außerhalb von Modul 8 gelegene, abströmige Messstelle M8/01 wies mit 0,14 µg/l die höchste PFT(24) Summenkonzentration auf. Die in dieser Probe ermittelte PFOS-Spurenkonzentration von 0,1 µg/l erreicht den zugehörigen vorläufigen Schwellenwert genau, liegt somit im Niveau der Geringfügigkeitsschwelle. Die Messstelle M8/01 befindet sich bereits im Umgriff des Moduls 2 mit bekannten PFT-Belastungen im Untergrund, so dass aus diesem Befund angesichts der negativen Bodenbefunde kein spezifischer Zusammenhang mit Modul 8 hergestellt werden kann.

Zusammenfassung und Handlungsempfehlung

Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Orientierenden Altlastenuntersuchung hat sich für die erkundeten Verdachtsflächen Bau 52 und Bau 56 kein Hinweis auf das Vorhandensein einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ergeben. Insbesondere lässt sich kein Gefährdungspotential über den relevanten Wirkungspfad Boden-Grundwasser ableiten. Der bestehende Altlastenverdacht aufgrund der Vornutzung der Gebäude Bau 52 und Bau 56 im Bereich von Modul 8 kann somit als ausgeräumt gelten. Aus fachgutachterlicher Sicht sind in diesem Zusammenhang keine weiteren Erkundungsmaßnahmen notwendig.

Verdachtsmomente im Bereich der heute im Westen des Moduls 8 gelegenen Gebäude Bau 35 und Bau 36 wurden bereits 2017 im Rahmen einer Orientierenden Altlastenerkundung überprüft und ausgeräumt.

Es empfiehlt sich dennoch, die neu errichteten Grundwassermessstellen M8/01 bis M8/05 in das campusweite Monitoringkonzept mit halbjährlicher Beprobung zu übernehmen.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Veranlassung	7
1.1 Veranlassung.....	7
1.2 Aufgaben und Zielstellung	7
2 Darstellung der Ausgangslage	8
2.1 Hintergrund und Standortbeschreibung.....	8
2.1.1 Projektgebiet / Lage.....	8
2.1.2 Historische und aktuelle Nutzung.....	8
2.2 Geologie und Hydrogeologie	8
2.2.1 Regionale geologische / hydrologische Verhältnisse.....	8
2.2.2 Lokale geologische / hydrologische Verhältnisse.....	9
2.2.3 Schutzgebiete	10
3 Rechtliche Vorgaben und Bewertungskriterien	11
3.1 Boden	11
3.2 Grundwasser	13
4 Durchgeführte Feldarbeiten	16
4.1 Errichtung Grundwassermessstellen	16
4.2 Durchführung Kleinrammbohrungen	16
4.3 Laboruntersuchungen	17
5 Untersuchungsergebnisse	19
5.1 Boden und Bodenluft	19
5.1.1 Bau 52	19
5.1.2 Bau 56	22
5.1.3 Errichtung Grundwassermessstellen.....	24
5.2 Grundwasser	25
6 Bewertung der Befunde und Gefährdungsbeurteilung	27
7 Zusammenfassung und Handlungsempfehlung	28

Anlagen

Anlage 1	Quellenverzeichnis
Anlage 2	Karten und Pläne
Anlage 2.1.	Übersichtskarte
Anlage 2.2.	Übersichtslageplan
Anlage 2.3.	Erkundungsergebnisse BTEX, LHKW
Anlage 2.4.	Erkundungsergebnisse PAK
Anlage 2.5.	Erkundungsergebnisse PFT
Anlage 2.6.	Erkundungsergebnisse Schwermetalle
Anlage 2.7.	Erkundungsergebnisse LHKW, PAK, SM (Grundwasser)
Anlage 2.8.	Erkundungsergebnisse PFT (Grundwasser)
Anlage 3	Bohr- und Ausbauprofile
Anlage 3.1.	Grundwassermessstellen
Anlage 3.2.	Kleinrammbohrungen
Anlage 4	Ergebnistabellen
Anlage 5	Laborprüfberichte
Anlage 6	Probenahmeprotokolle GW

Tabellen

Tabelle 1: Hilfwerte bei Boden- und Bodenluftbelastungen	11
Tabelle 2: Vorläufige PFT-Stufenwerte Wirkungspfad Boden-Grundwasser.....	13
Tabelle 3: Stufenwerte für Leitparameter in Grundwasser	14
Tabelle 4: Vorläufige Schwellenwerte für die Beurteilung von PFC im Grundwasser.....	15
Tabelle 5: Bau 52 - Geplante/durchgeführte Bohrmeter u. Boden-/Bodenluftprobenahmen.....	17
Tabelle 6: Bau 56 - Geplante/durchgeführte Bohrmeter u. Boden-/Bodenluftprobenahmen.....	17
Tabelle 7: Analyseumfang Bodenproben	18
Tabelle 8: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse (Bodenluft) BTEX, MKW (C₅-C₁₀) Bau 52	19
Tabelle 9: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse Schwermetalle Bau 52.....	20
Tabelle 10: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse PFT(24) Bau 52	20
Tabelle 11: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse BTEX, MKW (C₅-C₉, C₁₀- C₄₀), PAK(15) und LHKW Bau 52	21
Tabelle 12: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse Schwermetalle Bau 56.....	22
Tabelle 13: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse PFT(24) Bau 56	22
Tabelle 14: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse BTEX, MKW (C₅-C₉, C₁₀- C₄₀), LHKW und PAK(15) Bau 56.....	23
Tabelle 15: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse PFT(24) Grundwassermessstellen	24
Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse Schwermetalle Grundwasser	25
Tabelle 17: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse PFT(24) Grundwasser	25
Tabelle 18: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse BTEX, MKW (C₅-C₉, C₁₀- C₄₀), PAK(15) und LHKW Grundwasser	26

1 Veranlassung

1.1 Veranlassung

Die Siemens Campus Erlangen Grundstücks-GmbH & Co. KG plant und verantwortet als Bauherr die städtebauliche Neuentwicklung des Siemens Campus Erlangen im Bereich des derzeitigen Siemens Forschungsgeländes im Süden der Stadt Erlangen. Das Forschungsgelände wird zu einem lebendigen, offenen, innovativen neuen Stadtteil mit moderner Büro- und Forschungsinfrastruktur, sowie großzügigen Frei- und Grünflächen umgestaltet. Das Projekt umfasst insgesamt 8 Module, wovon das erste Modul mit acht Bürogebäuden ca. 5500 Arbeitsplätze bietet und 2019/ 2020 bereits weitestgehend fertiggestellt wurde. Im Zuge der Neuentwicklung des Siemens Campus Erlangen sind, basierend auf der Historischen Erkundung aus dem Jahr 2016, umwelttechnische Erkundungsmaßnahmen im Bereich von Modul 8 durchzuführen.

1.2 Aufgaben und Zielstellung

Im Rahmen der Historischen Erkundung der GeoCon GmbH vom 11.03.2016 „Historische Erkundung zur Schadstoffsituation hinsichtlich LHKW in Boden, Bodenluft und Grundwasser, Siemens Forschungszentrum, Erlangen“ wurden für die heute dem Modul 8 zugerechneten Gebäude Nr. 52 und 56 historische Nutzungen ermittelt, welche einen Verdacht für potentielle Bodenverunreinigungen ergaben. Im Rahmen der vorliegenden Orientierenden Altlastenuntersuchung soll diesem Verdacht mit Boden- und Grundwasseraufschlüssen nachgegangen werden, um einen Altlastenverdacht entweder auszuräumen oder weitere Maßnahmen für eine Detailuntersuchung mit Gefährdungsabschätzung zu empfehlen. Verdachtsmomente im Bereich der heute im Westen des Moduls 8 gelegenen Gebäude Bau35 und Bau36 wurden bereits 2017 im Rahmen einer Orientierenden Altlastenerkundung überprüft und ausgeräumt.

Aufgrund der sensiblen Nutzung in den Gebäuden Bau 52 und Bau 56 (Framatome) konnten gemäß Abstimmung mit Siemens Real Estate (SRE) Bohrungen nur in den Kellerbereichen bzw. im Außenbereich durchgeführt werden. Die Gebäude sind teilunterkellert, weshalb begrenzte Möglichkeiten bestehen, Schadstoffuntersuchungen im Fußabdruck der Gebäude durchzuführen. Dies trifft insbesondere für Bau 56 zu (vgl. Lagepläne in Anlage 2), wo vier Sondierungen durch die Bodenplatte im Kellergeschoss niedergebracht wurden. Im Außenbereich von Bau 52 wurden sechs Bodensondierungen abgeteuft. Daher wurde ergänzend empfohlen, Grundwasseruntersuchungen im direkten Abstrom von Bau 52 und Bau 56 durchzuführen. Im Zuge dessen wurden zwei Grundwassermessstellen (DN 50) im direkten Abstrom von Bau 56 und eine Grundwassermessstellen (DN 50) im direkten Abstrom von Bau 52 errichtet sowie zwei weitere Grundwassermessstellen (DN 50) im weiteren Abstrom der beiden Gebäude.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der orientierenden Altlastenerkundung im Umfeld der Gebäude Bau52 und Bau56 auf Modul 8 zusammen. Auf Grundlage der Ergebnisse der durchgeführten Arbeiten werden weitere Schritte und Handlungsempfehlungen abgeleitet und eine Gefährdungsabschätzung hinsichtlich des relevanten Wirkungspfades Boden-Grundwasser erstellt.

2 Darstellung der Ausgangslage

2.1 Hintergrund und Standortbeschreibung

2.1.1 Projektgebiet / Lage

Das Untersuchungsgebiet „Siemens Forschungsgelände Erlangen-Süd“ (zukünftiger Siemens Campus Erlangen) östlich der Günther-Scharowsky-Straße umfasst ca. 46 ha. Hierbei nimmt Modul 8 etwa 10 ha ein. Im Norden wird das Untersuchungsareal von der Bundesstraße B4 (Paul-Gossen-Straße) und im Westen von der Günther-Scharowsky-Straße begrenzt. Östlich grenzt das Gelände an das Waldgebiet Brucker Lache und im Süden an die Henri-Dunant-Straße (vgl. Anlage 2.1).

Das Siemens Forschungsgelände Erlangen-Süd ist zu ca. 80 % versiegelt. Durch die zukünftige Neuentwicklung des Standortes und die damit einhergehenden baulichen Veränderungen mit Nachverdichtung bei gleichzeitigem Erhalt von bestehenden und der Entwicklung neuer ökologischer Flächen, wird dieser Versiegelungsanteil im Wesentlichen bestehen bleiben.

2.1.2 Historische und aktuelle Nutzung

Gemäß der Historischen Erkundung der GeoCon GmbH vom März 2016 (1) lässt sich für Bau 35, im Westen des heutigen Moduls 8, ein Verdacht auf LHKW-Belastungen aufgrund einer ehemals dort ansässigen „Chemie mit Neutralisationsanlage“ ableiten. Bau 35 und der östlich benachbarte Bau 36 waren daher bereits 2017 Gegenstand einer Orientierenden Altlastenerkundung (3), wobei jedoch keine relevanten Schadstoffgehalte im Boden nachgewiesen wurden.

Für Bau 52 (ca. 2923 m²) und Bau 56 (1305 m²) lassen sich gemäß (1) ebenfalls Verdachtsmomente auf LHKW-Belastungen aufgrund des historischen Betriebs von Werkstätten ableiten, weshalb diese beiden Gebäude Gegenstand der vorliegenden Orientierenden Untersuchung sind. In Bau 56 war gemäß (1) zudem eine Beizerei in Betrieb, weshalb zusätzlich Cyanide in das Untersuchungsprogramm aufgenommen wurden.

Für alle weiteren heute auf Modul 8 befindlichen Gebäude besteht nach aktuellem Kenntnisstand gemäß der Historischen Erkundung (1) kein spezifischer Altlastenverdacht.

Aktuell wird Bau 52 als Büro- und Laborgebäude genutzt und umfasst einen kleinen Bürotrakt mit angrenzender Industrie- und Forschungshalle samt Werkstattbereich. Bau 56 besteht aus einem Bürotrakt mit angrenzender Industriehalle mit zwei oberirdischen Geschossen (Sonderbau der Gebäudeklasse 3).

2.2 Geologie und Hydrogeologie

2.2.1 Regionale geologische / hydrologische Verhältnisse

Das Siemens Forschungsgelände Erlangen-Süd ist aus regional-geologischer Sicht Teil des südwestdeutschen Schichtstufenlandes. Das südliche Erlanger Stadtgebiet liegt dabei stratigraphisch im Bereich des Keupers bis Lias. Lokal stehen Einheiten des Sandsteinkeupers (Blasensandstein, Coburger Sandstein und Unterer Burgsandstein) an, die dem mittleren Keuper (km) zugeordnet werden. Überdeckt wird der Keuper durch quartäre Deckschichten aus fluviatilen Sedimenten der Hauptterrasse und Oberterrasse sowie äolischen Sedimenten (Flugsand).

Gemäß der Geologischen Karte von Bayern 1:25:000 (1966) Blatt 6432 Erlangen Süd sind auf dem Untersuchungsgebiet oberflächlich anstehend geringmächtige Ablagerungen quartärer Flug- und Dünenande sowie Lagen des verwitterten Unteren Burgsandsteins zu erwarten.

Bei den Flugsanden handelt es sich um locker gelagerte Fein- bis Mittelsande mit einer Mächtigkeit von wenigen Dezimetern bis einigen Metern. Der Untere Burgsandstein ist ein überwiegend entfestigter, fein-

bis grobkörniger Sandstein mit lokal eingeschalteten Lagen von Schluff- bzw. Tonstein (Lettenlagen). An der Basis des Unteren Burgsandsteins sind die Lettenlagen zum Teil mehrere Meter mächtig, flächig durchgängig verbreitet und bilden den so genannten Basisletten. Unterlagert wird der Untere Burgsandstein vom ca. 10 m mächtigen Coburger Sandstein, welcher ebenfalls lokal eingelagerte Lettenlagen aufweist und durch einen mehrere Meter mächtigen Basisletten vom unterliegenden, ca. 30 m mächtigen Blasensandstein getrennt ist.

Der Untergrund im Untersuchungsgebiet weist großräumig keine nennenswerten tektonischen Störungen auf, so dass angenommen werden kann, dass die Grundwasserbewegungen innerhalb des Keupersandsteins in Klüften und Poren und innerhalb der quartären Lagen im Porenraum erfolgt. Als Hauptvorflut ist die im Westen fließende Regnitz als Gewässer erster Ordnung zu nennen. Die Gebietsentwässerung erfolgt weiträumig von Südosten auf die Hauptvorflut zu, wodurch sich großräumig eine Grundwasserfließrichtung von Südosten nach Nordwesten ergibt.

2.2.2 Lokale geologische / hydrologische Verhältnisse

Der Untergrund im Bereich des Untersuchungsgebietes wird von Sandsteinen und Tonsteinen des Unteren Burgsandsteins aufgebaut. Die Sedimente des Unteren Burgsandsteins sind durch geringmächtige quartäre, sandig-schluffig bis tonige Ablagerungen überlagert. Der Untere Burgsandstein wird am Standort flächig durch Basisletten zu den im Liegenden folgenden Sandsteinen und Tonsteinen des Coburger Sandsteins abgegrenzt.

Die Sandsteinpakete des Sandsteinkeupers sind durchzogen von in Mächtigkeit und Ausprägung wechselnden tonigen Lagen. Am Standort werden die sandigen quartären Ablagerungen von einer teilweise bindigen Zersatzzone des Unteren Burgsandsteins unterlagert. Die liegenden Sandsteine weisen überwiegend mürbe bis sehr mürbe Festigkeiten auf. Bereichsweise stehen mittelharte bis harte Sandsteine mit bis zu 1 m Mächtigkeit an. Im Liegenden wurde der Basisletten im Schnitt zwischen 7,5 und 9,5 m u. GOK erreicht. Auf dem westlich gelegenen Modul 1 wurde der Basisletten des Unteren Burgsandsteins in einer maximalen Tiefe von 11,0 m u. GOK angetroffen.

Als erster Grundwasserleiter (Grundwasserstockwerk I) fungieren die Sandsteine des Unteren Burgsandsteins, die abhängig von ihrer lithologischen Ausprägung als Kluft- und Porengrundwasserleiter zu charakterisieren sind. In der Übergangzone (Zersatz) zum Festgestein dominieren die Eigenschaften eines Porengrundwasserleiters, wohingegen eine Grundwasserbewegung in kompakten Sandsteinhorizonten überwiegend in Trennflächen und Klüften stattfindet. Grundwasservorkommen innerhalb der quartären Deckschichten (Stauanässe / Schichtwasser) sind als nicht zusammenhängender Grundwasserkörper anzusprechen. Der Grundwasserleiter im Unteren Burgsandstein weist aufgrund der überlagernden bindigen Zersatzzone bereichsweise gespannte Eigenschaften auf.

Die Grundwasseruntersuchungen belegen Flurabstände zwischen rund 2,5 und 5,0 m u. GOK. Dabei fällt, mit Blick auf die aktuellen Stichtagsmessungen, ausgehend vom südlichen Standortbereich, das Grundwasserniveau im Mittel von 286,25 m ü. NN auf 282,75 m ü. NN im Nordwesten ab. Der hydraulische Gradient i kann im 1. Grundwasserstockwerk im Mittel mit 0,005 angegeben werden.

Als 2. Grundwasserstockwerk am Standort fungieren die Sandsteine des Coburger Sandsteins. Auch dieser ist abhängig von der lithologischen Ausprägung als Kluft- und Porengrundwasserleiter zu charakterisieren. An der mittig auf dem Untersuchungsgelände befindlichen Baugrundbohrung „Bau 30“, Endteufe ca. 50 m u. GOK wurde der Basisletten des Unteren Burgsandsteins durchörtet. Im Liegenden wurde der Coburger Sandstein in 12,4 m u. GOK erschlossen, welcher sich als zum Teil entfestigter Sandstein mit Zwischenletten präsentiert. Dieses Bild bestätigt sich auch in den weiteren Bohrungen auf dem Untersuchungsgelände. In diesen wurde der Basisletten in ca. 7,5 bis 11,0 m u. GOK angetroffen, in vier Bohrungen durchbohrt und der unterliegende Coburger Sandstein bei ca. 9 bis 10 m u. GOK erschlossen.

2.2.3 Schutzgebiete

Das Untersuchungsgelände liegt nicht innerhalb eines Natur- oder Landschaftsschutzgebietes. Etwa 800 m südöstlich des Standorts beginnt das seit 1964 unter Schutz gestellte, 111 ha umfassende Naturschutzgebiet „Brucker Lache“. Etwa 1,5 km nordöstlich der Liegenschaft beginnt das ehemalige Militärgelände „Exerzierplatz“, das 2001 unter Naturschutz gestellt wurde. Das Untersuchungsgelände besteht sowohl aus versiegelten als auch aus unversiegelten Flächen. Die unversiegelten Flächen bestehen überwiegend aus Grünflächen mit lockeren Baumbeständen. Nördlich von Bau 32 befindet sich ein künstlich angelegter Teich, welcher zusammen mit den Bauten 31 und 32 unter Denkmalschutz steht.

Das nächstgelegene abstromige Grundwasserschutzgebiet befindet sich ca. 2,4 km nord-nordwestlich in den Talauen des Regnitzgrundes. Dieses wurde 1983 zum Schutzgebiet erklärt. Des Weiteren befindet sich das seit 2001 ausgewiesene Wasserschutzgebiet Buckenhofer Forst in ca. 1,9 km Entfernung östlich des Untersuchungsgebietes.

3 Rechtliche Vorgaben und Bewertungskriterien

3.1 Boden

Die gesetzliche Grundlage für die Untersuchung und Bewertung von Altlasten bzw. von altlastenverdächtigen Flächen bildet das Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundesbodenschutzgesetz, BBodSchG). Weitergehende Regelungen enthalten die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Zur Beurteilung von Schadstoffen im Hinblick auf eine Grundwassergefährdung (Wirkungspfad Boden-Grundwasser) werden in der BBodSchV Prüfwerte für Sickerwassergehalte angeführt, die für den Übergangsbereich von der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone gelten.

Als Konkretisierung bzw. Arbeitshilfe wird in Bayern das Merkblatt Nr. 3.8/1 „Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen“ des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (Lfw-Merkblatt 3.8/1(4)) angewandt. Dementsprechend werden die Analysenergebnisse von Feststoff- und Bodenluftuntersuchungen mit Hilfswerten bewertet. Die Hilfswerte ermöglichen eine Bewertung der Sickerwasserbeschaffenheit am Ort der Probenahme. Sie dienen zur Emissionsabschätzung und damit zur Sickerwasserprognose. Die Hilfswerte (vgl. nachfolgende Tabelle) werden als Entscheidungshilfe für die Gefährdungsabschätzung herangezogen.

Tabelle 1: Hilfswerte bei Boden- und Bodenluftbelastungen

Anorganische Leitparameter	Einheit	Hilfswert-1	Hilfswert-2
Antimon (Sb)	mg/kg	10	50
Arsen (As)	mg/kg	10	50
Barium (Ba)	mg/kg	400	2.000
Beryllium (Be)	mg/kg	5	25
Blei (Pb)	mg/kg	100	500
Cadmium (Cd)	mg/kg	10	50
Chrom, gesamt (Cr)	mg/kg	50	1.000
Kobalt (Co)	mg/kg	100	500
Kupfer (Cu)	mg/kg	100	500
Molybdän (Mo)	mg/kg	100	500
Nickel (Ni)	mg/kg	100	500
Quecksilber (Hg)	mg/kg	2	10
Selen (Se)	mg/kg	10	50
Thallium (Tl)	mg/kg	2	10
Vanadium (V)	mg/kg	100	500
Zink (Zn)	mg/kg	500	2.500
Zinn (Sn)	mg/kg	50	250
Cyanid, gesamt (CN ⁻)	mg/kg	50	-
Cyanid, leicht freisetzbar (CN ⁻)	mg/kg	5	-
Flourid (F ⁻)	mg/kg	500	-
Organische Leitparameter			
PAK, gesamt	mg/kg	5	25
Naphthalin ¹⁾	mg/kg	1	5
Extrahierbare organ. Halogenverbindg. (EOX) ²⁾	mg/kg	3	-
LHKW ³⁾	mg/kg	1	-
- LHKW, karzinogen ³⁾	mg/kg	0,1	-
LHKW (Bodenluft)	mg/m ³	5	50

Organische Leitparameter			
- LHKW, karzinogen (Bodenluft)	mg/m ³	1	5
PCB, gesamt ⁴⁾	mg/kg	1	10
- PCB, Einzelstoff	mg/kg	0,1	1
PBSM, gesamt	mg/kg	5	-
- PBSM, Einzelstoff	mg/kg	1	-
Mineralölkohlenwasserstoffe	mg/kg	100	1.000
BTEX ³⁾⁵⁾	mg/kg	10	100 ⁷⁾
- Benzol als Einzelstoff ³⁾	mg/kg	1	-
BTEX (Bodenluft) ⁵⁾	mg/m ³	10 ⁶⁾	100
- Benzol als Einzelstoff (Bodenluft)	mg/m ³	2	10
Phenolindex nach Wasserdampfdestillation ²⁾	mg/kg	1	-
Chlorphenole, gesamt	mg/kg	1	10
Chlorbenzole, gesamt	mg/kg	1	10

1) Falls weitere Naphthaline (z. B. Methyl-naphthaline) auftreten, so sind sie zur Konzentration von Naphthalin zu addieren.
 2) Bei Überschreitung des Hilfwerts 1 ist eine Bestimmung der Einzelstoffe bzw. des techn. Produkts durchzuführen.
 3) Untersuchungen auf Gesamtstoffgehalte liefern grundsätzlich nur bei bindigem Untergrund sinnvolle Werte.
 4) Ist die Summe der 6 PCB-Kongeneren größer als der Hilfwert 1, so ist der PCB-Typ (techn. Produkt) und die Menge nach DIN 38407-3-2 bzw. -3-3 zu bestimmen. Der Hilfwerts 2 gilt für die so ermittelten Ergebnisse.
 5) Falls weitere Alkylbenzole (z. B. C₃-C₆-Alkylbenzole) vorh. sind, so sind sie in die Summe der BTEX-Aromaten einzubeziehen.
 6) Überschreitet die Summe der BTEX-Aromaten in der Bodenluft den Hilfwert 1, so sind an ausgewählten, repräsentativen Bodenproben Untersuchungen auf den Gesamtstoffgehalt an einkernigen Aromaten durchzuführen; dabei sind insbesondere die höher alkylierten Homologe (C₃-C₆-Alkylbenzole, Aromatenreiche technische Produkte, z. B. Lacklösemittel) zu erfassen.
 7) Der Hilfwert 2 für den Gesamtstoffgehalt ist bei überwiegenden Anteilen schwerflüchtiger Alkylbenzole heranzuziehen.

Liegen Bodengehalte oder Bodenluftkonzentrationen von Schadstoffen in repräsentativen Proben unterhalb der entsprechenden Hilfwerte 1 und sind keine weiteren Verdachtsmomente bekannt, so ist nicht anzunehmen, dass Sickerwässer am Ort der Beurteilung die Prüfwerte gemäß BBodSchV bzw. LfW-Merkblatt 3.8/1 überschreiten. Ein Gefahrenverdacht ist ausgeräumt, weitere Untersuchungen sind nicht erforderlich. Liegen Bodengehalte lipophiler organisch-chemischer Stoffgruppen in repräsentativen Proben über den entsprechenden Hilfwerten 1, so ist nach Erfahrung von einer Prüfwertüberschreitung im Sickerwasser am Ort der Probenahme auszugehen. Im Hinblick auf die Sickerwasserprognose für den Ort der Beurteilung ist eine Transportprognose durchzuführen. Die Hilfwerte 2 können bei organisch lipophilen Stoffen als Entscheidungshilfe für die Gefährdungsabschätzung (Sickerwasserprognose) und für die Erfordernis von Sanierungsmaßnahmen herangezogen werden.

Hinsichtlich der Beurteilung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten durch perfluorierte Tenside (PFT bzw. PFC) liegt mit der „Leitlinie zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“, Stand April 2017 (5) des Bayerischen Landesamts für Umwelt ein vorläufiger Bewertungsrahmen sowie beurteilungsrelevante Hintergrundinformationen vor. Für die Gefährdungsabschätzung für den Pfad Boden-Grundwasser werden Eluatwerte herangezogen. Eine alleinige Bestimmung von Feststoffgehalten wird aufgrund des Mobilitätsverhaltens von PFT als nicht aussagekräftig beurteilt. Eine Emissionsabschätzung erfolgt über Bestimmung der Schadstoffkonzentrationen in wässrigen S4-Bodeneluat. Die ermittelten Eluatkonzentrationen werden auf das Sickerwasser am Ort der Probenahme übertragen. Die Bewertung der analytisch-chemischen Befunde erfolgt anhand der in nachfolgender Tabelle aufgelisteten vorläufigen Stufe-1- und Stufe-2-Werte sowie entsprechender Summenbedingungen.

Tabelle 2: Vorläufige PFT-Stufenwerte Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Stoff ¹⁾	Einheit	Vorläufiger Stufe-1-Wert	Summenbedingung für Stufe-1	Vorläufiger Stufe-2-Wert	Summenbedingung für Stufe-2
PFNA	µg/l	0,06	Summe ($C_n/\text{Stufe-1}_n$) ≤ 1	0,25	Summe ($C_n/\text{Stufe-2}_n$) ≤ 1
PFOS	µg/l	0,1		0,4	
PFOA	µg/l	0,1		0,4	
PFHxS	µg/l	0,1		0,4	
PFHxA	µg/l	6,0		24,0	
PFBS	µg/l	6,0		24,0	
PFBA	µg/l	10,0		40,0	
PFDA	µg/l	0,1	nicht definiert	0,4	nicht definiert
H4PFOS	µg/l	0,1		0,4	
PFOSA	µg/l	0,1		0,4	
PFHpS	µg/l	0,3		1,0	
PFHpA	µg/l	0,3		1,0	
PFPeA	µg/l	3,0		12,0	

1) geändert nach: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Leitfaden zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden, April 2017

In v.g. Richtlinie wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese vorläufigen Schwellenwerte aufgrund derzeit fehlender gesetzlicher Grundlagen nur vorläufige Empfehlungen auf Basis der aktuellen toxikologischen Erkenntnisse sind. Im Rahmen einer Einzelfallbeurteilung sind begründete Abweichungen von diesen Empfehlungen möglich.

3.2 Grundwasser

Die Bewertung der Untersuchungsergebnisse von Grundwasserproben erfolgte gemäß LfW-Merkblatt 3.8/1 (4) nach Stufenwerten. Die Stufe-1-Werte repräsentieren hierbei die Geringfügigkeitsschwelle für Stoffkonzentrationen im Grundwasser. Wenn die Stufe-1-Werte im Schadenszentrum bzw. im unmittelbaren Abstrom unterschritten sind, dann ist von keiner bzw. einer geringfügigen Grundwasserverunreinigung auszugehen. Bei einer Überschreitung der Stufe-1-Werte liegt eine erhebliche Grundwasserverunreinigung vor und es sind i.d.R. weitere Untersuchungsmaßnahmen erforderlich. Die Stufe-2-Werte dienen als Entscheidungshilfe für die abschließende Gefährdungsabschätzung und für das Erfordernis von Sanierungsmaßnahmen. Grundsätzlich ist bei erheblichen Grundwasserverunreinigungen im Allgemeinen die Verhältnismäßigkeit von Sanierungsmaßnahmen zu prüfen. Gemäß LfW Merkblatt 3.8/1 ist bei der Festlegung der Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen im Einzelfall die Nutzungssituation im Abstrom (Trink-/ Brauchwassergewinnung, besonders schützenswertes Grundwasservorkommen usw.) von wesentlicher Bedeutung. Nach BBodSchG §4 Abs. 3 Satz 3 können unter günstigen Umständen (kein weiträumiger Transport der Schadstoffe, kein besonders schützenswertes Grundwasservorkommen) im Einzelfall sonstige Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr in Betracht gezogen werden. Als Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen können nach BBodSchG §15 auch Eigenkontroll- und Überwachungsmaßnahmen zur Gefahrenabwehr ausreichen, sofern hierdurch Gefahren, erhebliche Nachteile oder Belästigungen für den Einzelnen oder die Allgemeinheit und insbesondere Nutzungsbeschränkungen verhindert oder zumindest vermindert werden. Aus nachfolgender Tabelle sind die Stufenwerte für Leitparameter in Grundwasser zu entnehmen.

Tabelle 3: Stufenwerte für Leitparameter in Grundwasser

Anorganische Leitparameter	Einheit	Stufe-1-Wert	Stufe-2-Wert
Antimon (Sb)	µg/l	10	40
Arsen (As)	µg/l	10	40
Barium (Ba)	µg/l	300	1.200
Beryllium (Be)	µg/l	20	80
Blei (Pb)	µg/l	25	100
Cadmium (Cd)	µg/l	5	20
Chrom, gesamt (Cr)	µg/l	50	200
Chromat (Cr)	µg/l	8	30
Kobalt (Co)	µg/l	50	200
Kupfer (Cu)	µg/l	50	200
Molybdän (Mo)	µg/l	50	200
Nickel (Ni)	µg/l	50	200
Quecksilber (Hg)	µg/l	1	4
Selen (Se)	µg/l	10	40
Thallium (Tl)	µg/l	1	4
Vanadium (V)	µg/l	20	80
Zink (Zn)	µg/l	500	2.000
Zinn (Sn)	µg/l	40	160
Cyanid, gesamt (CN ⁻)	µg/l	50	200
Cyanid, leicht freisetzbar (CN ⁻)	µg/l	10	50
Fluorid (F ⁻)	µg/l	750	3.000
Organische Leitparameter			
PAK, gesamt	µg/l	0,2	2
- Naphthalin ¹⁾	µg/l	2	8
- Benzo(a)pyren	µg/l	0,01	0,1
LHKW ³⁾	µg/l	10	40
- LHKW, karzinogen	µg/l	3	10
- Chlorethen (VC) als Einzelstoff	µg/l	0,5	3
PBSM, gesamt	µg/l	0,5	2
- PBSM, Einzelstoff	µg/l	0,1	1
PCB, gesamt ²⁾	µg/l	0,05	0,5
- PCB, Einzelstoff	µg/l	0,01	0,1
Mineralölkohlenwasserstoffe	µg/l	200	1.000
BTEX ³⁾	µg/l	20	100
- Benzol als Einzelstoff	µg/l	1	10
Phenolindex nach Wasserdampfdestillation ⁴⁾	µg/l	20	100
Chlorphenole, gesamt	µg/l	1	5
Chlorbenzole, gesamt	µg/l	1	5

1) Falls weitere Naphthaline (z. B. Methylnaphthaline) auftreten, so sind sie zur Konzentration von Naphthalin zu addieren.
 2) Ist die Summe der 6 PCB-Kongeneren größer als der Stufe-1-Wert, so ist der PCB-Typ (techn. Produkt) und die Menge nach DIN 38407-3-2 bzw. -3-3 zu bestimmen. Der Stufe-2-Wert gilt für die so ermittelten Ergebnisse.
 3) Falls weitere Alkylbenzole (C₃-C₆-Alkylbenzole) vorhanden sind, so sind sie in die Summe der BTEX-Aromaten einzubeziehen.
 4) Bei Überschreitung des Stufe-1-Wertes ist eine Bestimmung der Einzelstoffe durchzuführen.

Hinsichtlich der Beurteilung von Grundwasserverunreinigungen durch Perfluorierte Tenside (PFT)/ Per- und Polyfluorierte Chemikalien (PFC) liegen mit der „Leitlinie zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden“, Stand April 2017 des Bayerischen Landesamts für Umwelt (5) vorläufige Schwellenwerte vor. Diese Schwellenwerte repräsentieren die Geringfügigkeitsschwelle für PFT-Konzentrationen im Grundwasser. Bei Überschreitung dieser Werte liegt in der Regel eine schädliche Veränderung des Grundwassers im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes vor. Die Bewertung der analytisch-chemischen Befunde erfolgt für die Einzelparameter anhand der in nachfolgender Tabelle aufgelisteten vorläufigen Schwellenwerte. Aus Vorsorgegründen wird zusätzlich, aufgrund möglicher additiver Effekte auf die menschliche Gesundheit, neben den Schwellenwerten für die Einzelstoffe auch eine Summenbedingung (Quotientensumme) festgelegt. Die für die Parameter PFNA, PFOS, PFOA, PFHxS, PFHxA, PFBS, PFBA ermittelten Konzentrationen werden durch den jeweiligen Schwellenwert geteilt und die so entstehenden Quotienten zu einer Quotientensumme aufaddiert. Der Summenwert gilt als eingehalten, wenn die zuvor beschriebene Quotientensumme ≤ 1 beträgt.

Tabelle 4: Vorläufige Schwellenwerte für die Beurteilung von PFC im Grundwasser

Parameter ¹⁾	Vorläufiger Schwellenwert (SW) in µg/l	Summenbedingung (Quotientensumme)	Begründung
PFNA	0,06	Summe $C_n/SW_n \leq 1$	Jeweils Übernahme des aktuell vorliegenden GFS-Wert-Vorschlages der LAWA
PFOS	0,1		
PFOA	0,1		
PFHxS	0,1		
PFHxA	6,0		
PFBS	6,0		
PFBA	10,0		
PFDA	0,1	nicht definiert	Jeweils Übernahme des GOW
H4PFOS	0,1		
PFOSA	0,1		
PFHpS	0,3		
PFHpA	0,3		
PFPeA	3,0		

1) geändert nach: Bayerisches Landesamt für Umwelt, Leitfaden zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden, April 2017

Im Newsletter des Bayerischen Landesamts für Umwelt „Hinweise für Sachverständige und Untersuchungsstellen Wasser & Boden“ vom 26.06.2018 (6) wird zur Anwendung der PFC-Quotientenregel folgendes ausgeführt: „Aufgrund derzeit laufender Fachdiskussionen sind die [...] Regelungen für die Quotientensumme bis auf weiteres nicht als zusätzliches Kriterium für die Einhaltung der Geringfügigkeitsschwelle (GFS) und auch nicht als Entscheidungskriterium für Sanierungsmaßnahmen anzuwenden. Sie sollen lediglich als zusätzliche Bewertungshilfe für den Einzelfall dienen.“

4 Durchgeführte Feldarbeiten

4.1 Errichtung Grundwassermessstellen

Die Arbeiten zur Errichtung der fünf Grundwassermessstellen (DN 50) wurden vom 14. – 18. September 2020 durch die, nach DVGW-Arbeitsblatt W120-1, zertifizierte Firma GEO-BOHRTECHNIK GmbH ausgeführt. Als Endtiefe für die Bohrungen war das Erreichen des Basisletten des Unteren Burgsandsteins (1. Grundwasserstockwerk) in einer Tiefe von maximal etwa 10 m u. GOK vorgesehen. Die Bohrungen wurden bis zur Obergrenze der grundwasserstauenden Tonschicht bzw. keinem weiteren Bohrfortschritt bei schlagendem Bohrverfahren abgeteuft und erreichten Endtiefen von 6,30 bis 10,40 m u. GOK. Die Schichtenverzeichnisse sowie die graphische Darstellung der Bohr- und Ausbauprofile sind in Anlage 3 beigefügt. Es wurde im Trockenbohrverfahren mittels Düsterloh-Rammhammer gebohrt. Die neu errichteten Messstellen werden in das reguläre standortweite Grundwassermonitoring aufgenommen. Das ausgetragene Bohrgut wurde in einem verschließbaren Container zwischengelagert und nach Abschluss der Bohrarbeiten zur abfallrechtlichen Deklaration beprobt. Die fünf neu errichteten Grundwassermessstellen wurden anschließend vom 21. bis 22. September 2020 durch die Firma R&H Umwelt GmbH mittels Saugpumpe klargespült.

Am 14. Oktober 2020 erfolgte die Erstbeprobung der neuen Messstellen; die entsprechenden Probenahmeprotokolle finden sich in Anlage 6. Die Beprobung erfolgte mittels Tauchpumpe im low-flow-Verfahren bei einer Pumprate von 0,01 l/s und nach Erreichen der Konstanz der Feldparameter.

Die Lage der fünf neu errichteten Grundwasser-Messstellen (M8/01 - M8/05) ist in Anlage 2.2 dargestellt.

4.2 Durchführung Kleinrammbohrungen

Die Bohrarbeiten und Bodenluftprobenahmen wurden durch die Fa. R&H Umwelt GmbH, Nürnberg unter fachgutachterlicher Begleitung von Wood im Zeitraum vom 08. – 09. September und 18. September 2020 durchgeführt. Im Zuge der Bohrarbeiten wurde am 09. September 2020 im Bau 52 eine doppelte Bodenplatte mit zwischenliegendem Hohlraum erbohrt. Aufgrund von sicherheitstechnischen Bedenken (Gefahr von Wasserschäden durch ansteigendes Grundwasser) wurden die im Keller von Bau 52 vorgesehenen Bohrungen in den Außenbereich des Gebäudes verlegt und im Zuge eines weiteren Ortstermins (15.09.2020) durch den Auftraggeber freigegeben. Für zwei der sechs Bohrungen wurde seitens des Auftraggebers aufgrund der unklaren Leitungslage ein Vorschachten per Handschachtung festgelegt.

Während der Bohrarbeiten mittels elektrischem Handbohrgerät bzw. Rammziehbohrgerät (DN 60-40) wurden an jedem der zehn Bohrpunkte repräsentative horizont- bzw. schichtbezogene Bodenproben aus der ungesättigten Bodenzone entnommen. Als maximale Endtiefe für die Bohrungen im Kellergeschoss von Bau 56 wurden 1,6 m u. GOK erreicht. Die maximale Endtiefe im Außenbereich von Bau 52 betrug 4,10 m u. GOK; hier wurde angestrebt, das Tiefenniveau unterhalb der Bodenplatte zu erreichen.

Aufgrund des Eintritts von Grundwasser/ aufstauendem Sickerwasser in die Bohrungen im Keller von Bau 56 konnten hier keine Bodenluftprobenahmen durchgeführt werden.

Die Bohransatzpunkte der Kleinrammbohrungen (Bau52_01 - Bau52_06 und Bau56_01 - Bau56_04) sind in Anlage 2.2 dargestellt. Die Sondierprofile finden sich in Anlage 3.2.

Tabelle 5: Bau 52 - Geplante/durchgeführte Bohrmeter u. Boden-/Bodenluftprobenahmen

Bohrung	Bohrmeter geplant [m u. GOK]	Bohrmeter durchgeführt [m u. GOK]	Probenahme Bodenluft [Stück]	Anzahl Bodenproben [Stück]
20KRB-Bau52-01	3,5	3,75	1	4
20KRB-Bau52-02	3,5	3,1	1	4
20KRB-Bau52-03	3,5	3,9	1	4
20KRB-Bau52-04*	3,5	0,15	-	-
20KRB-Bau52-04	3,5	3,9	1	4
20KRB-Bau52-05	3,5	4,1	1	5
20KRB-Bau52-06	3,5	3,8	1	4

*Bohrabbruch aufgrund eines Hohlraums 0,15-0,6 m uGOK

Tabelle 6: Bau 56 - Geplante/durchgeführte Bohrmeter u. Boden-/Bodenluftprobenahmen

Bohrung	Bohrmeter geplant [m u. GOK]	Bohrmeter durchgeführt [m u. GOK]	Probenahme Bodenluft [Stück]	Probenahme Boden [Stück]
20KRB-Bau56-01	3,5	1,50	-	4
20KRB-Bau56-02	3,5	1,60	-	4
20KRB-Bau56-03	3,5	1,10	-	3
20KRB-Bau56-04	3,5	1,50	-	3

4.3 Laboruntersuchungen

Die entnommenen Bodenproben wurden an das akkreditierte Untersuchungslabor AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg versandt.

Es wurde jeweils zwei Bodenproben jeder Kleinrammbohrung auf die spezifischen Verdachtsparameter (LHKW, MKW, BTEX, PAK, Schwermetalle, Cyanide) untersucht. Die Auswahl der zu untersuchenden Bodenproben richtete sich nach der organoleptischen Bodenansprache sowie der Vor-Ort Messung mittels Photoionisationsdetektor (PID). Da für die Verdachtsbereiche Hinweise auf eine Belastung mit LHKW vorliegen, wurden bei Bau 52 zusätzlich zu den Bodenproben weitere sechs Bodenluftproben entnommen und auf leichtflüchtige Stoffe (LHKW, BTEX, MKW C₅-C₁₀) analysiert.

Im Hinblick auf die wiederholt auftretenden PFT-Befunde auf dem Gesamtgelände Siemens Campus Erlangen wurde die PFT(24)-Konzentration im S4-Bodeneluat aus einer Mischprobe der gesamten Bohrstrecke jeder Kleinrammbohrung sowie einer Mischprobe der Bohrstrecke der ungesättigten Bodenzone jeder Grundwassermessstelle analysiert.

Eine Übersicht zu den durchgeführten Bodenanalysen ist nachfolgend in Tabelle 7 gegeben. Zusätzlich zu den hier aufgelisteten Analysen wurde das ausgetragene und in einem verschließbaren Container zwischengelagerte Bohrgut nach Abschluss der Bohrarbeiten zur abfallrechtlichen Deklaration orientierend nach LAGA M20 Tab. II. 1.2-2 und 1.2-3 (7) und zusätzlich auf PFT(24) im S4-Bodeneluat untersucht.

Tabelle 7: Analyseumfang Bodenproben

Gebäude	Bohrung	LHKW	MKW	BTEX	PAK	Schwermetalle	Cyanide	PFT(24)
Bau 52	-01	2	2	2	2	2	-	1
	-02	2	2	2	2	2	-	1
	-03	2	2	2	2	2	-	1
	-04	2	2	2	2	2	-	1
	-05	2	2	2	2	2	-	1
	-06	2	2	2	2	2	-	1
Bau 56	-01	2	2	2	2	2	2	1
	-02	2	2	2	2	2	2	1
	-03	2	2	2	2	2	2	1
	-04	2	2	2	2	2	2	1
20GWM-M8/01		-	-	-	-	-	-	1
20GWM-M8/02		-	-	-	-	-	-	1
20GWM-M8/03		-	-	-	-	-	-	1
20GWM-M8/04		-	-	-	-	-	-	1
20GWM-M8/05		-	-	-	-	-	-	1
Gesamt		20	20	20	20	20	8	15

5 Untersuchungsergebnisse

Im Folgenden werden die Analyseergebnisse spezifisch für jeden Verdachtsbereich zusammengefasst. Die Analyseergebnisse sind den jeweiligen Bewertungsrichtlinien gegenübergestellt. Den Analyseparametern im Boden bzw. in der Bodenluft wurden die jeweiligen Hilfswerte gem. LfW-Merkblatt Nr. 3.8/1 (4) bzw. für PFC die vorläufigen Stufenwerte gem. Leitfaden (5) gegenübergestellt. Da für die Kohlenwasserstoffe C₅-C₁₀ (Alkane) keine Bewertungskriterien (Boden/ Bodenluft) vorliegen, wurden als Bewertungsgrundlage behelfsweise die Bewertungsmaßstäbe für den Summenparameter BTEX angewandt.

Eine detaillierte Zusammenstellung des Analyseergebnisses ist der Anlage 4 zu entnehmen. Die graphische Darstellung der Analyseergebnisse für einzelnen Schadstoffgruppen ist in den Ergebniskarten in Anlage 2 aufgeführt. Sämtliche in Kapitel 5 dargestellten Ergebnisse und Einstufungen basieren auf den Analysen gemäß den Laborprüfberichten in Anlage 5.

5.1 Boden und Bodenluft

5.1.1 Bau 52

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse der Bodenluftprobenahmen für die **leichtflüchtigen Schadstoffgruppen** BTEX, MKW (C₅-C₁₀), und LHKW bei Bau 52. Die Analyseergebnisse der sechs entnommenen Bodenluftproben für die Parameter BTEX, Benzol und LHKW zeigten keine Überschreitung der Hilfswerte. Hinsichtlich der kurzkettigen Alkane (MKW C₅-C₁₀) wurde in Probe 20KRB_Bau52_01 (Nordwestecke Bau 52) eine Konzentration von 210 mg/m³ gemessen. Die Konzentrationen der restlichen 5 Bodenluftproben blieben alle unterhalb der laboranalytischen Bestimmungsgrenze oder geringfügig darüber.

Tabelle 8: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse (Bodenluft) BTEX, MKW (C₅-C₁₀) Bau 52

Probenbezeichnung	Benzol	Σ BTEX*	MKW (C ₅ -C ₁₀)	Σ LHKW
Bodenluft				
[mg/m ³]				
Hilfswert 1	2	10	10**	5
Hilfswert 2	10	100	100**	50
20KRB_Bau52_01	<2,0	n.b.	210	n.b.
20KRB_Bau52_02	<0,10	1,1	8,4	n.b.
20KRB_Bau52_03	<0,10	0,13	<5,0	n.b.
20KRB_Bau52_04	<0,10	1,0	<5,0	n.b.
20KRB_Bau52_05	<0,10	0,29	<5,0	n.b.
20KRB_Bau52_06	<0,10	1,9	<5,0	n.b.

*: BTEX inkl. Cumol, Styrol, TMB
 ** behelfsweise Anwendung der BTEX-Bewertungskriterien
 n.b.: Summenparameter aufgrund der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze der Einzelparameter nicht quantifizierbar

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse der **Schwermetalle** für Bau 52. In neun der dreizehn analysierten Bodenproben wurde eine Überschreitung des Hilfswert 1 für Thallium festgestellt. Zusätzlich zeigte die Probe 20KRB_Bau52_03-2 eine Überschreitung des Hilfswert 1 für Arsen mit 11 mg/kg und die 20KRB_Bau52_05-4 eine Überschreitung des Hilfswert 1 für Kupfer mit 110 mg/kg. Die restlichen analysierten Proben weisen keine bewertungsrelevanten Schwermetallgehalte auf.

Tabelle 9: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse Schwermetalle Bau 52

Bohrung	Probenbezeichnung	Tiefe Unterkante Probenahme	[mg/kg]					Thallium
			Arsen	Blei	Chrom	Kupfer		
Boden		[m u. GOK]	[mg/kg]					
Hilfswert 1			10	100	50	100	2	
Hilfswert 2			50	500	1000	500	10	
20KRB_Bau52_01	20KRB_Bau52_01-2	3,4	4,4	7,7	12	10	2,6	
	20KRB_Bau52_01-3	3,9	<2,0	<4,0	2,2	3,5	0,6	
20KRB_Bau52_02	20KRB_Bau52_02-2	3,0	4,5	16	29	31	4,0	
	20KRB_Bau52_02-3	3,1	5,4	4,4	8,6	5,4	2,9	
20KRB_Bau52_03	20KRB_Bau52_03-2	3,6	11	8,7	46	12	9,6	
	20KRB_Bau52_03-3	3,9	<2,0	<4,0	11	2,9	1,7	
20KRB_Bau52_04	20KRB_Bau52_04-2	3,5	5,2	8,1	32	11	3,2	
	20KRB_Bau52_04-3	3,9	<2,0	<4,0	6	3,3	0,6	
20KRB_Bau52_05	20KRB_Bau52_05-3	3,6	7,5	14	33	12	2,1	
	20KRB_Bau52_05-4	4,1	6,9	4,8	25	110	2,7	
20KRB_Bau52_06	20KRB_Bau52_06-2	3,7	3,6	6,9	35	13	2,2	
	20KRB_Bau52_06-3	3,8	8,7	5,1	20	24	2,1	

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse der **PFT(24)** für die aus den Bohrungen Bau 52 gewonnenen Mischproben des ungesättigten Bereichs. In keiner der analysierten Proben konnten PFT-Konzentrationen oberhalb der laboranalytischen Bestimmungsgrenze festgestellt werden.

Tabelle 10: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse PFT(24) Bau 52

Bohrung	Probenbezeichnung	Tiefe Unterkante Probenahme	[mg/kg]							Sum_24_PFT
			PFBA	PFBS	PFHXA	PFHXS	PFOA	PFOS	PFNA	
Boden		[m u. GOK]	[mg/kg]							
Vorläufiger Stufe-1-Wert			10	6	6	0,1	0,1	0,1	0,06	
Vorläufiger Stufe-2-Wert			40	24	24	0,4	0,4	0,4	0,25	
20KRB_Bau52_01	20KRB_Bau52_01-M	3,8	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20KRB_Bau52_02	20KRB_Bau52_02-M	3,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20KRB_Bau52_03	20KRB_Bau52_03-M	3,9	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20KRB_Bau52_04	20KRB_Bau52_04-M	3,9	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20KRB_Bau52_05	20KRB_Bau52_05-M	4,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20KRB_Bau52_06	20KRB_Bau52_06-M	3,6	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
n.b.: Summenparameter aufgrund der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze der Einzelparameter nicht quantifizierbar										

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse der Schadstoffgruppen **BTEX**, **MKW (C₅-C₉, C₁₀-C₄₀)**, **PAK(15)** und **LHKW** für Bau 52. In keiner der analysierten Proben konnte eine Hilfwertüberschreitung festgestellt werden.

Tabelle 11: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse BTEX, MKW (C₅-C₉, C₁₀-C₄₀), PAK(15) und LHKW Bau 52

Bohrung	Proben- bezeichnung	Tiefe Unterkante Probe- nahme	∑ BTEX*	MKW (C ₅ -C ₉)	MKW (C ₁₀ -C ₄₀)	∑ PAK (15)	∑ LHKW
Boden		[m u. GOK]	[mg/kg]				
Hilfwert 1			10	10**	100	5	1
Hilfwert 2			100	100**	1000	25	-
20KRB_Bau52_01	20KRB_Bau52_01-2	3,4	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
	20KRB_Bau52_01-3	3,9	n.b.	<1,0	<50	0,59	n.b.
20KRB_Bau52_02	20KRB_Bau52_02-2	3,0	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
	20KRB_Bau52_02-3	3,1	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
20KRB_Bau52_03	20KRB_Bau52_03-2	3,6	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
	20KRB_Bau52_03-3	3,9	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
20KRB_Bau52_04	20KRB_Bau52_04-2	3,5	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
	20KRB_Bau52_04-3	3,9	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
20KRB_Bau52_05	20KRB_Bau52_05-3	3,6	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
	20KRB_Bau52_05-4	4,1	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
20KRB_Bau52_06	20KRB_Bau52_06-2	3,7	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
	20KRB_Bau52_06-3	3,8	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.

*: BTEX inkl. Cumol, Styrol, TMB
 **: behelfsweise Anwendung der BTEX-Bewertungskriterien
 n.b.: Summenparameter aufgrund der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze der Einzelparameter nicht quantifizierbar

5.1.2 Bau 56

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse für **Schwermetalle** bei Bau 56. In zwei der acht analysierten Bodenproben (20KRB_Bau56_03-1 und 20KRB_Bau56_04-1) wurde eine Überschreitung des Hilfswerts 1 für Thallium festgestellt. Die restlichen analysierten Proben weisen keine bewertungsrelevanten Schwermetallgehalte auf; insbesondere waren die hier ergänzend überprüften Cyanide nicht nachweisbar.

Tabelle 12: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse Schwermetalle Bau 56

Bohrung	Probenbezeichnung	Tiefe Unterkante Probenahme	Arsen	Blei	Chrom	Kupfer	Thallium	Cyanid
			[m u. GOK]	[mg/kg]				
Hilfswert 1			10	100	50	100	2	50
Hilfswert 2			50	500	1000	500	10	-
20KRB_Bau56_01	20KRB_Bau56_01-2	1,3	4	5,9	25	11	0,9	<0,3
	20KRB_Bau56_01-3	1,5	2,5	<4,0	28	6,5	2,0	<0,3
20KRB_Bau56_02	20KRB_Bau56_02-2	1,4	5,3	20	35	44	1,8	<0,3
	20KRB_Bau56_02-3	1,6	<2,0	<4,0	2,6	6,9	0,2	<0,3
20KRB_Bau56_03	20KRB_Bau56_03-1	0,9	2,3	12	30	37	2,9	<0,3
	20KRB_Bau56_03-2	1,1	<2,0	<4,0	4,3	9,1	1,0	<0,3
20KRB_Bau56_04	20KRB_Bau56_04-1	1,1	3,4	10	35	19	2,8	<0,3
	20KRB_Bau56_04-2	1,5	2,2	7,5	13	17	1,4	<0,3

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse der **PFT(24)** für die aus den Bohrungen Bau 56 gewonnenen Mischproben des ungesättigten Bereichs. In keiner der analysierten Proben konnten bewertungsrelevante PFT-Konzentrationen festgestellt werden.

Tabelle 13: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse PFT(24) Bau 56

Bohrung	Probenbezeichnung	Tiefe Unterkante Probenahme	PFBA	PFBS	PFHxA	PFHxS	PFOA	PFOS	PFNA	Sum_24_PFT
			[m u. GOK]	[mg/kg]						
Vorläufiger Stufe-1-Wert			10	6	6	0,1	0,1	0,1	0,06	
Vorläufiger Stufe-2-Wert			40	24	24	0,4	0,4	0,4	0,25	
20KRB_Bau56_01	20KRB_Bau56_01-M	1,5	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
20KRB_Bau56_02	20KRB_Bau56_02-M	1,6	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
20KRB_Bau56_03	20KRB_Bau56_03-M	1,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20KRB_Bau56_04	20KRB_Bau56_04-M	1,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.

n.b.: Summenparameter aufgrund der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze der Einzelparameter nicht quantifizierbar

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse der Schadstoffgruppen **BTEX**, **MKW (C₅-C₉, C₁₀-C₄₀)**, **LHKW** und **PAK(15)** für Bau 56. In keiner der analysierten Proben konnten im Feststoff bewertungsrelevante Schadstoffgehalte festgestellt werden. Ein maximaler PAK-Gehalt von 3,7 mg/kg wurde ermittelt, somit deutlich unterhalb des Hilfs werts 1 von 5 mg/kg für diese Parametergruppe.

Tabelle 14: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse BTEX, MKW (C₅-C₉, C₁₀-C₄₀), LHKW und PAK(15) Bau 56

Bohrung	Probenbezeichnung	Tiefe Unterkante Probe- nahme	Σ BTEX*	MKW (C ₅ -C ₉)**	MKW (C ₁₀ -C ₄₀)	Σ LHKW	Σ PAK (15)
Boden		[m u. GOK]	[mg/kg]				
Hilfswert 1			10	10	100	1	5
Hilfswert 2			1100	100	1000	-	25
20KRB_Bau56_01	20KRB_Bau56_01-2	3,4	n.b.	<1,0	<50	n.b.	-
	20KRB_Bau56_01-3	3,9	n.b.	<1,0	<50	n.b.	0,17
20KRB_Bau56_02	20KRB_Bau56_02-2	3,0	n.b.	<1,0	<50	n.b.	3,7
	20KRB_Bau56_02-3	3,1	n.b.	<1,0	<50	n.b.	-
20KRB_Bau56_03	20KRB_Bau56_03-1	3,6	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
	20KRB_Bau56_03-2	3,9	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
20KRB_Bau56_04	20KRB_Bau56_04-1	3,7	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.
	20KRB_Bau56_04-2	3,8	n.b.	<1,0	<50	n.b.	n.b.

*: BTEX inkl. Cumol, Styrol, TMB
 **: Hilfswerte für BTEX werden als Bewertungsgrundlage für C₅-C₉ Befunde herangezogen
 n.b.: Summenparameter aufgrund der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze der Einzelparameter nicht quantifizierbar

5.1.3 Errichtung Grundwassermessstellen

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse der **PFT(24)** für die aus den Bohrungen der Grundwassermessstellen gewonnenen Mischproben aus dem ungesättigten Bereich. In keiner der analysierten Proben konnten PFT-Konzentrationen oberhalb der laboranalytischen Bestimmungsgrenze festgestellt werden.

Tabelle 15: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse PFT(24) Grundwassermessstellen

Bohrung	Probenbezeichnung	Tiefe Unterkante Probenahme	[mg/kg]							Sum_24_PFT
			PFBA	PFBS	PFHxA	PFHxS	PFOA	PFOS	PFNA	
Boden		[m u. GOK]								
	Vorläufiger Stufe-1-Wert		10	6	6	0,1	0,1	0,1	0,06	
	Vorläufiger Stufe-2-Wert		40	24	24	0,4	0,4	0,4	0,25	
20GWM-M8/01	20GWM-M8/01	4,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20GWM-M8/02	20GWM-M8/02	6,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20GWM-M8/03	20GWM-M8/03	5,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20GWM-M8/04	20GWM-M8/04	4,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
20GWM-M8/05	20GWM-M8/05	5,3	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.
n.b.: Summenparameter aufgrund der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze der Einzelparameter nicht quantifizierbar										

5.2 Grundwasser

Im Rahmen der Erstbeprobung der fünf neu errichteten Grundwassermessstellen 20GWM-M8/01 bis -M8/05 wurden keine bewertungsrelevanten Schadstoffkonzentrationen festgestellt. Die Schadstoffgruppen LHKW, MKW, Alkane, BTEX und PAK waren im untersuchten Grundwasser nicht nachweisbar. Von den untersuchten Schwermetallen war lediglich Arsen in Spuren nachweisbar (Tabelle 16).

Tabelle 16: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse Schwermetalle Grundwasser

Messstelle	Probenbezeichnung	Arsen	Blei	Chrom	Kupfer	Thallium
Grundwasser		[µg/L]				
Hilfswert 1		10	25	50	50	1
Hilfswert 2		40	100	200	200	4
20GWM-M8/01	20GWM-M8/01-20201015	6	<1	<1	<5	<0,2
20GWM-M8/02	20GWM-M8/02-20201015	9	<1	<1	<5	<0,2
20GWM-M8/03	20GWM-M8/03-20201015	7	<1	<1	<5	<0,2
20GWM-M8/04	20GWM-M8/04-20201015	3	<1	<1	10	<0,2
20GWM-M8/05	20GWM-M8/05-20201015	8	<1	<1	7	<0,2

PFT(24) waren in der anströmigen Messstelle M8/05 nicht nachweisbar, in den weiteren vier Messstellen in unauffälligen Spurenkonzentrationen zwischen 0,02 µg/l und maximal 0,14 µg/l messbar (Tabelle 17; Anlage 2.8). PFOS stellt hierbei den dominanten Einzelparameter dar, wobei der vorläufige Schwellenwert für PFOS von 0,1 µg/l in keiner Probe überschritten wird. Die bereits westseitig außerhalb von Modul 8 gelegene, abströmige Messstelle M8/01 wies mit 0,14 µg/l die höchste PFT(24) Summenkonzentration auf. Die in dieser Probe ermittelte PFOS-Spurenkonzentration von 0,1 µg/l erreicht den zugehörigen vorläufigen Schwellenwert genau, liegt somit im Niveau der Geringfügigkeitsschwelle.

Tabelle 17: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse PFT(24) Grundwasser

Messstelle	Probenbezeichnung	PFBA	PFBS	PFHxA	PFHxS	PFOA	PFOS	PFNA	Sum_24_PFT
Grundwasser		[µg/L]							
Vorläufiger Schwellenwert		10	6	6	0,1	0,1	0,1	0,06	
20GWM-M8/01	20GWM-M8/01-20201015	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	0,1	<0,01	0,14
20GWM-M8/02	20GWM-M8/02-20201015	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,02
20GWM-M8/03	20GWM-M8/03-20201015	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,06	<0,01	0,09
20GWM-M8/04	20GWM-M8/04-20201015	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,02	<0,01	0,04
20GWM-M8/05	20GWM-M8/05-20201015	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	n.b.

n.b.: Summenparameter aufgrund der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze der Einzelparameter nicht quantifizierbar

Tabelle 18: Zusammenfassende Darstellung der Analyseergebnisse BTEX, MKW (C₅-C₉, C₁₀-C₄₀), PAK(15) und LHKW Grundwasser

Messstelle	Probenbezeichnung	∑ BTEX*	MKW (C ₅ -C ₉)**	MKW (C ₁₀ -C ₄₀)	∑ PAK (15)	∑ LHKW
Grundwasser				[µg/L]		
Stufe-1-Wert		20	20	200	0,2	10
Stufe-2-Wert		100	100	1000	2	40
20GWM-M8/01	20GWM-M8/01-20201015	-	-	-	n.b.	n.b.
20GWM-M8/02	20GWM-M8/02-20201015	n.b.	<10	<100	n.b.	n.b.
20GWM-M8/03	20GWM-M8/03-20201015	n.b.	<10	<100	n.b.	n.b.
20GWM-M8/04	20GWM-M8/04-20201015	-	-	-	n.b.	n.b.
20GWM-M8/05	20GWM-M8/05-20201015	-	-	-	n.b.	n.b.
*: BTEX inkl. Cumol, Styrol, TMB **: Hilfwerte für BTEX werden als Bewertungsgrundlage für C ₅ -C ₉ Befunde herangezogen n.b.: Summenparameter aufgrund der Unterschreitung der Bestimmungsgrenze der Einzelparameter nicht quantifizierbar						

6 Bewertung der Befunde und Gefährdungsbeurteilung

Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Orientierenden Altlastenuntersuchung in den Medien Boden, Bodenluft und Grundwasser lässt sich ein von den Verdachtsflächen Bau 52 und Bau 56 ausgehendes Gefährdungspotential für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser nicht ableiten.

Von den im Feststoff untersuchten Schadstoffgruppen zeigten lediglich die Schwermetalle bei den Einzelstoffen Thallium und untergeordnet Kupfer und Arsen geringfügige Hilfwert-1-Überschreitungen. Da die leicht erhöhten Gehalte in natürlich gewachsenen Böden auftraten und geogen erhöhte Werte für diese Parameter regional bekannt sind, lässt sich hieraus kein spezifisch erhöhtes Risikopotential für das Grundwasser oder ein Zusammenhang mit der Vornutzung der Gebäude Bau 52 oder Bau 56 ableiten. Cyanide waren im Untergrund von Bau 56 (ehem. Beizeerei) nicht nachweisbar.

Für die weiteren im Feststoff untersuchten Schadstoffgruppen ergeben sich gänzlich unauffällige Befunde. LHKW, PFT(24), BTEX, MKW und Alkane waren in keiner der untersuchten Bodenproben nachweisbar. PAK waren nur in einzelnen Feststoffproben und maximal in Spurengehalten <Hilfwert 1 nachweisbar.

Eine Bodenluftprobe aus der Kleinrammbohrung Bau52_01 nordwestlich des Gebäudes fiel durch eine erhöhte Alkankonzentration von 210 mg/m³ auf. Eine geringe Alkankonzentration von 8,4 mg/m³ wurde auch in der Bodenluft aus Sondierung Bau52_02 ermittelt. Diese Befunde korrespondieren nicht mit entsprechenden Feststoffgehalten, wo Alkane, aber auch etwa BTEX nicht nachweisbar waren. In Erweiterung des ursprünglichen Erkundungskonzepts wurden die neu eingerichteten Messstellen im unmittelbaren (M8/03) und weiteren Abstrom (M8/02) daraufhin auf Alkane sowie MKW und BTEX überprüft. Im Grundwasser war keiner dieser treibstoffbürtigen Schadstoffe nachweisbar, so dass von der erhöhten Alkankonzentration in der Bodenluft von Sondierung Bau52_01 kein Gefährdungspotential für das Grundwasser abgeleitet wird.

Die Ergebnisse der Grundwasseranalytik aus den fünf neu eingerichteten Messstellen waren insgesamt unauffällig. Die Schadstoffgruppen LHKW, MKW, Alkane, BTEX und PAK waren im untersuchten Grundwasser nicht nachweisbar. Von den untersuchten Schwermetallen war lediglich Arsen in Spuren nachweisbar.

PFT(24) waren in der anströmigen Messstelle M8/05 nicht nachweisbar, in den weiteren vier Messstellen in unauffälligen Spurenkonzentrationen zwischen 0,02 µg/l und maximal 0,14 µg/l messbar. PFOS stellt hierbei den dominanten Einzelparameter dar, wobei der vorläufige Schwellenwert für PFOS von 0,1 µg/l in keiner Probe überschritten wird.

Die bereits westseitig außerhalb von Modul 8 gelegene, abströmige Messstelle M8/01 wies mit 0,14 µg/l die höchste PFT(24) Summenkonzentration auf. Die in dieser Probe ermittelte PFOS-Spurenkonzentration von 0,1 µg/l erreicht den zugehörigen vorläufigen Schwellenwert genau, liegt somit im Niveau der Geringfügigkeitsschwelle. Die Messstelle M8/01 befindet sich bereits im Umgriff des Moduls 2 mit bekannten PFT-Belastungen im Untergrund, so dass aus diesem Befund angesichts der negativen Bodenbefunde kein spezifischer Zusammenhang mit Modul 8 hergestellt werden kann.

7 Zusammenfassung und Handlungsempfehlung

Auf Grundlage der Ergebnisse dieser Orientierenden Altlastenuntersuchung hat sich für die erkundeten Verdachtsflächen Bau 52 und Bau 56 kein Hinweis auf das Vorhandensein einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast ergeben. Insbesondere lässt sich kein Gefährdungspotential über den relevanten Wirkungspfad Boden-Grundwasser ableiten. Der bestehende Altlastenverdacht aufgrund der Vornutzung der Gebäude Bau 52 und Bau 56 im Bereich von Modul 8 kann somit als ausgeräumt gelten. Aus fachgutachterlicher Sicht sind in diesem Zusammenhang keine weiteren Erkundungsmaßnahmen notwendig.

Es empfiehlt sich dennoch, die neu errichteten Grundwassermessstellen M8/01 – M8/05 in das campusweite Monitoringkonzept mit halbjährlicher Beprobung zu übernehmen.

Verdachtsmomente auf LHKW, die sich gemäß (1) auch für die heute im Westen des Moduls 8 gelegenen Gebäude Bau 35 und Bau 36 aufgrund einer ehemals dort ansässigen „Chemie mit Neutralisationsanlage“ ergaben, wurden bereits 2017 im Rahmen einer Orientierenden Altlastenerkundung überprüft, wobei keine relevanten Schadstoffgehalte in Boden und Bodenluft nachgewiesen wurden.

Anlage 1 Quellenverzeichnis

- (1) Historische Erkundung zur Schadstoffsituation hinsichtlich LHKW in Boden, Bodenluft und Grundwasser, Siemens Forschungszentrum Erlangen für die Module 1 bis 7, GeoCon GmbH, 11.03.2016.
- (2) Environmental Consulting, Standort Siemens Campus Erlangen – Rahmenvertrag, Leistungsabruf Modul 8 Orientierende Altlastenuntersuchung, Wood E&IS GmbH, 09.07.2020.
- (3) Siemens Campus Erlangen (SCE, Modul 2 u Modul 3a, Orientierende Altlastenerkundung, AECOM Deutschland GmbH, 18.08.2017.
- (4) Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Merkblatt Nr. 3.8/1, „Untersuchung und Bewertung von Altlasten, schädlichen Bodenveränderungen und Gewässerverunreinigungen - Wirkungspfad Boden-Gewässer“, Stand 31.10.2001.
- (5) Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Leitlinie zur vorläufigen Bewertung von PFC- Verunreinigungen in Wasser und Boden“, Stand Januar 2015.
- (6) Bayerisches Landesamt für Umwelt: Hinweise für Sachverständige und Untersuchungsstellen Boden/Wasser, Newsletter vom 26.06.2018. Augsburg.
- (7) Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA M 20, Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen (Technische Regeln, 1997).

Anlage 2 Karten und Pläne

Anlage 2.1. Übersichtskarte

Anlage 2.2. Übersichtslageplan

Anlage 2.3. Erkundungsergebnisse BTEX, LHKW

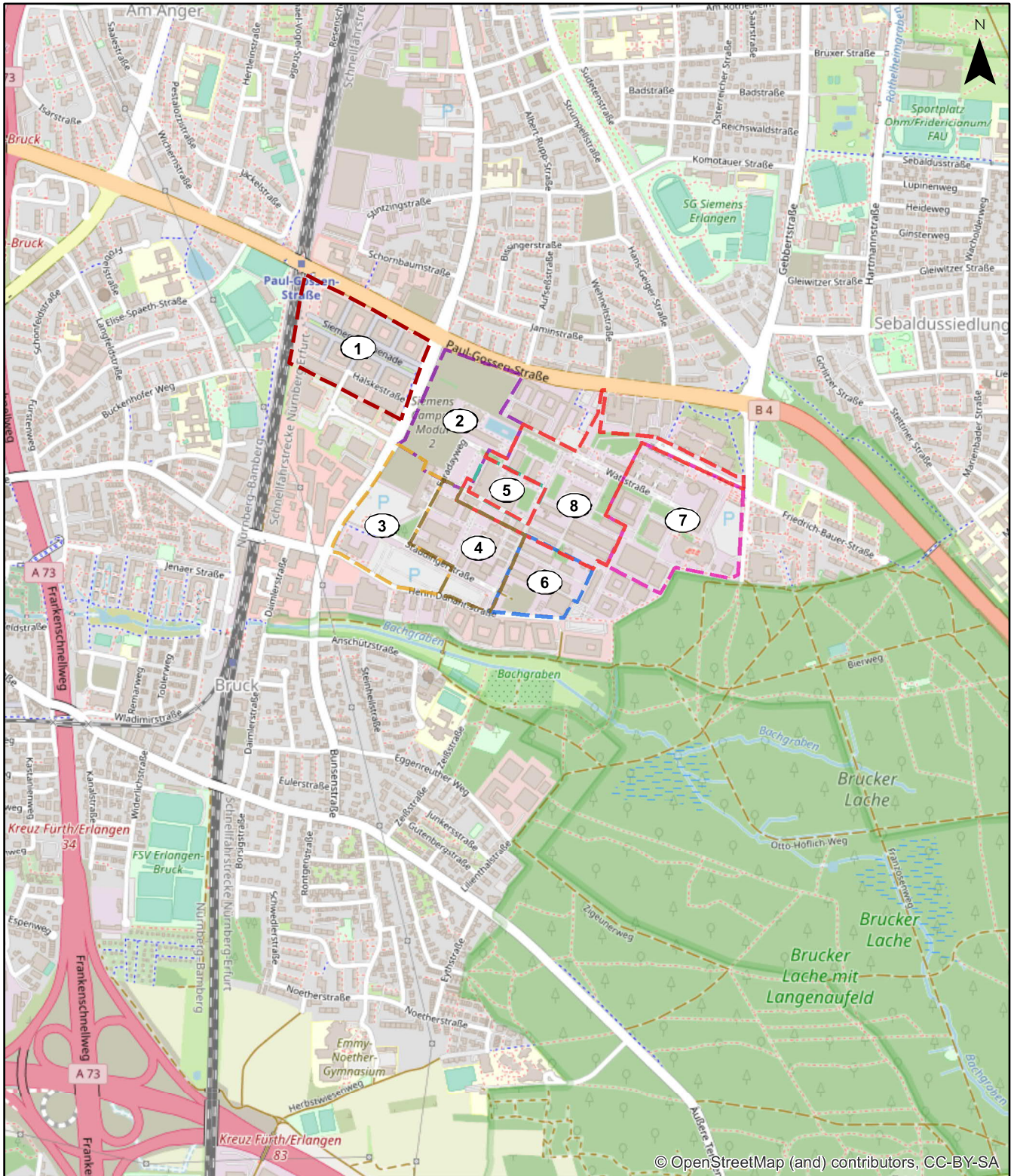
Anlage 2.4. Erkundungsergebnisse PAK

Anlage 2.5. Erkundungsergebnisse PFT

Anlage 2.6. Erkundungsergebnisse Schwermetalle

**Anlage 2.7. Erkundungsergebnisse LHKW, PAK, SM
(Grundwasser)**

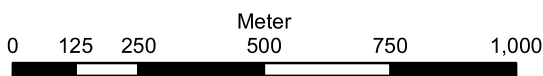
Anlage 2.8. Erkundungsergebnisse PFT (Grundwasser)



© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Legende

- Modul 1
- Modul 3
- Modul 5
- Modul 7
- Modul 2
- Modul 4
- Modul 6
- Modul 8



Übersichtskarte



**Environmental Consulting
Siemens Campus Erlangen (SCE)
Orientierende Altlastenuntersuchung Modul 8**

Prepared for:
Siemens AG
SRE DP PMM CP
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München

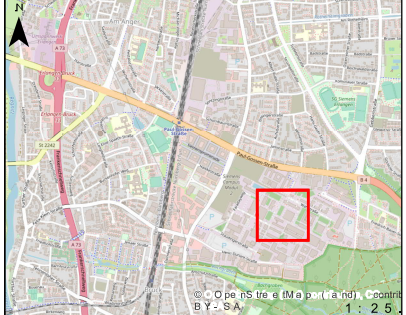
Prepared by:
Wood
E&IS GmbH
Ostendstraße 153
90482 Nürnberg

Projektnummer Wood: 581280011G
Datum: 11/5/2020



Anlage 2.1

Bearbeiter:	IU	Geprüft:	TP
Koordinatensystem:	DHDN 3 Degree Gauss Zone 4		
File:	SCE_0008G_2-1_Übersichtskarte		



Legende

Ergebnisse BTEX, LHKW

- Boden, ≤ Hilfswert 1
- ◆ Bodenluft, ≤ Hilfswert 1

Untersuchungspunkte

Neu durchgeführte

- Grundwasserprobe
- Kleinklimatmessung

Bestehende

- Grundwasserprobe, Bestand
- Bohrung, Orientierende Untersuchung (2017)
- Grundwasserhöhe, aktuelle Juni 2020

Verdachtsbereiche basierend auf Historischer Erkundung

- Verdachtsbereich
- OU 2017, Verdachtsauswertung

Modulgrenzen

- Modul 8

0 12,5 50 75 100 Meter

Erkundungsergebnisse BTEX, LHKW

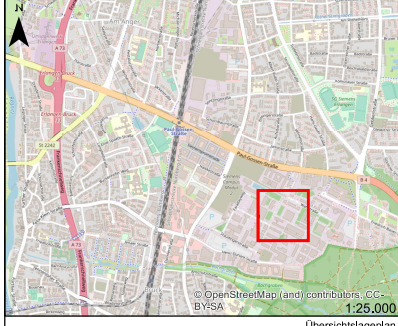
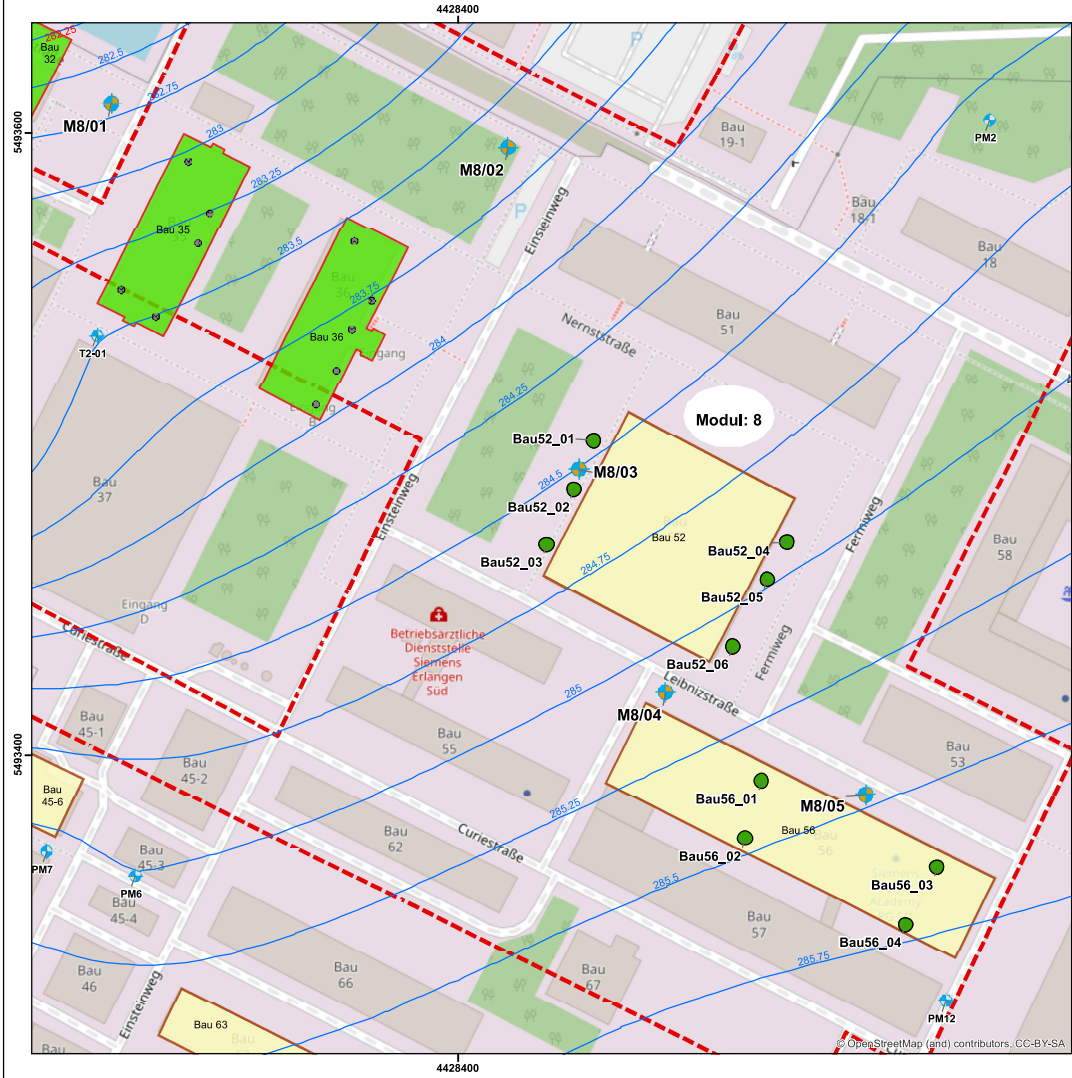
Environmental Consulting
Siemens Campus Erlangen
Orientierende Altlastenuntersuchung Modul

Prepared for: Siemens AG RE DP PMM CP Otto-Hahn-Ring 6 91739 München	Prepared by: Wood E&S GmbH Ostendstraße 153 90482 Nürnberg
Projektnummer Wood: Datum:	501280000 11/16/2020

wood.

Seitgeber: | | Geprüft: MK
 Koordinatensystem: BND 3 Deutsches
 File: SGE_M8_Ergebnisse

Anlage 2.3



Legende

Ergebnisse PAK
 ● Boden (FS), ≤ Hilfswert 1

Untersuchungspunkte
Neu durchgeführte Aufschlüsse
 ● Grundwassermessstelle
 ● Kleinrammbohrung

Bestehende Aufschlüsse
 ● Grundwassermessstelle, Bestand
 ● Bohrpunkt, Orientierende Untersuchung (2017)
 ● Grundwasserhöhengleichen Juni 2020

Verdachtsbereiche basierend auf Historischer Erkundung
 ■ Verdachtsbereich
 ■ OU 2017, Verdacht ausgeräumt

Modulgrenzen
 ■ Modul 8

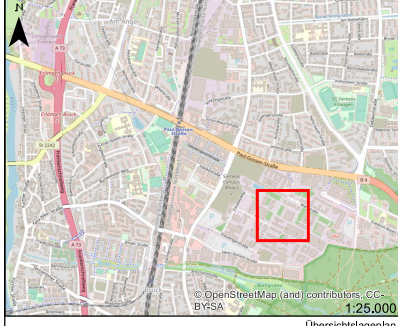
0 12.5 25 50 75 100 Meter

Erkundungsergebnisse PAK

Environmental Consulting
 Siemens Campus Erlangen
 Orientierende Altlastenuntersuchung Modul 8

Prepared by: Siemens AG SRE DP PMM CP Otto-Hahn-Ring 6 91739 München	Prepared by: Wood E&S GmbH Ostendstraße 153 90482 Nürnberg
Projektnummer Wood: Datum:	5012800110 11/16/2020
Beauftragter:	U Depo: MK
Koordinatensystem:	GM03N 3 Degree Gauss Zone 4
File:	SCE_M8_Ergebnisse_PAK

Anlage 2.4



Legende

Ergebnisse PFT

- Boden, nicht bestimmbar
- Boden, <Z0

Untersuchungspunkte

Neu durchgeführte

- Grundwassermessstelle
- Kleinrammbohrung

Bestehende

- Grundwassermessstelle, Bestand
- Bohrpunkt, Orientierende Untersuchung (2017)
- Grundwasserhöhengleichen Juni 2020

Verdachtsbereiche basierend auf Historischer Erkundung

- Verdachtsbereich
- OU 2017, Verdacht ausgeräumt

Modulgrenzen

- Modul 8

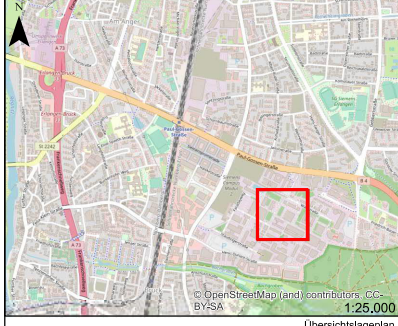
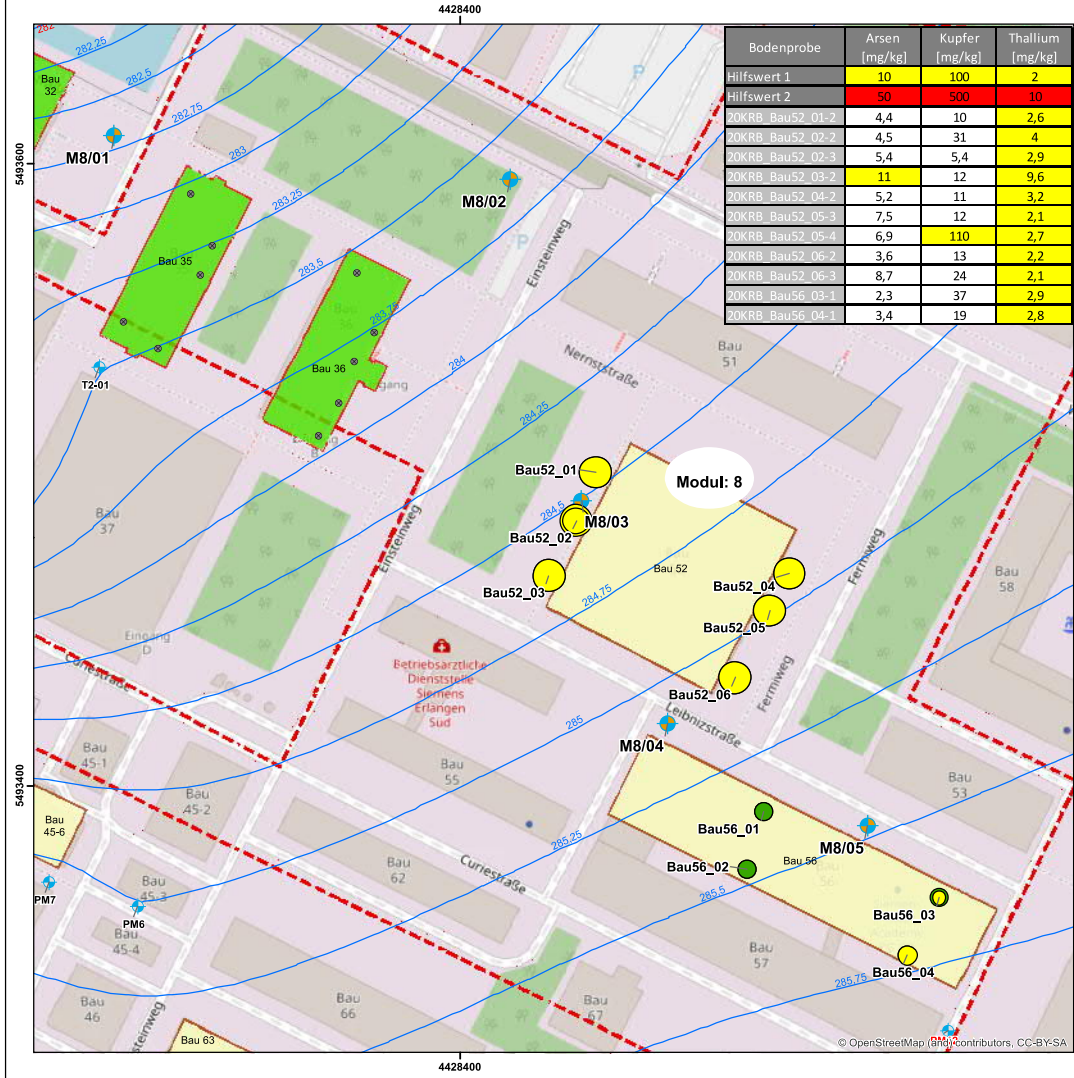
0 12.5 25 50 75 100 Meter

Erkundungsergebnisse PFT

Environmental Consulting
Siemens Campus Erlangen
Orientierende Altlastenuntersuchung Modul 8

Prepared for: Siemens AG SRE DP PMM CP Otto-Fahn-Ring 6 81739 München	Prepared by: Wood E&S GmbH Ostendstraße 153 90482 Nürnberg
Projektnummer Wood: 501280000 Datum: 11/16/2020	Bearbeiter: MK Geprüft: MK Koordinatensystem: GMDN 3 Degree Gauss Zone 4 File: SCE_M8_Ergebnisse_PFT

Anlage 2.5



Legende

Ergebnisse Schwermetalle Boden

- ≤ Hilfswert 1
 - bis 1,0 m
 - 1,0 bis 2,0 m
 - 2,0 bis 3,0 m
 - ab 3,0 m
- > Hilfswert 1 und ≤ Hilfswert 2
 - bis 1,0 m
 - 1,0 bis 2,0 m
 - 2,0 bis 3,0 m
 - ab 3,0 m

Neu durchgeführte Aufschlüsse

- Grundwassermessstelle
- Kleinrammbohrung

Bestehende Aufschlüsse

- Grundwassermessstelle, Bestand
- Bohrpunkt, Orientierende Untersuchung (2017)
- Grundwasserhöhengleichnis Juni 2020

Verdachtsbereiche basierend auf Historischer Erkundung

- Verdachtsbereich
- OU 2017, Verdacht ausgeräumt

Modulgrenzen

- Modul 8

0 12,5 25 50 75 100 Meter

Erkundungsergebnisse Schwermetalle

Environmental Consulting
Siemens Campus Erlangen
Orientierende Altlastenuntersuchung Modul 8

Prepared for:
Siemens AG
SRE DP PMM CP
Otto-Hahn-Ring 6
91739 München

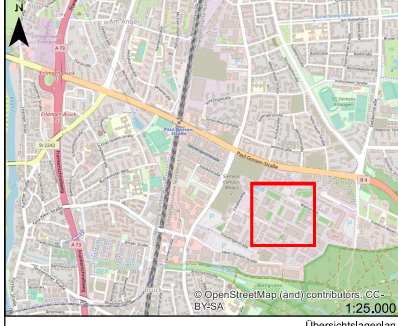
Prepared by:
Wood
E&IS GmbH
Ostendstraße 153
90482 Nürnberg

Projectnummer Wood: 5912800090
Datum: 16.11.2020

wood.

Beauftragter: J | Geprüft: MK
Koordinatensystem: DMCN 3 Degree Gauss Zone 4
File: SCE_M8_Ergebnisse_SM

Anlage 2.6



Legende

Stufenwerte nach LfU-Merkblatt 3.8/1

- < Stufe-1-Wert
- > Stufe-1-Wert und ≤ Stufe-2-Wert
- > Stufe-2-Wert

Parameter

- LHKW inkl. VC
- PAK n, EPA
- Schwermetalle (Einzelsubstanzen)

Untersuchungspunkte

Neu durchgeführte Aufschlüsse

- Grundwassermessstelle
- Kleinrammbohrung
- Grundwassermessstelle, Bestand
- Bohrpunkt, Orientierende Untersuchung (2017)
- Grundwasserbeobachtungen Juni 2020

Verdachtsbereiche basierend auf Historischer Erkundung

- Verdachtsbereich
- OU 2017, Verdacht ausgeräumt

Bestehende Aufschlüsse

- Modul 8

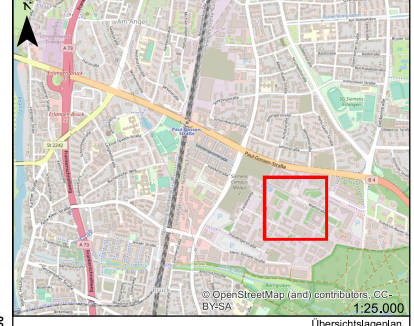
0 15 30 60 90 120 Meter

Erkundungsergebnisse
LHKW, PAK, Schwermetalle (Grundwasser)

Environmental Consulting
 Siemens Campus Erlangen
 Orientierende Altlastenuntersuchung Modul 8

Prepared by: Siemens AG SRE DP PMM CP Otto-Fahn-Ring 6 91739 München	Prepared by: Wood E&IS GmbH Ostendstraße 153 90482 Nürnberg
Projektnummer Wood: Datum: 501280000 11/16/2020	wood. Bearbeiter: IJ Geprüf: MK Koordinatensystem: GDM3 3 Degree Gauss 2 zone 4 File: SCE_M8_Ergebnisse_3M_GW

Anlage 2.7



Legende

Keine Überschreitung d. Grenzwertes
 PFT Quotientensumme PFT Schwellenwert
 Erster Aquifer Erster Aquifer

Überschreitung d. Grenzwertes (s. Tabelle)
 PFT Quotientensumme PFT Schwellenwert
 Erster Aquifer Erster Aquifer

Untersuchungspunkte
 PFT(24) - Summenkonzentration
 n.b.: nicht bestimmbar

Neu durchgeführte
 Kleinrammborung

Bestehende
 Grundwassermessstelle, Bestand
 Bohrpunkt, Orientierende Untersuchung (2017)
 Grundwasserhöhen gleichen Juni 2020

Verdachtsbereiche basierend auf
 Verdachtsbereich
 OU 2017, Verdacht ausgeräumt
 Modul 8

0 15 30 60 90 120 Meter

Erkundungsergebnisse
PFT (Grundwasser)

Environmental Consulting
 Siemens Campus Erlangen
 Orientierende Altlastenuntersuchung Modul 8

Prepared by: Siemens AG SRE DP PMM CP Otto-Fahn-Ring 6 91739 München	Prepared by: Wood E&S GmbH Ostendstraße 153 90482 Nürnberg
Projektnummer Wood: Datum: 501280000 11/16/2020	wood.
Anlage 2.8	
Bearbeiter: MK	Geprüft: MK
Koordinatensystem: GDM 3 Degree Gauss Zone 4	File: SCE_M8_Ergebnisse_PFC_20W