

Bericht

Orientierende Untersuchung
einer Kleingartenfläche in Kappeln
im Rahmen des **B-Plan Nr. 80 „Cremilk und Umgebung“**

Auftraggeber: Stadt Kappeln
Fachbereich Bauamt/Bauverwaltung
Reeperbahn 2
24376 Kappeln

Auftragnehmer: UCL Umwelt Control Labor GmbH
Köpenicker Straße 59
24111 Kiel

Auftrag vom: 08.06.2017

Bericht - Seiten: 22 ohne Anlagen

Berichtsverfasser: Dipl.-Geol. J. Albus

Kiel, 04.08.2017


i. V. Dipl.-Geol. M. Gartz

Sachverständiger gem. §18 BBodSchG


i.A. Dipl.-Geol. J. Albus

Inhaltsverzeichnis

Kapitel		Seite
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Allgemeine Standortbeschreibung	1
3	Untersuchungskonzept	2
4	Ausgeführte Arbeiten	3
4.1	Feldarbeiten	3
4.1.1	Kleinrammbohrungen / Probenahmen	3
4.1.2	Vermessungsarbeiten	4
4.2	Chemische Untersuchungen	4
5	Untersuchungsergebnisse / Bewertung	5
5.1	Bewertungsgrundlagen	5
5.1.1	Umweltrechtliche Bewertung	5
5.1.2	Abfallrechtliche Bewertung	8
5.2	Geologie / Oberflächennaher Schichtenaufbau	9
5.3	Bewertung	10
5.3.1	Umweltrecht	10
5.3.2	Abfallrecht	21
6	Zusammenfassende Bewertung / Empfehlungen	21
7	Literatur- / Quellenverzeichnis	22

Anlagenverzeichnis

Anlage

- 1 Lagepläne
 - 1.1 Übersichtsplan, 1:25.000
 - 1.2 Lageplan der Bohransatzpunkte, 1:1000
- 2 Säulenprofile
- 3 Schichtenverzeichnisse
- 4 Prüfberichte
- 5 Nivellement
- 6 Bewertungsgrundlagen
 - 6.1 Vorsorge- und Prüfwerte
 - 6.2 Schadstoffe / Eigenschaften
 - 6.3 Matrixtabellen nach LLUR
 - 6.3.1 Matrixtabelle zur Beurteilung der Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone
 - 6.3.2 Matrixtabelle zur Abschätzung der Grundwassergefährdung

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Im Rahmen einer betrieblichen Erweiterung der Cremilk GmbH soll eine zwischen der Königsstraße und dem Nestle-Weg in Kappeln gelegene Kleingartenfläche künftig in die Gewerbefläche integriert werden. Hierzu soll die Kleingartenfläche mittel- oder langfristig auf das heutige Geländenniveau des Betriebsgeländes abgesenkt werden, so dass der vorhandene Hang im nordöstlichen Bereich der Kleingartenfläche abgetragen werden muss.

Da sich die Kleingartenfläche im Nahfeld der Altablagerung Süderfeld befindet, auf der zwischen 1945 und 1965 Hausmüll und Bauschutt abgelagert wurden, und zudem keine Kenntnisse über mögliche umweltschädigende Tätigkeiten im Zuge der Kleingartennutzung vorlagen, waren Verunreinigungen des Bodens und oder des Grundwassers nicht auszuschließen.

Aus diesem Grund wurde seitens der unteren Bodenschutzbehörde des zuständigen Kreises vor der Umsetzung des B-Planes eine orientierende Untersuchung der Kleingartenfläche gefordert.

Mit dem Vertrag vom 08.06.2017 wurde die UCL Umwelt Control Labor GmbH durch die Stadt Kappeln mit der Ausführung der orientierenden Untersuchung (OU) gemäß des Angebotes der UCL vom 27.04.2017 beauftragt. Zielsetzung der OU war es, den Verdacht einer schädlichen Boden- und/oder Grundwasserveränderung auszuräumen oder zu bestätigen.

2 Allgemeine Standortbeschreibung

Das Untersuchungsgrundstück (Flurstück 33/34 und 33/169, Flur 6, Gemarkung Kappeln) umfasst eine Fläche von ca. 13.000 m².

Der südöstliche Bereich des Untersuchungsgrundstücks wird von einer unversiegelten, mit Gras, Sträuchern und einzelnen Bäumen bewachsenen Brachfläche eingenommen.

Nordwestlich hiervon schließt sich die Kleingartensiedlung an, auf der nach wie vor einzelne Parzellen verpachtet sind und bewirtschaftet werden. Dieser Grundstücksbereich ist, abgesehen von einzelnen Gartenhäusern, ebenfalls unversiegelt und größtenteils mit Gras bewachsen (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Übersicht über die Brachfläche und die angrenzende Kleingartensiedlung

3 Untersuchungskonzept

Das durch die UCL GmbH erstellte und mit der zuständigen unteren Bodenschutzbehörde abgestimmte Untersuchungskonzept sah vor:

1. Die Beschaffenheit des oberflächennahen Untergrundes auf mögliche Verunreinigungen des Bodens und / oder des oberflächennahen Grundwassers zu prüfen und die Untersuchungsergebnisse nach Umweltrecht zu bewerten
2. Den im Rahmen des Hangabtrags möglicherweise anfallenden Aushubboden orientierend auf seine Wiederverwertbarkeit zu prüfen

Zur Prüfung der Beschaffenheit des oberflächennahen Untergrundes waren in einem möglichst gleichmäßig anzulegenden Raster (ca. 25 x 25 m) 17 Kleinrammbohrungen bis in den gewachsenen Boden abzuteufen, den Boden unter besonderer Berücksichtigung organoleptischer Auffälligkeiten anzusprechen und schichtbezogen Bodenproben in 500 ml-Braungläser zu entnehmen.

Bei Antreffen von oberflächennahem Grundwasser waren ausgewählte Bohransatzpunkte mittels des Stütz-Probennehmersystems zu temporären Grundwassermessstellen auszubauen und Grundwasserproben im direct-push-Verfahren zu entnehmen.

Die entnommenen Grundwasser- sowie ausgewählte Bodenproben waren im Labor der UCL GmbH auf Arsen, Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und polychlorierte Biphenyle (PCB), die Grundwasserproben zudem auf aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX, Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol) und leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe (LCKW) zu untersuchen.

Zur Prüfung einer Wiederverwertbarkeit potentiell auszuhebenden Bodens sollten aus ausgewählten Einzelproben Bodenmischproben erstellt und diese auf den Parameterumfang gemäß LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung: 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)) untersucht werden.

Nach Beendigung der Feld- und Laborarbeiten waren die ausgeführten Untersuchungen in einem Bericht zu dokumentieren, die Untersuchungsergebnisse tabellarisch und graphisch darzustellen und nach Umwelt- und Abfallrecht zu bewerten.

4 Ausgeführte Arbeiten

4.1 Feldarbeiten

4.1.1 Kleinrammbohrungen / Probenahmen

Für die orientierende Erkundung des oberflächennahen Untergrundes wurden zwischen dem 10.07. und dem 13.07.2017 insgesamt 16 Kleinrammbohrungen in einem an die örtlichen Gegebenheiten angepassten Raster abgeteuft. Die Kleingartensiedlung wurde über 10 Kleinrammbohrungen und die südöstlich angrenzende Brachfläche über sechs Kleinrammbohrungen erkundet. Die Lage der Bohransatzpunkte ist dem Lageplan der Anlage 1.2 zu entnehmen.

Die Bohrtiefen orientierten sich an dem angetroffenen lokalen Schichtenaufbau und betragen zwischen 2,0 und 6,0 m uGOK.

Der Vortrieb der Rammkernsonden erfolgte mittels eines Elektro-Hammers der Fa. WACKER, Typ EH 23. Mit den eingesetzten Sonden (Durchmesser 60 bis 50 mm) wurden Kernlängen von 1,0 m bis 2,0 m gewonnen.

Nach dem Ziehen der Kleinrammsonden erfolgten die Bodenansprache und die schicht- bzw. horizontbezogene Entnahme von Bodenproben. Um Fehler durch Schadstoffverschleppungen innerhalb der Bohrung auszuschließen, wurde jeweils nur der innere Bereich des Bohrkerns beprobt. Das an den Rändern der Sonden befindliche Bodenmaterial wurde verworfen.

Während der Bohrarbeiten wurde das Bohrgut vor Ort kornanalytisch sowie organoleptisch auf Verfärbungen, Fremdstoffanteile und Gerüche untersucht und die Ergebnisse in Form von Säulenprofilen (Anlage 2) graphisch sowie als Schichtenverzeichnisse (Anlage 3) schriftlich dargestellt.

Insgesamt wurden 72 gestörte Bodenproben entnommen und, soweit nicht für die Analytik vorgesehen, als Rückstellproben kühl und dunkel gelagert.

Nach Beendigung der Untersuchungen wurden die Bohransatzpunkte mit Sand verfüllt.

4.1.2 Vermessungsarbeiten

Die Lagebestimmung der Bohransatzpunkte erfolgte durch Winkel- und Entfernungsmessungen, ausgehend von vorhandenen Bezugsgrößen (Wege, Gebäudefluchten).

Für die Höhenvermessung der Bohransatzpunkte wurde ein Schachtdeckel im Nestleweg mit einer angenommenen Bezugshöhe von 10,0 m herangezogen.

4.2 Chemische Untersuchungen

Im Labor der UCL GmbH wurden insgesamt 44 Bodenproben auf Arsen, Schwermetalle, PAK und PCB untersucht.

Zudem wurde aus ausgewählten Proben der Bohrungen BS 1, BS 2, BS 5 und BS 6, die den abzutragenden Hang repräsentierten, eine Bodenmischprobe erstellt und gemäß LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen,

Teil II: Techn. Regeln für die Verwertung: 1.2 Bodenmaterial (TR Boden)) untersucht. Die Ergebnisse der labortechnischen Analysen sind in den Prüfberichten dokumentiert, die dem Bericht als Anlage 4 beigelegt sind.

5 Untersuchungsergebnisse / Bewertung

Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse dargestellt und eine wirkungspfadbezogene Bewertung (Abschn. 5.2) sowie eine abfallrechtliche Bewertung (Abschn. 5.3) vorgenommen.

Die für die Gefährdungsabschätzung herangezogenen Bewertungsgrundlagen werden im Abschn. 5.1 erläutert.

5.1 Bewertungsgrundlagen

5.1.1 Umweltrechtliche Bewertung

Die Bewertung der Untersuchungsergebnisse erfolgt auf der Grundlage des BBodSchG [2], der BBodSchV [3] sowie auf Grundlage der einschlägigen Arbeitshilfen der Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO) [4] unter Berücksichtigung der „Hinweise zur Anwendung der Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen“ des Landesamts für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein [5].

Als „Boden“ wird die obere Schicht der Erdkruste einschließlich der flüssigen (Bodenlösung) und gasförmigen (Bodenluft) Bestandteile definiert, die die in § 2 Abs. 2 BBodSchG [2] genannten Bodenfunktionen übernimmt:

1. natürliche Funktionen als
 - a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
 - b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
 - c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen aufgrund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,
2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie
3. Nutzungsfunktionen als Rohstofflagerstätte,
 - a) Fläche für Siedlung und Erholung,

- b) Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
- c) Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

Schädliche Bodenveränderungen im Sinne des BBodSchG sind Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen, die geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für den einzelnen oder die Allgemeinheit herbeizuführen.

Für die Bewertung von Schadstoffgehalten im Boden im Hinblick auf eine mögliche Beeinträchtigung von Bodenfunktionen wurden in der BBodSchV [3] Vorsorge- und Prüfwerte für ausgewählte Schadstoffe erlassen:

Vorsorgewerte sind Bodenwerte, bei deren Überschreitung unter Berücksichtigung von geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, dass die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht (§ 8 BBodSchG).

Prüfwerte sind Bodenwerte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung der Bodennutzung eine einzelfallbezogene Prüfung durchzuführen und festzustellen ist, ob eine schädliche Bodenveränderung oder Altlast vorliegt (§ 8 BBodSchG). Liegt der Gehalt eines Schadstoffs unterhalb des jeweiligen Prüfwertes, gilt der Verdacht auf Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast als ausgeräumt (§ 4 BBodSchV).

Die Vorsorgewerte (Anlage 6.1) berücksichtigen den vorsorgenden Schutz der Bodenfunktionen bei empfindlichen Nutzungen. Sie werden unterschieden entsprechend der Hauptbodenarten Sand, Lehm/Schluff und Ton nach Bodenkundlicher Kartieranleitung.

Bei den in der BBodSchV aufgeführten Prüfwerten handelt es sich um wirkungspfadbezogene Werte, bei deren Überschreitung eine einzelfallbezogene Prüfung auf das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast vorzunehmen ist. Es werden Prüfwerte für folgende Wirkungspfade unterschieden:

Wirkungspfad Boden - Mensch

Wirkungspfad Boden - Nutzpflanze

Wirkungspfad Boden - Grundwasser

Für den Wirkungspfad Boden Mensch sind in der BBodSchV Prüfwerte für die direkte Aufnahme (inhalativ, ingestiv) von Schadstoffen auf Kinderspielflächen, in Wohngebieten, Park- und Freizeitanlagen sowie auf Industrie- und Gewerbegrundstücken genannt (Anlage 6.1), bei deren Überschreitung zu prüfen ist, ob unter Berücksichtigung der vorliegenden Expositionsbedingungen (tatsächliche Nutzung, Zugänglichkeit, Versiegelung, Möglichkeit der inhalativen Aufnahme sowie der Relevanz ggf. weiterer Wirkungspfade) eine Gefahr besteht.

Bei der Bewertung des Wirkungspfades Boden - Grundwasser wird berücksichtigt, dass eine von den Schadstoffgehalten in der ungesättigten Bodenzone des Bodens ausgehende Gefährdung insbesondere durch Einträge gelöster Anteile erfolgen kann. Die in der BBodSchV genannten Prüfwerte (Anlage 6.1) gelten deshalb für den Übergangsbereich von der wasserungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone (Ort der Beurteilung).

Die Stoffgehalte des Sickerwassers am Ort der Beurteilung werden durch eine Sickerwasserprognose gemäß Anhang 1, Nr. 3.3 der BBodSchV abgeschätzt. Sie berücksichtigt u.a. folgende Sachverhalte:

- Schadstoffinventar (Schadstoffgehalte),
- Freisetzungverhalten der Schadstoffe (Mobilität),
- Transportprognose unter Berücksichtigung der Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone (Verweildauer des Sickerwassers, Abbau, Rückhalt),
- Abschätzung einer Prüfwertüberschreitung zum aktuellen Zeitpunkt,
- Abschätzung einer Prüfwertüberschreitung für die überschaubare Zukunft.

Bei der Gefährdungsabschätzung werden die Hinweise zur Anwendung der Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen des LLUR [5] berücksichtigt. Dabei wird für die Einstufung des Schadstoffpotentials u.a. auf die ebenfalls in [5] genannten Beurteilungswerte zurückgegriffen, die sich an den Maßnahmenschwellenwerten für Bodenbelastungen der „Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden“ der LAW A orientieren.

Liegen die ermittelten Gehalte im Bereich der Beurteilungswerte (oder überschreiten diese in Teilbereichen), so ist von einem mittleren Schadstoffpotential, bei flächiger oder deutlicher Überschreitung von einem hohen Schadstoffpotential auszugehen. Bei deutlicher Unterschreitung ist das Schadstoffpotential gering [5].

5.1.2 Abfallrechtliche Bewertung

Neben der Frage einer möglichen Gefährdung der Umwelt und des Menschen stellt sich in dem gegebenen Fall auch die Frage einer abfallrechtlich fachgerechten Behandlung des Bodens, der im Falle möglicher künftiger Erdarbeiten anfallen würde.

Als Bewertungsansatz hierfür wurden daher die „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen Technische Regeln“ der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) mit den entsprechenden Zuordnungswerten herangezogen [6].

Die hierin aufgeführten Zuordnungswerte sind folgendermaßen definiert:

Die Gehalte bis zum Zuordnungswert Z0 kennzeichnen natürlichen Boden (Hintergrundwerte), so dass ein uneingeschränkter Einbau möglich ist.

Die Zuordnungswerte Z1.1 und Z1.2 stellen die Obergrenzen für offenen Einbau unter bestimmten Nutzungseinschränkungen dar, wobei Material der Zuordnungsklasse Z1.2 nur unter günstigen hydrogeologischen Bedingungen wiedereingebaut werden darf.

Besonders sensible Flächen wie Spielplätze, Hausgärten und gärtnerisch genutzte Flächen sind vom Einbau solchermaßen belasteten Bodens ausgeschlossen.

Die Zuordnungswerte Z2 stellen die Obergrenze für den Einbau von Boden unter definierten technischen Sicherungsmaßnahmen dar, wodurch der Transport von Schadstoffen in den Untergrund und das Grundwasser verhindert werden soll. Die Verwendung bei Erdbaumaßnahmen wie Lärmschutzwälle und Straßendämme ist unter einer mineralischen Dichtung mit einer Mächtigkeit von 0,5 m und einer Durchlässigkeit von $<k_f \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ zugelassen. Die Verwendung als Unterbau für Stellflächen ist auf Industrie- und Gewerbegebiete beschränkt.

5.2 Geologie / Oberflächennaher Schichtenaufbau

Im Bereich der Kleingartensiedlung (BS 1 bis BS 10) wurde ein ca. 0,40 m mächtiger Mutterboden angetroffen, der punktuell mit Kies und antropogenen Beimengungen in Form von Ziegelsplintern durchsetzt war. Im Liegenden dieses Mutterbodens traten an neun von 10 Ansatzpunkten bindige glazigene Sedimente in Form von Geschiebelehm und Geschiebemergel auf. Im äußersten nord-westlichen Bereich der Kleingartensiedlung, am Bohransatzpunkt BS 4 trat im Liegenden des Mutterbodens eine mit Pflanzenresten durchsetzte organogene Mudde auf, deren Auftreten auf ein ehemaliges Kleingewässer in diesem Bereich hindeutet.

Grundwasser wurde hier bis zu maximalen Endteufe von 4 m uGOK nicht angetroffen.

Auf der Brachfläche trat unterhalb eines geringmächtigen humosen Oberbodens eine 1,2 m bis 4,4 m (Ø ca. 2,60 m) mächtige, teils sandig, teils lehmig ausgebildete, mehr oder minder stark mit Ziegelbruch, Beton, Schlacken, Asphalt, Metallstücken und Keramikbruchstücken durchsetzte Auffüllung auf, die ihrerseits von organogenen Weichschichten (Mudden, Torf) und Geschiebemergel unterlagert wurde.

Oberflächennahes Grundwasser wurde bis zur Endteufe von maximal 6 m uGOK nicht angetroffen. Lediglich an den Bohransatzpunkten BS 11 bis BS 13 trat innerhalb der sandiger ausgebildeten Partien der Auffüllungen Wasser auf, das als Schichtwasser angesprochen wurde.

Zur Beurteilung der Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung wurde das Bohrprofil des Betriebsbrunnens der Cremilk herangezogen [1]. Demzufolge weist der anstehende Geschiebemergel eine Mächtigkeit von ca. 25 m auf. Erst an dessen Basis treten glazifluviale Sande und -kiese auf, die einen ersten durchgehenden Grundwasserleiter ausbilden. Folglich ist die Mächtigkeit der Grundwasserüberdeckung als „groß“ einzustufen.

Unter Berücksichtigung der, aufgrund der fehlenden Versiegelung, zu erwartenden „hohen“ Sickerwasserrate, der „geringen“ Durchlässigkeit und der eher „geringen“ biologischen Abbaubarkeit der potentiellen Kontaminanten ist die Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone als insgesamt „mittel“ einzustufen (Tab. 1)

Tab. 1: Einstufung der Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone nach [5]

Mächtigkeit der unbelasteten Grundwasserüberdeckung	Sickerwasserrate (-> Versiegelung)	Durchlässigkeit der ungesättigten Bodenzone unter Berücksichtigung des Sorptionsvermögens	Biologische Abbaubarkeit	Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone	
groß	hoch	groß	(-)	gering	
		mittel/gering	gering	mittel	
	mittel	groß	(-)	gut	hoch
		mittel/gering		mittel	
	gering	groß	(-)	mittel	mittel
		mittel/gering		hoch	

5.3 Bewertung

5.3.1 Umweltrecht

Schadstoffinventar:

In der nachfolgenden Tabelle 2 sind die Gehalte an Schwermetallen, PCB und PAK den Vorsorgewerten nach [3] gegenübergestellt.

Tab. 2: Gehalte an Schwermetallen, PCB und PAK sowie Vorsorgewerten nach [3]

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 1, Pr. 1	BS 1, Pr. 2	BS 2, Pr. 1	BS 2, Pr. 2	Vorsorgewerte BBodSchV	
		0 - 0,40 17-35400-001	0,40 - 1,00 17-35400-002	0 - 0,50 17-35400-003	0,50 – 1,10 17-35400-004	S	U
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		S	U	S	S	S	U
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	5,5	< 5,0	< 5,0	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	14,8	9,21	17,4	2,61	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	11,8	18,2	13,8	13,2	15	60
Kupfer	mg/kg TS	9,2	11	11	2,6	30	40
Nickel	mg/kg TS	8,9	17	11	6,7	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	0,069	< 0,05	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	54,5	33,8	43,1	71,2	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	0,406	0	22,3	0	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,039	< 0,01	1,6	< 0,01	0,3	

Probenbezeichnung		BS 2, Pr. 3 1,10 - 1,70	BS 3, Pr. 1 0 - 04,0	BS 3, Pr. 2 0,40 - 1,50	BS 4, Pr. 1 0 - 0,40	Vorsorgewerte BBodSchV	
Probe-Nr.		17-35400-005	17-35400-006	17-35400-007	17-35400-008		
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		U	S	U	S	S	U
Arsen	mg/kg TS	5,9	5,4	5,7	< 5,0	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	9,52	50,6	7,08	38,7	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	24,4	16,6	20,5	11,8	15	60
Kupfer	mg/kg TS	12	17	7,7	17	30	40
Nickel	mg/kg TS	19	10	15	9,2	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	0,13	< 0,05	0,12	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	40,0	144	33,9	76,6	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	0	1,18	0	0,816	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	< 0,01	0,087	< 0,01	0,066	0,3	

Probenbezeichnung		BS 4, Pr. 2 0,40 - 1,50	BS 5, Pr. 1 0 - 0,30	BS 5, Pr. 2 0,30 - 1,00	BS 6, Pr. 1 0 - 0,30	Vorsorgewerte BBodSchV	
Probe-Nr.		17-35400-009	17-35400-010	17-35400-011	17-35400-012		
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		U	S	U	S	S	U
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	5,0	< 5,0	< 5,0	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	28,1	65,6	8,71	31,6	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	16,1	15,3	14,5	11,9	15	60
Kupfer	mg/kg TS	14	17	11	20	30	40
Nickel	mg/kg TS	9,6	9,3	12	9,4	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	0,11	0,16	< 0,05	0,057	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	66,8	304	40,1	175	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	0	12,3	0,058	3,92	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	< 0,01	0,747	0,013	0,191	0,3	

Probenbezeichnung		BS 6, Pr. 2 0,50 – 1,50	BS 7, Pr. 1 0 – 0,40	BS 7, Pr. 2 0,40 – 1,60	BS 8, Pr. 1 0 – 0,40	Vorsorgewerte BBodSchV	
Probe-Nr.		17-35400-013	17-35400-014	17-35400-015	17-35400-016		
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		U	S	U	S	S	U
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	< 5,0	5,6	< 5,0	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	8,67	20,0	8,06	34,3	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	16,0	9,74	20,1	15,0	15	60
Kupfer	mg/kg TS	9,5	9,8	12	17	30	40
Nickel	mg/kg TS	14	6,8	18	9,4	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,065	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	32,1	82,6	36,3	90,4	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	0	1,18	0	2	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	< 0,01	0,091	< 0,01	0,133	0,3	

Probenbezeichnung		BS 8, Pr. 2 0,40 – 1,00	BS 9, Pr. 1 0 – 0,40	BS 9, Pr. 2 0,40 – 1,70	BS 10, Pr. 1 0 – 0,40	Vorsorgewerte BBodSchV	
Probe-Nr.		17-35400-017	17-35400-018	17-35400-019	17-35400-020		
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		U	S	U	S	S	U
Arsen	mg/kg TS	5,7	< 5,0	5,3	< 5,0	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	7,45	36,2	10,0	28,7	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	16,8	14,6	22,0	13,9	15	60
Kupfer	mg/kg TS	11	17	9,4	13	30	40
Nickel	mg/kg TS	15	9,5	17	9,2	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	0,095	< 0,05	0,082	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	30,7	152	40,1	174	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	0	1,74	0	1,82	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	< 0,01	0,131	< 0,01	0,137	0,3	

Probenbezeichnung		BS 10, Pr. 2 0,40 – 1,20	BS 11, Pr. 1 0,05 – 0,50	BS 11, Pr. 2 0,50 – 1,50	BS 11, Pr. 3 1,50 – 2,50	Vorsorgewerte BBodSchV	
Probe-Nr.		17-35400-021	17-35400-022	17-35400-023	17-35400-024		
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		U	U	S	S	S	U
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	< 5,0	27	12	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	9,06	8,57	4410	293	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	4,9	0,58	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	23,3	19,8	28,1	50,0	15	60
Kupfer	mg/kg TS	6,8	12	1100	530	30	40
Nickel	mg/kg TS	15	16	34	35	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	0,075	0,48	0,30	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	32,5	35,1	1820	732	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	0	0	24,5	54,1	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	1,62	4,36	0,3	

Probenbezeichnung		BS 11, Pr. 4 2,50 – 3,60	BS 11, Pr. 5 3,60 – 4,00	BS 12, Pr. 2 0,30 – 1,30	BS 12, Pr. 3 1,30-2,30	Vorsorgewerte BBodSchV	
Probe-Nr.		17-35400-025	17-35400-026	17-35400-028	17-35400-029		
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		S	U	S	S	S	U
Arsen	mg/kg TS	26	8,1	11	< 5,0	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	347	51,5	90,8	26,9	40	70
Cadmium	mg/kg TS	2,7	0,53	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	37,0	26,3	15,5	10,5	15	60
Kupfer	mg/kg TS	710	32	47	24	30	40
Nickel	mg/kg TS	78	21	30	12	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	0,77	0,14	0,62	0,24	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	2590	182	279	109	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	10,8	1,24	9,93	39,7	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,226	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,685	0,129	0,633	2,68	0,3	

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 12, Pr. 4	BS 12, Pr. 5	BS 12, Pr. 6	BS 13, Pr. 1	Vorsorgewerte	
		2,30 – 3,30	3,30 – 4,40	4,40 – 5,10	0 – 0,90	BBodSchV	
		17-35400-030	17-35400-031	17-35400-027	17-35400-032		
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		S	S	U	S	S	U
Arsen	mg/kg TS	5,5	7,1	< 5,0	< 5,0	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	161	138	18,0	103	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	14,2	11,7	24,9	10,9	15	60
Kupfer	mg/kg TS	23	45	27	44	30	40
Nickel	mg/kg TS	14	15	21	14	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	0,79	0,26	0,084	0,20	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	140	318	75,0	141	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	7,23	3,13	0	15,8	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,01	0,804	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,463	0,188	< 0,1	0,932	0,3	

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 13, Pr. 2	BS 13, Pr. 3	BS 13, Pr. 4	BS 14, Pr. 2	Vorsorgewerte	
		0,90 – 2,00	2,00 – 2,60	2,60 – 4,00	0,10 – 1,00	BBodSchV	
		17-35400-033	17-35400-034	17-35400-035	17-35400-036		
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		S	S	U	U	S	U
Arsen	mg/kg TS	12	58	5,4	5,4	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	128	1070	7,22	9,31	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	26,4	37,8	18,4	15,6	15	60
Kupfer	mg/kg TS	53	290	12	9,1	30	40
Nickel	mg/kg TS	26	88	14	14	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	0,16	0,29	< 0,05	< 0,05	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	181	713	36,0	33,9	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	4,95	9,68	0	0	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,291	0,588	< 0,01	< 0,01	0,3	

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 14, Pr. 3	BS 14, Pr. 4	BS 15, Pr. 2	BS 15, Pr. 3	Vorsorgewerte	
		1,00 – 2,30 17-35400-037	2,30 – 3,40 17-35400-038	0,10 -0,50 17-35400-039	0,50 – 1,50 17-35400-040	BBodSchV	
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		U	U	S	S	S	U
Arsen	mg/kg TS	5,6	< 5,0	10	< 5,0	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	7,53	9,90	84,0	6,01	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	15,8	11,9	21,6	13,2	15	60
Kupfer	mg/kg TS	11	6,5	41	11	30	40
Nickel	mg/kg TS	14	7,8	30	15	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	0,22	< 0,05	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	34,3	37,3	115	30,7	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	0	1,12	10,3	0	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	< 0,01	0,072	0,77	< 0,01	0,3	

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 15, Pr. 4	BS 15, Pr. 5	BS 16, Pr. 2	BS 16, Pr. 3	Vorsorgewerte	
		1,50 – 2,40 17-35400-041	2,40 – 4,00 17-35400-042	0,30 – 1,20 17-35400-043	1,20 – 2,00 17-35400-044	BBodSchV	
Parameter	Einheit						
Hauptbodenart		S	U	U	U	S	U
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	< 5,0	< 5,0	6,3	k.A.	k.A.
Blei	mg/kg TS	9,30	8,71	8,73	7,64	40	70
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,4	1
Chrom	mg/kg TS	21,7	11,7	19,8	17,9	15	60
Kupfer	mg/kg TS	12	6,2	10	12	30	40
Nickel	mg/kg TS	18	8,0	16	17	20	50
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1	0,5
Zink	mg/kg TS	40,6	31,2	38,0	38,6	60	150
PCB	mg/kg TS	0	0	0	0	0,1	
Summe PAK	mg/kg TS	0	0	0,321	0	3	
Naphthalin	mg/kg TS	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	k.A.	
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	< 0,01	< 0,01	0,028	< 0,01	0,3	

9,3 Befund unterschreitet den Vorsorgewert

88 Befund überschreitet den Vorsorgewert

1070 Befund überschreitet den Vorsorgewert deutlich (mind. 5-fach)

Aus den Analysenergebnissen ist ersichtlich, dass die Stoffgruppe der PCB an keinem Untersuchungspunkt nachgewiesen wurde und demzufolge als unauffällig zu bezeichnen ist.

Auf dem Untersuchungsgrundstück wurden demgegenüber z. T. deutlich erhöhte Gehalte an Schwermetallen, vor allem an Blei, Cadmium, Kupfer, Quecksilber und Zink festgestellt.

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die jeweils höchsten Gehalte der zuvor genannten Kontaminanten sowie die Überschreitung der jeweiligen Vorsorgewerte dargestellt.

Tab. 3: Höchste Schwermetallgehalte sowie Überschreitung der Vorsorgewerte

Probe Nr.	Schadstoffgehalt [mg/kg]	Überschreitung des Vorsorgewertes um das:
BS 11, Pr. 2	Blei: 4.410	ca. 110-fache
BS 11, Pr. 2	Cadmium: 4,9	ca.12-fache
BS 11, Pr. 2	Kupfer:1.100	ca.36-fache
BS 12, Pr. 4	Quecksilber: 0,79	ca. 7-fache
BS 11, Pr. 4	Zink: 2.590	ca. 42-fache

Die deutlich erhöhten Schwermetallgehalte wurden ausschließlich auf der Brachfläche und hier innerhalb des Auffüllungshorizontes detektiert.

Auch für die Stoffgruppe der PAK wurden stellenweise erhöhte bis deutlich erhöhte Gehalte detektiert, die sich mit wenigen Ausnahmen auf die Auffüllungen im Bereich der Brachfläche beschränken.

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind die jeweils höchsten Gehalte an Summe PAK und dem karzinogenen Einzelparameter Benzo-a-pyren sowie die Überschreitung der jeweiligen Vorsorgewerte aufgeführt.

Tab. 4: Höchste Gehalte an Summe PAK und Benzo-a-Pyren sowie Überschreitung der Vorsorgewerte

Probe Nr.	Schadstoffgehalt [mg/kg]	Überschreitung des Vorsorgewertes um das:
BS 11, Pr. 3	Summe PAK: 54,1	ca. 17-fache
	Benzo-a-pyren: 4,36	ca.14-fache
BS 12, Pr. 3	Summe PAK: 39,7	ca. 12-fache
	Benzo-a-pyren: 2,68	ca. 7-fache

Bewertung - Wirkungspfad Boden - Grundwasser:

Durch die punktuell deutliche (mindestens 5-fache) Überschreitung der Vorsorgewerte ist das Schadstoffgesamtpotential für die Schwermetalle als „mittel“, die Mobilität ist als „gering“ einzustufen.

Unter Berücksichtigung der mittleren Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone ist, der Matrixta-
belle nach [5] folgend, eine vor den nachgewiesenen Schwermetallgehalten ausgehende Gefährdung
des Grundwassers nicht wahrscheinlich.

Tab. 5: Einschätzung der Grundwassergefährdung für gering mobile Stoffe (hier: Schwermetalle)

Mobilität der Schadstoffe	Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone	Schadstoff- Gesamtpotential im Boden	Grundwasser- gefährdung
gering	gering	hoch	wahrscheinlich
		mittel	nicht abschließend zu beurteilen
		gering	nicht wahrscheinlich
	mittel oder hoch	hoch	nicht abschließend zu beurteilen
		mittel oder gering	nicht wahrscheinlich

Auch für die Stoffgruppe der PAK ist durch die punktuell deutliche Überschreitung der Vorsorgewerte
von einem insgesamt mittleren Schadstoffgesamtpotential im Boden auszugehen.

Die Mobilität der höher kondensieren PAK, die anteilig im Mittel ca. 88 % der Schadstoffgesamtmas-
se ausmachen, ist als gering einzustufen.

Unter Berücksichtigung der mittleren Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone ist, der Matrixta-
belle nach [5] folgend, eine vor den nachgewiesenen PAK-Gehalten ausgehende Gefährdung des
Grundwassers nicht wahrscheinlich.

Tab. 6: Einschätzung der Grundwassergefährdung für gering mobile Stoffe (hier: PAK)

Mobilität der Schadstoffe	Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone	Schadstoff-Gesamtpotential im Boden	Grundwassergefährdung
gering	gering	hoch	wahrscheinlich
		mittel	nicht abschließend zu beurteilen
		gering	nicht wahrscheinlich
	mittel oder hoch	hoch	nicht abschließend zu beurteilen
		mittel oder gering	nicht wahrscheinlich

Bewertung - Wirkungspfad Boden - Mensch:

Zur Prüfung einer möglichen Gefährdung des Menschen über den Wirkungspfad Boden-Mensch sind in der nachfolgenden Tabelle 7 die in oberflächennah entnommen Proben nachgewiesenen Gehalte an Schwermetallen sowie des humantoxischen PAK-Einzelparameters Benzo-a-pyren den Prüfwerten nach [3] für den Wirkungspfad Boden-Mensch gegenübergestellt. Da das Untersuchungsgrundstück gemäß aktuellem Flächennutzungsplan als Mischgebiet ausgewiesen ist, wurden sowohl die Prüfwerte für Wohngebiete als auch die für Gewerbegrundstücke herangezogen.

Tab. 7: Gehalte an Schwermetallen, Benzo-a-pyren und PCB sowie Prüfwerte nach [3]

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 1, Pr. 1	BS 2, Pr. 1	BS 3, Pr. 1	Prüfwerte BBodSchV	
		0 - 0,40	0 - 0,50	0 - 04,0	Wirkungspfad Boden - Mensch	
	Einheit	17-35400-001	17-35400-003	17-35400-006	Wohngebiet	Gewerbegrundstück
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	< 5,0	5,4	50	140
Blei	mg/kg TS	14,8	17,4	50,6	400	2000
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	20	60
Chrom	mg/kg TS	11,8	13,8	16,6	400	1000
Kupfer	mg/kg TS	9,2	11	17	k.A.	k.A.
Nickel	mg/kg TS	8,9	11	10	140	900
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	0,069	0,13	20	80
Zink	mg/kg TS	54,5	43,1	144	k.A.	k.A.
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,039	1,6	0,087	1	5

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 4, Pr. 1 0 – 0,40 17-35400-008	BS 5, Pr. 1 0 – 0,30 17-35400-010	BS 6, Pr. 1 0 – 0,30 17-35400-012	Prüfwerte BBodSchV Wirkungspfad Boden - Mensch	
					Wohngebiet	Gewerbegrundstück
Parameter	Einheit					
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	5,0	< 5,0	50	140
Blei	mg/kg TS	38,7	65,6	31,6	400	2000
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	20	60
Chrom	mg/kg TS	11,8	15,3	11,9	400	1000
Kupfer	mg/kg TS	17	17	20	k.A.	k.A.
Nickel	mg/kg TS	9,2	9,3	9,4	140	900
Quecksilber	mg/kg TS	0,12	0,16	0,057	20	80
Zink	mg/kg TS	76,6	304	175	k.A.	k.A.
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,066	0,747	0,191	1	5

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 7, Pr. 1 0 – 0,40 17-35400-014	BS 8, Pr. 1 0 – 0,40 17-35400-016	BS 9, Pr. 1 0 – 0,40 17-35400-018	Prüfwerte BBodSchV Wirkungspfad Boden - Mensch	
					Wohngebiet	Gewerbegrundstück
Parameter	Einheit					
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	< 5,0	< 5,0	50	140
Blei	mg/kg TS	20,0	34,3	36,2	400	2000
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	20	60
Chrom	mg/kg TS	9,74	15,0	14,6	400	1000
Kupfer	mg/kg TS	9,8	17	17	k.A.	k.A.
Nickel	mg/kg TS	6,8	9,4	9,5	140	900
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	0,065	0,095	20	80
Zink	mg/kg TS	82,6	90,4	152	k.A.	k.A.
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,091	0,133	0,131	1	5

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 10, Pr. 1 0 – 0,40 17-35400-020	BS 11, Pr. 1 0,05 – 0,50 17-35400-022	BS 12, Pr. 2 0,30 – 1,30 17-35400-028	Prüfwerte BBodSchV Wirkungspfad Boden - Mensch	
					Wohngebiet	Gewerbegrundstück
Parameter	Einheit					
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	< 5,0	11	50	140
Blei	mg/kg TS	28,7	8,57	90,8	400	2000
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	20	60
Chrom	mg/kg TS	13,9	19,8	15,5	400	1000
Kupfer	mg/kg TS	13	12	47	k.A.	k.A.
Nickel	mg/kg TS	9,2	16	30	140	900
Quecksilber	mg/kg TS	0,082	0,075	0,62	20	80
Zink	mg/kg TS	174	35,1	279	k.A.	k.A.
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,137	< 0,01	0,633	1	5

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 13, Pr. 1	BS 14, Pr. 2	BS 15, Pr. 2	Prüfwerte BBodSchV	
		0 – 0,90	0,10 – 1,00	0,10 -0,50	Wirkungspfad Boden - Mensch	
		17-35400-032	17-35400-036	17-35400-039	Wohngebiet	Gewerbegrundstück
Parameter	Einheit					
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	5,4	10	50	140
Blei	mg/kg TS	103	9,31	84,0	400	2000
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	< 0,4	< 0,4	20	60
Chrom	mg/kg TS	10,9	15,6	21,6	400	1000
Kupfer	mg/kg TS	44	9,1	41	k.A.	k.A.
Nickel	mg/kg TS	14	14	30	140	900
Quecksilber	mg/kg TS	0,20	< 0,05	0,22	20	80
Zink	mg/kg TS	141	33,9	115	k.A.	k.A.
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,932	< 0,01	0,77	1	5

Probenbezeichnung	Probe-Nr.	BS 16, Pr. 2	Prüfwerte BBodSchV	
		0,30 – 1,20	Wirkungspfad Boden - Mensch	
		17-35400-043	Wohngebiet	Gewerbegrundstück
Parameter	Einheit			
Arsen	mg/kg TS	< 5,0	50	140
Blei	mg/kg TS	8,73	400	2000
Cadmium	mg/kg TS	< 0,4	20	60
Chrom	mg/kg TS	19,8	400	1000
Kupfer	mg/kg TS	10	k.A.	k.A.
Nickel	mg/kg TS	16	140	900
Quecksilber	mg/kg TS	< 0,05	20	80
Zink	mg/kg TS	38,0	k.A.	k.A.
Benzo-a-pyren	mg/kg TS	0,028	1	5

0,091 Befund unterschreitet den Prüfwert

1,6 Befund überschreitet den Prüfwert

Eine Gefährdung des Menschen über den Wirkungspfad Boden-Mensch ist anhand der vorliegenden Analysenergebnisse nicht erkennbar.

Die Schwermetallgehalte lagen sämtlich und deutlich unterhalb der jeweiligen Prüfwerte, selbst für die sensiblere Nutzung als Wohngebiet.

In einer Probe überschritt der Benzo-a-pyren-Gehalt den Prüfwert für Wohngebiete. Hier wird jedoch ein direkter Kontakt mit dem Boden durch die vorhandene Grasnarbe unterbunden, so dass unter den aktuellen Standortgegebenheiten eine Gefährdung des Menschen nicht gegeben ist.

5.3.2 Abfallrecht

Wie bereits in Kapitel 5.2 erwähnt, wird der Hangbereich durch einen sehr einfachen und einheitlichen Bodenaufbau charakterisiert. Angetroffen wurde ein humoser Oberboden der von bindigen glazigen Sedimenten unterlagert wurde. Der humose Oberboden könnte im Falle von Erdarbeiten separiert und entsprechend zur Herstellung einer durchwurzelbaren Bodenschicht wieder verwendet werden.

Aus den Einzelproben der unterlagernden Geschiebelehms-/mergels wurde eine Bodenmischprobe erstellt und diese gemäß dem Untersuchungsumfang der LAGA Tab. II 1.2-4 und 1.2-5 untersucht.

Der Boden ist aufgrund eines gering erhöhten TOC-Wertes in die Zuordnungsklasse Z 1 einzustufen und somit für den eingeschränkten offenen Einbau geeignet.

Sollte eine Wiederverwertung des Bodens nicht möglich sein und der Boden abgefahren und entsorgt werden müssen, kann dies nach den vorliegenden Ergebnissen auf einer Deponie der Klasse 0 erfolgen.

6 Zusammenfassende Bewertung / Empfehlungen

Im Rahmen der orientierenden Untersuchung wurden in der Bodenfestsubstanz stellenweise erhöhte Gehalte an Schwermetallen und PAK festgestellt, von denen jedoch nach dem Stand der Untersuchungen keine Gefährdung für die Schutzgüter Mensch oder Grundwasser ausgeht.

Der Verdacht auf Vorliegen einer schädlichen Boden- und/oder Grundwasserveränderung wurde durch die ausgeführten Untersuchungen nicht erhärtet. Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen besteht aus gutachterlicher Sicht kein weiterführender Untersuchungsbedarf.

Der möglicherweise in dem Hangbereich anfallende Aushubboden ist nach einer ersten orientierenden Prüfung für den eingeschränkten offenen Einbau geeignet.

7 Literatur- / Quellenverzeichnis

- [1] Johannsen, A.: Hydrogeologie von Schleswig – Holstein. Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Heft 28, Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter in der Bundesrepublik Deutschland. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1980.
- [2] Bundesrepublik Deutschland: Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG. BGBl. I, G 5702, Nr. 16 vom 24.03.1998, S. 502
- [3] Bundesrepublik Deutschland: Bundes - Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). BGBl. I. Teil, Nr. 36 vom 12.07.1999, S. 1554 ff
- [4] Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO): Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen. Juli 2003
- [5] Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (früher: Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein): Hinweise zur Anwendung der Arbeitshilfe Sickerwasserprognose bei orientierenden Untersuchungen des Altlastenausschusses (ALA) der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). 10. Oktober 2007
- [6] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand: 05.11.2004.

Anlagen

- 1 Lagepläne
 - 1.1 Übersichtsplan, 1:25.000
 - 1.2 Lageplan der Bohransatzpunkte, 1:1000
- 2 Säulenprofile
- 3 Schichtenverzeichnisse
- 4 Prüfberichte
- 5 Nivellement
- 6 Bewertungsgrundlagen
 - 6.1 Vorsorge- und Prüfwerte
 - 6.2 Schadstoffe / Eigenschaften
 - 6.3 Matrixtabellen nach LLUR
 - 6.3.1 Matrixtabelle zur Beurteilung der Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone
 - 6.3.2 Matrixtabelle zur Abschätzung der Grundwassergefährdung

1 Lagepläne

1.1 Übersichtsplan, 1:25.000

1.2 Lage der Bohransatzpunkte, 1:1000

1.1 **Übersichtsplan, 1:25.000**

1.2 Lage der Bohransatzpunkte, 1:1000

2 Säulenprofile

3 Schichtenverzeichnisse

4 Prüfberichte

5 Nivellement

6 Bewertungsgrundlagen

6.1 Vorsorge- und Prüfwerte

6.2 Schadstoffe / Eigenschaften

6.3 Matrixtabellen nach LLUR

6.3.1 Matrixtabelle zur Beurteilung der Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone

6.3.2 Matrixtabelle zur Abschätzung der Grundwassergefährdung

6.1 Vorsorge- und Prüfwerte

Vorsorgewerte der BBodSchV

Schadstoff		Vorsorgewerte		
		Sand ¹⁾	Lehm / Schluff	Ton
Arsen ⁶⁾	mg/kg TS	10	20	20
Blei ⁶⁾	mg/kg TS	40	70 ⁵⁾	100 ⁴⁾
Cadmium ⁶⁾	mg/kg TS	0,4	1 ³⁾	1,5 ²⁾
Chrom ⁶⁾	mg/kg TS	30	60	100
Kupfer ⁶⁾	mg/kg TS	20	40	60
Nickel ⁶⁾	mg/kg TS	15	50 ³⁾	70 ²⁾
Quecksilber ⁶⁾	mg/kg TS	0,1	0,5	1
Zink ⁶⁾	mg/kg TS	60	150 ³⁾	200 ²⁾
Alle Bodenarten bei Humusgehalt ≤ 8%				
Summe PAK	mg/kg TS	3		
Benzo-a-Pyren	mg/kg TS	0,3		
Alle Bodenarten bei Humusgehalt > 8%				
Summe PAK	mg/kg TS	10		
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	1		
PCB	mg/kg TS	0,1		

- 1) Stark schluffige Sande sind entsprechend der Bodenart Lehm/Schluff zu bewerten.
- 2) Bei pH-Werten von < 6,0 gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Lehm/Schluff.
- 3) Bei Böden der Bodenart Lehm/Schluff mit einem pH-Wert von < 6,0 gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Sand.
- 4) Bei pH-Werten von < 5,0 und der Bodenart Ton gelten für Blei die Vorsorgewerte der Bodenart Lehm/Schluff.
- 5) Bei pH-Werten von < 5,0 und der Bodenart Lehm/Schluff gelten für Blei die Vorsorgewerte der Bodenart Sand.
- 6) Die Vorsorgewerte finden für Böden und Bodenhorizonte mit einem Humusgehalt von mehr als 8 % keine Anwendung. Für diese Böden können die zuständigen Behörden ggf. gebietsbezogene Festsetzungen treffen.

Prüfwerte zum Wirkungspfad Boden - Mensch (direkter Kontakt)

Schadstoff		Prüfwerte			
		Kinderspiel- flächen	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Gewerbegrund- stücke
Arsen	mg/kg TS	25	50	125	140
Blei	mg/kg TS	200	400	1.000	2.000
Cadmium	mg/kg TS	10 ¹⁾	20 ¹⁾	50	60
Chrom	mg/kg TS	200	400	1.000	1.000
Kupfer	mg/kg TS	-	-	-	-
Nickel	mg/kg TS	70	140	350	900
Quecksilber	mg/kg TS	10	20	50	80
Zink	mg/kg TS	-	-	-	-
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	2 ²⁾	4 ²⁾	10 ²⁾	12 ²⁾

1) In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau von Nahrungspflanzen genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2,0 mg/kg TS als Prüfwert anzuwenden

2) Für Benzo(a)pyren werden die im Erlass „Bewertung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bezüglich der Wirkungspfad des Boden-Mensch herangezogen:
 Kinderspielflächen: 0,5 mg/kg
 Wohngebiete: 1 mg/kg
 Park- und Freizeitanlagen: 1 mg/kg
 Industrie- und Gewerbeflächen: 5 mg/kg

6.2 Schadstoffe / Eigenschaften

Schwer- und Halbmetalle:

Schwermetalle sind definiert als Metalle mit einer Dichte größer etwa $4,5 \text{ g/cm}^3$. Als Halbmetalle werden solche Elemente bezeichnet, die sowohl metallische als auch nichtmetallische Eigenschaften aufweisen. Zu den Halbmetallen zählt u.a. Arsen.

Die Mobilität und Verfügbarkeit von Schwer- und Halbmetallen in Böden hängt insbesondere von der chemischen Bindungsform, dem pH-Wert, dem Redoxpotential sowie dem Gehalt an organischem Kohlenstoff und Tonmineralien ab.

Allgemein besitzen die Schwermetalle bei niedrigen pH-Werten die höchste Löslichkeit. Die Mobilisierbarkeit nimmt deshalb elementabhängig bei pH-Werten von kleiner 4 bis 6,5 zu (Cd < 6,5; Zn < 6; Ni < 5,5; Arsen, Chrom, Kupfer < 4,5; Blei, Quecksilber < 4).

Die Adsorptionsneigung der einzelnen Schwermetalle an Tonmineraloberflächen und an Oxiden nimmt in folgender Reihenfolge ab: Quecksilber > Blei > Kupfer >> Zink > Nickel > Cadmium. Darüber hinaus können Schwermetalle auch als Schwermetall-Humus-Komplexe im Boden vorliegen. Diese können, je nach der Löslichkeit der Huminstoffe, mobil oder immobil sein. Sind die Komplexbildner selbst löslich, können ausgefällte Schwermetallverbindungen wieder in Lösung gehen.

Ein Abbau von Schwermetallen findet nicht statt.

Arsen (As):

Arsen kommt in Böden in den Oxidationsstufen +3 (Arsen III) und +5 (Arsen V) vor. Sowohl dreiwertige als auch fünfwertige Arsen-Verbindungen liegen teilweise nebeneinander vor, weil die entsprechenden Redoxprozesse unter bestimmten Bedingungen nur langsam ablaufen. In beiden Oxidationsstufen liegt Arsen als Oxoanion vor.

As(III) und As(V) können durch biotische und abiotische Redoxprozesse ineinander umgewandelt werden. Die Reduktion von As(V) kann durch Mikroorganismen oder abiotisch z.B. durch Sulfide (H_2S , HS^-) erfolgen. As(V) wird entweder durch reduktive Auflösung von Eisen(hydr)oxiden freigesetzt oder in der Lösung oder im Oberflächenkomplex reduziert.

Als organische Arsenverbindungen treten in Böden methylierte Arsenverbindungen auf, die im Stoffwechsel zahlreicher Organismen einschließlich dem des Menschen aus anorganischem Arsen gebildet werden.

Blei (Pb):

Blei liegt meist als 2-wertige Verbindung vor. Metallisches Blei wird im Boden zu Blei(hydroxy)carbonat und Bleisulfat oxidiert. Blei ist stärker als die meisten anderen Spurenmetalle in der Lage, an Huminstoffe, Mangan- und Eisenoxide zu adsorbieren. Die Pflanzenverfügbarkeit ist gering. Die Löslichkeit von Blei(hydroxy)carbonat und Bleisulfat ist im pH-Bereich von 6,5 bis 8,5 am geringsten. Erst bei pH-Werten kleiner 4 nimmt die Löslichkeit zu.

Cadmium (Cd):

Cadmium liegt meist als 2-wertige Verbindung vor und ist im Boden relativ mobil und biologisch leicht verfügbar. Die Löslichkeit nimmt mit sinkendem pH-Wert zu. Cadmium kann durch Alkali- und Erdalkalitionen von Tonmineralen und Huminstoffen verdrängt (desorbiert) werden. Kalidünger und Streusalze können so eine Mobilisierung von Cadmium bewirken.

Chrom (Cr):

Im Boden tritt Chrom in den Oxidationsstufen +3 (Chrom III) und +6 (Chrom VI) auf. Das natürliche Vorkommen ist aber weitgehend auf Chrom III-Verbindungen mit meist geringer Wasserlöslichkeit beschränkt. Die in der Umwelt vorkommenden Chrom VI-Verbindungen (Chromat, Dichromat) sind fast ausschließlich anthropogenen Ursprungs.

Im Boden wird Chrom VI zu Chrom III reduziert, wobei die Umwandlung bei niedrigen pH-Werten und unter reduzierenden Bedingungen schneller erfolgt. Chrom VI ist wesentlich besser wasserlöslich als Chrom III und damit im Boden auch deutlich mobiler.

Chrom gehört in der dreiwertigen Form zu den essentiellen Spurenelementen mit geringer Toxizität. Eine Aufnahmemenge von 50 - 200 µg/d wird empfohlen. Chrom VI dagegen weist eine sehr viel höhere Toxizität (kanzerogen bei inhalativer Aufnahme) als die dreiwertigen Verbindungen auf.

Kupfer (Cu):

Kupfer liegt im Boden meist als 2-wertiges, seltener als 1-wertiges Kupfersalz vor. Die Löslichkeit und Pflanzenverfügbarkeit im Boden ist vergleichsweise gering, steigt jedoch bei pH-Werten < 5 deutlich an. Kupfer kann stabile Komplexe bilden. Es wirkt in erster Linie toxisch auf Bakterien, Pflanzen, Fische und Wiederkäuer. Aufgrund der relativ geringen Humantoxizität ist in der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden - Mensch kein Prüfwert abgeleitet.

Nickel (Ni):

Nickel ist im Boden als vergleichsweise mobil einzustufen. Es liegt meist als 2-wertige Verbindung vor und kann z.T. an Oxiden und Tonmineralen immobilisiert werden. Bei pH-Werten $< 5,5$ sowie durch lösliche organische Komplexbildner steigt die Mobilität im Boden an.

Quecksilber (Hg):

Quecksilber kann im Boden elementar sowie auch in 1- und 2-wertiger ionischer Form und in geringerem Umfang als organisch gebundenes Quecksilber auftreten. Die Mobilität im Boden ist gering. Die Toxizität von elementarem Quecksilber ist bei oraler Aufnahme wesentlich geringer als die von ionisch vorliegendem Quecksilber. Organische Quecksilberverbindungen sind i.d.R. noch toxischer einzustufen und sehr gut resorbierbar.

Zink (Zn):

Zink liegt im Boden als 2-wertige Verbindung vor. Die Wasserlöslichkeit nimmt bei pH-Werten < 6 und ebenfalls bei hohen pH-Werten zu. Zink ist im Boden als relativ mobil einzustufen. Es gehört zu den Spurenelementen. Gegenüber Tieren und Menschen weist Zink eine vergleichsweise geringe Toxizität auf, weshalb in der BBodSchV für den Wirkungspfad Boden - Mensch kein Prüfwert abgeleitet wurde.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK):

Die Stoffgruppe der PAK umfasst mehr als 100 Einzelverbindungen. In der Regel werden aber lediglich die 16 Einzelkomponenten des EPA - Standards analysiert.

PAK sind typische Pyrolyseprodukte und finden sich somit vor allem in Verschmelzungsprodukten wie Kohlenteer, Schlacken und Dieselruß.

Überwiegend auf Gaswerksstandorten oder im Bereich von Holztränkanlagen (Imprägnierung) gelangten häufig flüssige Teeröle in den Boden bzw. in das Grundwasser. Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Einzelkomponenten (PAK - Verteilungsmuster) zumeist deutlich von den Verschmelzungs- bzw. Verbrennungsprodukten, vor allem durch das Auftreten von Naphthalin bzw. dessen Derivate.

Aus der Reihe der PAK weist das Naphthalin die höchste Wasserlöslichkeit auf (30 mg/l). Die höher kondensierten PAK sind hingegen kaum wasserlöslich. Die PAK sind durchweg spezifisch schwerer als Wasser, wodurch sie in der wassergesättigten Bodenzone zur Tiefe hin abtauchen. Oberhalb bindiger Böden reichern sie sich vermehrt an.

Name	Ringanzahl	Molekulargewicht [g/mol]	H ₂ O - Löslichkeit [mg/l]	Partialdruck [Pa bei 20°C]
Naphthalin	2	128	30	6,56
Acenaphthylen	3	154	16,1	3,87
Acenaphthen	3	154	3,47	2,67
Fluoren	3	166	1,83	1,73
Phenanthren	3	178	1,18	$9,1 \times 10^{-2}$
Anthracen	3	178	0,07	$2,6 \times 10^{-2}$
Fluoranthren	4	202	0,26	$8,0 \times 10^{-4}$
Pyren	4	202	0,13	$9,1 \times 10^{-5}$
Benzo(a)anthracen	4	228	0,014	$6,7 \times 10^{-7}$
Chrysen	4	228	0,002	$8,4 \times 10^{-5}$
Benzo(b)fluoranthren	5	252	0,012	$6,7 \times 10^{-5}$
Benzo(k)fluoranthren	5	252	0,00055	$6,7 \times 10^{-5}$
Benzo(a)pyren	5	252	0,0038	$6,7 \times 10^{-5}$
Dibenz(a,h)anthracen	5	252	0,0005	$1,0 \times 10^{-8}$
Benzo(ghi)perylene	6	276	0,00026	$1,0 \times 10^{-8}$
Indeno(1,2,3-cd)pyren	6	276	0,026	$1,0 \times 10^{-8}$

Die Mobilität der PAK ist für Naphthalin (2er-Ring) und Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren und Anthracen (3er-Ringe) als mittel einzustufen. Die Mobilität der übrigen PAK (4er bis 6er-Ringe) ist gering.

Polychlorierte Biphenyle (PCB):

Die polychlorierten Biphenyle gehören zu den umwelt- und humantoxisch relevanten Industriechemikalien. Bis zu zehn Wasserstoffatome können in einem Molekül durch Chlor ersetzt werden. Insgesamt gibt es 209 möglichen Kongenere, von denen normalerweise aber nur sechs Indikator-Kongenere analysiert werden.

PCB sind im Boden gering mobil und kaum oder nicht biologisch abbaubar.

Der Einsatz von PCB war seit 1978 auf geschlossene Systeme beschränkt und ist seit 1989 ganz verboten. PCB wurden u.a. als Zusatzstoff in Trafo-, Motor- oder Hydraulikölen sowie Kühlschmierstoffen eingesetzt, um die Entzündungstemperatur zu erhöhen.

Als Dielektrikum, Isolier- und Kühlflüssigkeiten kamen sie in Elektrobauteilen (z.B. Transformatoren, Gleichrichter, Kondensatoren) zum Einsatz.

6.3 Matrixtabellen nach LLUR

6.3.1 Matrixtabelle zur Beurteilung der Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone

6.3.2 Matrixtabelle zur Abschätzung der Grundwassergefährdung

6.3.1 Matrixtabelle zur Beurteilung der Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone

Mächtigkeit der unbelasteten Grundwasserüberdeckung	Sickerwasserrate (-> Versiegelung)	Durchlässigkeit der ungesättigten Bodenzone unter Berücksichtigung des Sorptionsvermögens	Biologische Abbaubarkeit	Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone	
gering	hoch	(-)	(-)	gering	
	mittel	(-)			
	gering	groß/mittel gering		mittel*	
mittel	hoch	groß	(-)	gering	
		mittel	gering		
		mittel	gut	mittel	
	gering	(-)			
	mittel	mittel	groß	(-)	gering
			mittel/gering	gering	mittel
	gering	gering	groß	(-)	gut
mittel/gering			mittel		hoch
groß	hoch	groß	(-)	gering	
		mittel/gering	gering	mittel	
		gering	gut	hoch	
	mittel	groß	(-)	mittel	
		mittel/gering		hoch	
	gering	gering	groß	(-)	mittel
mittel/gering			hoch		

(-) nicht entscheidungsrelevant

* Die Kombination einer geringen Mächtigkeit der unbelasteten Grundwasserüberdeckung mit geringer Durchlässigkeit ist erläuterungsbedürftig: in eine solche Kategorie fallen insbesondere solche Fallgestaltungen, bei denen die geringe Durchlässigkeit durch hoch sorptive Schichten, z.B. einen tiefgreifenden humosen Oberboden bedingt ist.

6.3.2 Matrixtabelle zur Abschätzung der Grundwassergefährdung

Mobilität der Schadstoffe	Schutzfunktion der ungesättigten Bodenzone	Schadstoff-Gesamtpotential im Boden	Grundwassergefährdung
hoch	(-)	hoch oder mittel	wahrscheinlich
		gering	nicht abschließend zu beurteilen
mittel	gering	hoch oder mittel	wahrscheinlich
		gering	nicht abschließend zu beurteilen
	mittel	hoch	wahrscheinlich
		mittel oder gering	nicht abschließend zu beurteilen
	hoch	hoch oder mittel	nicht abschließend zu beurteilen
		gering	nicht wahrscheinlich
gering	gering	hoch	wahrscheinlich
		mittel	nicht abschließend zu beurteilen
		gering	nicht wahrscheinlich
	mittel oder hoch	hoch	nicht abschließend zu beurteilen
		mittel oder gering	nicht wahrscheinlich

(-) Bei Schadstoffen mit hoher Mobilität, z.B. LCKW, ist die Schutzfunktion i.d.R. vernachlässigbar.