

Bohné

Ingenieurgeologisches Büro

Baugrund – Altlastenerkundung – Hydrogeologie – Erd- und Grundbaulabor

Ingenieurgeologisches Büro Bohné
Endericher Straße 341 – 53121 Bonn

Stadt Hennef

Amt für Stadtplanung und -entwicklung

Frau Ballhorn

Frankfurter Straße 97

53773 Hennef (Sieg)

Björn Bohné
Diplom Geologe BDG

Endericher Straße 341
53121 Bonn

Tel. 0228 / 220256
Fax 0228 / 224821
Mobil 0171 / 2763457
igb@bohnee.de
www.bohnee.de

Ihre Nachricht

Ihr Zeichen

Unser Zeichen 8670 G

Datum 20.10.2014

Geotechnisches und umwelttechnisches Gutachten

BV:

Bebauungsplan Nr. 01.50 C

Hennef (Sieg) – Im Siegbogen Süd

Auftraggeber:

Stadt Hennef

Amt für Stadtplanung und -entwicklung

Frankfurter Str. 97

53773 Hennef (Sieg)

Anlagen:

- 1. Lageplan mit Untersuchungsstellen 1:1.000**
 - 2. Bohrprofile nach DIN 4023 1:25/1:250**
 - 3. Schichtenverzeichnisse Bohrungen**
 - 4. Prüfberichte chemische Analysen**
-

1. Veranlassung, Situation

Die Stadt Hennef plant eine Nutzungsänderung einer bisher als Lagerplatz der Fa. genutzten Fläche als Wohn- bzw. Grünfläche. Die Örtlichkeit ist in der Anlage 1. dargestellt.

Mit Schreiben vom 06.08.2014 wurde das Ingenieurgeologische Büro Bohné auf Grundlage des Angebotes vom 04.12.2013 mit einer geotechnischen und umwelttechnischen Untersuchung und der Erstellung des hiermit vorgelegten Gutachtens beauftragt.

2. Durchgeführte Untersuchungen

Die vorhandenen Unterlagen und Vorgutachten wurden gesichtet und ausgewertet.

Zu Erkundung des Platzaufbaus wurden am 09.09.2014 vom Ingenieurgeologischen Büro Bohné 2 Sondierbohrungen (B1, B2) Ø 50/36mm Rammkern bis in eine Tiefe von 2,0m unter Flur niedergebracht.

Aus dem Bohrgut der Bohrungen wurden im Handversuch vor Ort die Schichtgrenzen, Kornverteilungen, Plastizitäten und Konsistenzen bestimmt sowie die Lagerungsdichten aus dem Eindringwiderstand beim Eintreiben der Sonde abgeleitet.

Die Untersuchungspunkte sind nach Lage und Höhe eingemessen und in den Lageplan (Anlage 1.) eingetragen.

Kartographische und vermessungstechnische Grundlage hierzu bildete der vom AG zur Verfügung gestellte Lageplan. Bezugspunkt für das Nivellement war der Kanaldeckel in der Straße „Bingenberg“ vor Haus 5.

Die Erkundungsbohrungen sind als Säulenprofile grafisch nach DIN 4023 in der Anlage 2. höhenrichtig dargestellt, die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen befinden sich in der Anlage 3.

Wie üblich sind die Untersuchungsergebnisse nur an den jeweiligen Untersuchungsstellen für Einzelheiten des Schichtenaufbaus gültig.

An den Untersuchungsstellen wurden die Schwarzdeckenmaterialien sowie der unterlagernde Boden beprobt. An einer Schwarzdeckenmischprobe (MP SD) erfolgten im Labor chemische Analysen auf PAK (polycyclisch aromatisierte Kohlenwasserstoffe). Aus den Einzelproben der angetroffenen Auffüllungen des ungebundenen Oberbaus wurde eine Mischprobe gebildet und im Labor auf den Parameterkatalog der LAGA Mitteilung 20 (s. verw. Unterlagen) untersucht. Die chemischen Analysen führte das akkreditierte Labor Eurofins Umwelt West GmbH in Wesseling aus. Die Prüfberichte befinden sich in der Anlage 4.

3. Verwendete Unterlagen

- Gutachten 4308 A vom 27.03.1997, Baugrundlabor Batke GmbH
 - Geologische Karte 1:25.000 5209 Blatt Siegburg (incl. Erläuterungen), 1978, GLA NRW
 - Lageplan Bebauungskonzeption, ohne Datum, per Mail vom AG
 - Lageplan Geltungsbereich Bebauungsplan, ohne Datum, per Mail vom AG
 - Ergebnisse der am 09.09.2014 durchgeführten Bohrungen
 - Abfrage zur Zuordnung von Orten zu Erdbebenzonen der DIN 4149 (Fassung 2005) unter Zugrundelegung der Koordinaten der jeweiligen Ortsmitten - http://www.gfz-potsdam.de/din4149_erdbebenzonenabfrage/
 - Prüfbericht Eurofins 79350001 vom 22.09.2014
 - Prüfbericht Eurofins 79350002 vom 24.09.2014
 - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): „Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau“ (RuVA- StB 01 / Ausgabe 2002)
 - Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis - Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV – Stand 2001/2002)
 - LAGA-Richtlinie - Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen - Technische Regeln“ - Stand 2004
 - Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV – Stand 2012)
 - Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BbodSchG – Stand 2012)
-

4. Bodenverhältnisse

Der untersuchte Baugrund befindet sich im Stadtgebiet von Hennef in ebener Lage. Geologisch ist die Ortslage der Siegburger Bucht zuzurechnen.

Nach den Eintragungen in der geologischen Karte und eigener örtlicher Erfahrung ist der tiefere Untergrund durch Tonschiefer, Grauwacken und Sandsteine der Schichten des Obersiegen (Wahnbachschichten; erdgeschichtlich unterdevonischen Alters) bestimmt. Ihnen lagern braune Lehme des verwitterten Grundgebirges auf. Darüber folgen Sande und Kiese der Niederterrasse der Sieg, die von einem Lößlehm (Holozän) überlagert werden.

Der untersuchte Baugrund ist nach DIN 4149 (Fassung 2005) der Erdbebenzone 0 und der Untergrundklasse R zuzurechnen.

Folgende Schichteinheiten konnten mit den Sondierungen bis 2,0m unter Flur erfasst werden (s. hierzu Anlagen 2. u. 3.):

Baugrundschiicht 1: Auffüllungen

Mit den beiden Bohrungen wurden zunächst Auffüllungen bis 0,1/0,25m unter Flur angetroffen. Hierbei handelt es sich um Schotter und Kiese (Anl. 2. gelbfarben) mit Nebenanteilen an Sand und einem geringen Schluffanteil. Aus dem mittelschweren Eindringwiderstand beim Eintreiben der Sonde lässt sich erfahrungsgemäß eine mittlere Lagerungsdichte der nichtbindigen Auffüllungen ableiten.

Geotechnische Klassifikation:

DIN 18 196 Bodengruppe GU; DIN 18 300 Bodenklasse [3]; Frostschutzklasse F2.

Baugrundschiicht 2: Lehm

Mit der Bohrung B2 wurde auf die Auffüllungen folgend wurde bis 0,8m unter Flur bei mittelschwerem Bohrfortschritt ein Lehmboden erbohrt.

Hauptbestandteil dieses Substrats bilden Schluffe (Anl. 2. oliv dargestellt), zudem sind Nebenanteile an Sand und ein geringer Tonanteil enthalten. Der geringplastische Lehmboden zeigte in den durchgeführten Handversuchen eine halbfeste Konsistenz.

Geologisch handelt es sich um einen verwitterten Löß.

Geotechnische Klassifikation:

DIN 18 196 Bodengruppe UL; DIN 18 300 Bodenklasse 4; Frostschutzklasse F3 (stark frostempfindlich).

Baugrundsicht 3: Kies

Mit beiden Bohrungen wurde schließlich bei schwerem Bohrfortschritt ein Kiesboden erreicht. Neben den Kiesen (Anl. 2. gelb eingetragen) sind Nebenanteile an Schluff und Sand enthalten. Aus dem Eindringwiderstand beim Eintreiben der Sonde lässt sich erfahrungsgemäß auf eine dichte Lagerung der Kiesschichten schließen.

Mit den Bohrungen der Baugrundlabor Batke GmbH aus dem Jahr 1997 konnten die Kiesschichten bis ca. 4,0-6,0m unter Flur verfolgt werden. Dort stellte sich kein weiterer Bohrfortschritt ein bzw. wurde in dieser Tiefe der anstehende Fels angetroffen.

Geologisch sind die Kiesablagerungen der Niederterrasse der Sieg zuzurechnen.

Geotechnische Klassifikation:

DIN 18 196 Gruppe GU, GU*; DIN 18 300 Bodenklasse 3; Frostschutzklasse F2-F3.

Sonstiges:

Der vorgefundene gewachsene Boden war organoleptisch unauffällig. Hinweise auf entsorgungstechnisch- oder umweltrelevante Schadstoffe konnten mit den Bohrungen nicht gewonnen werden.

5. Hydrogeologische Verhältnisse

Während der Bohrarbeiten wurde bis in eine Tiefe von 2,0m unter Flur kein Wasserzutritt festgestellt.

Der Grundwasserleiter wird von den tieferen Bereichen des Grundgebirges gebildet und ist für das BV ohne Belang.

In den bindigen Lehmschichten sind Vernässungszonen und Schichtenwasser zumindest temporär nicht auszuschließen und können dort zu einer Verschlechterung der Konsistenz führen.

Unter Berücksichtigung der im Handversuch abgeschätzten Korngrößenverteilungen und allgemeiner Erfahrung können die einzelnen Bodenschichten wie folgt hydraulisch nach DIN 18130 eingestuft werden:

Auffüllung	$k_f \text{ (m/s)} = 10^{-4/5}$	= durchlässig
Lehmboden	$k_f \text{ (m/s)} = 10^{-6/7}$	= schwach durchlässig
Auffüllung, Kies	$k_f \text{ (m/s)} = 10^{-4/5}$	= durchlässig

6. Geotechnische Beurteilung

Tiefbauarbeiten:

Im Zuge der Erstellung von Baugruben/Fundamentgräben fallen Aushubmassen der Klassen 3 und 4 an.

Im Bereich der Lehmschichten sind Baugruben mit 60° zu böschen, in den Kiesen ist ein Böschungswinkel von 45° einzuhalten.

Die bindigen Sohlschichten sind nach dem Aushub mit einer glatten Baggerschneide abziehen. Befinden sich die Sohlschichten im Bereich der Kiesablagerungen muss die aushubbedingte Auflockerung der Sohle durch Nachverdichtung mit einer Rüttelplatte wieder stabilisiert werden.

Das bindige Aushubmaterial ist zur Wiederverfüllung nur mäßig bis schlecht geeignet, da der für die Verdichtung optimale Wassergehalt nicht vorhanden bzw. die Einhaltung des Wassergehaltes erfahrungsgemäß nur schwer möglich ist.

Derartiges Aushubmaterial ist dort wiederzuverwenden, wo Sackungen von mehreren Zentimetern unbedenklich sind (Geländemodellierung, Lärmschutzwälle etc.).

Zur Wiederverfüllung ist der Kies lagenweise einzubauen und auf 98% Proctor zu verdichten

Bodenkennwerte:

Für die erdstatischen Nachweise (Grundbruchsicherheit, Unschädlichkeit der Setzung etc.) sind die mittleren Boden-/Felskennziffern aus Tabelle 1 anzusetzen.

Tabelle 1		
Charakteristische Bodenkennwerte		
Bodenkennwert	Lehm UL halbfest	Kies GU* dicht gelagert
Wichte		
$\text{cal}\gamma$ (kN / m ³) über Wasser	21	---
$\text{cal}\gamma$ (kN / m ³) unter Wasser	11	---
$\text{cal}\gamma$ (kN / m ³) erdfeucht	---	22
$\text{cal}\gamma_r$ (kN / m ³) wassergesättigt	---	24
$\text{cal}\gamma$ (kN / m ³) unter Auftrieb	---	14
Reibungswinkel φ (°)	27,5	35
Kohäsion		
$\text{cal } c'$ (kN / m ²)	5	---
$\text{cal } c_u$ (kN / m ²)	40	---
Steifemodul $\text{cal } E_s$ (MN / m ²)	5-10	80-100

Gründung:

Erfahrungsgemäß fallen bei derartigen Baukörpern die Lasten überwiegend als Streifenlasten an. Der zu erwartende hinreichende Abbau der Sohlspannung erstreckt sich nach einer Faustformel bis in eine Tiefe, gerechnet ab Fundamentunterkante, die der Größe der doppelten Fundamentbreite entspricht.

Der Gründungsbereich wird demnach von verschiedenen Bodenarten bestimmt. Dies ist zunächst ein Lehmboden mit halbfester Konsistenz, gefolgt von einem dicht gelagertem Kiesboden und in größerer Tiefe schließlich Felsgestein in fester Ausbildung. Hierbei handelt es sich um gut tragfähige Baugrundsichten.

Werden im Nahbereich der Gründungssohle weiche Schichten angetroffen, sollten sie durch Schotter oder Kies(0/45, 100%Proctor) bzw. Magerbeton ausgetauscht werden.

Für bewehrte Streifenfundamente können zur Vorbemessung der zulässigen

mittleren Bodenpressung die in nachfolgender Tabelle 2. angegebenen Werte für einen lotrechten und mittigen Lastangriff angesetzt werden.

Tabelle 2				
Aufnehmbarer Sohldruck in kN/m² nach DIN 1054				
Bindiger Baugrund	Einbindetiefe	Streifenfundamente mit Breiten ≤2m		
		halbfeste Konsistenz		
Schluff UL	0,5m	130		
	1,0m	180		
	1,5m	220		
	2,0m	250		
Nichtbindiger Baugrund	Einbindetiefe	Streifenfundamente mit Breiten von		
		0,5m	1m	1,5m
Kies GU* (min. 98% Proctor)	0,5m	200	300	330
	1,0m	270	370	360
	1,5m	340	440	390
	2,0m	400	500	420

Bei Gründungen im Lehmboden liegen die zu erwartenden rechnerischen Setzungen je nach Gebäudeaussteifung in einem Bereich von 2–3cm und dürften binnen 12 Monaten abgeklungen sein. Bei Gründungen im Kiesboden ist mit Setzungen von 1-2cm zu rechnen, welche unmittelbar nach der Lastaufbringung (Rohbauphase) abgeschlossen sein dürften.

Für eine Plattengründung kann zur Vorbemessung für den Lehmboden ein Bettungsmodul von 10-15MN/m³ angesetzt werden, für den Kiesboden sind 25MN/m³ zu veranschlagen.

Die geotechnischen Angaben zur Belastung des Baugrundes sind als Überblick für eine Wohnbebauung zu werten und in jedem Fall projektspezifisch zu überprüfen.

7. Umwelt- und entsorgungstechnische Einstufung der Schwarzdecken

Im Rahmen der Untersuchung wurden an den Untersuchungsstellen Schwarzdeckenproben entnommen. Aus den Einzelproben wurde eine Mischprobe erstellt und im Labor auf PAK analysiert.

Die Beurteilung erfolgt nach den Regelwerken der LAGA-Richtlinie, welche basierend auf dem Gehalt an PAK nach EPA zwischen „pechhaltigem Straßenaufbruch“ und „Ausbauasphalt“ unterscheidet. Bei Ausbauasphalt erfolgt in Abhängigkeit von der Belastung eine Differenzierung in die Zuordnungswerte Z 1.1 / Z 1.2 / Z 2.

In der nachstehenden Tabelle sind die Zuordnungswerte und die Analyseergebnisse dargestellt.

Tabelle 2							
Zuordnungswerte nach LAGA-Richtlinie							
Ausbauasphalt Zuordnungswerte					Pechhaltiger Straßenaufbruch		
	Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2			
PAK nach EPA (mg/kg)	-- ¹⁾	10 ²⁾	15 ³⁾	20	> 20		
1) Nach LAGA gelten für den offenen Einbau von Ausbauasphalt die Kriterien und Zuordnungswerte für den „eingeschränkten offenen Einbau“ (Z 1.1, Z 1.2, Z 2), d.h. der für Boden bestehende zusätzliche Zuordnungswert Z 0 ist auf Ausbauasphalt nicht anzuwenden. 2) Einzelwerte für Naphthalin und Benzo - [a] - Pyren jeweils kleiner als 0,5 3) Einzelwerte für Naphthalin und Benzo - [a] - Pyren jeweils kleiner als 1,0							
Ergebnisse der Schwarzdeckenuntersuchungen und Einstufungen							
Unter- suchungs- Stelle	Tiefenlage unter GOK (cm)	PAK (mg/kg)	Benzo- a-Pyren (mg/kg)	Phenolindex (mg/l)	Einstufung LAGA	Verwertungs- klasse RuVA-StB 01	Abfall- schlüssel- nummer
MP SD	0-0,07	n.b.	< 0,5	n.u.	Ausbauasphalt Z 1.1	n.u.	17 03 02 ²⁾
n.b. = nicht bestimmbar = unterhalb der Nachweisgrenze n.u. = nicht untersucht Definition nach Europäischer Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV): 1) 17 03 01 Kohlenteerhaltige Bitumengemische – <i>enthält gefährliche Stoffe !</i> 2) 17 03 02 Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen							

8. Umwelt- und entsorgungstechnische Einstufung der Auffüllungen

Aus den Einzelproben der angetroffenen Auffüllungen wurde eine Mischprobe zusammengestellt (MP Auffüllung) und nach dem Parameterkatalog der LAGA-Richtlinie für Boden (Stand 2004) untersucht.

Die LAGA-Richtlinie differenziert nach Stärke der Belastung und den sich daraus ergebenden Zuordnungswerten Z 0 / Z 1.1 / Z 1.2 und Z 2.

Der Z 0 – Wert spiegelt natürliche Bodengehalte wieder. Beim Unterschreiten dieser Werte ist davon auszugehen, dass relevante Schutzgüter nicht beeinträchtigt werden. Der Zuordnungswert Z 1 stellt die Obergrenze für den offenen Einbau unter Berücksichtigung bestimmter Nutzungseinschränkungen dar. Böden innerhalb des Zuordnungswertes Z 2 dürfen nur mit definierten Sicherungsmaßnahmen eingebaut werden.

Die untersuchten Böden sind nach der LAGA-Definition als „Bodenmaterial, das nicht bodenartspezifisch zugeordnet werden kann bzw. das als Gemisch verschiedener Bodenarten bei Baumaßnahmen anfällt“ einzuordnen. Hierzu sind für die Parameter der Originalsubstanz und des Königswasseraufschlusses die Grenzwerte für die Bodenart „Lehm/Schluff“ anzuwenden.

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die jeweiligen Richt- und Grenzwerte der LAGA-Richtlinie den Analyseergebnissen gegenübergestellt. Erhöhte Konzentrationen sind hervorgehoben.

Tabelle 3						
Richt- und Grenzwerte der LAGA 2004 für Boden / Analyseergebnisse						
Parameter	Einheit	Richt- und Grenzwerte LAGA für Boden				Analyseergebnisse
		Z 0 Sand / Schluff / Ton / * 1)	Z 1 / Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Bebauungsplan Siegbogen MP Auffüllung
Originalsubstanz						
Cyanid gesamt	mg/kg	--	3	--	10	< 0,5
TOC	Ma.-%	0,5 / 0,5 / 0,5 / 0,5	1,5	--	5	1,4
EOX	mg/kg	1 / 1 / 1 / 1	3	--	10	< 1
Kohlenwasserstoff C10-C22	mg/kg	100 / 100 / 100 / 200	300	--	1000	48
Kohlenwasserstoff C10-C40	mg/kg	100 / 100 / 100 / 400	600	--	2000	620
BTEX/TMB	mg/kg	1 / 1 / 1 / 1	1	--	1	n.b.
Summe CKW	mg/kg	1 / 1 / 1 / 1	1	--	1	n.b.
Summe PAK	mg/kg	3 / 3 / 3 / 3	3	--	30	0,7
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3 / 0,3 / 0,3 / 0,6	0,9	--	3	0,07
Summe PCB	mg/kg	0,05/ 0,05 /0,05/0,10	0,15	--	0,5	n.b.
Königswasser						
Arsen	mg/kg	10 / 15 / 20 / 15	45	--	150	7,5
Blei	mg/kg	40 / 70 / 100 / 140	210	--	700	11
Cadmium	mg/kg	0,4 / 1,0 / 1,5 / 1,0	3	--	10	5,2
Chrom	mg/kg	30 / 60 / 100 / 120	180	--	600	64
Kupfer	mg/kg	20 / 40 / 60 / 80	120	--	400	26
Nickel	mg/kg	15 / 50 / 70 / 100	150	--	500	88
Quecksilber	mg/kg	0,1 / 0,5 / 1,0 / 1,0	1,5	--	5	< 0,07
Thallium	mg/kg	0,4 / 0,7 / 1,0 / 0,7	2,1	--	7	< 0,2
Zink	mg/kg	60 / 150 / 200 / 300	450	--	1500	86
Eluat						
pH	--	6,5-9,5	6,5-9,5	6-12	5,5-12	8,7
el. Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	1500	2000	75,5
Chlorid	mg/l	30	30	50	100	2
Sulfat	mg/l	20	20	50	200	3
Cyanid gesamt	mg/l	0,005	0,005	0,01	0,02	< 0,005
Phenolindex	mg/l	0,02	0,02	0,04	0,1	< 0,01
Arsen	mg/l	0,014	0,014	0,02	0,06	0,002
Blei	mg/l	0,04	0,04	0,08	0,2	< 0,001
Cadmium	mg/l	0,0015	0,0015	0,003	0,006	< 0,0003
Chrom gesamt	mg/l	0,0125	0,0125	0,025	0,06	0,002
Kupfer	mg/l	0,02	0,02	0,06	0,1	< 0,005
Nickel	mg/l	0,015	0,015	0,02	0,07	< 0,001
Quecksilber	mg/l	< 0,0005	< 0,0005	0,001	0,002	< 0,0002
Zink	mg/l	0,15	0,15	0,2	0,6	< 0,01
LAGA – Zuordnungswert						Z 2
n.b. = nicht berechenbar = unter Nachweisgrenze						
* 1) max. Feststoffgehalt Z 0 für Verfüllung von Abgrabung unter besonderen Randbedingungen						

Beurteilung der Analysen

Die Probe „MP Auffüllung“ weist in der Originalsubstanz eine geringfügig erhöhte Konzentration des Parameters TOC auf, aus der sich eine Einstufung in den LAGA-Zuordnungswert Z 1.1 ergibt. Aus der stark erhöhten Konzentration der Kohlenwasserstoffe C10-C40 folgt eine Einordnung in den LAGA-Zuordnungswert Z 2. Im Königswasseraufschluß wurden leicht erhöhte Gehalte der Metalle Chrom und Nickel gemessen, aus denen sich eine Einordnung in den LAGA-Zuordnungswert Z 1.1 ergibt. Zudem wurde eine erhöhte Konzentration von Cadmium gemessen, die eine Einstufung in den LAGA-Zuordnungswert Z 2 bedingt.

Alle weiteren Parameter sind unauffällig.

Damit ergibt sich für die untersuchten aufgefüllten Materialien folgende Klassifizierung:

LAGA - Richtlinie: Zuordnungswert Z 2

Europ. Abfallverzeichnis: Abschlüsselnummer 17 05 04 (Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen)

Der natürlich gewachsene Boden kann aufgrund seiner organoleptischen Unauffälligkeit (s.o.) der Klasse Z 0 zugeordnet werden.

9. Umwelttechnische Bewertung der Analyseergebnisse

Bewertet wird das von der aktuellen Nutzung (Lagerfläche für Baustoffe) ausgehende Gefährdungspotenzial in Anlehnung an das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) bzw. der Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Die Bewertung erfolgt bezogen auf den Wirkungspfad und unter Berücksichtigung der geplanten Nutzung. Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine geplante Nutzung als Wohngebiet.

Wirkungspfad Boden - Mensch

Als relevanter Wirkungspfad für die Nutzungskategorie 'Wohngebiete' ist nach BBodSchV der direkte Kontakt Boden - Mensch zu betrachten. Für die Bewertung relevant sind die Feinkornanteile der erreichbaren Bodenschichten bis 0,35 m Tiefe. Zu berücksichtigen sind die folgenden Expositionspfade:

- orale Bodenaufnahme
- inhalative Bodenaufnahme (Inhalation kontaminierter Stäube)
- perkutane Bodenaufnahme (dermalen Bodenkontakt)

Die Möglichkeiten der o.g. Bodenaufnahmen sind im Bereich der untersuchten Flächen nicht gegeben, da der vorhandene Aufbau ausgebaut und durch einen neu aufzubringenden Oberboden ersetzt wird.

Das aus der bisherigen Nutzung resultierende Gefährdungspotenzial über den Wirkungspfad Boden - Mensch ist somit als gering zu bewerten.

Wirkungspfad Boden – Nutzpflanze

Eine bestehende Nutzung des Grundstückes durch Nutzgärten liegt nicht vor.

Wirkungspfad Boden – Grundwasser

Zur Abschätzung der von dem Standort ausgehenden Gefährdung für das Grundwasser ist die Gefährdungsrelevanz der bisherigen Nutzung im Kontext zu dem gegebenen geologischen Aufbau und der hydrogeologischen Situation zu betrachten.

Auf dem Gelände werden derzeit Baustoffe (Steine, Kiese, Sande etc.) gelagert, Arbeiten mit ggf. Grundwasser gefährdenden Stoffen sind nicht bekannt.

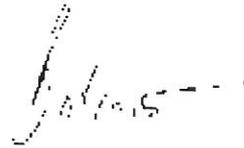
Die gemessenen Stoffkonzentrationen liegen teilweise über den Prüfwerten nach Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. Durch die Versiegelung der Fläche ist das Auftreten von Sickerwasser stark unterbunden, womit eine Gefährdung des Grundwassers im vorliegenden Fall mit einem geringen Risiko zu bewerten ist.

Durch den geplanten Neuaufbau mit Oberboden ist die geplante Nutzung als Wohnbebauung bezüglich des Gefährdungspotenzials für das Grundwasser als unkritisch zu bewerten.

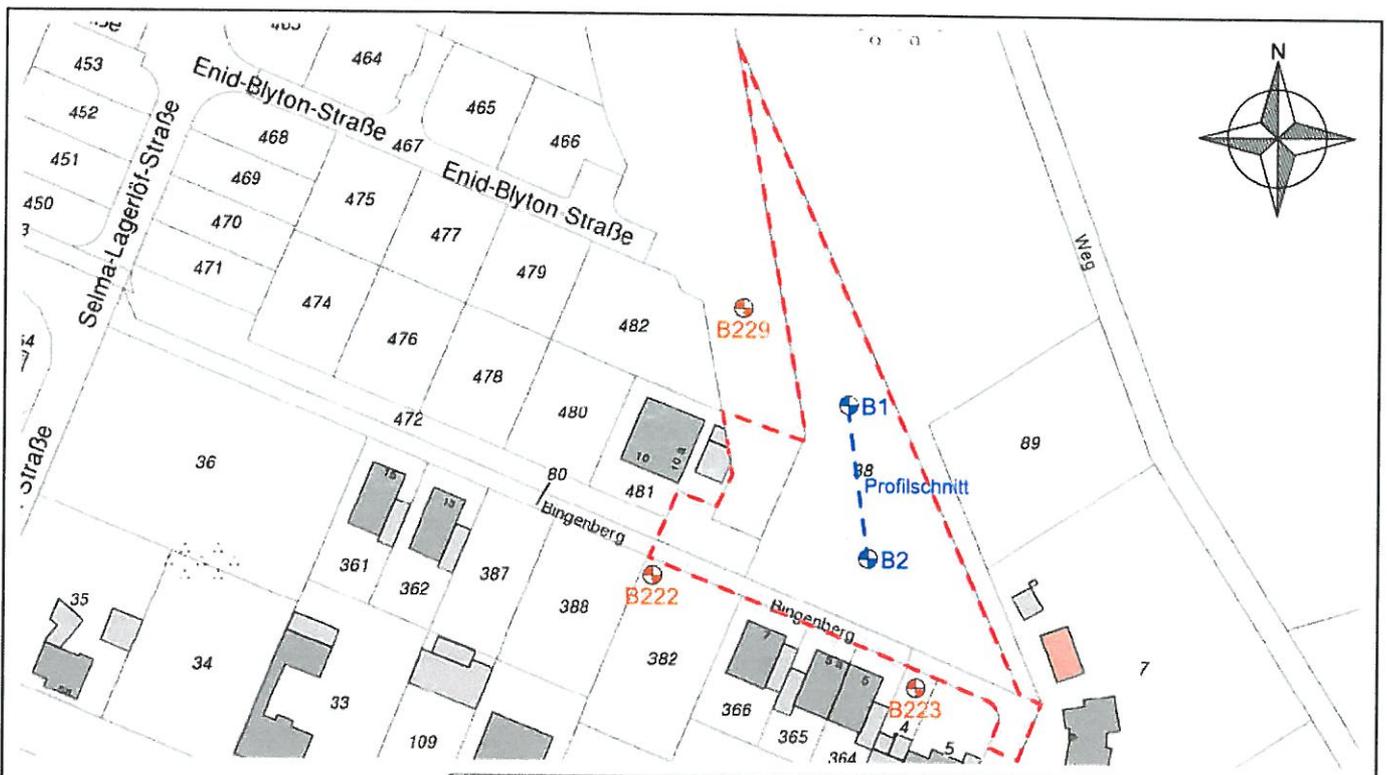
Bei Rückfragen wird um Nachricht gebeten.



Dahlhausen Dipl.-Geologe



Bohné Dipl.-Geologe



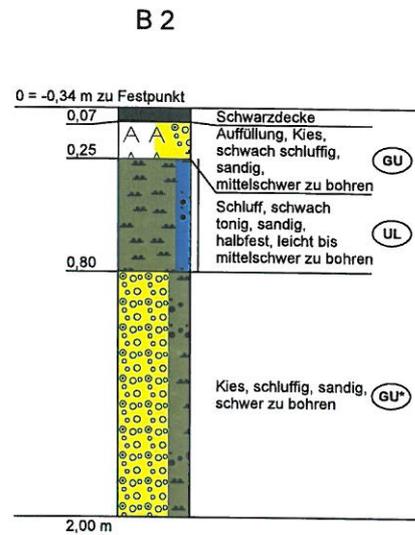
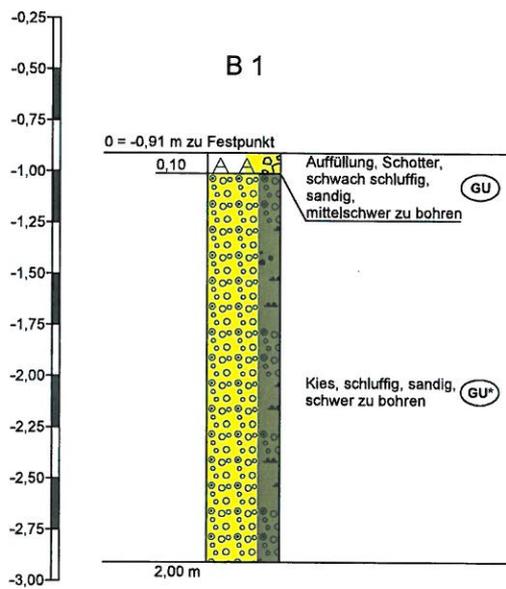
B = Rammkernbohrung Ø 50/36 mm
 ⚙️ Bohrungen Bohné 2014
 ⚙️ Bohrungen Batke 1997

Bohné
 Ingenieurgeologisches Büro
 Endenicher Str. 341
 53121 Bonn
 Tel.: 0228-220256
 Fax: 0228-224821

Lageplan mit Untersuchungsstellen
 Bauvorhaben:
 Bebauungsplan Nr. 1.50 C
 Hennef (Sieg) - Im Siegbogen Süd

Anlage	1
Projekt-Nr.	8670
Maßstab	1:1.000
Gezeichnet Da	Datum: 06.10.2014

Profilschnitt



B Rammkernbohrung D=50/36mm

Höhenmaßstab 1:25
Längenmaßstab 1:250

Bohné
Ingenieurgeologisches Büro
Endenicher Straße 341
53121 Bonn

Profilschnitt - Bohrprofile nach DIN
4023

Anlage: 2

Projekt: Bebauungsplan Nr. 01.50 C - Im
Siegbogen Süd

Auftraggeber: Stadt Hennef

Bearb.: Da.

Datum: 09.09.2014

Boden- und Felsarten



Auffüllung, A



Schluff, U, schluffig, u



Schwarzdecke, SD



Schotter,



Kies, G, kiesig, g



Ton, T, tonig, t



Schwarzdecke, SD



Sand, S, sandig, s

Korngrößenbereich

f - fein
m - mittel
g - grob

Nebenanteile

' - schwach (<15%)
- stark (30-40%)

Bodengruppen nach DIN 18196



enggestufte Kiese



Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische



weitgestufte Sand-Kies-Gemische



Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% <=0,06 mm



leicht plastische Schluffe



ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff



mittelplastische Tone



Schluffe mit organischen Beimengungen



grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art



nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)



Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel)



Auffüllung aus Fremdstoffen



weitgestufte Kiese



enggestufte Sande



Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische



Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% <=0,06 mm



mittelplastische Schluffe



leicht plastische Tone



ausgeprägt plastische Tone



Tone mit organischen Beimengungen



grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen



zersetzte Torfe



Auffüllung aus natürlichen Böden

Konsistenz



breiig



weich



steif



halbfest



fest

Bohné

Ingenieurgeologisches Büro
Endenicher Straße 341
53121 Bonn

Legende und Zeichenerklärung
nach DIN 4023

Anlage: 2

Projekt: Bebauungsplan Nr. 01.50 C - Im
Siegbogen Süd

Auftraggeber: Stadt Hennef

Bearb.: Da.

Datum: 09.09.2014

Bohné Ingenieurgeologisches Büro		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekerneten Proben				Anlage 3 Bericht: Az.: 8670	
Bauvorhaben: Bebauungsplan Nr. 01.50 C - Im Siegbogen Süd							
Bohrung Nr B 1 /Blatt 1					Datum: 09.09.2014		
1	2			3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen ¹⁾				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische ¹⁾ Benennung	h) ¹⁾ Gruppe i) Kalk- gehalt				
0,10	a) Auffüllung, Schotter, schwach schluffig, sandig			schwach feucht			
	b)						
	c)	d) mittelschwer zu bohren	e) graubraun				
	f) Schotter	g) Auffüllung	h) GU i)				
2,00	a) Kies, schluffig, sandig			schwach feucht			
	b)						
	c)	d) schwer zu bohren	e) braun				
	f) Kies	g) Pleistozän	h) GU* i)				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h) i)				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h) i)				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h) i)				

¹⁾ Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

Bohné Ingenieurgeologisches Büro		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage 3 Bericht: Az.: 8670	
Bauvorhaben: Bebauungsplan Nr. 01.50 C - Im Siegbogen Süd							
Bohrung Nr B 2 /Blatt 1					Datum: 09.09.2014		
1	2			3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen 1)				Art	Nr.	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische 1) Benennung	h) 1) Gruppe				
0,07	a) Schwarzdecke						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h)				
0,25	a) Auffüllung, Kies, schwach schluffig, sandig			schwach feucht			
	b)						
	c)	d) mittelschwer zu bohren	e) graubraun				
	f) Kies	g) Auffüllung	h) GU				
0,80	a) Schluff, schwach tonig, sandig			schwach feucht			
	b)						
	c) halbfest	d) leicht bis mittelschwer zu	e) braun				
	f) Lehm	g) Holozän	h) UL				
2,00	a) Kies, schluffig, sandig			schwach feucht			
	b)						
	c)	d) schwer zu bohren	e) braun				
	f) Kies	g) Pleistozän	h) GU*				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor.

EUROFINS Umwelt West GmbH · Vorgebirgsstraße 20 · D-50389 Wesseling

Ingenieurgeologisches Büro Bohné
Endenicher Str. 341**53121 Bonn**

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 01463840
Prüfberichtsnummer: Nr. 79350001

Projektnummer: Nr. 79350
Projektbezeichnung: 8670 Bebauungsplan Siegbogen
Probenumfang: 1 Probe
Probenart: Feststoff
Probeneingang: 17.09.2014
Prüfzeitraum: 17.09.2014 - 22.09.2014

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Proben nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag genommen wurden, wird die Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme abgelehnt. Dieser Prüfbericht ist nur mit Unterschrift gültig und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie jederzeit unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

Wesseling, den 22.09.2014



Dipl.-Biol. L. Djabbari
Prüfleiterin
Tel.: 02236 / 897 211



EUROFINS Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstraße 20
D-50389 Wesseling bei Köln
www.eurofins-umwelt-west.de
umwelt-west@eurofins.de

Zentrale Tel. +49 (0)2236 897-0
Zentrale Fax +49 (0)2236 897-555
Labor Tel. +49 (0)2236 897-300
Labor Fax +49 (0)2236 897-333
Verwalt. Tel. +49 (0)2236 897-100

Geschäftsführer: Dr. Tilman Burggraef, Dr. Thomas Henk
Dr. Hartmut Jäger, Veronika Kutscher
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt.-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: NORD LB
BLZ 250 500 00
Kto 199 977 984
IBAN DE23 250 500 00 0199 977 9 84
BIC/SWIFT NOLA DE 2HXXX

Projekt: 8670 Bebauungsplan Siegbogen

Parameter	Einheit	BG	Probenbezeichnung	MP SD
			Labornummer	014154923
			Methode	

Bestimmung aus der Originalsubstanz

Naphthalin	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Acenaphthylen	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Acenaphthen	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Fluoren	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Phenanthren	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Anthracen	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Fluoranthren	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Pyren	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Benz(a)anthracen	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Chrysen	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Benzo(a)pyren	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg OS	0,5	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,5
Summe PAK (EPA)	mg/kg OS		berechnet	(n. b.*)

Anmerkung:

(n. b.*): nicht berechenbar, da zur Summenbestimmung nur Werte > BG verwendet werden

EUROFINS Umwelt West GmbH · Vorgebirgsstraße 20 · D-50389 Wesseling

**Ingenieurgeologisches Büro Bohné
Endenicher Str. 341****53121 Bonn**

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 01463839
Prüfberichtsnummer: Nr. 79350002

Projektnummer: Nr. 79350
Projektbezeichnung: 8670 Bebauungsplan Siegbogen
Probenumfang: 1 Probe
Probenart: Feststoff
Probeneingang: 17.09.2014
Prüfzeitraum: 17.09.2014 - 24.09.2014

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Proben nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag genommen wurden, wird die Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme abgelehnt. Dieser Prüfbericht ist nur mit Unterschrift gültig und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie jederzeit unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch die DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.

Wesseling, den 24.09.2014



Dr. T. Henk
Prüfleiter
Tel.: 02236 / 897 360



EUROFINS Umwelt West GmbH
Vorgebirgsstraße 20
D-50389 Wesseling bei Köln
www.eurofins-umwelt-west.de
umwelt-west@eurofins.de

Zentrale Tel. +49 (0)2236 897-0
Zentrale Fax +49 (0)2236 897-555
Labor Tel. +49 (0)2236 897-300
Labor Fax +49 (0)2236 897-333
Verwalt. Tel. +49 (0)2236 897-100

Geschäftsführer: Dr. Tilman Burggraef, Dr. Thomas Henk
Dr. Hartmut Jäger, Veronika Kutscher
Amtsgericht Köln HRB 44724
USt.-ID.Nr. DE 121 85 3679

Bankverbindung: NORD LB
BLZ 250 500 00
Kto 199 977 984
IBAN DE23 250 500 00 0199 977 9 84
BIC/SWIFT NOLA DE 2HXXX

Projekt: 8670 Bebauungsplan Siegbogen

Parameter	Einheit	BG	Probenbezeichnung	MP Auffüllung
			Labornummer	014154919
			Methode	

Bestimmung aus der Originalsubstanz

Trockenmasse	Ma.-%	0,1	DIN EN 14346	97,0
Cyanid, gesamt	mg/kg TS	0,5	DIN ISO 17380	< 0,5
TOC	Ma.-% TS	0,1	DIN EN 13137	1,4
EOX	mg/kg TS	1	DIN 38414-S17	< 1
Kohlenwasserstoffe C10-C22	mg/kg TS	40	DIN EN 14039, LAGA KW 04	48
Kohlenwasserstoffe C10-C40	mg/kg TS	40	DIN EN 14039, LAGA KW 04	620
KW-Typ	ohne		DIN EN 14039, LAGA KW 04	SÖ
Benzol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
Toluol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
Ethylbenzol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
m-/p-Xylol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
o-Xylol	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
Summe BTEX	mg/kg TS		berechnet	< 0,05
Dichlormethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	(n. b.*)
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
Trichlormethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
Tetrachlormethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
Trichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
Tetrachlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
1,2-Dichlorethan	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
1,1-Dichlorethen	mg/kg TS	0,05	DIN EN ISO 22155 / HLUG HB Bd. 7 T.4	< 0,05
Summe 10 LHKW	mg/kg TS		berechnet	< 0,05
Naphthalin	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	(n. b.*)
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,05
Acenaphthen	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,05
Fluoren	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,05
Phenanthren	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,05
Anthracen	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	0,06
Fluoranthren	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,05
Pyren	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	0,1
Benz(a)anthracen	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	0,1
Chrysen	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	0,06
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	0,06
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	0,1
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,05
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	0,07
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	0,06
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg TS	0,05	DIN EN 15527 / DIN ISO 18287	< 0,05
Summe PAK (EPA)	mg/kg TS		berechnet	0,09
				0,7

Projekt: 8670 Bebauungsplan Siegbogen

Parameter	Einheit	BG	Probenbezeichnung	MP Auffüllung
			Labornummer	014154919
			Methode	
PCB 28	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 (MSD)	< 0,01
PCB 52	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 (MSD)	< 0,01
PCB 101	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 (MSD)	< 0,01
PCB 153	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 (MSD)	< 0,01
PCB 138	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 (MSD)	< 0,01
PCB 180	mg/kg TS	0,01	DIN EN 15308 / DIN ISO 10382 (MSD)	< 0,01
Summe 6 PCB	mg/kg TS		berechnet	(n. b.*)

Bestimmung aus dem Königswasseraufschluss

Arsen	mg/kg TS	0,8	DIN EN ISO 17294-2	7,5
Blei	mg/kg TS	2	DIN EN ISO 17294-2	11
Cadmium	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 17294-2	5,2
Chrom gesamt	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2	64
Kupfer	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2	26
Nickel	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2	88
Quecksilber	mg/kg TS	0,07	DIN EN ISO 16772/DIN EN 1483	< 0,07
Thallium	mg/kg TS	0,2	DIN EN ISO 17294-2	< 0,2
Zink	mg/kg TS	1	DIN EN ISO 17294-2	86

Bestimmung aus dem Eluat

pH-Wert	ohne		DIN 38404-C5 / DIN EN ISO 10523	8,7
el. Leitfähigkeit (25 °C)	µS/cm	1	DIN EN 27888	75,5
Chlorid	mg/l	1	DIN EN ISO 10304-1	2
Sulfat	mg/l	1	DIN EN ISO 10304-1	3
Cyanid, gesamt	mg/l	0,005	DIN EN ISO 14403	< 0,005
Phenolindex (wdf.)	mg/l	0,01	DIN EN ISO 14402	< 0,010
Arsen	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2	0,002
Blei	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2	< 0,001
Cadmium	mg/l	0,0003	DIN EN ISO 17294-2	< 0,0003
Chrom gesamt	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2	0,002
Kupfer	mg/l	0,005	DIN EN ISO 17294-2	< 0,005
Nickel	mg/l	0,001	DIN EN ISO 17294-2	< 0,001
Quecksilber	mg/l	0,0002	DIN EN 1483/DIN EN ISO 12846	< 0,0002
Zink	mg/l	0,01	DIN EN ISO 17294-2	< 0,01

Anmerkung:

(n. b.*): nicht berechenbar, da zur Summenbestimmung nur Werte > BG verwendet werden