

HPC AG  
Ziegelhofstraße 210 a  
79110 Freiburg  
Telefon: (07 61) 21 75 20-0  
Telefax: (07 61) 21 75 20-11

## BODENSCHUTZKONZEPT

 Projekt-Nr.	Ausfertigungs-Nr.	Datum
2224266	1/1	15.12.2022

### **Bodenschutzkonzept Landesstraße 87a - Neubau eines kombinierten Rad- und Wirtschaftsweges zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos**

#### Auftraggeber

**Regierungspräsidium Karlsruhe  
Abteilung 4 – Mobilität, Verkehr, Straßen  
Referat 44 – Straßenplanung  
Schlossplatz 4-6  
76131 Karlsruhe**

## Inhaltsverzeichnis

<b>Text</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Vorbemerkungen .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Verwendete Unterlagen .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Fachliche Aspekte des vorsorgenden Bodenschutzes und der Massenbewegungen.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Angaben zum Bauvorhaben .....</b>	<b>7</b>
<b>4.1 Allgemeine Standortangaben .....</b>	<b>7</b>
<b>4.2 Geologische und bodenkundliche Rahmendaten.....</b>	<b>8</b>
<b>4.3 Bodenfunktionen nach LUBW-Leitfaden „Bodenschutz 23“ .....</b>	<b>8</b>
<b>4.4 Planerische Eckpunkte .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Bisherige Untersuchungen .....</b>	<b>10</b>
<b>6. Untersuchungskonzeption.....</b>	<b>10</b>
<b>6.1 Bodenkundliche Bestandsaufnahme .....</b>	<b>10</b>
<b>6.2 Oberbodenprobenahme .....</b>	<b>11</b>
<b>7. Durchgeführte Untersuchungsmaßnahmen.....</b>	<b>11</b>
<b>8. Ergebnisse der bodenkundlichen Bestandsaufnahme .....</b>	<b>11</b>
<b>8.1 Bodenkundliche Verhältnisse.....</b>	<b>11</b>
<b>8.2 Schichtgliederung / bautechnische Trennung.....</b>	<b>16</b>
<b>9. Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen .....</b>	<b>17</b>
<b>9.1 Bewertungsgrundlagen.....</b>	<b>17</b>
<b>9.2 Bewertung gem. neuer BBodSchV.....</b>	<b>18</b>
<b>9.2.1 Vorsorgewerte .....</b>	<b>18</b>
<b>9.2.2 Wirkungspfad Boden-Mensch.....</b>	<b>19</b>
<b>9.3 Bewertung gem. neuer Ersatzbaustoffverordnung .....</b>	<b>20</b>
<b>10. Überschlägige Mengenbilanzierung .....</b>	<b>21</b>
<b>11. Bautechnische Vorgaben zum Umgang mit den Bodenmaterialien.....</b>	<b>22</b>
<b>11.1 Allgemeine Vorgaben zum Erhalt der Leistungs- und Kulturfähigkeit ..</b>	<b>22</b>

<b>11.2</b>	<b>Baufeldspezifische Maßnahmen .....</b>	<b>23</b>
11.2.1	Erläuterung des Bodenschutzplans .....	23
11.2.2	Herstellung der Bodenmieten .....	24
<b>12.</b>	<b>Verwertung des Oberbodens.....</b>	<b>25</b>
<b>12.1</b>	<b>Verwertungsmöglichkeiten .....</b>	<b>25</b>
<b>12.2</b>	<b>Hinweise für die Ausschreibung der Erdarbeiten.....</b>	<b>26</b>
<b>13.</b>	<b>Bodenkundliche Baubegleitung (BBB).....</b>	<b>26</b>
<b>14.</b>	<b>Quellen- und Literaturverzeichnis.....</b>	<b>30</b>

## Tabellen

Tabelle 1:	Allgemeine Standortangaben .....	7
Tabelle 2:	Geologische und bodenkundliche Rahmendaten .....	8
Tabelle 3:	Bodenfunktionen nach „Bodenschutz 23“ [12].....	9
Tabelle 4:	Durchgeführte Laboranalytik .....	11
Tabelle 5:	Bodenkundliche Charakterisierung der Pürckhauer-Bohrstock- Sondierungen PBS1-12.....	12
Tabelle 6:	Bodentypen gem. KA5 und Besonderheiten.....	14
Tabelle 7:	Einstufung des Oberbodens gem. der Vorsorgewerte der neuen, ab 01.08.2023 gültigen BBodSchV Anlage 1.....	19
Tabelle 8:	Prüfwerte von Benzo(a)pyren für den Wirkungspfad Boden-Mensch gem. neuer BBodSchV [20].....	19
Tabelle 9:	Orientierende Einstufung des Oberbodens gem. ErsatzbaustoffV .....	20
Tabelle 10:	Überschlägige Mengenbilanzierung .....	21

## Anlagen

- 1 Pläne
  - 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25.000
  - 1.2 Lageplan der Erkundungsstellen, Maßstab 1 : 1.000
  - 1.3 Lageplan der Oberboden-Probenahme, Maßstab 1 : 1.000
- 2 Bodenschutzplan, Maßstab 1 : 1.000
- 3 Probenahmeprotokolle der Oberbodenbeprobung
- 4 Fotodokumentation
- 5 Auswertung der Analysenergebnisse gem. Ersatzbaustoffverordnung
- 6 Aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit von Böden nach DIN 19639
- 7 Nomogramm zur Ermittlung des max. zulässigen Kontaktflächendrucks nach DIN 19639
- 8 Prüfbericht des Labors SGS Nr. 5980323 vom 19.09.2022

## Anhang

- 1 Quellen- und Literaturverzeichnis
- 2 Glossar

## Abkürzungen

BBB	Bodenkundliche Baubegleitung
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
LGRB	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
MP	Mischprobe
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PAK <sub>16</sub>	16 als prioritär eingestufte PAK-Einzelverbindungen durch die EPA (=US Environmental Protection Agency)
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PBS	Pürckhauer-Bohrstock-Sondierung
TOC	total organic carbon (gesamter organischer Kohlenstoff)

## 1. Vorbemerkungen

Das Regierungspräsidium Karlsruhe plant den Neubau eines 2,15 km langen kombinierten Rad- und Wirtschaftsweges entlang der L87a zwischen 77833 Ottersweier-Zell und 77815 Bühl-Moos.

Die derzeitige Nutzung sind Ackerflächen und Grünland. Es wird auf einer Fläche – inkl. Baustraße – von ca. 2,3 ha auf den Boden eingewirkt, sodass gem. § 2 Absatz 3 LBod-SchAG [22] für die Planung und Ausführung des Vorhabens ein Bodenschutzkonzept zu erstellen ist.

Auf Basis des Angebots vom 09.09.2022 wurde die HPC AG, Niederlassung Freiburg, durch das RP Karlsruhe, am 27.09.2022 mit den entsprechenden Untersuchungen und der Erstellung eines Bodenschutzkonzepts beauftragt.

Das vorliegende Bodenschutzkonzept umfasst Aussagen, Vorgaben und Festlegungen zum schonenden Umgang mit dem Oberboden und dem kulturfähigen Unterboden bei den Erdarbeiten mit einem Text- und Planteil.

## 2. Verwendete Unterlagen

Zur Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

### *Pläne und Unterlagen zum Bauvorhaben*

- [A] Lageplan, Landesstraße L87a, Neubau eines kombinierten Rad- und Wirtschaftsweges zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos, RP Karlsruhe, 24.05.2022
- [B] Grunderwerbsplan, Landesstraße L87a, Neubau eines kombinierten Rad- und Wirtschaftsweges zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos, RP Karlsruhe, 24.05.2022
- [C] Regelquerschnitt, Landesstraße L87a, Neubau eines kombinierten Rad- und Wirtschaftsweges zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos, RP Karlsruhe, 24.05.2022
- [D] Landschaftspflegerischer Begleitplan – Bestands- und Konfliktplan, Landesstraße L87a, Neubau eines kombinierten Rad- und Wirtschaftsweges zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos, RP Karlsruhe, September 2020
- [E] Erläuterungsbericht, Landesstraße L87a, Neubau eines kombinierten Rad- und Wirtschaftsweges zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos, RP Karlsruhe, 24.05.2022

### *Gutachten:*

- [F] Geotechnischer Bericht, Radweg Ottersweier-Zell – Bühl-Moos, Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, 19.11.2015

### **3. Fachliche Aspekte des vorsorgenden Bodenschutzes und der Massenbewegungen**

Der humose Ober- und der kulturfähige Unterboden erfüllen gem. § 2 BBodSchG [1] in besonderem Maße natürliche Funktionen als Lebensgrundlage und Lebensraum, Bestandteil des Naturhaushalts sowie als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen.

Die Böden und Bodenmaterialien unterliegen bei Baumaßnahmen vielfältigen und nachhaltigen Eingriffen, die bei unsachgemäßem Umgang zu Schäden (Zerstörung des Bodengefüges, Bodenverdichtung, Vernässung) führen können und nur mit hohem Aufwand zu beseitigen sind bzw. nicht mehr rückgängig gemacht werden können. Deshalb sind Abgrabungen, die Lagerung und Geländeverfüllungen bzw. -andeckungen fachgerecht und mit geeigneten Techniken auszuführen.

Auf der Basis von fachlichen und gesetzlichen Regelungen (u. a. BBodSchV [2], DIN 19731 [4], DIN 19639 [5], Leitfäden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub [11], zur Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen Bodenaushubs bei Flächeninanspruchnahmen [10] etc.) werden Vorgaben beschrieben, wie mit natürlichem Bodenmaterial schonend umgegangen werden kann und welche Ziele (allgemeine Grundsätze für die technische Durchführung der Erdarbeiten, die Anlage und Pflege von Oberboden- und Unterbodenmieten, das Befahren der Bodenkrume etc.) daraus für das Bauvorhaben abgeleitet werden können.

Die Massenbewegungen sollen entsprechend den landes- und bundeseinheitlichen rechtlichen Vorgaben bzgl. dem schonenden und fachgerechten Umgang mit Bodenmaterial durchgeführt werden.

Im Zusammenhang mit Baumaßnahmen können im Wesentlichen folgende Tätigkeiten zu einer nachhaltigen Schädigung bzw. zum Totalverlust von kulturfähigen Bodenmaterialien führen:

- Befahrung mit ungeeigneten Fahrzeugen (z. B. Radfahrzeuge)
- Erdarbeiten bei ungeeigneter Witterung
- keine oder unsachgemäße Trennung verschiedener Bodenhorizonte
- unsachgemäße Lagerung von Bodenmaterialien
- unsachgemäßer Wiederauftrag von Bodenmaterialien
- Nutzung von Freiflächen als Materiallager, Baustelleneinrichtungsfläche etc.

Die wichtigsten und offensichtlichsten Folgen des unsachgemäßen Umgangs mit Böden und Bodenmaterialien ergeben sich aus den erfolgten Störungen des Bodengefüges:

- Störungen im Wasserhaushalt durch Verdichtungen (insbesondere im Unterboden) mit der Folge dauerhafter Vernässungen, Verschlämmungen etc.
- Störungen im Lufthaushalt durch Verdichtungen mit entsprechenden Auswirkungen auf die organischen und chemischen Umsetzungsprozesse im Boden
- Zerstörung von Lebensräumen für Bodenorganismen.

Um Wege aufzuzeigen, die eine Umsetzung der Baumaßnahme in Übereinstimmung mit den Anforderungen an den Bodenschutz vereinbaren, wird im vorliegenden Bodenschutzkonzept der Ausgangszustand dokumentiert und, mit Berücksichtigung des geplanten Bauablaufs, der korrekte Umgang mit dem schützenswerten Boden dargestellt.

#### 4. Angaben zum Bauvorhaben

##### 4.1 Allgemeine Standortangaben

In nachfolgender Tabelle sind die allgemeinen Standortdaten für die Untersuchungsfläche zusammengestellt:

**Tabelle 1:** Allgemeine Standortangaben

Parameter	Untersuchungsfläche
Name / Bezeichnung	Neubau Radweg entlang der L87a zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos
Lage	westlich der Autobahn A5, östlich angrenzend an die L87a
Gemeinde / Landkreis	77833 Ottersweier-Zell / Landkreis Rastatt 77815 Bühl-Moos / Landkreis Rastatt
UTM-Koordinaten (WGS84)	südliches Ende: 32U E: 431197, N: 5393951 nördliches Ende: 32U E: 431547, N: 5395957
Gauß-Krüger (Bessel, Potsdam)	südliches Ende: Zone 3, R: 3431245 E, H: 5395670 N nördliches Ende: Zone 3, R: 3431596 E, H: 5397678 N
Baufeld (Radweg und Baustraße)	ca. 2,3 ha (Länge 2.150 m, Breite 10,5 m)
Höhe	ca. 128 - 132 m ü. NHN
Morphologie	weitgehend eben, im nördlichen Teil zwei flachere Senken
Aktuelle Nutzung	Acker, Grünland
Künftige Nutzung	Radweg; Bereich Baustraße: Acker und Grünland
Wasserschutzgebiet	liegt nicht im WSG (www.umwelt-bw.de, Abfrage 25.11.2022)

## 4.2 Geologische und bodenkundliche Rahmendaten

Nachfolgend sind die geologischen und bodenkundlichen Rahmendaten aus den verfügbaren Kartenwerken zusammengefasst:

**Tabelle 2:** Geologische und bodenkundliche Rahmendaten

Parameter	Untersuchungsfläche
Name / Bezeichnung	Neubau Radweg entlang der L87a zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos
Naturräumliche Einheit	Großlandschaft Mittleres Oberrhein-Tiefland Naturraum Offenburger Rheinebene
Geologische Einheiten (Geologische Karte, Maßstab 1:50.000) [18]	<i>Großteil (84 %):</i> Sandlöss (Kartiereinheit 41, Los): im Pleistozän äolisch abgelagerter Schluff, feinsandig, kalkreich, graugelb bis gelblichbraun, oberflächennah z.T. entkalkt, verlehmt und braun <i>vereinzelt (3 %):</i> Hochflutlehm (Kartiereinheit 22, Lhf): im Pleistozän limnisch abgelagerter Ton und Schluff, sandig, lokal schwach kiesig, rötlichbraun bis graubraun, fleckig, meist kalkfrei, dicht gelagert, stellenweise humose Einschaltungen <i>vereinzelt (13 %):</i> Auenlehm (Kartiereinheit 12, Lf): im Holozän limnisch abgelagerter Schluffton, sandig, humos, lokal anmoorig, z.T. schwach kalkhaltig, braun bis braungrau
Bodenkundliche Einheiten (Bodenkundl. Karte, Maßstab 1:50.000) [19]	<i>Großteil (84 %):</i> Parabraunerde aus Sandlöss (Kartiereinheit x30): mäßig tief entwickelt, örtlich pseudovergleyt, IC-Horizonte vereinzelt mit Haftnässemerkmalen, Al-Horizont häufig durch Bodenerosion verkürzt <i>vereinzelt (3 %):</i> Pseudogley-Parabraunerde, aus Hochflutlehm (Kartiereinheit x35): mäßig tief und tief entwickelt, meist mit Vergleyung im nahen Untergrund <i>vereinzelt (13 %):</i> Auengley aus Auenlehm (Kartiereinheit x68): auch Brauner Auenboden-Auengley (Vega-Gley nach KA5), z.T. über Hochflutlehm

## 4.3 Bodenfunktionen nach LUBW-Leitfaden „Bodenschutz 23“

Die in Tabelle 3 dargestellte Bewertung der Bodenfunktionen umfasst die gem. §2 BBodSchG „natürlichen Bodenfunktionen“ und die Funktionen als „Archive der Natur- und Kulturgeschichte“. Die „Nutzungsfunktionen“ sind nicht berücksichtigt.

**Tabelle 3:** Bodenfunktionen nach „Bodenschutz 23“ [12]

Bodentyp gem. BK50 LGRB	Anteil am Bauvorhaben	Bewertung der Bodenfunktionen nach „Bodenschutz 23“ [12] <i>Anm.: LN = Landnutzung</i>
Parabraunerde	84 %	Standort für naturnahe Vegetation: keine hohe oder sehr hohe Bewertung Natürliche Bodenfruchtbarkeit: hoch (3.0) Ausgleichskörper im Wasserkreislauf LN: mittel bis hoch (2.5) Filter und Puffer für Schadstoffe LN: hoch bis sehr hoch (3.5)  Gesamtbewertung LN: <b>3.00</b>
Pseudogley-Parabraunerde	3 %	Standort für naturnahe Vegetation: keine hohe oder sehr hohe Bewertung Natürliche Bodenfruchtbarkeit: hoch (3.0) Ausgleichskörper im Wasserkreislauf LN: hoch (3.0) Filter und Puffer für Schadstoffe LN: mittel bis hoch (2.5)  Gesamtbewertung LN: <b>2.83</b>
Auengley	13 %	Standort für naturnahe Vegetation: hoch Natürliche Bodenfruchtbarkeit: mittel (2.0) Ausgleichskörper im Wasserkreislauf LN: mittel (2.0) Filter und Puffer für Schadstoffe LN: mittel (2.0)  Gesamtbewertung LN: <b>2.00</b>

Auf dem Großteil der Fläche (84 %) des Bauvorhabens hat sich als Bodentyp eine Parabraunerde entwickelt, deren Bodenfunktionen mit 3.00 als hoch einzustufen sind. Die Pseudogley-Parabraunerde kommt nur auf einem kleinen Teil der Fläche vor. Ihre Bodenfunktionen sind mit 2.83 ebenfalls als hoch einzustufen. Der Auengley kommt auf 13 % der Fläche vor und ist hinsichtlich seiner Bodenfunktionen mit 2.00 als mittel eingestuft.

#### 4.4 Planerische Eckpunkte

- Zu Beginn der Arbeiten wird eine befestigte, temporäre Baustraße östlich parallel zum künftigen Radweg auf dem Oberboden angelegt. Die Ausbringung der mind. 30 cm mächtigen Kies- / Schottertragschicht hat vor Kopf zu erfolgen, nachdem ein reißfestes Geotextil mit ausreichend seitlichem Überstand auf dem Oberboden ausgelegt wurde.
- Die benachbarten Acker- und Grünflächen östlich neben der Baustraße werden durch einen Bauzaun vor unerlaubtem Befahren und Lagerung von Materialien geschützt.
- Der Oberbodenabtrag erfolgt rückschreitend mit dem Kettenbagger. Aus Platzgründen soll der Oberboden direkt verladen und abgefahren werden. Die LKW haben hierfür auf der Baustraße zu fahren.

- Die chemische Qualität des abzutragenden Oberbodens ist unterschiedlich. Der Oberboden des an die Hauptstraße angrenzenden 2,75 m breiten „Streifen 1“ ist höher mit PAK belastet als der daneben liegende „Streifen 2“. Um Entsorgungskosten zu sparen, sind die beiden Streifen getrennt abzutragen und getrennt bereitzustellen.
- Nach Beendigung der Baumaßnahme ist der Bauzaun abzubauen und die Baustraße rückschreitend wieder zurückzubauen.

## 5. Bisherige Untersuchungen

Im geotechnischen Bericht der Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH vom 19.11.2015 [F] wurde neben der Untersuchung des Asphalts auch eine Mischprobe verschiedener Aufschlüsse bis 1,0 m Tiefe entlang des künftigen Radwegs auf die Parameter der VwV Bodenverwertung B.-W. [13] untersucht. Da dem Bericht keine Probenahme-Protokolle beigelegt sind, ist davon auszugehen, dass bei der Beprobung Ober- und Unterboden zusammen beprobt wurde. Das gewonnene „Schluff-Sand-Gemisch“ weist einen PAK-Gehalt im Feststoff von 6,0 mg/kg auf und ist gem. [13] der Qualitätsstufe Z1.2 zuzuordnen (BM-F2 nach der neuen Ersatzbaustoffverordnung [21]).

Im geotechnischen Bericht wird davon ausgegangen, dass es sich um lokale Verunreinigungen handelt, weil es ein natürlicher Boden ist. Richtig ist allerdings, dass in Böden neben vielbefahrenen Straßen straßenbegleitend häufig flächige PAK-Belastungen aufgrund von bspw. Reifenabrieb auftreten. Die PAK sind v.a. im Oberboden akkumuliert, da sie am Feinkorn (Schluff, Ton) und der organischen Substanz adsorbiert sind. Die PAK-Belastung der Mischprobe „Schluff-Sand-Gemisch“ ist demnach vermutlich auf den anthropogenen Eintrag im Oberboden zurückzuführen.

## 6. Untersuchungskonzeption

### 6.1 Bodenkundliche Bestandsaufnahme

Neben den bestehenden Kartenwerken war zusätzlich eine bodenkundliche Bestandsaufnahme durchzuführen, um die örtlichen Bodenverhältnisse zu validieren und ggf. Abweichungen festzustellen. Gem. DIN 19639 [5] wurde entlang des künftigen Radwegs mind. alle 200 m Pürckhauer-Bohrstock-Sondierungen (PBS) festgelegt. In Bereichen wechselnder Bodentypen nach der Bodenkundlichen Karte BK50 des LGRB [19] (s. Kap. 4.2, Tab. 2) wurden die Sondierabstände verringert (s. Anl. 1.2).

Die PBS wurden im Bereich der geplanten temporären Baustraße durchgeführt, weil es hier wieder eine landwirtschaftliche Nutzung nach der Baumaßnahme geben wird. Um entsprechende Bodenschutzmaßnahmen aufzustellen, waren die Bodeneigenschaften gem. Kartieranleitung KA5 [7] zu erfassen und zu bewerten.

Zudem wurden flache Grabungen mit dem Spaten bis in ca. 35 cm Tiefe durchgeführt, um den Grobbodenanteil und eventuelle Auffälligkeiten im Boden festzustellen.

## 6.2 Oberbodenprobenahme

Im Zuge des Neubaus des Radwegs wird auf der gesamten Länge der Oberboden auf einer Breite von mind. 5,5 m abgetragen (Breite Radweg 3 m, Vgl. [A]). Der Oberboden wird vermutlich zum Großteil extern verwertet.

Erfahrungsgemäß ist die Schadstoffbelastung unmittelbar an eine Straße angrenzend höher und nimmt mit zunehmender Entfernung zur Straße sukzessive ab. Aufgrund dessen wurde die Beprobung von zwei „Streifen“ à 2,75 m Breite konzipiert, um die chemische Qualität des Oberbodens zu differenzieren und ggf. die Verwertungsmöglichkeiten zu erweitern. Der

In Abständen von etwa 100 m wurde auf dem jeweiligen Streifen mittig ein Einstich mit dem Pürckhauer-Bohrstock bis in etwa 35 cm Tiefe vorgenommen. Insgesamt wurden pro Streifen 19 Einstiche durchgeführt (s. Anl. 1.3), die zu je einer Mischprobe vereint wurden. Die Probenahmeprotokolle sind in Anlage 3 zu finden.

Die Mischproben wurden gem. der neuen BBodSchV [20] Anl. 1 auf die Vorsorgewerte für Metalle und organische Stoffe analysiert. Zur Beurteilung der Ergebnisse wurden ergänzend der TOC-Gehalt (= total organic carbon = gesamter organischer Kohlenstoff) und der pH-Wert analysiert.

**Tabelle 4:** Durchgeführte Laboranalytik

Name	Tiefe	Analytik
MP Streifen 1	0,0 – 0,35 m	Vorsorgewerte der BBodSchV: Metalle, PAK, PCB und ergänzende Parameter pH und TOC
MP Streifen 2	0,0 – 0,35 m	

## 7. Durchgeführte Untersuchungsmaßnahmen

Nach vorheriger Absprache mit Frau Finkbeiner vom RP Karlsruhe und einem Informationsschreiben an die Eigentümer der Grundstücke, wurden am 14.+15.11.2022 die in Kap. 5.1 und Kap. 5.2 beschriebenen Untersuchungen durch die HPC AG, NL Freiburg durchgeführt. Es gab hierbei keine Abweichungen zum geplanten Untersuchungskonzept.

## 8. Ergebnisse der bodenkundlichen Bestandsaufnahme

### 8.1 Bodenkundliche Verhältnisse

Die bodenkundliche Bestandsaufnahme anhand der Bohrstocksondierungen erbrachte folgende Ergebnisse (Terminologie nach bodenkundlicher Kartieranleitung (KA 5)). Die detaillierte Aufnahme befindet sich in Anlage 3.

**Tabelle 5:** Bodenkundliche Charakterisierung der Pürckhauer-Bohrstock-Sondierungen PBS1-12

Profil	Tiefe (cm)	Horizont	Bodenart	Grobbodenanteil (%)	Farbe	Lagerungsdichte	Humus	Hydromorphie-merkmale	Carbonat	Feuchte
PBS1	-38	Ah	Uls	< 2	dklbrn	Ld3	h2	-	c0	feu3
	-70	Al+Bt	Uls		brn	Ld3	h1	-	c0	feu3
	-95+	Bt	Ls4		dkl gelbl.brn	Ld3	h0	-	c0	feu3
PBS2	-35	Ap	Uls	< 2	dklbrn	Ld3	h2	-	c0	feu3
	-70	Al+Bt	Uls		brn	Ld3	h1	-	c0	feu3
	-98+	Bt	Ls4		dkl gelbl.brn	Ld4	h0	-	c0	feu3
PBS3	-50	Ah	Slu	< 2	dklbrn	Ld3	h2	ed, f1	c0	feu3
	-77	M	Sl4		dklbrn	Ld3	h2	-	c0	feu3
	-98+	II ilCv	Sl2		dkl gelbl.brn	Ld3	h0	ed, f2	c0	feu3
PBS4	-35	Ap	Slu	< 2	dklbrn	Ld2	h2	-	c0	feu3
	-73	Bv-Ap	Slu		dklbrn	Ld3	h2	-	c0	feu3
	-93+	Bt	Ls4		dkl gelbl.brn	Ld4	h0	-	c0	feu3
PBS5	-36	Ap	Slu	< 2	dklbrn	Ld3	h2	-	c0	feu3
	-85	Al+Bt	Ls4		dklbrn	Ld3	h1	-	c0	feu3
	-98+	ilCv	Sl2		dkl gelbl.brn	Ld4	h0	ed, f1	c0	feu3
PBS6	-35	Ap	Slu	< 2	dklbrn	Ld2	h2	-	c0	feu3
	-50	Al	Su3		dklbrn	Ld2	h2	-	c0	feu3
	-93+	Bt	Sl3		dkl gelbl.brn	Ld3	h1	-	c0	feu3
PBS7	-40	Ap-Sw	Uls	< 2	dklbrn	Ld2	h2	rb, f5	c0	feu3
	-72	Al-Sw	Uls		dklbrn	Ld3	h2	-	c0	feu3
	-95+	Bt-Sd	Ls4		dkl gelbl.brn	Ld4	h1	-	c0	feu3
PBS8	-45	Ap	Uls	< 2	dklbrn	Ld2	h2	-	c0	feu3
	-95+	Al+Bt	Ls4		dkl gelbl.brn	Ld3	h1	ed, f1	c0	feu3
PBS9	-35	Ap	Uls	< 2	dklbrn	Ld2	h2	-	c0	feu3
	-81	M+Go	Ls4		brn	Ld3	h1	ed, eh, f4; rb, f2	c0	feu3
	-97+	Go	Lu		dkl gelbl.brn	Ld4	h0	ed, eh, f6, es, f2; rb, f3	c0	feu3
PBS10	-40	Ap	Slu	< 2	dklbrn	Ld2	h2	-	c2	feu3
	-77	Al+Bt	Sl4		brn	Ld3	h1	-	c0	feu3
	-100+	Bt	Ls4		dkl gelbl.brn	Ld4	h0	-	c0	feu3
PBS11	-46	Ap	Uls	< 2	dklbrn	Ld2	h2	-	c0	feu3
	-66	M+Go	Lu		brn	Ld4	h1	eh, f4; rb, f2	c0	feu3
	-99+	Gro	Lu		dkl graubrn	Ld4	h0	eh, f5, ed, f4; rb, f3	c0	feu3
PBS12	-38	Ap	Slu	< 2	dklbrn	Ld2	h2	-	c0	feu3
	-78	Ah-Bv	Slu		brn	Ld3	h1	-	c0	feu3
	-98+	Bt	Sl4		dkl gelbl.brn	Ld4	h0	-	c0	feu3

## Verwendete Abkürzungen nach Kartieranleitung KA5

### Horizonte

Ah:	humoser Oberbodenhorizont
Ap:	gepflügter Oberbodenhorizont
Al:	tonverarmter (=lessivierter) Oberbodenhorizont
Bt:	tonangereicherter Unterbodenhorizont
Bv:	verbraunter Unterbodenhorizont
M:	Bodenhorizont aus sedimentiertem, holozänen, humosen Bodenmaterial
iCv:	silikatischer (i), lockerer (l), verwitterter (v) Untergrundhorizont (C)
Sw:	stauwasserleitender Unterbodenhorizont
Sd:	wasserstauender Unterbodenhorizont (unter Sw)
Go:	durch Grundwassereinfluss oxidiertes Unterbodenhorizont
Gro:	durch Grundwassereinfluss sowohl oxidiertes als auch reduziertes Unterbodenhorizont

### Bodenart

Uls:	schluffig-lehmiger Sand
Slu:	schluff-lehmiger Sand
Ls4:	stark sandiger Lehm
Lu:	schluffiger Lehm
Sl2:	schwach lehmiger Sand
Sl4:	stark lehmiger Sand
Su3:	mittel schluffiger Sand
Sl3:	mittel lehmiger Sand
Ls4:	stark sandiger Lehm

### Lagerungsdichte

(ermittelt durch Schlagfrequenz)

Ld2:	geringe effektive Lagerungsdichte
Ld3:	mittlere effektive Lagerungsdichte
Ld4:	hohe effektive Lagerungsdichte

### Humusgehalt

h2:	schwach humos (1-2 Masse-% Humus)
h1:	sehr schwach humos (< 1 Masse-% Humus)
h0:	humusfrei (0 Masse-% Humus)

### Hydromorphiemerkmale

(Eisen-(Mangan)Verbindungen)

ed:	dunkelrostfarben (oxidativ)
eh:	hellrostfarben (oxidativ)

es: braunschwarz (Mangan führend) (oxidativ)  
 rb: gebleicht (reduktiv)

Flächenanteil

f1: sehr gering (< 1 %)  
 f2: gering (1 bis < 2 %)  
 f3: mittel (2 bis < 5 %)  
 f4: hoch (5 bis < 10 %)  
 f5: sehr hoch (10 bis < 30 %)  
 f6: extrem hoch (30 bis < 50 %)

Carbonat

c0: carbonatfrei  
 c2: carbonatarm (0,5 bis < 2 Masse-%)

Feuchte

feu3: feucht (bei bindigen Böden steif-plastische Konsistenz)

In nachstehender Tabelle 6 sind die Bezeichnungen der Bodentypen mit den jeweiligen Besonderheiten der Bodenprofile gelistet. Der Bodentyp „Kolluvisol-Gley“ nach KA5 bei PBS9 und PBS11 entspricht hierbei dem Bodentypen „Auengley“ nach LGRB (Vgl. Kap. 4.2, Tab. 2).

**Tabelle 6:** Bodentypen gem. KA5 und Besonderheiten

Profil	Nutzung	Bodentyp Kurzform	Bodentyp nach KA5	Fremdbeimengungen	Besonderheiten
PBS1	Grünland	LLn	Normparabraunerde	-	-
PBS2	Acker	LLn	Normparabraunerde	-	-
PBS3	Grünland	YKn	Normkolluvisol	Ziegel, f1	-
PBS4	Acker	BB-LL	Braunerde-Parabraunerde	Pflanzenreste, f1 Ziegel, f1	-
PBS5	Acker	LLn	Normparabraunerde	-	-
PBS6	Acker	LLn	Normparabraunerde	-	-
PBS7	Acker	LL-SS	Parabraunerde-Pseudogley	Pflanzenreste (älter und unzersetzt), f4	schwach fauliger Geruch und Verbleichungsmerkmale (s. Tab. 5) - → temporär auftretendes Stauwasser,

					Vernässungsgrad 4 (= stark vernässt) im Oberboden. Zum Zeitpunkt der Untersuchung kein Stauwasser
PBS8	Acker	LLn	Normparabraunerde	Pflanzenreste, f2	-
PBS9	Acker	YK-GG	Kolluvisol-Gley	Ziegel, f1	im Unterboden ausgeprägte Hydromorphie-merkmale (s. Tab. 5) → temporär ansteigendes Grundwasser, Vernässungsgrad 4 (= stark vernässt) im Unterboden. Zum Zeitpunkt der Untersuchung kein Grundwasser
PBS10	Acker	LLn	Normparabraunerde	Ziegel, f1	einzigste PBS, in der der Oberboden schwach kalkhaltig ist (s. Tab. 5) → evtl. aufgefüllt oder Kalkdünger
PBS11	Acker	YK-GG	Kolluvisol-Gley	-	im Unterboden ausgeprägte Hydromorphie-merkmale (s. Tab. 5) → temporär ansteigendes Grundwasser, Vernässungsgrad 4 (= stark vernässt) im Unterboden. Zum Zeitpunkt der Untersuchung kein Grundwasser
PBS12	Acker	BB-LL	Braunerde-Parabraunerde	-	-

Im Allgemeinen stimmen die vorgefundenen Böden mit der Beschreibung der Kartiereinheiten (s. Kap. 4.2) überein.

Der Oberboden aller PBS-Punkte 1-12 ist ähnlich aufgebaut. Er ist zwischen 35 und 50 cm mächtig und bewegt sich zwischen einem sandig-lehmigen Schluff (Uls) und einem schluffig-lehmigen Sand (Slu). Der Oberboden (A) ist schwach humos mit < 2 Masse-% (s. Kap. 8.1) und carbonatfrei (c0). Der Grobbodenanteil, der im Zuge der Grabung festgestellt wurde, liegt bei < 2 Vol-%.

Darunter befinden sich beim Großteil der Profile Verzahnungs- bzw. Übergangshorizonte. Verzahnungshorizonte sind Horizonte, in denen Bereiche von verschiedenen Horizonten zusammen vorkommen, ohne sich zu durchdringen. Ihre Darstellung erfolgt mittels Pluszeichen zwischen den Symbolteilen. Übergangshorizonte sind solche, in denen sich die

Merkmale unterschiedlicher pedogenetischer Prozesse überlagern. Die Darstellung erfolgt mit Bindestrich zwischen den Symbolteilen. Sowohl bei den Verzahnungs- als auch bei den Übergangshorizonten ist das letztere Symbol das dominante.

Bei der Beschreibung des Unterbodens lassen sich folgende PBS-Punkte zusammenfassen: PBS1, PBS2, PBS4, PBS5, PBS6, PBS8, PBS10, PBS12. Diese Profile zeichnen sich durch eine im Zuge der Bodenentwicklung stattgefundenene Tonverlagerung vom Ober- in den Unterboden aus. Unter dem gepflügten (p) Oberboden liegt der tonverarmte (lessivierte (l)) Oberboden verzahnt mit dem tonangereicherten (t) Unterboden (B) vor. Der eigentliche Tonanreicherungshorizont (Bt) folgt darunter, was sich in der dunkel gelblich-braunen Farbe und der bindigeren Bodenart (stark sandiger Lehm) bemerkbar macht. Der Unterboden ist carbonatfrei. Gem. Kartiereinheit [19] ist auch der Unterboden grobbodenfrei.

PBS3 weicht von der Kartiereinheit ab und stellt vermutlich eine Ausnahme dar. Bis in eine Tiefe von 77 cm wurde humoses Bodenmaterial vorgefunden, das durch eine Auffüllmaßnahme dort hingekommen sein könnte.

PBS7 zeichnet sich neben der Tonverlagerung durch temporäres Stauwasser bei ausgiebigen Niederschlägen aus. Der temporäre Sauerstoffmangel ist geruchlich und optisch bemerkbar (s. Tab. 6). Im Zuge der Grabung waren deutliche Verbleichungsmerkmale anzutreffen, wodurch der gepflügte Oberboden (Ap) auch stauwasserleitend (w) ist. In größerer Tiefe liegt der wasserstauende (d) S-Horizont, der durch die Tonverlagerung dichter und feinkörniger und dadurch weniger wasserdurchlässig ist, als der obere Bereich. Der Bereich des temporären Stauwassers umfasst gem. BK50 [19] auf Höhe des Radwegs ca. 70 m. Durch die höhere Bodenfeuchte ist der Boden hier besonders verdichtungsempfindlich.

PBS9 und PBS11 zeichnen sich durch einen Grundwassereinfluss aus. Morphologisch liegen die beiden Punkte in flachen Senken (s. Fotodokumentation, Anl. 4). Der oxidierte (o) G-Horizont, verzahnt mit umgelagertem humosen Material (M-Horizont, Vgl. PBS3), liegt bis zur Unterkante des Oberbodens vor. Der Grundwassereinfluss macht sich durch die ausgeprägten Hydromorphiemerkmale bemerkbar (s. Tab. 6). Gem. BK50 [19] umfassen die beiden Senken auf Höhe des Radwegs ca. 110 m (PBS9) und ca. 170 m (PBS11). Durch die höhere Bodenfeuchte ist der Boden hier besonders verdichtungsempfindlich (s. Bodenschutzplan, Anl. 2).

## 8.2 Schichtengliederung / bautechnische Trennung

Zur Vereinfachung der komplexen bodenkundlichen Horizontansprache dient im Hinblick auf die bautechnische Trennung zusammenfassend folgende Schichtengliederung:

**Schicht A: humoser Oberboden:** hohe Qualität, schwach humos, sehr verdichtungs- und witterungsempfindlich, Mächtigkeit ca. 40 cm

**Schicht B: kulturfähiger Unterboden (pedogenetisch entwickelter Sandlöss):** mittlere bis hohe Qualität, sehr schwach humos, verdichtungs- und witterungsempfindlich, Mächtigkeit mind. 55 cm

**Schicht C: Untergrund (nicht entwickelter Sandlöss):** unter den kulturfähigen Schichten A und B, weniger verdichtungs- und witterungsempfindlich. Der Untergrund wurde mit dem Pürckhauer-Bohrstock nicht aufgeschlossen.

Die Schichten A und B – insbesondere Schicht A – sind aufgrund ihres Humus- bzw. Schluff- / Tonanteils und aufgrund des nicht vorhandenen Grobbodens und Carbonats besonders verdichtungs- und witterungsempfindlich. Bei stark feuchten Bodenverhältnissen besteht dadurch gem. KA 5, Tab. 90 [7] eine hohe Gefährdung des Bodengefüges.

## 9. Ergebnisse der Schadstoffuntersuchungen

### 9.1 Bewertungsgrundlagen

Am 01.08.2023 tritt die Mantelverordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung in Kraft. Da das Bauvorhaben nach dem 01.08.2023 beginnen wird, ist zur Bewertung des Bodens die neue BBodSchV [20] und die neue ErsatzbaustoffV [21] heranzuziehen.

#### Anmerkungen zu den Vorsorgewerten der neuen BBodSchV

Die neue BBodSchV löst die alte BBodSchV von 1999 [2] ab. Die für den Oberboden relevante Bewertung umfasst die Vorsorgewerte der BBodSchV. Bei den Metallen sind Arsen und Thallium hinzugekommen. Die Vorsorgewerte bei der Bodenart Lehm/Schluff betragen bei Arsen 20 mg/kg und bei Thallium 1 mg/kg. Der Vorsorgewert für Quecksilber wurde von 0,5 mg/kg auf 0,3 mg/kg herabgesetzt.

Für die Anwendung der Vorsorgewerte ist in der neuen BBodSchV nicht mehr der Humusgehalt, sondern der TOC-Gehalt entscheidend. *Anmerkung: Der Humusgehalt leitet sich aus dem TOC-Gehalt ab und ist abhängig von der Bodenart, wodurch Ungenauigkeiten entstehen können. Der TOC-Gehalt ist im Labor bestimmbar.*

Die Metalle sind nur für Böden mit einem TOC-Gehalt  $\leq 9$  Masse-% anwendbar. Für die organischen Stoffe gelten bei Böden mit einem TOC-Gehalt  $> 9$  Masse-% höhere Vorsorgewerte.

#### Anmerkungen zu den Prüfwerten der neuen BBodSchV

Die für dieses Gutachten relevanten Prüfwerte für die PAK-Einzelverbindung Benzo(a)pyren – als Vertreter für die PAK<sub>16</sub> – wurden herabgesetzt. Für Kinderspielflächen von 2 mg/kg auf 0,5 mg/kg, für Wohngebiete von 4 mg/kg auf 1 mg/kg, für Park- und Freizeitanlagen von 10 mg/kg auf 1 mg/kg und für Industrie- und Gewerbegrundstücke von 12 mg/kg auf 5 mg/kg.

#### Anmerkungen zur neuen Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV)

Die Ersatzbaustoffverordnung löst die seit 2007 in Baden-Württemberg geltende VwV Bodenverwertung [13] ab. Die ErsatzbaustoffV [21] enthält erstmalig bundeseinheitliche

und rechtsverbindliche Anforderungen an die Herstellung und den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe. Darunter fallen Recycling-Baustoffe aus Bau- und Abbruchabfällen, Bodenaushub, Baggergut, Gleisschotter sowie Aschen aus thermischen Prozessen und Schlacken aus der Metallerzeugung. Sie gibt zum einen für die jeweiligen Ersatzbaustoffe beziehungsweise für deren Materialklassen Grenzwerte in Bezug auf bestimmte Schadstoffe vor, deren Einhaltung durch den Hersteller im Rahmen einer Güteüberwachung zu gewährleisten ist. Die Materialwerte für Recycling-Baustoffe der Klassen 1, 2 und 3 finden sich in der Anlage 1, Tabelle 1 zur ErsatzbaustoffV. Die Materialwerte für Bodenmaterial (BM) und Baggergut (BG) mit den Klassen 0, 0\*, F0\* und F1 bis F3 finden sich in Anlage 1, Tabelle 3 der Verordnung.

Demnach ist in den Klassen F0\*, F1, F2 und F3 ein TOC-Gehalt von max. 5 Masse-% zulässig. In der zuvor gültigen VwV Bodenverwertung B.-W. war Bodenmaterial „humusfrei zu gewinnen und zu verwerten“.

Zum anderen sieht die Verordnung angepasste Einbauweisen an diese Materialklassen vor, die beim Einbau in das technische Bauwerk vom Verwender entsprechend den örtlichen Gegebenheiten zu beachten sind. Die Einsatzmöglichkeiten von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken sind in Anlage 2 der ErsatzbaustoffV detailliert aufgeführt.

Nachfolgend sind die Einstufungen der Bodenmaterialien gem. neuer BBodSchV [2] bzw. orientierend nach ErsatzbaustoffV [13] (nur analysierte Parameter) zusammengefasst. Die tabellarische Zusammenstellung der Analysenergebnisse im Einzelnen ist als Anlage 5, die Laborberichte des chemischen Untersuchungslabors sind als Anlage 8 beigefügt.

Die Vorsorgewerte der BBodSchV entsprechen, bei der Auswertung der sich überschneidenden Parameter, der Materialklasse BM-0 für Lehm/Schluff der ErsatzbaustoffV.

## **9.2 Bewertung gem. neuer BBodSchV**

### **9.2.1 Vorsorgewerte**

Zur Bewertung des humosen Oberbodens (Schicht A) sind die Kriterien gem. § 3 BBodSchV [2] maßgebend. Schadstoffseitig wird von unbelastetem Boden ausgegangen, wenn die Vorsorgewerte gem. BBodSchV unterschritten sind. Im Falle einer bodenfunktionalen Verwertung auf Flächen mit landwirtschaftlicher Nachfolgenutzung ist grundsätzlich die 70 %-Schwelle der Vorsorgewerte einzuhalten.

**Tabelle 7:** Einstufung des Oberbodens gem. der Vorsorgewerte der neuen, ab 01.08.2023 gültigen BBodSchV Anlage 1

Abschnitt	Schicht / Horizont	Tiefe (cm)	Einstufung bezogen auf Vorsorgewerte* gem. BBodSchV		TOC (Masse-%)	pH-Wert
			Metalle	organische Stoffe		
MP Streifen 1	A Oberboden	0 – 35	eingehalten	überschritten (PAK <sub>16</sub> , Benzo(a)pyren)	1,1	7,4
MP Streifen 2	A Oberboden	0 – 35	eingehalten	überschritten (PAK <sub>16</sub> , Benzo(a)pyren)	1,0	7,7

\* Die Vorsorgewerte für Lehm/Schluff entsprechen der Zuordnungsstufe „BM-0“ von Lehm/Schluff in der ErsatzbaustoffV (s. Kap. 9.3)

Die TOC-Gehalte liegen deutlich unter 9 Masse-% und die pH-Werte über 6,0. Damit können die Vorsorgewerte der BBodSchV ohne Einschränkung angewandt werden.

Die beiden Mischproben „MP Streifen 1“ und „MP Streifen 2“ überschreiten die Vorsorgewerte der BBodSchV aufgrund erhöhter Gehalte von PAK<sub>16</sub> und der PAK-Verbindung Benzo(a)pyren im Feststoff. Damit wird auch die 70%-Schwelle nicht eingehalten. Die detaillierte Auswertung ist Anlage 5 beigefügt.

**Ein Einbau des ausgebauten Oberbodens auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche ist damit nicht möglich**

## 9.2.2 Wirkungspfad Boden-Mensch

Hinsichtlich der Verwertung des Oberbodens wird im Folgenden eine Bewertung des erhöhten Parameters PAK bzw. der PAK-Einzelverbindung Benzo(a)pyren für den Wirkungspfad Boden-Mensch vorgenommen. In der Regel wird mittels der angegebenen Prüfwerte für die in Tabelle 8 genannten Flächen das Vorliegen einer schädlichen Bodenveränderung geprüft.

**Tabelle 8:** Prüfwerte von Benzo(a)pyren für den Wirkungspfad Boden-Mensch gem. neuer BBodSchV [20]

	Kinderspielflächen	Wohngebiete	Park- und Freizeitanlagen	Industrie- und Gewerbegrundstücke	MP Streifen 1	MP Streifen 2
	mg/kg				mg/kg	
PAK-16 vertreten durch Benzo(a)pyren	0,5	1	1	5	2,1	0,73

Der Oberboden von „MP Streifen 1“ weist einen Benzo(a)pyren-Gehalt von 2,1 mg/kg auf und überschreitet damit den Prüfwert von Kinderspielflächen, von Wohngebieten und von Park- und Freizeitanlagen, unterschreitet aber den Prüfwert von Industrie- und Gewerbegrundstücken.

Der Oberboden von „MP Streifen 2“ weist einen Benzo(a)pyren-Gehalt von 0,73 mg/kg auf und überschreitet damit den Prüfwert von Kinderspielflächen, unterschreitet aber den Prüfwert von Wohngebieten, von Park- und Freizeitanlagen sowie Industrie- und Gewerbegrundstücken. Eine nähere Beschreibung der damit verbundenen Verwertungsmöglichkeiten sind in Kapitel 12 erläutert.

### 9.3 Bewertung gem. neuer Ersatzbaustoffverordnung

Für Oberboden, der eine durchwurzelbare Bodenschicht darstellt, gilt die ErsatzbaustoffV gem. §1 Absatz 2 grundsätzlich nicht. Falls jedoch Überschussmaterial in Maßnahmen verwertet werden soll, deren Annahmekriterien sich an den Zuordnungswerten gem. ErsatzbaustoffV orientieren (z. B. Rekultivierungsschichten in Gruben), wurde in nachfolgender Tabelle 9 auch für den Oberboden auf Basis der untersuchten Vorsorgeparameter eine orientierende Einstufung gem. ErsatzbaustoffV vorgenommen.

**Tabelle 9:** Orientierende Einstufung des Oberbodens gem. ErsatzbaustoffV

Teilfläche / Haufwerk	Schicht / Horizont	Tiefe (cm)	Orientierende Einstufung gem. ErsatzbaustoffV	Zuordnungsrele- vante Parameter
MP Streifen 1	A Oberboden	0 - 35	BM-F3	PAK <sub>16</sub> : 25,28 mg/kg
MP Streifen 2	A Oberboden	0 - 35	BM-F2	PAK <sub>16</sub> : 9,00 mg/kg

- Die Mischprobe „MP Streifen 1“ wird aufgrund des erhöhten PAK<sub>16</sub>-Gehalts in die Materialklasse BM-F3 (Bodenmaterial mit Fremdbestandteilen bis 50 Vol.-%) eingestuft.
- Die Mischprobe „MP Streifen 2“ wird aufgrund des erhöhten PAK<sub>16</sub>-Gehalts in die Materialklasse BM-F2 (Bodenmaterial mit Fremdbestandteilen bis 50 Vol.-%) eingestuft.

Sowohl für die Materialklasse BM-F2 als auch BM-F3 ist ein TOC-Gehalt von max. 5 Masse-% zulässig (s. Anl. 5). In Fußnote 7) wird darauf hingewiesen, dass beim Einbau Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse zu berücksichtigen sind.

## 10. Überschlägige Mengenbilanzierung

Für den Oberboden und den kulturfähigen Unterboden wird, unter Berücksichtigung der planerischen Rahmenbedingungen und der bodenkundlichen Verhältnisse, eine überschlägige Mengenbilanzierung erstellt. Hinsichtlich des auszubauenden Unterbodens und der internen Verwertung des Oberbodens wurden die Angaben im Regelquerschnitt [C] herangezogen.

**Tabelle 10:** Überschlägige Mengenbilanzierung

Bereich	Flächengröße	Humoser Oberboden / Schicht A	Kulturfähiger Unterboden / Schicht B
		inkl. Auflockerungsfaktor 1,3	
		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
<b>Ausbau</b>			
Streifen 1 (BM-F3) (s. Anl. 1.3)	5.829 m <sup>2</sup>	Fläche 5.829 m <sup>2</sup> Tiefe 0,4 m → 3.032 m <sup>3</sup>	gem. [C] ggf. 0,1 – 0,2 m Bodenaustausch unter Planum:
Streifen 2 (BM-F2) (s. Anl. 1.3)	8.582 m <sup>2</sup>	Fläche 8.582 m <sup>2</sup> Tiefe 0,4 m → 4.463 m <sup>3</sup>	Länge: 2.150 m <sup>2</sup> Breite Radweg: 3 m Tiefe: 0,1-0,2 m → 645 bis 1.290 m <sup>3</sup>
gesamt	14.411 m <sup>2</sup>	7.495 m <sup>3</sup>	839 bis 1.678 m <sup>3</sup>
<b>Interne Verwertung</b>		gem. [C] obere 3 cm des Schotterrasens der Grünstreifen mit Oberboden durchmischt → Verwertung von 100-200 m <sup>3</sup>	
<b>Externe Verwertung</b>		rd. 7.400 m <sup>3</sup>	ggf. 839 bis 1.678 m <sup>3</sup>

Die Fläche und das Ausbauvolumen von Streifen 2 sind höher als von Streifen 1, weil in den Bereichen der Kreuzungen mehr Oberboden abgetragen wird (s. Anl. 2).

**Anmerkung:** Es ist möglich, dass die vorgefundenen Schadstoffe (PAK) mit dem Sickerwasser vom Oberboden in den Unterboden gelangen konnten. Aufgrund dessen kann es bei einem Ausbau des Unterbodens im Zuge der Deklarationsanalytik zu erhöhten PAK-Gehalten kommen. Eine Beprobung und Analytik erfolgte im Zuge dieses Gutachtens nicht.

## 11. Bautechnische Vorgaben zum Umgang mit den Bodenmaterialien

### 11.1 Allgemeine Vorgaben zum Erhalt der Leistungs- und Kulturfähigkeit

Zur Vermeidung der Schädigung kulturfähigen Bodenmaterials beim Umgang mit technischem Gerät (Ausbau, Zwischenlagerung, Transport, Aufbringung) sind allgemeine Vorgaben aus verschiedenen Regelwerken und Merkblättern zu beachten [4], [5], [10], [11], [15].

- Erdarbeiten mit kulturfähigen Bodenmaterialien (humoser Oberboden) nur bei ausreichend trockener Witterung und ausreichend abgetrockneten Böden, soweit das Material der Wiederherstellung einer Bodenfunktion i. S. d. BBodSchG [1] dient.
- Sorgfältige Trennung des humosen Oberbodens vom kulturfähigen Unterboden und ggf. vom Ausgangssubstrat; keine Vermischung der Schichten.
- Vermeidung von Verdichtungen und dadurch bedingte Gefügeveränderungen und Vernässungen beim Aushub, bei der Zwischenlagerung und bei der Aufbringung.
- Kein Befahren von verbleibenden Freiflächen; unvermeidbare Überfahung nur mit Fahrzeugen geringer Bodenpressung (Kettenfahrzeuge; Radfahrzeuge nur in Verbindung mit geeigneten Matratzen). Dies gilt für Abtrags- und Auftragsflächen.
- Mächtigkeit von Oberbodenmieten max. 2 m zur Sicherstellung einer ausreichenden Durchlüftung und Entwässerung zum Erhalt des Bodengefüges und des Bodenlebens.
- Trapezförmige Profilierung und Glättung von Ober- und Unterbodenmieten zur Vermeidung von witterungsbedingter Vernässung.
- Keine Befahrung von Oberboden- und Unterbodenmieten zur Vermeidung von Verdichtungen und Gefügeschäden.
- Kein Abstellen von Gerätschaften und Baumaterialien auf Bodenmieten.
- Bei einer Lagerungsdauer von über 2 Monaten sofortige Einsaat aller Oberbodenmieten mit Tiefwurzlern (z. B. Luzerne, Phacelia und / oder Gelbsenf) zum Erhalt des krümeligen Gefüges und zur Vermeidung von Vernässung.
- Minimierung der Flächenbefahrung und maximale Reduktion der Transportstrecken, Einsatz von Kettenbaggern mit langstieligen Löffeln; Verzicht auf Raupen aller Art.

## 11.2 Baufeldspezifische Maßnahmen

### 11.2.1 Erläuterung des Bodenschutzplans

#### **Temporäre, befestigte Baustraße:**

Zu Beginn der Arbeiten wird eine befestigte, temporäre Baustraße östlich parallel zum künftigen Radweg auf dem Oberboden angelegt (s. Anl. 2). Gem. DIN 19639 ist bei einer Dauer von < 6 Monaten die Baustraße auf dem Oberboden anzulegen. Bei anderen Bauvorhaben hat sich gezeigt, dass auch bei einer Dauer > 6 Monaten die Baustraße i.d.R. auf dem Oberboden angelegt werden sollte. Die Regeneration des Oberbodens nach Beeinträchtigungen ist schneller als die des Unterbodens aufgrund des Bodenlebens und des Frieren und Tauens im Winter. Darüber hinaus ist der Unterboden in den schraffierten Abschnitten in Anl. 2. besonders verdichtungsempfindlich, weshalb von einer direkten Befahrung abzusehen ist.

Die Baustraße wird mit einer mind. 30 cm mächtigen Kies- / Schottertragschicht (Aufbringung vor Kopf) hergestellt, nachdem ein reißfestes Geotextil mit ausreichend seitlichem Überstand auf dem Oberboden ausgelegt wurde. Alternativ können starre, quer verlegte, miteinander verschraubte Lastplatten (Holzbohlen oder Stahl) verwendet werden.

Hinsichtlich der chemischen Qualität des Materials der Kies- / Schottertragschicht ist zu beachten, dass in den Bereichen um PBS9 und PBS11 unmittelbar unter dem Oberboden der grundwasserbeeinflusste Bereich beginnt (s. Kap. 8.1, Tab. 6). Die chemische Qualität des Materials ist auch bei der Schottertragschicht unter dem Radweg zu beachten.

Aus baupraktischen und bodenschutztechnischen Gründen sollte die Baustraße auf den nicht-gepflügten Äckern z.B. nach der Ernte errichtet werden. Der geplante Baubeginn ist den betroffenen Flurstückseigentümern frühzeitig mitzuteilen und ggf. mit ihnen abzustimmen

#### **Bauzaun:**

Um die benachbarten Acker- und Grünflächen östlich der Baustraße vor unerlaubtem Befahren und der Lagerung von Materialien zu schützen, ist auf der gesamten Länge – mit Ausnahme der Zufahrten für die Feldwege – ein Bauzaun aufzustellen.

#### **Tabufläche:**

Die Acker- und Grünlandflächen östlich des Baufelds hinter dem Bauzaun sind Tabuflächen. Eine Befahrung und Lagerung von Materialien ist unzulässig.

#### **Oberbodenabtrag:**

Der Oberbodenabtrag hat rückschreitend mit einem Kettenbagger zu erfolgen. Ein schiebender Abtrag (z.B. mit Planierraupe) ist nicht zulässig, weil dadurch eine erhebliche, irreversible Störung des Bodengefüges durch die Druckausübung mit dem Schild hervorgerufen würde.

Es empfiehlt sich der Abtrag von zunächst einem Streifen (Breite 2,75 m). Der Oberboden wird aus Platzgründen direkt auf einen LKW geladen und abgefahren. Der LKW fährt auf der Baustraße parallel zum Bagger.

Nach DIN 19 731 und DIN 18 915 ist die Umlagerung von Bodenmaterial technisch so durchzuführen, dass sich Ausmaß und Intensität von Verdichtungen auf das unvermeidbare Maß beschränken. Durch den hohen Schluff- und Humusanteil (s. Kap 8.1, Tab. 5) ist der Oberboden insbesondere bei feuchten Verhältnissen sehr verdichtungsempfindlich.

Die Bodenfeuchte ist vor Beginn der Arbeiten durch die BBB zu prüfen. Wenn die Bodenfeuchte im schwach feuchten (feu2) bzw. die Konsistenz im halbfesten (ko2) Bereich liegt, ist die Befahrbarkeit uneingeschränkt möglich (siehe Anl. 7). Bei feuchten bzw. steif-plastischen Verhältnissen ist die Befahrbarkeit demnach nur eingeschränkt möglich, wobei ein sogenanntes Nomogramm hinzuzuziehen ist (Anl. 8). Hierin wird das maximal zulässige Gesamtgewicht und die Flächenpressung von Baumaschinen in Abhängigkeit von der Wasserspannung (Bodenfeuchte) dargestellt.

Der Einsatz der jeweiligen Maschinen hinsichtlich Flächenpressung ist vorab mit der bodenkundlichen Baubegleitung (BBB) abzustimmen.

Es sind zudem Pufferzeiten einzuplanen, um nach Niederschlagsereignissen ausreichend trockene Bodenverhältnisse abzuwarten. Im Winterhalbjahr ist davon auszugehen, dass nach einem Niederschlagsereignis mind. 2 Tage erforderlich sind, um wieder eine ausreichende Befahr- und Bearbeitbarkeit des Oberbodens zu erreichen. Die Wiederaufnahme der Arbeiten ist mit der BBB abzustimmen.

### **Abtrag von kulturfähigem Unterboden:**

Gem. [C] sind im Bereich des Radwegs (Breite 3 m) ggf. 0,1 bis 0,2 m Unterboden abzutragen, wenn dieser die bautechnischen Voraussetzungen nicht erfüllt. Der kulturfähige Unterboden ist pedogenetisch entwickelt und erfüllt wichtige natürliche Bodenfunktionen (z.B. Filter und Puffer für Schadstoffe, Regulierung des Wasserhaushalts). Um diese Funktionen bei einer externen Verwertung weiterhin zu erfüllen, sind beim Ausbau des Unterbodens die gleichen Bodenschutzmaßnahmen wie beim Oberbodenabtrag zu beachten.

### **11.2.2 Herstellung der Bodenmieten**

Bei einer Zwischenlagerung des Ober- bzw. Unterbodens auf externen Bereitstellungsflächen sind Bodenmieten anzulegen. Diese sind locker mit dem Bagger zu schütten, damit die biologische Aktivität und der Gasaustausch erhalten bleiben.

Nach DIN 19 731 ist das zwischengelagerte Bodenmaterial vor Verdichtung und Vernässung zu schützen. Die Depots sind dabei so zu gestalten, dass die Oberflächen eine Neigung von mindestens 4 % aufweisen, damit das Niederschlagswasser abfließen kann. Ideal ist eine steile Trapezform. Bei Vernässungsgefahr am Mietenfuß sind Entwässerungsgraben anzulegen.

Die maximale Höhe für Oberbodenmieten beträgt 2 m (für Unterbodenmieten 3 m) um eine Verdichtung durch Auflast / Eigengewicht zu begrenzen. Die Flanken sind leicht anzudrücken, nicht zu verschmieren. Eine Befahrung der Depots ist generell zu unterlassen. Um die Miete weder mit LKW noch Bagger befahren zu müssen, sind während des Anlegens der Miete Profilierungen vorgesehen.

Bei einer Lagerungsdauer von über zwei Monaten ist unmittelbar nach Herstellung der Miete zur Vermeidung von Vernässung, Erosion und zum Schutz gegen unerwünschten Aufwuchs eine Zwischenbegrünung mit Tiefwurzlern (jahreszeitenabhängig, z. B. Luzerne, Ölrettich, Phacelia, Gelbsenf) durchzuführen. Weitere geeignete Pflanzenarten sind in DIN 18 915 Anh. E [6] gelistet.

## 12. Verwertung des Oberbodens

### 12.1 Verwertungsmöglichkeiten

Etwa 100 - 200 m<sup>3</sup> des ausgebauten Oberbodens können im Zuge der Herstellung der Grünstreifen intern verwendet werden. Es erfolgt eine Vermischung mit Schotterrasen-Material.

Rund 7.400 m<sup>3</sup> Oberboden müssen extern verwertet werden (s. Kap. 10). Aufgrund der Überschreitung der Vorsorgewerte durch PAK (s. Kap. 9.2, Tab. 7) ist die Aufbringung auf landwirtschaftlichen Flächen nicht möglich.

In Kapitel 9.2.2 wird die Qualität des Oberbodens hinsichtlich des Wirkungspfades Boden-Mensch beurteilt. Gem. der neuen BBodSchV [20] wird angestrebt, einen möglichst hohen Anteil von Bodenmaterial funktional zu verwerten. Deshalb ist zu prüfen, ob zum Zeitpunkt des Ausbaus Oberboden auf Industrie- und Gewerbegrundstücken (MP Streifen 1, rd. 3.000 m<sup>3</sup>) bzw. auch in Wohngebieten oder Park- und Freizeitanlagen (MP Streifen 2, rd. 4.500 m<sup>3</sup>) benötigt wird. Eine entsprechende Verwertung wäre mit der zuständigen Bodenschutzbehörde abzustimmen.

Allgemein gilt bei Rekultivierungsmaßnahmen der Grundsatz „Gleiches zu Gleichem“ und das Verbot der Bodenverschlechterung. Es sind beim Aufbringen von Oberboden zudem weitere Vorgaben wie bspw. DIN 19 731 [4], die Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit [12] und das Merkblatt Bodenauffüllungen [17] zu beachten. Es ist dabei auf einen sachgerechten und schonenden Umgang nach DIN 18 915 zu achten. Die Auftragsmächtigkeit ist aufgrund des TOC-Gehalts (1 Masse-%) auf 1 m zu beschränken.

Falls sich keine entsprechenden Verwertungsmöglichkeiten ergeben, ist der Oberboden gem. ErsatzbaustoffV zu verwerten. Da zunächst, wie für Oberboden üblich, die Vorsorgeparameter der BBodSchV analysiert wurden, ist ggf. eine Analytik des gesamten Parameterumfangs der ErsatzbaustoffV erforderlich.

Aufgrund der sich im August verändernden gesetzlichen Grundlagen empfehlen wir eine enge Abstimmung mit den unteren Bodenschutzbehörden und ggf. auch eine

Einbeziehung der oberen Bodenschutzbehörde in Ihrem Hause in die Frage der möglichen Verbringung des belasteten Oberbodens.

## 12.2 Hinweise für die Ausschreibung der Erdarbeiten

In der Ausschreibung der Erdarbeiten ist zunächst generell auf die Beachtung des vorliegenden Bodenschutzkonzepts hinzuweisen. Im Speziellen sind folgende Punkte zu nennen:

- separater Oberbodenabtrag von „Streifen 1“ und „Streifen 2“
- Bedarf an ausreichend räumlich und zeitlich dimensionierten externen Bereitstellungsflächen zur Mietenlagerung, weil auf der Baustelle kein Platz dafür ist
  - Streifen 1: 3.000 m<sup>3</sup> → Grundfläche 1.700 m<sup>2</sup> (max. Höhe 2 m)
  - Streifen 2: 4.500 m<sup>3</sup> → Grundfläche 2.500 m<sup>2</sup> (max. Höhe 2 m)
- unterschiedliche PAK-Belastung des Oberbodens
  - Streifen 1: Materialklasse BM-F3 nach ErsatzbaustoffV
  - Streifen 2: Materialklasse BM-F2 nach ErsatzbaustoffV
- TOC-Gehalt
  - Streifen 1: 1,1 Masse-%
  - Streifen 2: 1,0 Masse-%
- In der neuen Ersatzbaustoffverordnung ist für die Materialklassen BM-F3 und BM-F2 ein TOC-Gehalt von max. 5 Masse-% zulässig. Sollte der Auftragnehmer aufgrund des vorliegenden TOC-Gehalts von 1 Masse-% den Oberboden deponieren wollen, wäre sicher zu stellen, dass die Zusatzkosten für eine Deponierung des Oberbodens durch den AN zu tragen wären.
- Im Falle einer Verwertung gem. ErsatzbaustoffV ist ggf. eine erweiterte Analytik gem. dem Gesamtparameterumfang erforderlich.
- Möglicherweise wäre es sinnvoll, die Verwertung des Oberbodens separat auszusprechen, oder zu prüfen, ob das RP Karlsruhe selbst eine Verwertung für das Bodenmaterial im Zuge von Straßenbaumaßnahmen hat.

## 13. Bodenkundliche Baubegleitung (BBB)

Das geplante Bauvorhaben umfasst einen Eingriff in den Boden auf einer Fläche von rund 2,4 ha. Gem. § 2 Absatz 3 LBodSchAG in B.-W. [22] kann die zuständige Bodenschutzbehörde bei Bauvorhaben mit einer Fläche > 1 ha eine Bodenkundliche Baubegleitung (BBB) verlangen um die Bodenschutzmaßnahmen zu überwachen. Gem. der neuen bundesweit geltenden BBodSchV [20] kann die zuständige Bodenschutzbehörde bei einer Fläche > 0,3 ha eine BBB verlangen. Sinnvollerweise sollte die BBB durch den Verfasser des Bodenschutzkonzepts erfolgen.

Für Fragen zur weiteren Planung und Ausführung stehen wir gerne zu Ihrer Verfügung.

HPC AG  
Niederlassung Freiburg

geprüft:



M. Sc. Janis Grozinger  
Projektleiter  
ZERTIFIZIERTER BODENKUNDLICHER BAUBEGLEITER  
DURCH DEN BUNDESVERBAND BODEN E.V.

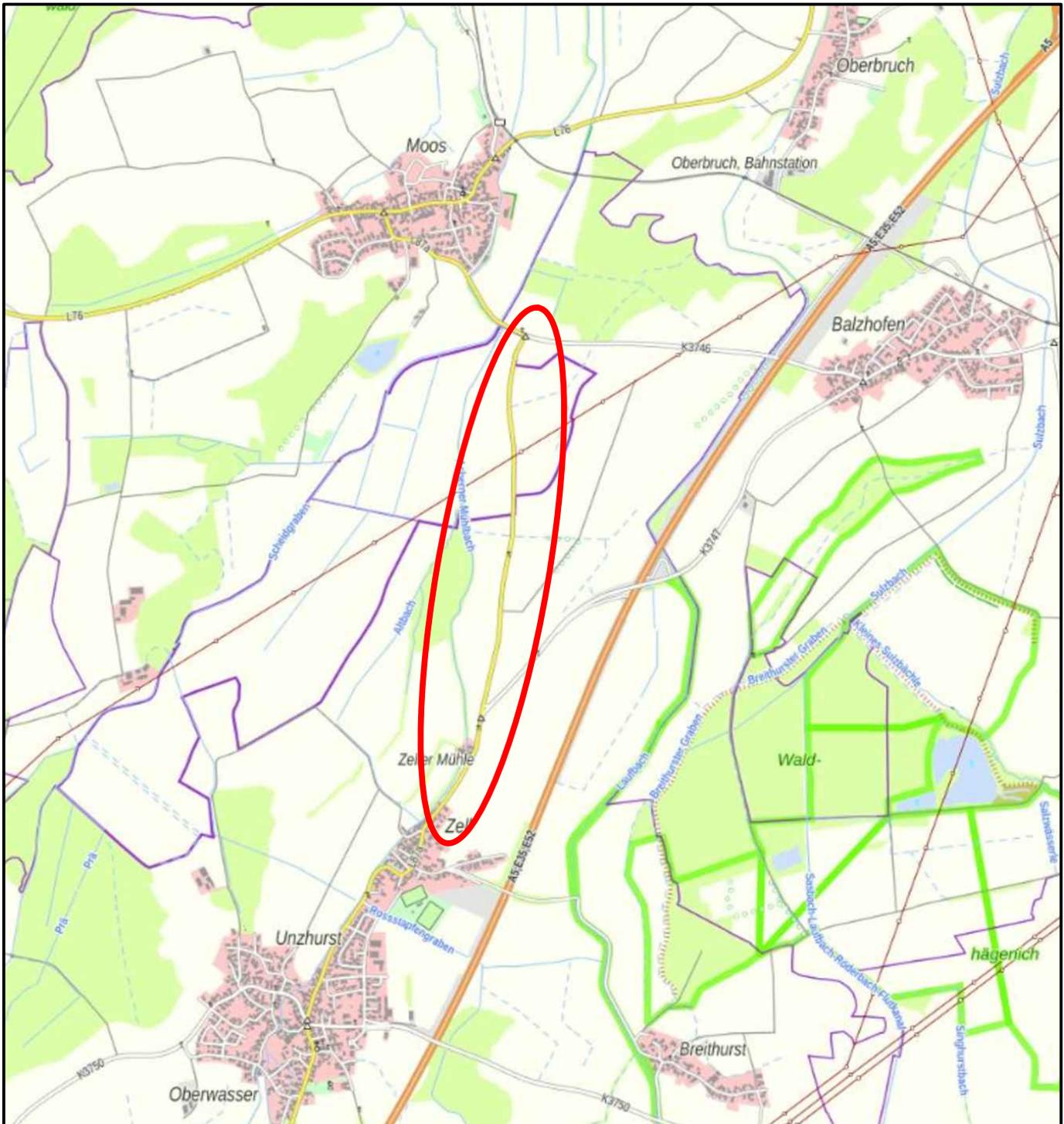
Dipl.-Geologe Bertram Schrade  
Standortleiter Freiburg

## ANLAGEN

## **Anlage 1**

### Pläne

- 1.1 Übersichtslageplan, Maßstab 1 : 25.000
- 1.2 Lageplan der Erkundungsstellen, Maßstab 1 : 1.000
- 1.3 Lageplan der Oberboden-Probenahme, Maßstab 1 : 1.000



Pfad: J:\2022\224266 - BSchK Neubau Radweg L87a Ottersweier\04 Zeichnungen\Pläne in Arbeit\HPC\_2224266.dwg



Lage des Standorts



M 1 : 25.000

**Bauherr/Auftraggeber/Antragsteller:**

Regierungspräsidium Karlsruhe  
 Abteilung 4 - Straßenwesen und Verkehr  
 Schlossplatz 4-6  
 76131 Karlsruhe

**Planverfasser:**



HPC AG Niederlassung Freiburg  
 Ziegelhofstraße 210a  
 79110 Freiburg i.Br.  
 www.hpc.ag

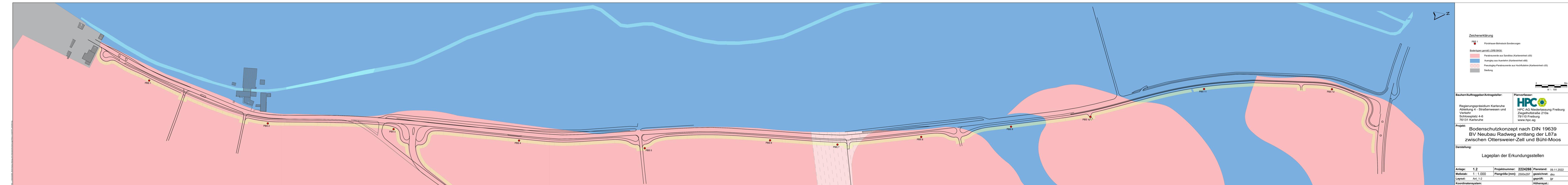
**Projekt:**

Bodenschutzkonzept nach DIN 19639  
 BV Neubau Radweg entlang der L87a  
 zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos

**Darstellung:**

Übersichtslageplan

<b>Anlage:</b> 1.1	<b>Projektnummer:</b> 2224266	<b>Planstand:</b> 25.11.2022
<b>Maßstab:</b> 1 : 25.000	<b>Plangröße [mm]:</b> 210x297	<b>gezeichnet:</b> dko
<b>Layout:</b> Anl_1-1		<b>geprüft:</b> jgr
<b>Koordinatensystem:</b>		<b>Höhensyst.:</b>



**Zeichenerklärung**

PBS 1  
 ● Pürckhauer-Bohrstock-Sondierungen

**Bodentypen gemäß LGRB BK50:**

- Parabraunerde aus Sandlöss (Kartiereinheit x30)
- Auengley aus Auenlehm (Kartiereinheit x68)
- Pseudogley-Parabraunerde aus Hochflutlehm (Kartiereinheit x35)
- Siedlung



Bauherr/Auftraggeber/Antragsteller:

Regierungspräsidium Karlsruhe  
 Abteilung 4 - Straßenwesen und  
 Verkehr  
 Schlossplatz 4-6  
 76131 Karlsruhe

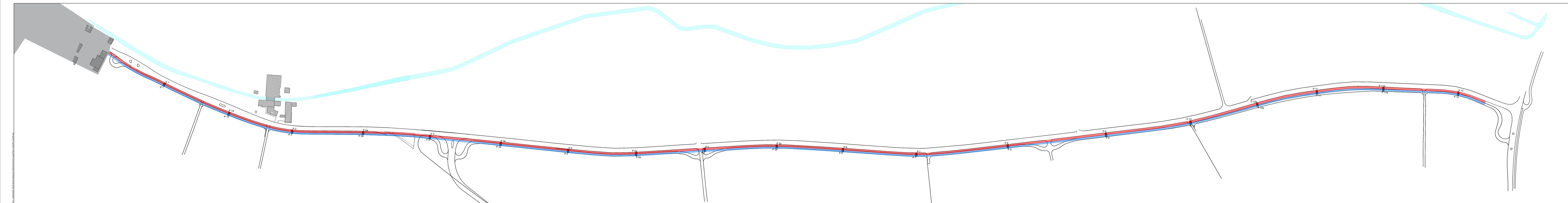
Planverfasser:

**HPC**  
 HPC AG Niederlassung Freiburg  
 Ziegelhofstraße 210a  
 79110 Freiburg  
 www.hpc.ag

Projekt:  
**Bodenschutzkonzept nach DIN 19639  
 BV Neubau Radweg entlang der L87a  
 zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos**

Darstellung:  
**Lageplan der Erkundungsstellen**

Anlage:	1.2	Projektnummer:	2224266	Planstand:	09.11.2022
Maßstab:	1 : 1.000	Plangröße [mm]:	2500x297	gezeichnet:	dko
Layout:	Anl_1-2	geprüft:	jgr	Höhensyst.:	
Koordinatensystem:					



- Zeichenerklärung**
- Streifen 1
  - Streifen 2
  - P.1 Probenahme-Punkt
  - P.1 Probenahme-Punkt



**Bauherr/Auftraggeber/Antragsteller:**  
 Regierungspräsidium Karlsruhe  
 Abteilung 4 - Straßenwesen und Verkehr  
 Schlossplatz 4-6  
 76131 Karlsruhe

**Planverfasser:**  
 HPC AG Niederlassung Freiburg  
 Ziegelhofstraße 210a  
 79110 Freiburg  
 www.hpc.ag

**Projekt:** Bodenschutzkonzept nach DIN 19639  
 BV Neubau Radweg entlang der L87a  
 zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos

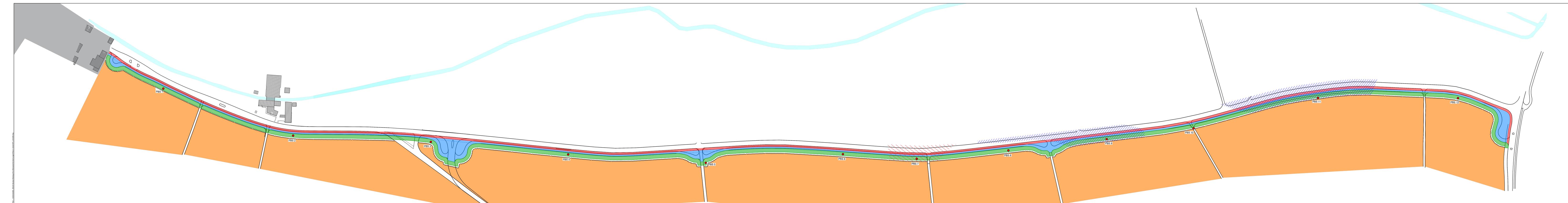
**Darstellung:**  
 Lageplan der Oberboden-Probenahme

<b>Anlage:</b> 1.3	<b>Projektnummer:</b> 2224266	<b>Planstand:</b> 24.11.2022
<b>Maßstab:</b> 1 : 1.000	<b>Plangröße [mm]:</b> 2500x297	<b>gezeichnet:</b> dko
<b>Layout:</b> Anl_1-3		<b>geprüft:</b> jgr
<b>Koordinatensystem:</b>		<b>Höhensyst.:</b>

Datei: 102512021.dwg, Datum: 24.11.2022, 10:28:11, Benutzer: jgr, Drucker: HP DesignJet 2720, 2720.dwg

## **Anlage 2**

Bodenschutzplan, Maßstab 1 : 1.000



- Zeichenerklärung**
- Pürkhauer-Bohrstock-Sondierungen
  - ▬ Oberbodenabtrag Streifen 1 (Breite 2,75 m)
  - ▬ Oberbodenabtrag Streifen 2 (Breite 2,75 m)
  - ▬ befestigte, temporäre Baustraße (Breite 5 m)
  - ▬ Tabufläche
  - ▬ Bauzaun
  - ▨ stauwasserbeeinflusster Boden (besonders verdichtungsempfindlich)
  - ▨ grundwasserbeeinflusster Boden (besonders verdichtungsempfindlich)



**Bauherr/Auftraggeber/Antragsteller:**  
 Regierungspräsidium Karlsruhe  
 Abteilung 4 - Straßenwesen und Verkehr  
 Schlossplatz 4-6  
 76131 Karlsruhe

**Planverfasser:**  
**HPC**  
 HPC AG Niederlassung Freiburg  
 Ziegelhofstraße 210a  
 79110 Freiburg  
 www.hpc.ag

**Projekt:** Bodenschutzkonzept nach DIN 19639  
 BV Neubau Radweg entlang der L87a  
 zwischen Ottersweier-Zell und Bühl-Moos

**Darstellung:** Bodenschutzplan

Anlage: 2	Projektnummer: 2224266	Planstand: 14.12.2022
Maßstab: 1 : 1.000	Plangröße [mm]: 2500x297	gezeichnet: dko
Layout: Anl_2		geprüft: jgr
Koordinatensystem:		Höhensyst.:

### **Anlage 3**

Probenahmeprotokolle der Oberbodenbeprobung

Probenahmeprotokoll Boden

Wirkungspfade nach BBodSchV



Firma / Auftraggeber:		Regierungspräsidium Karlsruhe			
Projektbezeichnung:		Bodenschutzkonzept Neubau Radweg entlang der L87a zw. Ottersweier-Zell und Bühl-Moos			
Einsatzort:	L87a zw. Ottersweier-Zell und Bühl-Moos	Projekt-Nr.:	2224266	Est:	4112
Projektverantwortliche/r:	Janis Grozinger	Datum:	15.11.2022		
Außendienst:	Janis Grozinger	Witterung:	bewölkt		
<b>Anschrift Beprobungsfläche</b>		<b>Beschreibung Probenahmebereich</b>		<b>Probenbezeichnung</b>	
Straße/Flst:	Landesstraße L87a	2,75 m breiter Streifen östlich angrenzend an L87a		MP Streifen 1	
PLZ, Ort:	77833 Ottersweier				
<b>Nutzungsorientierte Beprobung zu den Wirkungspfaden</b>					
<b>Wirkungspfad</b>		<b>Nutzung (Angabe entfällt bei Wirkungspfad Boden-Grundwasser)</b>			
Vorsorgewerte sind allgemeingültig					
<b>Beprobungstiefe:</b>		0 - 30 cm		(beprobter Bereich des obersten Meters)	
<b>Gegenwärtige Nutzung:</b>		Acker, Grünland, Grünstreifen		<b>Frühere Nutzung:</b> unbekannt	
<b>Sonstige Einflüsse und Umweltbedingungen</b>					
Witterung / Niederschläge:	feucht	Temperatur (Tagesmittel):	12,0	°C	
Versiegelung:	unversiegelt	Material an Oberfläche:	-		
Aufwuchs:	nicht flächenhaft	Bemerkungen:	-		
<b>Probenmaterial</b>					
<b>Bodenart (HB/NB):</b>	Schluff	lehmig	sandig		
Fremdbestandteile (Ziegel, Schlacke etc.):	ohne				
Farbe:	dunkelbraun	Geruch:	-		
<b>Größe Gesamtfläche:</b>	11824	m <sup>2</sup>	<b>Größe Teilfläche:</b>	5912	m <sup>2</sup>
			<b>Anzahl Teilflächen:</b>	2	
<b>Probenahmeverfahren</b>		Pürckhauerbohrung			
Entnahmegesetz:	Rammkernsonde/Pürckhauer-Bohrstock		Material:	Edelstahl	
<b>Bemerkungen / Beobachtungen bei der Probenahme</b>					
Oberboden unterschiedlich mächtig (zwischen 30 und 40 cm)					
<b>Entnommene Proben</b>					
Einzelproben:	19	Stück	Volumen Einzelproben:	0,02	Liter
Mischproben:	1	Stück	Volumen Analysenproben:	0,50	Liter
Sammelproben:	-	Stück	Probengefäß(e):	Braunglas, Schraubdeckel	
Größtkomponente:	5 mm		Probengefäß(e):		
Probenvorbereitung:	Homogenisierung				
Probentransport und -lagerung:	gekühlt				
Untersuchungslabor:	SGS Inst. Fresenius		Probenversand am:	15.11.2022	
Datum, Unterschrift Außendienst:	15.11.2022	<i>J. Grozinger</i>	Datum, Unterschrift Projektverantwortliche/r:	15.11.2022	<i>J. Grozinger</i>

Probenahmeprotokoll Boden

Wirkungspfade nach BBodSchV



Firma / Auftraggeber:		Regierungspräsidium Karlsruhe			
Projektbezeichnung:		Bodenschutzkonzept Neubau Radweg entlang der L87a zw. Ottersweier-Zell und Bühl-Moos			
Einsatzort:	L87a zw. Ottersweier-Zell und Bühl-Moos	Projekt-Nr.:	2224266	Est:	4112
Projektverantwortliche/r:	Janis Grozinger	Datum:	15.11.2022		
Außendienst:	Janis Grozinger	Witterung:	bewölkt		
<b>Anschrift Beprobungsfläche</b>		<b>Beschreibung Probenahmebereich</b>		<b>Probenbezeichnung</b>	
Straße/Flst:	Landesstraße L87a	2,75 m breiter Streifen östlich angrenzend an Streifen 2		MP Streifen 2	
PLZ, Ort:	77833 Ottersweier				
<b>Nutzungsorientierte Beprobung zu den Wirkungspfaden</b>					
<b>Wirkungspfad</b>		<b>Nutzung (Angabe entfällt bei Wirkungspfad Boden-Grundwasser)</b>			
Vorsorgewerte sind allgemeingültig					
<b>Beprobungstiefe:</b>		0 - 30 cm	(beprobter Bereich des obersten Meters)		
<b>Gegenwärtige Nutzung:</b>		Acker, Grünland	<b>Frühere Nutzung:</b>		unbekannt
<b>Sonstige Einflüsse und Umweltbedingungen</b>					
Witterung / Niederschläge:	feucht	Temperatur (Tagesmittel):	12,0	°C	
Versiegelung:	unversiegelt	Material an Oberfläche:	-		
Aufwuchs:	nicht flächenhaft	Bemerkungen:	-		
<b>Probenmaterial</b>					
<b>Bodenart (HB/NB):</b>	Schluff	lehmig	sandig		
Fremdbestandteile (Ziegel, Schlacke etc.):	ohne				
Farbe:	dunkelbraun	Geruch:	-		
<b>Größe Gesamtfläche:</b>	11824	m <sup>2</sup>	<b>Größe Teilfläche:</b>	5912	m <sup>2</sup>
				<b>Anzahl Teilflächen:</b>	2
<b>Probenahmeverfahren</b>		Pürckhauerbohrung			
Entnahmegesetz:	Rammkernsonde/Pürckhauer-Bohrstock		Material:	Edelstahl	
<b>Bemerkungen / Beobachtungen bei der Probenahme</b>					
Oberboden unterschiedlich mächtig (zwischen 30 und 40 cm)					
<b>Entnommene Proben</b>					
Einzelproben:	19	Stück	Volumen Einzelproben:	0,02	Liter
Mischproben:	1	Stück	Volumen Analysenproben:	0,50	Liter
Sammelproben	-	Stück	Probengefäß(e):	Braunglas, Schraubdeckel	
Größtkomponente:	5 mm		Probengefäß(e):		
Probenvorbereitung:	Homogenisierung				
Probentransport und -lagerung:	gekühlt				
Untersuchungslabor:	SGS Inst. Fresenius		Probenversand am:	15.11.2022	
Datum, Unterschrift Außendienst:	15.11.2022	<i>J. Grozinger</i>	Datum, Unterschrift Projektverantwortliche/r:	15.11.2022	<i>J. Grozinger</i>

## **Anlage 4**

Fotodokumentation

## FOTODOKUMENTATION



**Foto 1: Übersichtsfoto PBS1**



**Foto 2: Bodenprofil PBS1, Bodentyp Normparabraunerde**



**Foto 3: Grabung PBS1**



**Foto 4: Übersichtsfoto PBS2**



**Foto 5: Bodenprofil PBS2, Bodentyp Normparabraunerde**



**Foto 6: Grabung PBS2**



**Foto 7: Übersichtsfoto PBS3**



**Foto 8: Bodenprofil PBS3, Bodentyp Normkolluvisol**



**Foto 9: Grabung PBS3**



**Foto 10: Übersichtsfoto PBS4**



**Foto 11: Bodenprofil PBS4, Bodentyp Braunerde-Parabraunerde**



**Foto 12: Grabung PBS4**



**Foto 15: Übersichtsfoto PBS5**



**Foto 16: Bodenprofil PBS5, Bodentyp Normparabraunerde**



**Foto 75: Grabung PBS5**



**Foto 16: Übersichtsfoto PBS6**



**Foto 17: Bodenprofil PBS6, Bodentyp Normparabraunerde**



**Foto 18: Grabung PBS6**



**Foto 89: Übersichtsfoto PBS7**



**Foto 90: Bodenprofil PBS7, Bodentyp Parabraunerde-Pseudogley**



**Foto 21: Grabung PBS7**



**Foto 22: Übersichtsfoto PBS8**



**Foto 23: Bodenprofil PBS8, Bodentyp Normparabraunerde**



**Foto 104: Grabung PBS8**



**Foto 25: Übersichtsfoto PBS9**



**Foto 26: Bodenprofil PBS9, Bodentyp Kolluvisol-Gley**



**Foto 27: Grabung PBS9**



**Foto 118: Blick von PBS10 in Senke (PBS9), Blickrichtung Süden**



**Foto 29: Blick von PBS10 in Senke (PBS11), Blickrichtung Norden**



**Foto 30: Übersichtsfoto PBS10**



**Foto 121: Bodenprofil PBS10, Bodentyp Normparabraunerde**



**Foto 32: Grabung PBS10**



**Foto 33: Übersichtsfoto PBS11**



**Foto 34: Bodenprofil PBS11, Bodentyp Kolluvisol-Gley**



**Foto 135: Grabung PBS11**



**Foto 36: Bodenprofil PBS12, Bodentyp Braunerde-Parabraunerde**



**Foto 37: Grabung PBS12**

## **Anlage 5**

Auswertung der Analysenergebnisse gemäß Ersatzbaustoffverordnung

EBV Anlage 1 Tabelle 3: Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut												Probe	MP Streifen 1	MP Streifen 2					
		BM-0 BG-0	BM-0 BG-0	BM-0 BG-0	BM-0* BG-0* 3)	BM-0* BG-0* 3)	BM-F0* BG-F0*	BM-F1 BG-F1	BM-F2 BG-F2	BM-F3 BG-F3	Mat.								
Parameter	F)	Dim.	Sand 2)	Lehm, Schluff 2)	Ton 2)	TOC <0,5%	TOC ≥ 0,5%					Ein- stufung							
Mineralische Fremdbestandteile		Vol.-%	bis 10	bis 10	bis 10	bis 10	bis 10	bis 50	bis 50	bis 50	bis 50		<1	<1					
<b>Feststoffwerte</b>																			
TOC		M%	1 7)	1 7)	1 7)	1 7)	1 7)	5	5	5	5		1,1	1,0					
Arsen		mg/kg	10	20	20	20	20	40	40	40	150		9	9					
Blei		mg/kg	40	70	100	140	140	140	140	140	700		27	22					
Cadmium		mg/kg	0,4	1	1,5	1 6)	1 6)	2	2	2	10		0,3	0,2					
Chrom, gesamt		mg/kg	30	60	100	120	120	120	120	120	600		28	34					
Kupfer		mg/kg	20	40	60	80	80	80	80	80	320		13	12					
Nickel		mg/kg	15	50	70	100	100	100	100	100	350		16	16					
Quecksilber		mg/kg	0,2	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	5		<0,1	<0,1					
Thallium		mg/kg	0,5	1	1	1	1	2	2	2	7		---	---					
Zink		mg/kg	60	150	200	300	300	300	300	300	1200		68	60					
Kohlenwasserstoffe C10-C22	8)	mg/kg				300	300	300	300	300	1000		---	---					
Kohlenwasserstoffe C10-C40	8)	mg/kg				600	600	600	600	600	2000		---	---					
Benzo(a)pyren		mg/kg	0,3	0,3	0,3								2,1	0,73					
PAK-16	10)	mg/kg	3	3	3	6	6	6	6	9	30		25,28	9,00					
PCB6 und PCB-118		mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1						<0,003	<0,003					
EOX	11)	mg/kg	1	1	1	1	1						---	---					
<b>Eluatwerte</b>																			
pH Wert	4)							6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-9,6	5,5-12,0		7,4	7,7					
Elektrische Leitfähigkeit	4)	µS/cm				350	350	350	500	500	2000		93	104					
Sulfat		mg/l	250 5)	250 5)	250 5)	250 5)	250 5)	250 5)	450	450	1000		---	---					
Arsen		µg/l				8	13	12	20	85	100		<5	<5					
Blei		µg/l				23	43	35	90	250	470		<5	<5					
Cadmium		µg/l				2	4	3	3	10	15		<1	<1					
Chrom, gesamt		µg/l				10	19	15	150	290	530		<5	<5					
Kupfer		µg/l				20	41	30	110	170	320		11	7					
Nickel		µg/l				20	31	30	30	150	280		<5	<5					
Quecksilber	12)	µg/l				0,1	0,1						<0,2	<0,2					
Thallium	12)	µg/l				0,2	0,3						---	---					
Zink		µg/l				100	210	150	160	840	1600		<10	20					
PAK-15	9)	µg/l				0,2	0,2	0,3	1,5	3,8	20		---	---					
Naphthalin und Methylnaphthaline, ges.		µg/l				2	2						---	---					
PCB6 und PCB-118		µg/l				0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04		---	---					

MP Streifen 1	MP Streifen 2				
Lehm/Schluff	Lehm/Schluff				
BM-F3	BM-F2				
<1	<1				
1,1	1,0				
9	9				
27	22				
0,3	0,2				
28	34				
13	12				
16	16				
<0,1	<0,1				
---	---				
68	60				
---	---				
---	---				
2,1	0,73				
25,28	9,00				
<0,003	<0,003				
---	---				
7,4	7,7				
93	104				
---	---				
<5	<5				
<5	<5				
<1	<1				
<5	<5				
11	7				
<5	<5				
<0,2	<0,2				
---	---				
<10	20				
---	---				
---	---				
---	---				

**Fußnoten F):**

- 1) Die Materialwerte gelten für Bodenmaterial und Baggergut mit bis zu 10 Volumenprozent (BM und BG) oder bis zu 50 Volumenprozent (BM-F und BG-F) mineralischer Fremdbestandteile im Sinne von § 2 Nummer 8 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung mit nur vernachlässigbaren Anteilen an Störstoffen im Sinne von § 2 Nummer 9 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bodenmaterial der Klasse BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 erfüllen die werterebezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 7 Absatz 3 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Bodenmaterial der Klasse BM-0 und Baggergut der Klasse BG-0 Sand erfüllen die werterebezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 8 Absatz 2 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; Bodenmaterial der Klasse BM-0\* und Baggergut der Klasse BG-0\* erfüllen die werterebezogenen Anforderungen an das Auf- oder Einbringen gemäß § 8 Absatz 3 Nummer 1 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung.
- 2) Bodenarten-Hauptgruppen gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 5. Auflage, Hannover 2009 (KA 5); stark schluffige Sande, lehmig-schluffige Sande und stark lehmige Sande sowie Materialien, die nicht bodenartspezifisch zugeordnet werden können, sind entsprechend der Bodenart Lehm, Schluff zu bewerten.
- 3) Die Eluatwerte in Spalte 6 sind mit Ausnahme des Eluatwertes für Sulfat nur maßgeblich, wenn für den betreffenden Stoff der jeweilige Feststoffwert nach Spalte 3 bis 5 überschritten wird. Der Eluatwert für PAK15 und Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt, ist maßgeblich, wenn der Feststoffwert für PAK16 nach Spalte 3 bis 5 überschritten wird. Die in Klammern genannten Werte gelten jeweils bei einem TOC-Gehalt von  $\geq 0,5\%$ .
- 4) Stoffspezifischer Orientierungswert; bei Abweichungen ist die Ursache zu prüfen.
- 5) Bei Überschreitung des Wertes ist die Ursache zu prüfen. Handelt es sich um naturbedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen, ist eine Verwertung innerhalb der betroffenen Gebiete möglich. Außerhalb dieser Gebiete ist über die Verwertungseignung im Einzelfall zu entscheiden.
- 6) Der Wert 1 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm, Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt der Wert 1,5 mg/kg.
- 7) Bodenmaterialspezifischer Orientierungswert. Der TOC-Gehalt muss nur bei Hinweisen auf erhöhte Gehalte nach den Untersuchungsverfahren in Anlage 5 bestimmt werden. § 6 Absatz 11 Satz 2 und 3 der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung ist entsprechend anzuwenden. Beim Einbau sind Volumenbeständigkeit und Setzungsprozesse zu berücksichtigen.
- 8) Die angegebenen Werte gelten für Kohlenwasserstoffverbindungen mit einer Kettenlänge von C10 bis C22. Der Gesamtgehalt bestimmt nach der DIN EN 14039, „Charakterisierung von Abfällen - Bestimmung des Gehalts an Kohlenwasserstoffen von C10 bis C40 mittels Gaschromatographie“, Ausgabe Januar 2005 darf insgesamt den in Klammern genannten Wert nicht überschreiten.
- 9) PAK15: PAK16 ohne Naphthalin und Methylnaphthaline
- 10) PAK16: stellvertretend für die Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) werden nach der Liste der US-amerikanischen Umweltbehörde, Environmental Protection Agency (EPA), 16 ausgewählte PAK untersucht: Acenaphthen, Acenaphthylen, Anthracen, Benzo[a]anthracen, Benzo[a]pyren, Benzo[b]fluoranthen, Benzo[g,h,i]perylene, Benzo- [k]fluoranthen, Chrysen, Dibenzo[a,h]anthracen, Fluoranthen, Fluoren, Indeno[1,2,3- cd]pyren, Naphthalin, Phenanthren und Pyren.
- 11) Bei Überschreitung der Werte sind die Materialien auf fallspezifische Belastungen zu untersuchen.
- 12) Bei Quecksilber und Thallium ist für die Klassifizierung in die Materialklassen BM-F0\*/BG-F0\*, BM-F1/ BG-F-1, BM-F2/BG-F-2, BM-F-3/BG-F3 der angegebene Gesamtgehalt maßgeblich. Der Eluatwert der Materialklasse BM-0\*/BG-0\* ist einzuhalten.

**Kursiv:** Werte übernommen aus EBV Anlage 1 Tabelle 4

## **Anlage 6**

Aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit von Böden nach DIN 19639

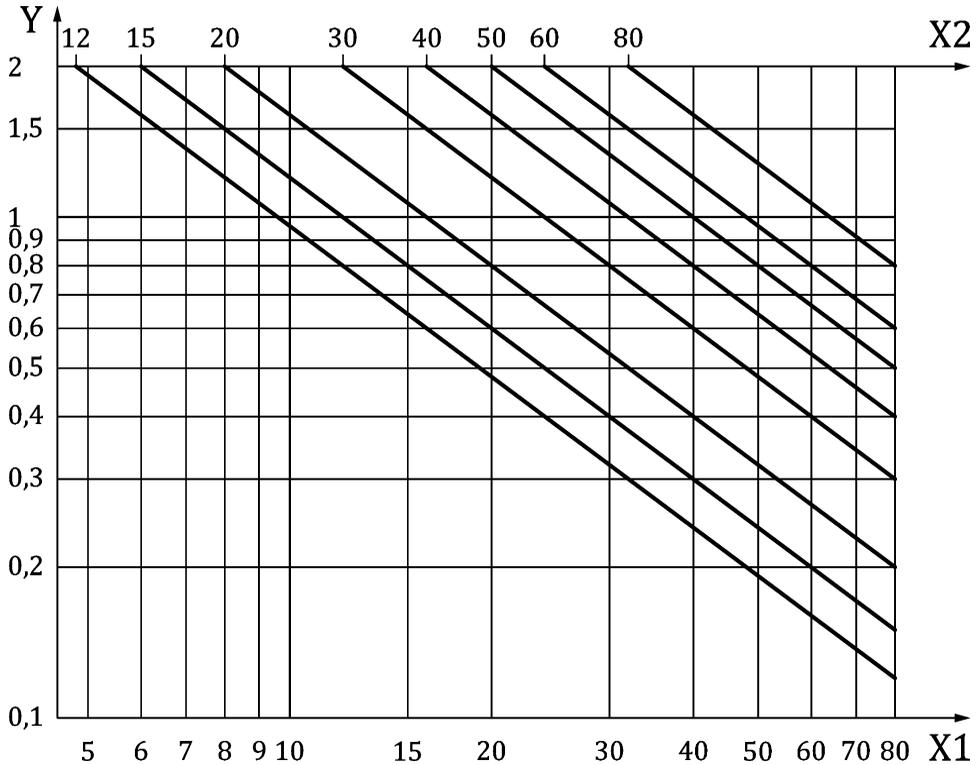
**Tabelle 2 — Aktuelle Verdichtungsempfindlichkeit sowie Grenzen der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit von Böden in Abhängigkeit von Konsistenzbereichen und Bodenfeuchte (siehe DIN 18915; adaptiert aus DIN 19682-5 und DIN EN ISO 14688-1; siehe Anhang A)**

Konsistenzbereich		Bodenmerkmale bei geringer und mittlerer effektiver Lagerungsdichte		Bodenfeuchtezustand				Befahrbarkeit	Bearbeitbarkeit	Verdichtungsempfindlichkeit (bodenartenabhängig)
Kurzzeichen	Bezeichnung	Zustand bindiger Böden (Tongehalt > 17 %)	Zustand nicht bindiger Böden (Tongehalt ≤ 17 %)	Wasserspannung		Feuchtestufe				
				pF-Bereich lg hPa	cbar <sup>a</sup>	Bezeichnung	Kurzzeichen			
ko1	fest (hart)	nicht ausrollbar und knetbar, da brechend; Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe stark nach	staubig; helle Bodenfarbe, dunkelt bei Wasserzugabe stark nach	> 4,0	> 990	trocken	feu1	optimal	Bindige Böden: mittel bis ungünstig <sup>b</sup> Nicht bindige Böden: optimal	gering
<b>Schrumpfgrenze</b>										
ko2	halbfest (bröckelig)	noch ausrollbar, aber nicht knetbar, da bröckelnd beim Ausrollen auf 3 mm Dicke; Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe noch nach	Bodenfarbe dunkelt bei Wasserzugabe noch etwas nach	4,0 bis > 2,7	990 bis > 50	schwach feucht	feu2	gegeben	optimal	mittel
<b>Ausrollgrenze</b>										
ko3	steif (-plastisch)	ausrollbar auf 3 mm Dicke ohne zu zerbröckeln, schwer knetbar und eindrückbar, dunkelt bei Wasserzugabe nicht nach	Finger werden etwas feucht, auch durch Klopfen am Bohrer kein Wasseraustritt aus den Poren; dunkelt bei Wasserzugabe nicht nach	2,7 bis > 2,1	50 bis > 12,4	feucht	feu3	eingeschränkt, nach Nomogramm	eingeschränkt (ja, wenn im Löffel rieselfähig)	hoch
ko4	weich (-plastisch)	ausrollbar auf < 3 mm Dicke, leicht eindrückbar, optimal knetbar	Finger werden deutlich feucht, durch Klopfen am Bohrer wahrnehmbarer Wasseraustritt aus den Poren	2,1 bis > 1,4	12,4 bis > 2,5	sehr feucht	feu4	nur auf befestigten Baustraßen	nicht bearbeitbar, unzulässig	hoch
ko5	breiig (-plastisch)	ausrollbar, kaum knetbar, da zu weich, quillt beim Pressen in der Faust zwischen den Fingern hindurch	durch Klopfen am Bohrer deutlicher Wasseraustritt aus den Poren, Probe zerfließt, oft Kernverlust	≤ 1,4	≤ 2,5	nass	feu5	nur auf befestigten Baustraßen	nicht bearbeitbar, unzulässig	extrem
<b>Fließgrenze</b>										
ko6	zähflüssig	nicht ausrollbar und knetbar, da fließend	Kernverlust	0	0	sehr nass	feu6	nur auf befestigten Baustraßen	nicht bearbeitbar, unzulässig	extrem
<sup>a</sup> Die Einheit Centibar wird hier in Anlehnung an das Schweizer Nomogramm verwendet. Die Umrechnung in den pF-Wert erfolgt über eine Multiplikation mit 10 und einer anschließenden Logarithmierung zur Basis 10 (log10). <sup>b</sup> Die Bearbeitbarkeit stark bindiger Böden (> 25 % Ton) ist bei sehr starker Austrocknung nur bedingt möglich, weil starke Klutenbildung die Bearbeitungsqualität — insbesondere im Hinblick auf die Wiederherstellung durchwurzelbarer Bodenschichten — vermindert.										

## **Anlage 7**

Nomogramm zur Ermittlung des max. zulässigen Kontaktflächendrucks nach  
DIN 19639

**Nomogramm zur Ermittlung des maximal zulässigen Kontaktflächendrucks von Maschinen auf Böden**



**Legende**

- X1 Gesamtgewicht, in t
- X2 Wasserspannung, in cbar
- Y Flächenpressung, in kg/cm<sup>2</sup>

## **Anlage 8**

Prüfbericht des Labors SGS Nr. 5980323 vom 19.09.2022



SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Güttinger Straße 37 D-78315 Radolfzell

HPC AG  
Ziegelhofstraße 210a  
79110 Freiburg i.Br.

**Prüfbericht 6079033**  
**Auftrags Nr. 6396123**  
**Kunden Nr. 1918800**

Peter Breig  
Telefon +49 7732/94162-30  
Fax +49 89/12504064090-90  
peter.breig@sgs.com

Industries & Environment

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH  
Güttinger Straße 37  
D-78315 Radolfzell



Deutsche  
Akkreditierungsstelle  
D-PL-14115-02-02  
D-PL-14115-02-03  
D-PL-14115-02-06  
D-PL-14115-02-07  
D-PL-14115-02-08  
D-PL-14115-02-10  
D-PL-14115-02-13  
D-PL-14115-02-14

Radolfzell, den 22.11.2022

Ihr Auftrag/Projekt: BSK Neubau Radweg L87 a Ottersweier  
Ihr Bestellzeichen: 2224266  
Ihr Bestelldatum: 15.11.2022

Prüfzeitraum von 17.11.2022 bis 22.11.2022  
erste laufende Probennummer 221260176  
Probeneingang am 17.11.2022

Die Feststoffparameter wurden in der Feinfraktion nach Augenschein untersucht.  
Die Eluatparameter wurden in der Gesamtfraction analysiert.

SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH

i.V. Peter Breig  
Projektleiter

i.A. Melanie Schubert  
Group leader Customer Service

**Probe 221260176**

MP Streifen 1  
1,4m

Eingangsdatum: 17.11.2022    Eingangsart

Probenmatrix    Boden

durch IF-Kurier abgeholt

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----------------

**Feststoffuntersuchungen :**

Trockensubstanz	Masse-%	82,2	0,1	DIN EN 14346	HE
TOC	Masse-% TR	1,1	0,1	DIN EN 15936	HE

**Metalle im Feststoff :**

Königswasseraufschluß				DIN EN 13657	HE
Arsen	mg/kg TR	9	2	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/kg TR	27	2	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/kg TR	0,3	0,2	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/kg TR	28	1	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/kg TR	13	1	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/kg TR	16	1	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/kg TR	< 0,1	0,1	DIN EN 1483	HE
Zink	mg/kg TR	68	1	DIN EN ISO 11885	HE

**PAK (EPA) :**

Naphthalin	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthylen	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthen	mg/kg TR	0,09	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoren	mg/kg TR	0,11	0,05	DIN ISO 18287	HE
Phenanthren	mg/kg TR	1,9	0,05	DIN ISO 18287	HE
Anthracen	mg/kg TR	0,30	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoranthren	mg/kg TR	5,2	0,05	DIN ISO 18287	HE
Pyren	mg/kg TR	3,8	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benz(a)anthracen	mg/kg TR	2,2	0,05	DIN ISO 18287	HE
Chrysen	mg/kg TR	2,7	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TR	3,5	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TR	1,2	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(a)pyren	mg/kg TR	2,1	0,05	DIN ISO 18287	HE
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TR	0,34	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TR	0,96	0,05	DIN ISO 18287	HE
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TR	0,88	0,05	DIN ISO 18287	HE
Summe PAK nach EPA	mg/kg TR	25,28		DIN ISO 18287	HE

BSK Neubau Radweg L87 a Ottersweier  
2224266

**Prüfbericht Nr. 6079033**  
**Auftrag 6396123 Probe 221260176**

Seite 3 von 7  
22.11.2022

Probe MP Streifen 1  
Fortsetzung 1,4m

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
<b>PCB :</b>					
PCB 28	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 52	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 101	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 118	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 138	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 153	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 180	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
Summe 6 PCB	mg/kg TR	-		DIN 38414-20	HE
Summe 6 PCB (LAGA)	mg/kg TR	-		DIN 38414-20	HE
Summe PCB nachgewiesen	mg/kg TR	-			HE

**Probe 221260176|EL7**

MP Streifen 1  
1,4m

Probenmatrix Boden

Eingangsdatum: 17.11.2022    Eingangsart durch IF-Kurier abgeholt

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----------------

**Eluatuntersuchungen :**

Schütteleluat 2:1 (EL7)				DIN 19529	HE
pH-Wert		7,4		DIN EN ISO 10523	HE
Elektr.Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	93	1	DIN EN 27888	HE

**Metalle im Eluat :**

Arsen	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/l	< 0,001	0,001	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/l	0,011	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846	HE
Zink	mg/l	0,01	0,01	DIN EN ISO 11885	HE

**Probe 221260177**

MP Streifen 2  
4,1m

Eingangsdatum: 17.11.2022 Eingangsort

Probenmatrix Boden

durch IF-Kurier abgeholt

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----------------

**Feststoffuntersuchungen :**

Trockensubstanz	Masse-%	81,8	0,1	DIN EN 14346	HE
TOC	Masse-% TR	1,0	0,1	DIN EN 15936	HE

**Metalle im Feststoff :**

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
Königswasseraufschluß				DIN EN 13657	HE
Arsen	mg/kg TR	9	2	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/kg TR	22	2	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/kg TR	0,2	0,2	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/kg TR	34	1	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/kg TR	12	1	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/kg TR	16	1	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/kg TR	< 0,1	0,1	DIN EN 1483	HE
Zink	mg/kg TR	60	1	DIN EN ISO 11885	HE

**PAK (EPA) :**

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
Naphthalin	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthylen	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Acenaphthen	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoren	mg/kg TR	< 0,05	0,05	DIN ISO 18287	HE
Phenanthren	mg/kg TR	0,65	0,05	DIN ISO 18287	HE
Anthracen	mg/kg TR	0,09	0,05	DIN ISO 18287	HE
Fluoranthren	mg/kg TR	1,9	0,05	DIN ISO 18287	HE
Pyren	mg/kg TR	1,4	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benz(a)anthracen	mg/kg TR	0,75	0,05	DIN ISO 18287	HE
Chrysen	mg/kg TR	0,97	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TR	1,3	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TR	0,42	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(a)pyren	mg/kg TR	0,73	0,05	DIN ISO 18287	HE
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TR	0,12	0,05	DIN ISO 18287	HE
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TR	0,35	0,05	DIN ISO 18287	HE
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TR	0,32	0,05	DIN ISO 18287	HE
Summe PAK nach EPA	mg/kg TR	9,00		DIN ISO 18287	HE

BSK Neubau Radweg L87 a Ottersweier  
2224266

**Prüfbericht Nr. 6079033**  
**Auftrag 6396123 Probe 221260177**

Seite 6 von 7  
22.11.2022

Probe MP Streifen 2  
Fortsetzung 4,1m

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
<b>PCB :</b>					
PCB 28	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 52	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 101	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 118	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 138	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 153	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
PCB 180	mg/kg TR	< 0,003	0,003	DIN 38414-20	HE
Summe 6 PCB	mg/kg TR	-		DIN 38414-20	HE
Summe 6 PCB (LAGA)	mg/kg TR	-		DIN 38414-20	HE
Summe PCB nachgewiesen	mg/kg TR	-			HE

**Probe 221260177|EL7**

MP Streifen 2

4,1m

Eingangsdatum: 17.11.2022    Eingangsart: durch IF-Kurier abgeholt

Probenmatrix: Boden

Parameter	Einheit	Ergebnis	Bestimmungs- grenze	Methode	Lab Beurteilung
-----------	---------	----------	------------------------	---------	-----------------

**Eluatuntersuchungen :**

Schütteleluat 2:1 (EL7)				DIN 19529	HE
pH-Wert		7,7		DIN EN ISO 10523	HE
Elektr.Leitfähigkeit (25°C)	µS/cm	104	1	DIN EN 27888	HE

**Metalle im Eluat :**

Arsen	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Blei	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Cadmium	mg/l	< 0,001	0,001	DIN EN ISO 11885	HE
Chrom	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Kupfer	mg/l	0,007	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Nickel	mg/l	< 0,005	0,005	DIN EN ISO 11885	HE
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	0,0002	DIN EN ISO 12846	HE
Zink	mg/l	0,02	0,01	DIN EN ISO 11885	HE

**Zusammenfassung der verwendeten Prüfmethode(n):**

DIN 19529	2009-01
DIN 38414-20	1996-01
DIN EN 13657	2003-01
DIN EN 14346	2007-03
DIN EN 1483	2007-07
DIN EN 15936	2012-11
DIN EN 27888	1993-11
DIN EN ISO 10523	2012-04
DIN EN ISO 11885	2009-09
DIN EN ISO 12846	2012-08
DIN ISO 18287	2006-05

Die Laborstandorte mit den entsprechenden Akkreditierungsverfahrensnummern der SGS-Gruppe Deutschland und Schweiz gemäß den oben genannten Kürzeln sind aufgeführt unter <http://www.institut-fresenius.de/filestore/89/laborstandortkuerzelsgs.pdf>.

\*\*\* Ende des Berichts \*\*\*

Dieses Dokument wurde von der Gesellschaft im Rahmen ihrer Allgemeinen Geschäftsbedingungen für Dienstleistungen erstellt, die unter [www.sgsgroup.de/agb](http://www.sgsgroup.de/agb) zugänglich sind. Es wird ausdrücklich auf die darin enthaltenen Regelungen zur Haftungsbegrenzung, Freistellung und zum Gerichtsstand hingewiesen. Dieses Dokument ist ein Original. Wenn das Dokument digital übermittelt wird, ist es als Original im Sinne der UCP 600 zu behandeln. Jeder Besitzer dieses Dokuments wird darauf hingewiesen, dass die darin enthaltenen Angaben ausschließlich die im Zeitpunkt der Dienstleistung von der Gesellschaft festgestellten Tatsachen im Rahmen der Vorgaben des Kunden, sofern überhaupt vorhanden, wiedergeben. Die Gesellschaft ist allein dem Kunden gegenüber verantwortlich. Dieses Dokument entbindet die Parteien von Rechtsgeschäften nicht von ihren insoweit bestehenden Rechten und Pflichten. Jede nicht genehmigte Änderung, Fälschung oder Verzerrung des Inhalts oder des äußeren Erscheinungsbildes dieses Dokuments ist rechtswidrig. Ein Verstoß kann rechtlich geahndet werden.

Hinweis: Die Probe(n), auf die sich die hier dargelegten Erkenntnisse (die "Erkenntnisse") beziehen, wurde(n) ggf. durch den Kunden oder durch im Auftrag handelnde Dritte entnommen. In diesem Falle geben die Erkenntnisse keine Garantie für den repräsentativen Charakter der Probe bezüglich irgendwelcher Waren und beziehen sich ausschließlich auf die Probe(n). Die Gesellschaft übernimmt keine Haftung für den Ursprung oder die Quelle, aus der die Probe(n) angebl./tatsächlich entnommen wurde(n).

## ANHANG

## **Anhang 1**

Quellen- und Literaturverzeichnis

## 14. Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] BBodSchG: Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998. BGBl. I Nr. 16 S. 502
- [2] BBodSchV: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554)
- [3] LABO Ad-hoc-Unterausschuss: Vollzugshilfe zu §12 BBodSchV, Stand 11.09.2002
- [4] DIN 19731:1998-05. Verwertung von Bodenmaterial, Beuth-Verlag, Berlin
- [5] DIN 19639:2019-09. Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben, Beuth Verlag, Berlin
- [6] DIN 18915:2018-06. Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten. Beuth Verlag, Berlin
- [7] Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover 2005
- [8] Arbeitshilfe für die Bodenansprache im vor- und nachsorgenden Bodenschutz. Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover 2009
- [9] Landesanstalt f. Umweltschutz Baden-Württemberg (2001): „Boden nutzen, Böden schützen“
- [10] Umweltministerium Baden-Württemberg: „Erhaltung des fruchtbaren Bodens fruchtbar und kulturfähigen Bodens bei Flächeninanspruchnahmen – Reihe Luft-Boden-Abfall, Heft 10
- [11] Umweltministerium Baden-Württemberg: Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub – Reihe Luft-Boden-Abfall, Heft 28
- [12] LUBW-Leitfaden: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit, Leitfaden, Bodenschutz 23, Karlsruhe 2010
- [13] Umweltministerium Baden-Württemberg: Verwaltungsvorschrift für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14. März 2007 (GABl. Nr. 4, S. 172), Gültigkeit verlängert bis zum Inkrafttreten der Änderung zur Bundesbodenschutzverordnung (GABl. Nr. 13, S. 998)
- [14] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL, Schweiz): Bodenschutz beim Bauen, Bern 2001
- [15] Bundesverband Boden (Hrsg.): Bodenkundliche Baubegleitung BBB-Leitfaden für die Praxis. BVB-Merkblatt Bad 2. Berlin 2013
- [16] Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecycling-Material (RC-Erlass BW), 2004
- [17] LUBW-Leitfaden: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: Merkblatt Bodenauffüllungen, Leitfaden, Bodenschutz 26, Karlsruhe 2010
- [18] Geologische Karte von Baden-Württemberg, Maßstab 1 : 25 000, Blatt 8323 Tettang, Freiburg 1979

- [19] Bodenkarte von Baden-Württemberg, Maßstab 1 : 25 000, Blatt 8323 Tettnang, Freiburg, 1992
- [20] BBodSchV (2021): Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung. – Verordnung der Bundesregierung, Deutscher Bundestag Drucksache 19/29636, 19. Wahlperiode 12.05.2021
- [21] ErsatzbaustoffV (2021): Verordnung zur Einführung einer Ersatzbaustoffverordnung, zur Neufassung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung und zur Änderung der Deponieverordnung und der Gewerbeabfallverordnung. – Verordnung der Bundesregierung, Deutscher Bundestag Drucksache 19/29636, 19. Wahlperiode 12.05.2021
- [22] LBodSchAG (2004): Landes-Bodenschutz- und Altlastengesetz Baden-Württemberg vom 14.12.2004. GBl. 2004, 908

## **Anhang 2**

Glossar

## Glossar (Liste häufig im Bodenschutz verwendeter Begriffe):

Aushubmaterial	Einheiten, die im natürlichen Zustand mehr oder weniger locker gelagert sind und durch Baggerarbeiten entfernt werden können
Unterboden	Mineralischer Bodenhorizont, durch Bodenbildungsprozesse geprägt; nach unten hin gegen das erst schwach verwitterte Ausgangsmaterial abgegrenzt. Wichtiger Träger von Bodenfunktionen
Braunerde	Durch Verwitterung und Verbraunung entstandener Boden, der sich durch ein A-Bv-C(v)-Profil auszeichnet
Bodenart	Korngrößenzusammensetzung des Feinbodens, wird als Sand, Schluff, Ton, Lehm gem. KA 5 [11] beschrieben
Bodenform	Benennung eines Bodens unter Nennung des Bodentyps und des Ausgangssubstrats
Bodengefüge	Erkennbare räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile einschließlich der zugehörigen Hohlräume
Bodenmatrix	Feste Bestandteile des Bodens ohne Porenraum
Bodenprofil	Zweidimensionaler Vertikalschnitt durch einen Boden, an dem Horizontaufbau und Schichtung erkennbar sind
Bodenschätzung	Amtliche Schätzung der natürlichen Ertragsfähigkeit des Bodens durch die Finanzverwaltung
Bodenskelett	Grobboden, Bodenanteile in einer Körnung > 2 mm Durchmesser
Bodenfunktion	Leistung des Bodens als Teil von Ökosystemen für Mensch und Umwelt aufgrund seiner Eigenschaften
Bodentyp	Anhand des Profilaufbaus und der Horizonteigenschaften definierte Bezeichnung für einen Boden unter Berücksichtigung bodengenetischer Aspekte
C-Horizont	Mineralischer Untergrundhorizont; Gestein, das unter dem Solum liegt
Feinboden	Bodenmatrix < 2 mm Korndurchmesser
geogen	Natürlich bzw. geologisch bedingt, d. h. von menschlichen Aktivitäten unabhängig, z. B. bestimmte Metallgehalte in Böden
Grobboden	Bodenmatrix > 2 mm Korndurchmesser
Gley	Bodentyp, der sich durch Grundwassereinfluss auszeichnet. Über einem gebleichten, grundwassererfüllten Reduktionshorizont an der Basis ist ein rostfleckiger Oxidationshorizont entwickelt. Die Stoffverlagerung von Eisen- und Mangan erfolgt mit dem Kapillarwasseraufstieg aus dem Gr-Horizont in den Go-Horizont. A-Go-Gr(-C)-Profil.
Humus	Gesamtheit aller im und auf dem Mineralboden befindlichen abgestorbenen pflanzlichen und tierischen Substanzen und deren organische Umwandlungsprodukte sowie durch anthropogene Tätigkeiten eingebrachte organische Stoffe
Humusform	Erscheinungsform der organischen Substanz, Systematisierung in Humusformen wie Mull, Moder, Rohhumus je nach Zersetzungsgrad

Kolluvium	durch Akkumulation von erodiertem, humosem Oberbodenmaterial an Unterhängen, Flachstellen, Senken oder Talauen entstandener Boden; Horizontbezeichnung für akkumuliertes Oberbodenmaterial: M-Horizont
Lehm	Korngrößengemenge aus den Körnungen Sand, Schluff, Ton
Mutterboden	Begriff aus dem BauGB; wird dort zur Bezeichnung von Oberboden verwendet
Oberboden	Mineralischer Bodenhorizont mit Akkumulation organischer Substanz und/oder Verarmung an mineralischer Substanz
Organische Auflage	Organische Substanz, die der Mineralbodenoberfläche aufliegt
Parabraunerde	Bodentyp, durch Tonverlagerung innerhalb des Bodenprofils geprägt; A-Al-Bt-C(v)-Profil. Al-Horizont: Tonauswaschungshorizont (lessiviert), Bt-Horizont: Tonanreicherungshorizont
Pelosol	Bodentyp, der sich aus Gestein mit sehr hohem Gehalt an Ton entwickelt; A-P-C(v)-Profil; P-Horizont sehr stark tonhaltig
Podsol	Bodentyp, der bei sehr sauren Standortbedingungen entstehen kann und einen gebleichten Auswaschungshorizont für Aluminium und Sesquioxide im Oberboden und einen oft rostbraun bis schwarzbraun gefärbten Anreicherungshorizont im Unterboden aufweist. A-Ae-Bsh-C-Profil
Pseudogley	Durch Stauwasser beeinflusster Bodentyp; A-Sw-Sd-C-Profil; zeichnet sich durch einen gebleichten, wasserleitenden Sw-Horizont (Reduktion) über einem rostfleckigen wasserstauenden Sd-Horizont (Oxidation) aus
Ranker	Bodentyp mit einem A-C(v)-Bodenprofil; Rohboden auf silikatischem Ausgangsgestein; unter dem humosen Oberboden steht das (verwitterte) Ausgangsgestein an. Kein oder nur ein geringmächtiger B-Horizont vorhanden
Sand	Kornfraktion mit 0,063 - < 2 mm; Bodenart mit Partikeln dieser Größe als Hauptbestandteil
Schluff	Kornfraktion 2 - 63 µm; Bodenart mit Partikeln dieser Größe als Hauptbestandteil
Solum	Über dem unverwitterten oder schwach verwitterten Teil des Gesteins liegender Teil des Bodens
Sorption	Sammelbezeichnung für Vorgänge, die zu einer Anreicherung eines Stoffes innerhalb einer Phase oder auf einer Grenzfläche zwischen Phasen führen
Substrat	Mineralische und organische Festsubstanz des Bodens
Ton	Kornfraktion mit < 2 µm Korndurchmesser; Bodenart mit Partikeln dieser Größe als Hauptbestandteil
Unterboden	Unterer, meist humusärmerer bis humusfreier Teil des Solums zwischen Oberboden und Untergrund, je nach Bodentyp B-, P-, S-, G-, M-Horizonte
Untergrund	Bereich unterhalb des Unterbodens, durch Verwitterung und Bodenbildung nicht oder nur schwach beeinflusstes Gestein unter dem Solum

