

IGW Uellendahl 70 · 42109 Wuppertal

IKEA VerwaltungsGmbH und
Inter IKEA Centre
Grundbesitz GmbH & Cie. KG
Am Wandersmann 2 - 4

65719 Hofheim-Wallau

Prof. Dr.-Ing. Matthias Pulsfort
Dipl.-Ing. Michael Dreng
Dr.-Ing. Peter Waldhoff

Uellendahl 70
42109 Wuppertal
Telefon (0202) 40491 - 0
Telefax (0202) 40491 - 44
eMail: info@igw-geotechnik.de

Ihr Zeichen

Ihr Schreiben vom

Unser Zeichen

Tag

6272C/Pt/Sch

27.07.2012

Betr.: Vorhabenbezogener Bebauungsplan Nr. 1136 V „Dreigrenzen“
der Stadt Wuppertal/Neubau IKEA in Wuppertal-Nächstebreck
hier : Geotechnischer Bericht zu den Untergrundverhältnissen
Bezug: Ihr schriftl. Auftrag vom 23./27.02.2012, Projektbesprechung am 16.07.2012

Geotechnischer Bericht

=====

zum Neubau eines IKEA-Einrichtungshauses mit Fachmarktzentrum
im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens 1136 V

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Gegenstand	2
2. Grundlagen	2
3. Untergrundverhältnisse	4
3.1 Allgemeines	4
3.2 Ergebnisse der Rammkernsondierungen und Aufschlussbohrungen	7
3.3 Grundwasserverhältnisse	10
3.4 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	12
3.5 Rechnerische Bodenkennwerte	13

...

4.	Beurteilung der anthropogenen Boden-Verunreinigungen	15
4.1	Bekanntes Vorerkenntnis	15
4.2	Organoleptische Auffälligkeiten	15
4.3	Untersuchungsumfang	16
4.4	Ergebnisse der chemischen Analysen	18
4.5	Zusammenfassende Bewertung/Gefährdungsabschätzung	24
4.6	Baupraktische Schlussfolgerungen	27
5.	Gründungsmöglichkeiten	29
5.1	Mögliches Fußbodenniveau	29
5.2	Gründungsvorschlag	30
5.3	Erdarbeiten	34
5.4	Geländesprünge	35
6.	Weitere Hinweise	36
	Anlagenverzeichnis	37

1. Gegenstand

Die Firma Inter IKEA Centre plant den Neubau eines Möbelmarktes mit Fachmarktzentrum und Parkpalette auf dem Gelände südlich der Autobahn A 46 bzw. östlich der Anschlussstelle Wuppertal-Oberbarmen. Das Baugelände besteht im nördlichen Bereich aus der bisherigen Fertighaus-Ausstellung, nach Südwesten hin zur Wittener Straße ist Grünland bzw. Brachland eingeschlossen.

Wir wurden beauftragt, auf dem Gelände eine Baugrunderkundung vorzunehmen, um die Baugrundverhältnisse bzw. auch die ggfs. vorhandenen umweltrelevant verunreinigten Ablagerungen zu beschreiben.

2. Grundlagen

Dem vorliegenden Geotechnischen Bericht liegen die nachfolgend aufgeführten Unterlagen bzw. Untersuchungen zugrunde:

- [U 1] Angaben der Geologischen Karte M 1:25.000, Blatt Hattingen
- [U 2] Topografische Karte/Luftbildatlas der Stadt Wuppertal M 1:5.000 (Aufnahmen von 1928 und 1986)
- [U 3] Konzeptstudie der Planungsgruppe Skribbe-Jansen GmbH mit Stand 03.01.2012, einschl. Hinweisen der Unteren Bodenschutzbehörde der Stadt Wuppertal zum Altlastenverdacht, entsprechende Auskunftsschreiben von 15.11.11
- [U 4] Aktualisierte Entwurfsplanung M 1:1000 zur Anordnung des IKEA Möbelhauses sowie der Fachmärkte und der Parkgarage durch das Ingenieurbüro Skribbe und Jansen, Stand 19.07.2012 (s. Anlage 1)
- [U 5] Baugrund- und Altlastenuntersuchung für einen Gewerbeneubau auf dem Gelände Schmiedestraße 54, erstattet mit Datum vom 22.09.1988 durch das Büro Hydro- und Geotechnik GmbH für die Firma Messer Griesheim
- [U 6] Bericht zu Bodenuntersuchungen auf dem Gelände Schmiedestraße 831 (ehem. DEA-Tankstelle) durch RWE und Büro Füllung, datiert 18.06.1996
- [U 7] Bericht über Untergrunduntersuchungen auf dem Grundstück Schmiedestraße 83, Gutachten des Büros Harreß Pickel Consult (HPC) vom 11.10.1996 im Auftrag der Firma Mc Donald´s Immobilien GmbH (s. Anlage 2.7)
- [U 8] Versickerungsgutachten des Büros Dipl.-Geol. Füllung, Remscheid für das Mc Donalds Grundstück, datiert vom 02.09.1997
- [U 9] Ergebnisse von 30 Rammkernsondierungen, bezeichnet mit RKS 1 - RKS 30, verteilt auf dem gesamten Baugelände, ausgeführt durch unser Büro in der Zeit vom 05.03. - 16.03.2012 (Ansatzpunkte s. Anlage 1, Profile s. Anlagen 2.1 - 2.5)
- [U 10] Ergebnisse von 14 Rammsondierungen mit der Mittelschweren Rammsonde DPM-A nach DIN 4094, Ansatzpunkte s. Anlage 1, Profile s. Anlage 2.1 – 2.5
- [U 11] Ergebnisse von 3 Aufschlussbohrungen BK 1 - BK 3, ausgeführt durch die Firma Kancev GmbH im März 2012 mit Pegelausbau sowie einer Aufschlussbohrung BK 4 (s. Anlage 2.5)
- [U 12] Ergebnisse einer Aufschlussbohrung BK 5 bis 20 m Tiefe mit Pegelausbau, ausgeführt durch die Fa. Erdbohr Wesel am 08./09.05.12 (s. Anlage 2.6)
- [U 13] Ergebnisse von Kurz-Pumpversuchen in den zum Grundwasserentnahmepegeln ausgebauten Bohrungen BK 1, BK 3 und BK 5 (s. Anlage 3)
- [U 14] Hydrogeologische Stellungnahme zu den „Meine“-Quellen, erstattet durch das Büro BGU, Bielefeld, Vorabzug vom 07.07.2012

[U 15] Ergebnisse von ergänzenden Rammkernsondierungen RKS 12.1 - RKS 12.4, ausgeführt am 17.07.12 zur Abgrenzung eines Belastungsschwerpunktes (s. Anlage 2.8)

[U 16] Ergebnisse von chemischen Analysen an ausgewählten Einzelproben und zusammengestellten Mischproben, ausgeführt bei der Fa. Eurofins und der Fa. SEWA GmbH (s. Anlagen 5 und 6).

Die Untersuchungspunkte wurden in der Örtlichkeit eingemessen und durch Ingenieurnivellement auf Kanaldeckel in der Schmiedestraße bzw. Eichenhofer Weg angegebenen Bezugshöhen (+312,217 m NN am Eichenhofer Weg, +304,835 m NN am Kanaldeckel 5016 in der Schmiedestraße), so dass die Darstellung der Bohr- und Sondierprofile in Anlage 2 höhengerecht ist.

3. Untergrundverhältnisse

3.1 Allgemeines

Das Baugelände liegt nach Angaben der Geologischen Karte (s. Abb. 1) auf der Südflanke der sog. Herzkämper Mulde, wo Sedimentgesteine aus dem sog. **Flözleeren Oberkarbon** steil aufgefaltet sind und deren Schichtflächen durch die tektonisch bedingte Muldensituation nach Nord-Nordwest hin einfallen. Der tiefere Untergrund besteht hier aus der sog. Zone der Quarzite, die vor allem aus Schiefertonen, jedoch durchzogen von harten Grauwacken- und Quarzitbänken, bestehen. Im Nordwestbereich des Geländes sind entlang von steilen Verwerfungen die etwas jüngeren Sedimentgesteine aus der „Zone der Grauwacken“ angegeben, hierbei handelt es sich ebenfalls um Schiefertone, die von Grauwackenbänken durchzogen wird, die Quarzitbänke fehlen hier aber.

Erfahrungsgemäß sind diese Gesteine oberflächennah tiefgründig verwittert und entfestigt, so dass kein „harter“ Felshorizont vorhanden ist, sondern ein schleifender Übergang von vollkommen zu Lehm verwitterten Schiefertonen über ein lehmiges Steingemenge bis hin zu im Verband liegendem, dünnblättrigen Schiefertone zu erwarten ist. Die beschriebenen Grauwacken- und Quarzitbänke können dagegen sehr hart und wenig verwittert sein, ihre Mächtigkeit be-

trägt jedoch in der Regel nur einige Dezimeter bis max. 2 m. Das anstehende Schiefer-ton-Gestein ist etwas Pyrit-haltig (sog. Schwefelkies FeS_2), so dass ein schwach saures Milieu (gering betonangreifend i.S. von DIN 4030) erwartet werden muss.

Morphologisch stellt der Eichenhofer Weg etwa die Wasserscheide zwischen den Bächen, die nach Süden in Richtung Wupper entwässern und Bachtälern, die nach Norden in Richtung Ennepe/Ruhr entwässern, dar. Der Untergrund ist als ausgesprochen wasserstauend bekannt, sowohl die Verwitterungszone als auch der darunter liegende Tonsteinfels ist nur sehr gering wasserwegig, so dass häufig Staunässe - in Mulden bis zur Geländeoberfläche - festzustellen ist.

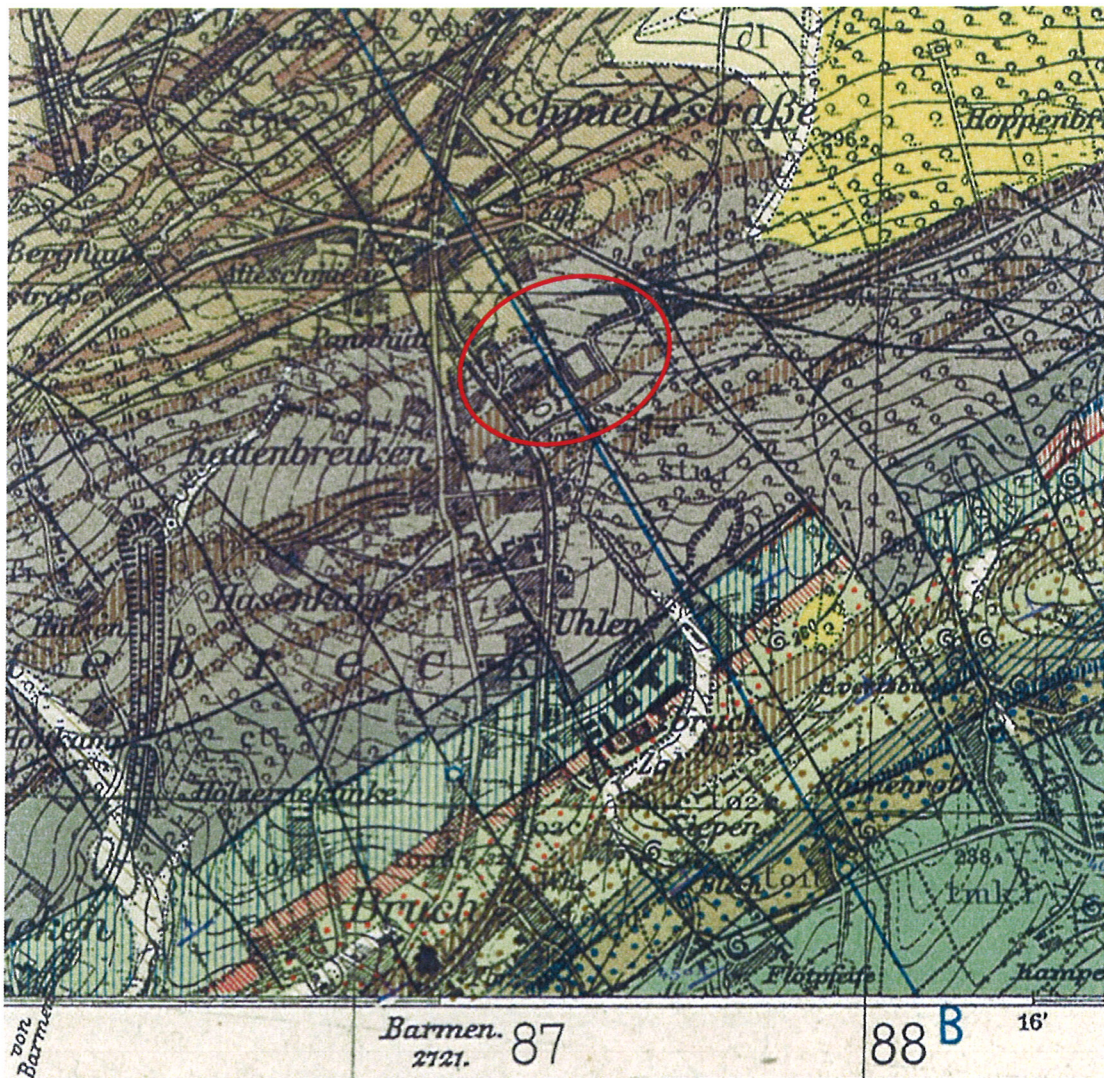


Abb. 1: Auszug aus der Geologischen Karte [U 1], vergrößert

...

Nach Süd-Südosten verläuft schräg durch das Planungsgebiet das Bachtal des Meinebachs, der saisonal aus dieser Staunässe gespeist wird. Schon in der alten Geologischen Karte von 1928 (s. Abb. 1) ist im Lauf des Meinebachs ein rechteckiges Wasserbecken (lokal bekannt als Mühlinghaus-Teich nach dem Namen des hier früher tätigen Landwirtes Mühlinghaus) eingetragen, das nach örtlicher Auskunft in den 1970er Jahren von dem örtlichen Schiffsmodellclub nach Nordosten hin zu der heute sichtbaren Wasserfläche erweitert wurde. Der Ablauf dieses Teiches in Form einer Art Mönch speist ebenfalls den nach Südosten hin abfließenden Meinebach, der Teich selbst fasst im Grunde den unspezifisch verteilten Sickerwasseraustritt in dem von Norden und Osten her fallenden Hang. Westlich des Teiches ist eine weitere wassergefüllte Mulde vorhanden, die die beschriebene Staunässe dokumentiert, die aber auch dem Hydrogeologischen Gutachten des Büros BGU [U 14] keinen direkten Ablauf zum Meinebach aufweist. Bezüglich weiterer Einzelheiten zur Wasserführung und zum Charakter dieses Bachtals sei hier auf [U 13] verwiesen.

Die Geländehöhen in dem Untersuchungsgebiet sind sehr unterschiedlich, vom Eichenhofer Weg bei ca. +314,0 m NN bis zur Südwestecke an der Schmiedestraße/Wittener Straße +302,0 m NN sind über 12 m Gefälle - überwiegend nach Süden - vorhanden. Im westlichen Bereich war früher eine Ausschachtung vorhanden, in der - offensichtlich für die nördlich am Eichenhofer Weg betriebene Ziegelei (auf dem heutigen Gelände der Gerüstbaufirma Engelhardt) - Tonstein gewonnen wurde. Diese Ausschachtung, deren östliche Kante in Abb. 1 noch gut zu erkennen ist, wurde bereits vor Jahrzehnten verfüllt, die Fläche darüber ist derzeit Grünland.

Die ab 1972 erschlossene, vorher landwirtschaftlich genutzte Fläche südlich des Eichenhofer Wegs wurde für die Nutzung als Fertighaus-Ausstellung etwas terrassiert, so dass hier bereits Geländeeingriffe bis 1,5 m in Form von Abtrag und Auftrag vorgenommen wurden.

3.2 Ergebnisse der Rammkernsondierungen und Aufschlussbohrungen

Die in Anlage 2.1 - 2.5 in Form von 5 Profilschnitten aufgetragenen Bodenprofile der Rammkernsondierungen RKS 1 - RKS 30 und der Bohrungen BK 1 bis BK 4 bestätigen grundsätzlich die oben beschriebenen Vorerkenntnisse.

Nahe der Autobahn A 46 (Schnitt Anlage 2.1) wurden **Anschüttungen** von 0,6 - 0,9 m Tiefe festgestellt, wobei es sich bei den entsprechenden Materialien neben Kalksteinschotter zur Parkplatzbefestigung vor allem um umgelagerten, mehr oder weniger stark steinigen und teilweise humos durchsetzten Lehm handelt, anthropogene Verunreinigungen wurden lediglich in Form von vereinzelt Glas-, Keramik- und Schlackenstücken festgestellt. Weiter nach Westen (RKS 3 und RKS 4) nimmt die Mächtigkeit der Anschüttung bis auf 2,90 m Tiefe zu, vermutlich durch die Nähe zur Auffahrt der Autobahn A 46.

Darunter erschien der gewachsene Boden zunächst als **steinfreier bis schwach steiniger Schluff** in meist steifer, örtlich auch steifer bis halbfester Konsistenz, wobei die Steinchen aus Schluffstein und Sandstein bestanden. In die darunter folgende Schicht konnte die Rammkernsonde in der Regel nur noch wenige Dezimeter tief eingeschlagen werden, hier wurde ein **zersetzer Tonstein** in Form von sandig-tonigem Schluff von fester Konsistenz in graubrauner bzw. brauner Färbung festgestellt. Die Aufschlussbohrung BK 3 hatte hier bis 6,0 m Tiefe noch keinen kernfesten Fels ergeben, vielmehr von 1,50 - 4,0 m Tiefe schluffigen Sand, der offenbar aus einer zersetzten Grauwackenbank herrührt.

Die parallel ausgeführten Rammsondierungen mit der Mittelschweren Rammsonde - hier DPM 1, DPM 3 und DPM 5 haben überwiegend eine etwas größere Tiefe erreicht, die Endteufen betragen zwischen 2,4 und 6,0 m unter jetzigem Gelände. Ein gut tragfähiger Untergrund mit Eindringwiderständen der Mittelschweren Rammsonde von durchgängig über $N_{10} = 10$ Schlägen je 10 cm Sondereindringung wird im westlichen Zipfel erst in einer Tiefe von ca. 3,7 m unter

jetzigem Gelände (entsprechend +305,50 m NN) erreicht, während im Norden bei DPM 1 bereits ab ca. +312,0 m NN gut tragfähiger Untergrund vorliegt.

In Anlage 2.2 ist der Schnitt zwischen den Rammkernbohrungen RKS 6 und RKS 13 dargestellt. Die im Bereich der jetzigen Fertighaus-Ausstellung niedergebrachten Bohrungen RKS 6 - RKS 9 haben dabei ebenfalls durchweg nur geringmächtige Anschüttungen bis ca. 1,1 m Tiefe ergeben, darunter folgte auch hier zunächst steinfreier Verwitterungslehm von steifer, teilweise auch nur weicher bis steifer Konsistenz. Ab 1,0 - 2,5 m Tiefe wurde die Konsistenz höher, hier wurde **halbfester bis fester zersetzter Tonsteinfels** erbohrt.

Die Aufschlussbohrung BK 2 unmittelbar neben dem beschriebenen künstlich angelegten Teich ergab bis 2,5 m Tiefe Anschüttung mit vereinzelt Ziegelresten, was ebenfalls als Beleg für die künstliche Anlage des Teiches gewertet werden kann.

Weiter nach Südwesten hin zeigten sich dagegen **mächtigere Anschüttungen**; bei RKS 10 bis RKS 12 wurden Anschüttungen bis ca. 2,5 m Tiefe erbohrt, bei RKS 13 sogar bis 4,0 m Tiefe. Die angeschütteten Böden enthielten durchweg Ziegelstücke, jedoch nur vereinzelt Schlackenstücke; eine **regelrechte Schlackenschicht** wurde lediglich bei der Bohrung RKS 12 von 0,4 - 0,6 m Tiefe erbohrt. Bei der Bohrung RKS 13 war die **Anschüttung ab 2,0 m Tiefe nass** bzw. wassergesättigt. Rings um die Bohrung RKS 12 wurden ergänzend die Bohrungen RKS 12.1 bis 12.4 abgeteuft, die eine nach Osten abnehmende Anschüttungsdicke ergaben (s. Anlage 2.8).

Der darunter folgende gewachsene Boden war teilweise noch 1,0 m tiefer nur von weicher Konsistenz, im Bereich der Endteufen zwischen 3,0 und 3,5 m war überwiegend eine steife bis halbfeste Konsistenz vorhanden. Auch hier können die Rammsondierungen DPM 6, DPM 8, DPM 10 und DPM 12 zur Beurteilung der Festigkeit der anstehenden Schichten herangezogen werden. Die Anschüttungen sind demnach überwiegend nur locker gelagert, wie Eindringwiderstände der Rammsonde von $N_{10} < 5$ Schlägen je 10 cm Sondeneindringung z.B. bei

DPM 10 und DPM 12 noch bis gut 3 m Tiefe anzeigen. In den gewachsenen Zersatzlehmen von mindestens steifer bis halbfester Konsistenz stiegen die Eindringwiderstände sehr schnell an, so dass die Sonde dann wenige Dezimeter tiefer mit hohen Schlagzahlen festkam. Entsprechend ist ein gut tragfähiger Horizont in Tiefen von 2,2 - 3,5 m, bei RKS 13 auch erst in 4,0 m unter Gelände zu erwarten.

Im weiter nach Südosten über die gesamte Geländelänge geführten Schnitt (s. Anlage 2.3) zwischen den Bohrungen RKS 14 und RKS 22 sind die größten Höhenunterschiede zu verzeichnen. Während die Bohrung RKS 14 bei +314,04 m NN angesetzt wurde, liegt das Gelände bei RKS 22 (an der Grenze zu dem vorhandenen Imbiss-Grundstück/früher Tankstellengelände) bei +301,34 m NN, so dass die größte Höhendifferenz sogar 13 m beträgt. In diesem Schnitt wurden durchweg nur geringmächtige Anschüttungen in Stärken von 0,3 - 2,0 m unter Gelände festgestellt, lediglich die Bohrung RKS 19 sticht mit 2,3 m Anschüttungsmächtigkeit (vereinzelt Ziegel- und Metallstücke) etwas heraus.

In der Aufschlussbohrung BK 1 wurden auch nur bis 0,8 m Tiefe anthropogene Beimengungen festgestellt, die darunter bis 2,7 m Tiefe folgenden Schichten scheinen aber im Zuge früherer Erdarbeiten umgelagert worden zu sein.

Der südwestliche Bereich bei RKS 21 und RKS 22 zeigt nur natürliche Ablagerungen in Form einer 0,5 m dicken Mutterbodendecke, unter der sofort der gewachsene Verwitterungslehm beginnt. Auch hier sind die Anschüttungen meist nur locker gelagert bzw. von weicher Konsistenz, da sie überwiegend aus Schluff mit anthropogenen Beimengungen bestehen. Höhere Sondierwiderstände mit $N_{10} \geq 10$ Schlägen je 10 cm Sondeneindringtiefe wurde auch hier in Tiefen von 1,1 - 2,0 m unter Gelände festgestellt.

In Anlage 2.4 ist der Schnitt zwischen den Bohrungen RKS 23 und RKS 28 aufgetragen. Hier ist das Ergebnis der Bohrung RKS 24 bemerkenswert, da dort ab 2,0 m Tiefe ein völlig durchnässtes, verlehmtetes Steingemenge erbohrt wurde, das angesichts der in dieser Tiefe noch teilweise geringen Eindringwiderstände

der Rammsonde möglicherweise auch noch anthropogen umgelagert sein könnte. Die nachträglich im Gelände der Fertighausausstellung abgeteufte Bohrung BK 5 ergab ab 2,0 m Tiefe auch ein verlehmtetes Tonsteingemenge, das aber so zersetzt war, dass es sich noch trocken bohren ließ. Erst ab 8,5 m erschien kernfester Tonsteinfels. Im Übrigen zeigte sich auch hier, dass die südliche Zone vollkommen frei von anthropogenen Anschüttungen ist.

Letztere Aussage wird auch durch das Ergebnis der Bohrungen RKS 29 und RKS 30 im südöstlichen Teil des Grundstücks (s. Anlage 2.5) bestätigt, die unter einer 0,5 m starken Mutterbodendecke zunächst steinfreien Verwitterungslehm von steifer Konsistenz bis 1,1/1,5 m Tiefe und darunter steinig/schluffigen Felsersatz bis 2,1 m Tiefe ergaben.

Insgesamt können die Bodenverhältnisse auf dem Gelände als relativ einheitlich bezeichnet werden, da folgende 3 Hauptbodenschichten mehr oder weniger durchgängig vorkommen:

- anthropogene Anschüttung - überwiegend lehmig mit Steinen durchsetzt, anthropogene Beimengungen in Form von Ziegel- und Schlackenstücken, meist nur von weicher Konsistenz bzw. lockerer Lagerung
- Verwitterungslehm, steinfrei als sandig-toniger Schluff von weicher bis steifer Konsistenz, zur Tiefe hin in steife bis halbfeste Konsistenz übergehend
- mehr oder weniger stark verlehmtetes Steingemenge als zersetzter Fels, überwiegend Ton- und Schluffstein, örtlich jedoch auch Sandsteinstücke als Ergebnis zersetzter Grauwackenbänke; darunter im Verband liegender Fels.

Die Schichtdicken der einzelnen Schichten variieren allerdings deutlich. So wurde anthropogene Anschüttung von 0,3 m bis über 4,0 m Tiefe festgestellt.

3.3 Grundwasserverhältnisse

Ein regelrechter durchgängiger Grundwasserspiegel wurde bei den Rammkernsondierungen nicht festgestellt, allerdings örtlich die erwartete Staunässe in Form von nahezu wassergesättigtem Bohrgut ab ca. 2,0 m Tiefe unter vorhandenem Gelände.

Weitere Erkenntnisse lieferten jedoch die 3 Aufschlussbohrungen BK 1 - BK 3 sowie die ergänzend ausgeführte Bohrung BK 5 bis 20 m Tiefe (s. Anlage 2.6), die alle zum Grundwasser-Entnahmepegel ausgebaut wurden.

In allen 4 zum Pegel ausgebauten Bohrungen stieg der Grundwasserspiegel mit der Zeit kontinuierlich von einem tief liegenden Stand beim Bohren an, wie aus der nachstehenden Tabelle (letzte Messung am 18.07.12 nach lang anhaltenden, ergiebigen Regenfällen) hervorgeht.

Tabelle 1: Wasserspiegelhöhen

Bohrung	OK Gel.	26.03.2012	26.03.2012	18.07.12	18.07.12
	m NN	angebohrt	m NN	u. Gel.	m NN
BK 1	305,17	3,55	301,62	1,70	303,47
BK 2	308,92	2,70	306,22	1,23	307,69
BK 3	311,75	4,00	307,75	2,21	309,29
BK 5	312,81	7,50	308,31	1,76	311,05
Teichspiegel			308,26		308,28

In den Bohrungen BK 1, BK 3 und BK 5 wurden Kurzpumpversuche durchgeführt und der Wiederanstieg über die Zeit gemessen. Die Auswertung in Anlage 3.1 - 3.5 ergibt folgende Durchlässigkeitsbeiwerte:

BK 1: $k_F = 3,70 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

BK 3: $k_F = 2,88 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$

BK 5: $k_F = 1,58 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

Die Bohrungen BK 1 und BK 5 erfuhren dabei den Wasserzustrom i.W. aus dem Tonstein, so dass dafür von einer geringen Durchlässigkeit von ca. $k_F = 10^{-6} \text{ m/s}$ ausgegangen werden kann. Bei BK 3 dominierte dagegen eine offensichtlich aus verwitterter Grauwacke entstandene Sandschicht, die eine um ca. eine Zehnerpotenz höhere Durchlässigkeit lieferte.

Das Grundwasser ist nach den Ergebnissen der chemischen Analytik (s. Anlagen 3.6 ff) leicht sauer (pH-Werte von 5,75 - 6,9), so dass es im Sinne von DIN 4030 als **schwach betonangreifend** einzustufen ist.

Der Gehalt an kalklösender Kohlensäure war bei einer Probe aus der verpegelten Bohrung BK 3 sogar > 40 mg/l, so dass daraus auch ein „starker“ Angriffsgrad i.S. von DIN 4030 ableitbar wäre. Dies ist jedoch offensichtlich nur phasenweise der Fall, so dass sich in der Umgebung des Betons ein neutralisiertes Milieu bilden wird, da nur sehr wenig neues, wieder kalklösendes Grundwasser nachströmen kann. Sofern keine Pfahlgründung errichtet wird, genügt eine Bemessung der Betonrezeptur auf den schwachen Angriffsgrad.

Für eine energetische Nutzung des strömenden Grundwassers in einer Geothermie-Anlage besteht angesichts der nur geringen Wasserergiebigkeit des Untergrundes keine Möglichkeit. Dagegen verspricht der Tonstein-Untergrund der Oberkarbonischen Schichten nach der Digitalen Karte des Geologischen Dienstes NRW (Ausgabe 2004) in diesem Bereich eine gute Ergiebigkeit für flache Geothermie mit Wärmetauscher-Sonden bis ca. 100 m: hier ist eine geothermische Ergiebigkeit von 115 – 120 kWh/(m*a) bei 1800 Betriebsstunden pro Jahr zu erwarten. Der Fels kann dabei vorrangig als Wärmespeicher angesehen werden, so dass die Ergiebigkeit verlässlicher wird, wenn in der Sommerperiode die Wärmetauscher auch zur Kühlung der Gebäude eingesetzt werden. Genauere Aussagen hierzu können nur durch einen Geothermal Response Test in einem entsprechend tiefen Bohrloch gewonnen werden.

3.4 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

In Anlage 4 sind die Protokolle von bodenmechanischen Laborversuchen an ausgewählten Bodenproben beigefügt. Zusammenfassend wurden folgende Klassifizierungsmerkmale bzw. Kenngrößen bestimmt (s. Tabelle 2):

Tabelle 2: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Bohrung	Tiefe [m]	Bodengruppe nach DIN 18196	Konsistenzzahl I_c [./.]	Plastizitätszahl I_p [%]	Wassergehalt w_N [%]	Proctordichte ρ_{cm^3} [g/cm ³]
BK 3	1,5-4,0	ST	1,61	8,7	16,7	1,767 $w_{opt} = 17,3 \%$
BK 3	4,0-5,75	SU - ST	2,00	7,9	14,8	1,915 $w_{opt} = 12,8 \%$
RKS 7/8/9 und RKS 15/16	0,6 - 2,3	UM-TM	1,23	18,8	17,4	-
RKS 7	1,0-2,3				13,7	
RKS 8	1,0-2,0				15,8	
RKS 9	1,3-2,5				20,9	
RKS 15	0,6-1,3				20,1	
RKS 16	1,0-2,3				16,7	
RKS 10a Teichgrund	0,7-0,9	OU-TU	flüssig	Glühverlust 7,3 %	31,9	

3.5 Rechnerische Bodenkennwerte

Für die angetroffenen Bodenarten kann nach den beschriebenen Laborversuchen und nach örtlicher Erfahrung von folgenden rechnerischen Bodenkennwerten im Sinne von charakteristischen Werten nach DIN 1054 (Ausgabe 2005-01) ausgegangen werden:

- Anschüttungen, weich bzw. locker gelagert

Ersatz-
reibungswinkel $\varphi = 30^\circ$
Kohäsion $c = 0$
Wichte $\gamma = 19$ kN/m³

- Verwitterungslehm, steinfrei, weich bis steif

Reibungswinkel $\varphi = 27,5^\circ$
Kohäsion $c = 5$ kN/m²
Wichte $\gamma = 20/11$ kN/m³
Steifemodul $E_s = 8 - 12$ MN/m²

- Verwitterungslehm in steifer bis halbfester Konsistenz

Reibungswinkel $\varphi = 27,5^\circ$
Kohäsion $c = 20$ kN/m²
Wichte $\gamma = 22/12$ kN/m³
Steifemodul $E_s = 20-40$ MN/m²

...

- Steingemenge/zersetzter Fels (Sondierwiderstände über 30 Schläge je 10 cm)

Ersatz		
Reibungswinkel	$\varphi = 37,5^\circ$	
Kohäsion	$c = 0$	kN/m ²
Wichte	$\gamma = 23/13$	kN/m ³
Steifemodul	$E_s = 70 - 150$	MN/m ² .

Für die Erdarbeiten werden folgende Bodenklassen im Sinne von DIN 18300 erwartet:

- Mutterboden bis 0,5 m Stärke	Bodenklasse	1
- Teichsohle/Schlamm	Bodenklasse	2
- Anschüttungen, überwiegend aus Lehm mit Steinen, örtlich auch Kalksteinschotter aus Befestigungen	Bodenklassen	3 - 4
- Verwitterungslehm, steinfrei, weiche bis steife Konsistenz	Bodenklasse	4
- zersetzter Tonsteinfels, halbfeste bis feste Konsistenz	Bodenklasse	5 - 6.

Fels der Bodenklasse 7 ist bis zu den erreichten Endteufen der Rammkernsondierungen noch nicht zu erwarten. Kernfester Tonsteinfels wurde nur bei der tiefen Bohrung BK 5 ab 8,5 m Tiefe erbohrt. Darin können allerdings auch weniger verwitterte Grauwackenbänke und Quarzitbänke auftreten, die teilweise auch noch sehr hart sein können, so dass dann hierfür bankweise nach örtlichem Aufmaß die Bodenklasse 7 angezeigt sein kann. Das Kriterium für diese Bodenklasse ist eine Bankmächtigkeit über 15 cm. Die Gesteinsfestigkeit der Grauwacken kann 100 - 150 MN/m² betragen, Quarzitbänke auch bis 250 MN/m².

Der Tonsteinfels hat eine einaxiale Druckfestigkeit von < 80 MN/m² und ist noch mit schwerem Bagger reißbar; ab 30 cm Bankmächtigkeit ist er jedoch ebenfalls in die Bodenklasse 7 einzustufen.

4. Beurteilung der anthropogenen Boden-Verunreinigungen

4.1 Bekannte Vorerkenntnisse

Mit den Gutachten [U 5] bis [U 8] aus 1988 bis 1997 liegen bereits einige Vorerkenntnisse bezüglich anthropogener Anschüttungen zur Wiederverfüllung der im westlichen Bereich gelegenen früheren Ausschachtung ebenso wie zu dem früheren Tankstellengelände auf dem Grundstück Schmiedestraße 83 vor, wobei letzteres derzeit als Imbiß genutzt wird.

In Anlage 2.9 sind die heranzuziehenden Ergebnisse aus dem Gutachten [U 7] der Firma HarreßPickel Consult dargestellt, nach denen anthropogene Anschüttungen bis 2,9 m unter Gelände über dem beschriebenen verwitterten Tonsteinuntergrund erbohrt worden waren. Chemische Analysen aufgrund von damals festgestellten organoleptischen Auffälligkeiten (örtlich schwacher Dieselgeruch im Bereich der ehemaligen Erdtanks, Ziegelbruchbeimengungen etc.) ergaben nur geringfügig erhöhte Konzentration an BTEX-Aromaten in der Bodenluft sowie eine leicht erhöhte Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK's nach US-EPA) < 5 mg/kg und aliphatischen Kohlenwasserstoffen von ca. 100 mg/kg.

Vergleichbare Ergebnisse liegen mit den Gutachten [U 8] von 1988 vor, wobei ebenfalls keine relevanten Bodenluftbelastungen festgestellt wurden.

4.2 Organoleptische Beurteilung des angetroffenen Anschüttungsmaterials

Die bei unseren Untergrunderkundungen wie beschrieben bis 4,0 m Tiefe erbohrten **anthropogenen Anschüttungen** sind überwiegend mit Ziegelschutt, teilweise auch mit einigen Schlackenstücken durchsetzt. Daraus kann erfahrungsgemäß sowohl eine erhöhte Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen herrühren, da beim Brennen der Ziegel in dem dazu eingesetzten Ton vorhandene organische Substanz nicht immer vollständig aus-

geglüht ist, zum Anderen ist an Ziegelschutt von Mauerwerk auch durchaus mit isolierenden, teerhaltigen Anstrichen zu rechnen.

Darüber hinaus wurde bei der Bohrung RKS 12 etwa im Zentrum der zu vermutenden ehemaligen Tonsteingrube eine lokale Belastung mit Schlackenstücken und vereinzelt Kunststoffresten festgestellt. Eine nach Vorabstimmung mit der Bodenschutzbehörde hier angesetzte ergänzende Erkundung mit den Bohrungen RKS 12.1 bis RKS 12.4 ergab, dass diese organoleptisch wahrnehmbare Belastung auch nach Südwesten hin vorliegt, allerdings auf einen Bereich von ca. 20 m Breite (gesehen in Nord-Süd-Richtung) eingegrenzt werden kann (s. Anlage 2.8). In diesem Bereich wird eine Vorausschachtung der Anschüttung empfohlen, die zugehörige chemische Analytik ist in Abschnitt 4.3 erläutert.

4.3 Untersuchungsumfang

Da bei den späteren Erdarbeiten nach Möglichkeit Bodenumlagerungen zur Einebnung der gesamten Fläche erfolgen soll, wurde zunächst eine abfallrechtliche Untersuchung des in den Abtragsbereichen zu erwartenden Anschüttungsmaterials vorgenommen (s. Anlage 5.1 ff).

In 3 Mischproben aus organoleptisch weitgehend unauffälligen Bereichen (anthropogene Verunreinigungen nur in Form von Ziegelstücken und vereinzelt Schlackenstücken) wurden dabei folgende Feststoffproben analysiert:

Tabelle 3: Auswahl der Proben für die Analytik

Probenbezeichnung	Materialzusammensetzung	Parameterumfang
MP 1/11 Auffüllung: - RKS 10 (1,2 - 1,4 m) - RKS 11 (0,5 - 2,0 m)	umgelagertes Bodenmaterial mit Ziegelstücken und einzelnen Schlackenstücken	PAK's nach US-EPA, KW-Index, EOX und Schwermetalle nach AbfKlärV zzgl. Arsen
MP 2 Auffüllung: - RKS 13 (1,0 - 2,0 m) (3,0 - 4,0 m)	steiniger Lehm mit wenig Schlacken- und Ziegelstücken	dto.
MP 3 Auffüllung: - RKS 19 (0,3 - 1,0 m) (1,5 - 3,0 m)	umgelagertes Bodenmaterial mit vereinzelt Schlacken- und Ziegelstücken	dto.
EP 12.1 - RKS 12 (0,4 - 0,6 m)	Schlackenstücke mit einzelnen Ziegeln	dto.
EP 12.2 - RKS 12 (1,5 - 2,5 m)	Sand mit Ziegel- und Schlackenstücken	dto.
MP 12.1 - RKS 12.1 (0,5 - 3,9 m)	umgelagertes Bodenmaterial mit vereinzelt Ziegelstücken, örtlich Metallstücke	dto.
MP 12.2 - RKS 12.2 (0,5 - 2,6 m)	umgelagertes Bodenmaterial mit Ziegel- und Schlackenstücken	dot
MP 12.3 - RKS 12.3 (0,5 - 3,0 m)	umgelagertes Bodenmaterial mit nur vereinzelt Ziegel- und Schlackenstücken	dto.
MP 12.4 - RKS 12.4 (0,6 - 2,5 m)	umgelagerter steinfreier Lehm mit Ziegel- und Schlackenstücken	dto

Zusätzlich wurden 5 Mischproben aus den erwarteten Abtragsbereichen für Untersuchungen bezüglich des denkbaren Schadstoffpfades „Boden - Grundwasser“ nach der BBodSchV (1998) ausgewählt (s. Tabelle 4):

Tabelle 4: Probenauswahl für chemische Analysen zum Schadstoffpfad Boden - Grundwasser

Probenbezeichnung	aus Bohrung	Zusammensetzung	Parameterumfang
MP BK 2	BK 2: 0,1 - 2,5 m	Anschüttung (Lehm mit Ziegelstücken)	Säuleneluat nach BBodSchV
MP BK 4	BK 4: 0,0 - 1,4 m		dto.
MP 14/16/17	RKS 14: 0,3 - 2,0 m RKS 16: 0,3 - 1,0 m RKS 17: 0,2 - 0,6 m	Anschüttung (Lehm mit vereinzelt Mörtel- und Schlackenstücken)	dto.
MP 4/5	RKS 4: 0,0 - 2,6 m RKS 5: 0,0 - 0,8 m	Anschüttung (Lehm mit Ziegelstücken, vereinzelt Glas-, Keramik- und Schlackenstücken)	dto.
MP 7/8	RKS 7: 0,0 - 0,6 m RKS 8: 0,0 - 0,8 m	Anschüttung (Lehm mit Kiesel- und Steinen)	dto.

4.4 Ergebnisse der Chemischen Analytik

4.4.1 Feststoffanalytik

An den 3 beschriebenen repräsentative Mischproben aus der Auffüllung und den 6 Einzel- bzw. Mischproben aus dem organoleptisch auffälligen, umgelagerten Boden-/Felsbruchmaterial der RKS 12 wurden zur orientierenden chemischen Analytik Feststoff-Analysen auf die relevanten Parameter der PAK's nach US-EPA, des KW-Index, des EOX-Summengehaltes und der Schwermetalle der Abf-KlärV zzgl. Arsen vorgenommen.

Die Analysenergebnisse sind in Anlage 5 als entsprechende Prüfberichte der Fa. Eurofins beigelegt und in den nachfolgenden Tabellen 4 bis 6 parameter-spezifisch zusammenfassend dargestellt.

Zur Darstellung und Bewertung der in der Originalsubstanz bzw. im DEV S7–Aufschluss nachgewiesenen Stoffgehalte hinsichtlich einer evtl. Gefährdung über die verschiedenen Wirkungspfade sind die Beurteilungswerte für den Wirkungspfad Boden – Sickerwasser - Grundwasser vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG, 2001; eine Überschreitung zeigt auf jeden Fall einen weiteren Untersuchungsbedarf für diesen Wirkungspfad an) und die Vorsorgewerte der BBodSchV (1999) bzw. die angepassten Hintergrundwerte der Stadt Wuppertal (bei Unterschreiten dieser Werte können Gefährdungen weitestgehend ausgeschlossen werden) ergänzend mit aufgeführt. Zudem sind in den nachfolgenden Tabelle 5 und 6 zur orientierenden Beurteilung der ermittelten Stoffgehalte hinsichtlich des Wirkungspfad „Boden – Grundwasser“ die Prüfwerte der aktuellen und auch zukünftigen gewerblichen Nutzung der BBodSchV (1999) mit angegeben.

Zur ersten orientierenden Bewertung der Entsorgungsmöglichkeiten im Sinne des KrW-/AbfG (1994) werden die Analysenergebnisse zusätzlich noch den verschiedenen Zuordnungswerten für Feststoffe der Mitteilung 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA 2004) für Boden- bzw. Bauschuttmaterialien gegenübergestellt.

Tabelle 5: Analysenergebnisse im Königswasseraufschluss, Schwermetalle: alle Angaben in [mg/kg]

Probenbezeichnung	As	Pb	Cd	Cr _(ges)	Cu	Ni	Hg	Zn
MP 1	8,9	29	0,2	23	23	21	0,08	74
MP 2	9,8	50	0,7	36	34	33	0,13	120
MP 3	9,0	34	0,4	32	27	32	0,09	97
EP 12.1	6,0	35	0,8	64	41	71	0,09	122
EP 12.2	25,6	234	0,6	51	82	29	0,60	290
MP 12.1	14	140	2,0	23	32	35	0,17	560
MP 12.2	9,0	54	0,38	26	25	26	0,11	150
MP 12.3	9,5	140	0,67	27	130	27	0,098	250
MP 12.4	13	150	0,58	30	35	39	0,13	150
Vorsorgewerte BBodSchV – Lehm/Schluff	k.A.	70	1	60	40	50	0,5	150
angepasste Hintergrundwerte der Stadt Wuppertal	10	130	--	--	--	--	--	270
Prüfwerte BBodSchV - Gewerbe-/Industriefl.	140	2.000	60	1.000	k.A.	900	80	k.A.
Beurteilungswerte für Boden (HLUG 2001)	150	500	5	500	300	250	5	750
LAGA Z 1.1 - Boden	30	200	1	100	100	100	1	300
LAGA Z 1.2 - Boden	50	300	3	200	200	200	3	500
LAGA Z 2 – Boden	150	1.000	10	600	600	600	10	1.500

Die Überschreitung eines Vorsorgewertes und angepassten Hintergrundwertes der Stadt Wuppertal ist durch **Fettdruck und Unterstrich** gekennzeichnet, k.A. = keine Angaben,

In den untersuchten Auffüllungsmischproben aus dem Bereich um RKS 12 wurden für die Parameter Arsen, Blei, Kupfer und Zink vereinzelt Stoffgehalte nachgewiesen, die nur geringfügig oberhalb der Vorsorgewerte der BBodSchV (1999) bzw. der angepassten Hintergrundwerte der Stadt Wuppertal liegen. Für die Mischproben MP 1 bis MP 3 aus den Abtragsbereichen werden alle Vorsorgewerte unterschritten.

Die Beurteilungswerte nach HLUG (2001) für die anorganischen Schadstoffe werden für keine der untersuchten Proben überschritten.

Die zur ersten orientierenden Beurteilung mit aufgeführten nutzungsbezogenen Prüfwerte der BBodSchV (1999) für Oberboden für die derzeitige sowie zukünftig vorgesehene Nutzung als Gewerbefläche werden ebenso wie die abfalltechnischen **LAGA-Zuordnungswerte Z 1.1** für Boden-/Bauschuttmaterialien durchweg unterschritten.

Anmerkung: Die BBodSchV schreibt für den direkten Abgleich von Analyseergebnissen mit den nutzungsbezogenen Prüfwerten eine entsprechend repräsentativ und horizontbezogen durchgeführte Oberboden-Mischprobenentnahme vor. Der Abgleich der hier vorliegenden Analyseergebnisse mit den nutzungsbezogenen Prüfwerten der BBodSchV (1999) hat aufgrund der stichpunkthaft durchgeführten Probenentnahmen über den gesamten Auffüllungshorizont daher nur einen orientierenden Charakter.

Eine eventuelle Gefährdung durch Mobilisierung von anorganischen Schadstoffen über den Wirkungspfad Boden – Sickerwasser – Grundwasser kann wegen der nur z.T. und dann auch nur geringfügig erhöhten Schwermetallgehalte ausgeschlossen werden.

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die Konzentrationen der untersuchten **organischen Parameter** der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe - PAK's nach US-EPA mit deren Einzelverbindungen Naphthalin und Benzo(a)pyren (BaP) sowie die Summengehalte für Kohlenwasserstoffe (KW-Index), extrahierbare organische Halogenverbindungen (EOX) und der anorganische Parameter Cyanid ges. (Salze der Blausäure) aus allen durchgeführten Untersuchungen zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 6: Analysenergebnisse in der Originalsubstanz: alle Angaben in [mg/kg]

Probenbezeichnung	Σ PAK-EPA	B(a)p	Naphthalin	KW-Index	EOX	Cyanide ges.
MP 1 → Säuleneluat	<u>10,6</u>	0,8	<0,05	<40	<0,1	<0,5
MP 2 → Säuleneluat	<u>19,4</u>	1,4	0,2	250	< 0,1	<0,5
MP 3	n.b.	<0,05	<0,05	40	< 0,1	<0,5
EP 12.1	<u>19,5</u>	1,4	0,1	4300	< 0,1	<0,5
EP 12.2	653	33	0,8	1200	< 0,1	<0,5
MP 12.1	<u>15,6</u>	1,1	<0,05	40	< 0,1	<0,5
MP 12.2	9,82	0,85	<0,05	100	< 0,1	<0,5
MP 12.3	<u>10,9</u>	0,92	0,05	68	< 0,1	<0,5
MP 12.4	86,7	5,8	0,63	210	< 0,1	<0,05
Vorsorgewert BBodSchV – Humus 8 % (> 8 %)	3 (10)	0,3 (1)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Prüfwerte BBodSchV - Wohngebiete	k.A.	4	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Prüfwerte BBodSchV - Gewerbe-/Industriefl.	k.A.	12	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Beurteilungswerte für Boden (HLUG 2001)	25	1	5	2.500	k.A.	(5 - l.fr.)

Die Überschreitung eines Vorsorgewertes ist durch **Fettdruck** und die eines HLUG-Prüfwertes ist zusätzlich durch **Schraffur** gekennzeichnet, n.b. = nicht berechenbar, da alle Einzelstoffgehalte < der technisch bedingten Bestimmungsgrenze, der Beurteilungswert (5 - l.fr.) bezieht sich auf den Stoffgehalt für leicht freisetzbare Cyanide

Für die Parameter EOX wurden demnach keine Stoffgehalte oberhalb der technisch bedingten Bestimmungsgrenze von < 0,5 mg/kg (EOX) bzw. < 50 mg/kg

(KW-Index) nachgewiesen. Der KW-Index ist dagegen in dem identifizierten Belastungsschwerpunkt um RKS 12 herum bis deutlich oberhalb des HLUg – Orientierungswertes von 2.500 mg/kg erhöht (s. Tabelle 5). Die übrigen, lokal nachgewiesenen KW-Index – Gehalte liegen deutlich unterhalb des HLUg – Orientierungswertes.

Der EOx-Wert kann als Hinweis auf Lösungsvermittler wie halogenierte Kohlenwasserstoffe gewertet werden; da dieser Wert durchweg unterhalb der Nachweisgrenze liegt, ist die mögliche Lösemittelkonzentration zu vernachlässigen.

Nach Vergleich mit den mit aufgeführten Prüfwerten der BBodSchV (1999) für den Wirkungspfad Boden – Mensch bei "direktem Kontakt" wird auch der Prüfwert für die PAK-Einzelverbindung Benzo(a)pyren (BaP) von 12 mg/kg für die aktuelle und zukünftige Nutzung als Gewerbefläche nur bei der Einzelprobe EP 12.2 überschritten.

Anmerkung: Die BBodSchV schreibt für den direkten Abgleich von Analyseergebnissen mit den nutzungsbezogenen Prüfwerten eine entsprechend repräsentativ und horizontbezogen durchgeführte Oberboden-Mischprobenentnahme vor. Der Abgleich der hier vorliegenden Analyseergebnisse mit den nutzungsbezogenen Prüfwerten der BBodSchV (1999) hat aufgrund der stichpunkthaft durchgeführten Probenentnahmen über den gesamten Auffüllungshorizont daher nur einen orientierenden Charakter.

Für die **Summe der PAK's nach US-EPA** wird in fast allen Proben (auch aus den Voruntersuchungen) der Vorsorgewert der BBodSchV (1999) von max. 10 mg/kg überschritten. Auch der Orientierungswert nach HLUg (2001) von 25 mg/kg wird in 2 Proben überschritten (s. Tabelle 5). PAK's entstehen bei unvollständiger Verbrennung von organischer Substanz und sind daher häufig in Ziegeln, Aschen und Schlacken, aber auch in Steinkohlenteer-Verbindungen wie in Isolieranstrichen und Schwarzdecken zu finden.

Der Bereich um die Bohrung RKS 12 - abgegrenzt einschl. der Bohrung RKS 12.1 und 12.4 muss demnach als PAK-kontaminiert eingestuft werden.

Das Verteilungsmuster der PAK-Einzelstoffe nach US-EPA in den untersuchten Auffüllungsproben MP 1 - MP 3 zeigt ein deutliches Vorherrschen der höher siedenden und entsprechend geringer wasserlöslichen Einzelstoffe. So liegt z.B. Benzo(a)pyren (BaP) in den Proben zwischen 5 und 10 Massen-%, dagegen Naphthalin (das als Verbindung aus nur 2 Benzolringen besser wasserlöslich ist) durchweg nur bei < 0,5 Massen-%. Die PAK-Einzelstoffverteilungen, wie sie in den untersuchten, überwiegend ziegel- und schlackehaltigen Auffüllungsmaterialien vorgefunden wurden, sind typisch z.B. für teerhaltige Anstriche auf erdberührtem Mauerwerk oder für nicht voll ausgeglühte Schlacken. Für solche teerhaltigen Produkte sind ohne entsprechende Lösungsvermittler (z.B. Mineralölphasen, BTEX, LHKW, die hier außer bei RKS 12 weder analytisch noch geruchlich in relevanten Mengen nachgewiesen) keine grundwasserrelevanten Löslichkeiten zu befürchten.

4.4.2 Belastung im Säuleneluat nach BBodSchV

Diese zunächst materialbezogen abgeleitete geringe PAK-Wasserlöslichkeit wird durch die nachträglich orientierend im wässrigen Säuleneluat nach der BBodSchV durchgeführte PAK – Analytik an einer Summen-Mischprobe aus MP 1 - MP 3 ebenso wie für die im Nachgang nochmals einzeln untersuchten Proben MP 1 und MP 3 bestätigt (s. Anlage 6.1 ff). Die PAK-Konzentrationen des Säuleneluates liegen durchweg unter der Nachweisgrenze, der Prüfwert der BBodsSchV (1999) von 0,2 µg/l wird für keine der Proben erreicht (s. Tab. 7).

Tabelle 7: Analysenergebnisse im Säuleneluat – organische Parameter, alle Angaben [µg/l]

Probenbezeichnung	Σ PAK nach US-EPA
Mischprobe MP 1 - MP 3	n.b. (< 0,01)
MP 1	n.b. (< 0,01)
MP 2	0,13
Prüfwert BBodSchV (1999)	0,2

n.b. = nicht berechenbar, da alle Einzelstoffgehalte < der technisch bedingten Bestimmungsgrenze von < 0,01 µg/l liegen

Ausgehend von den lokal im Feststoff ermittelten erhöhten PAK-Stoffgehalten ist unter Berücksichtigung der vorliegenden PAK-Einzelstoffverteilung mit den daraus ableitbaren physikalischen Eigenschaften, den nicht nachgewiesenen Lösungsvermittlern und der nachträglich im wässrigen Säuleneluat der auffälligsten Proben bestätigten geringen PAK-Löslichkeit nach dem derzeitigen Kenntnisstand für das Material aus MP 1 bis MP 3 keine Gefährdung für den relevanten Wirkungspfad Boden – Sickerwasser – Grundwasser abzuleiten.

Die Zone um RKS 12 ist dagegen so hoch mit PAK's belastet, dass hier eine lokale Auskofferung erforderlich erscheint.

In Anlage 6.10 ff sind die Ergebnisse weiterer Säuleneluat-Untersuchungen nach der BBodSchV für die in Tabelle 4 dargestellten Proben aus den Bereichen beigefügt, die Abtrag liefern werden. Im Ergebnis sind hier bezüglich Lösemitteln und Schwermetallen keine besonderen Sickerwasserbelastungen festzustellen. Bezüglich der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe - PAK's sieht es nach Tabelle 8 allerdings anders aus:

Tabelle 8: Analysenergebnisse am Säuleneluat [µg/l]

Probenbezeichnung	Σ PAK nach US-EPA
MP BK 2	0,84
MP BK 4	0,26
MP 14/16/17	0,068
MP 4/5	n.b. (< 0,01)
Prüfwert BBodSchV (1999)	0,2

n.b. = nicht berechenbar, da alle Einzelstoffgehalte < der technisch bedingten Bestimmungsgrenze von < 0,01 µg/l liegen

Die für die Probe MP BK 2 festgestellte PAK-Belastung im Säuleneluat weist auf eine ungünstige Sickerwasserzusammensetzung hin, wobei die Belastung in Form von Dreiring- bzw. Vierring-Aromaten (Fluoren, Fluoranthren, Pyren) besteht, die eigentlich kaum bzw. gar nicht wasserlöslich sind. Dennoch kann aus der Anschüttung bei BK 2 eine Grundwassergefährdung nicht restlos ausgeschlossen werden, so dass eine Umlagerung von hier anfallendem Aushubmaterial nicht ohne Zusatzmaßnahmen in Frage kommt.

Die Belastung des Säuleneluates mit PAK's bei der Mischprobe aus BK 4 stellt nur eine geringe Überschreitung des Prüfwertes nach der BBodSchV dar, so dass vor dem Hintergrund der nur geringen Wasserdurchlässigkeit des Tonsteinuntergrundes und der besonderen Retentionsfähigkeit der Tonpartikel im Boden hieraus keine Gefährdung der Grundwasserqualität abzuleiten ist.

4.5 Zusammenfassende Bewertung und Gefährdungsabschätzung

An Felduntersuchungen wurden vorliegend rasterförmig insgesamt 5 Kernbohrungen und 34 Rammkernsondierungen mit entsprechenden Bodenprobenentnahmen durchgeführt. Da an dem Probenmaterial aus dem Bohrloch der RKS 12 lokal organoleptisch wahrnehmbar eine Belastung der bis 4 m Tiefe reichenden Anschüttung festgestellt wurde, wurde hier die Untersuchung verdichtet.

Die Bodenaufschlüsse ergaben unterhalb der überwiegend begrünten Freiflächen ein Auffüllungsgemisch aus überwiegend umgelagerten Boden-/Felsbruchmaterialien mit unterschiedlichen Beimengungen an Bauschutt- und Schlackenmaterialien.

Im Liegenden der Auffüllungen stehen Verwitterungsböden an, die sich aus tonigen, feinsandigen bis kiesigen und steinigen, hellbraunen bis rotbraunen Schluffen zusammensetzen und daher eine geringe Wasserdurchlässigkeit und gute Retentionsfähigkeit vor allem für organische Schadstoffe aufweisen. . Zur Tiefe hin ist häufig eine Zunahme an Gesteinsbruchstücken zu verzeichnen. Die Mächtigkeiten dieser überwiegend bindigen Sedimente betragen mindestens 3 - 4 m, erst im Trennflächengefüge des darunter folgenden, wenig wasserdurchlässigen Tonsteins steht Grundwasser an, das kaum mobil und für eine Nutzung viel zu wenig ergiebig ist. An der Auffüllungsbasis sind allerdings oberhalb der bindigen, quartären Sedimente Staunässehorizonte, insbesondere nach der vorgesehenen Teilentsiegelung, zu erwarten

Organoleptisch auffälliges Auffüllungs- und Boden-/Felsmaterial wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nur im Bereich der Bohrung RKS 12

wahrgenommen. Die nachträglich unmittelbar um die RKS 12 angeordneten Bohrungen RKS 12.1 – RKS 12.4 zeigten keinen auffälligen Geruch mehr.

Von den mittels Rammkernsondierungen gewonnenen Bodenproben wurden aufgrund der verschiedenen Materialzusammensetzungen (natürlicher Boden/Felsbruch/ Kies mit unterschiedlichen Beimengungen an Bauschutt- und Aschen-/ Schlackenanteilen) bzw. organoleptischer Auffälligkeiten 14 repräsentative Misch- bzw. Einzelproben zur chemischen Feststoffanalytik ausgewählt. Der Umfang der Untersuchungsparameter wurde - abgestimmt auf die vorgefundene Materialzusammensetzung (Bauschutt, Aschen und Schlacken) - in den Auffüllungen auf die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK's nach US-EPA), aliphatische (Mineralöl-) Kohlenwasserstoffe (KW-Index), extrahierbare organisch gebundene Halogenverbindungen (EOX) und die Schwermetalle der AbfKlärV. zzgl. Arsen im Königswasseraufschluss begrenzt.

Aufgrund einzelner erhöhter PAK- Gehalte wurden ergänzende Eluatuntersuchungen gemäß den Vorgaben der BBodSchV (1999) und LUA NRW (2002) an den Feststoffproben aus zur Wiederverwertung vorgesehenen Bereichen durchgeführt.

Vor dem Hintergrund der dabei vorgefundenen Boden-/Auffüllungssituation und der festgestellten chemischen Stoffgehalte für die Medien Boden und Sickerwasser kann folgende orientierende Bewertung zur Gefährdungsabschätzung hinsichtlich Altlastenverdacht für das untersuchte Betriebsgelände als Altstandort bzw. Altablagerung abgegeben werden:

Beurteilung des Wirkungspfad es Boden - Mensch ⇒ direkter Kontakt

Die an den stichpunktartig aufgeschlossenen Auffüllungsmaterialien durchgeführten, orientierenden chemischen Analysen ergaben - abgesehen von der kontaminierten Zone um RKS 12 - weder für den Leitparameter der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe, *Benzo(a)pyren (BaP)* noch für die

Schwermetalle erhöhte Stoffgehalte, die auf eine konkrete Überschreitung eines nutzungsbezogenen Prüfwertes der BBodSchV für den Wirkungspfad: „Boden - Mensch \Rightarrow direkter Kontakt“ auf Gewerbeflächen hinweisen.

Anmerkung: Ein unmittelbarer Vergleich mit den nutzungsbezogenen Prüfwerten der BBodSchV (1999) ist nur bei einer entsprechend repräsentativen Oberbodenprobenahme mit entsprechender Analytik des relevanten, abgetrennten Feinkornanteils (< 2 mm) möglich.

Eine Gefährdung über den Wirkungspfad „direkter Kontakt“ Boden - Mensch kann daher für die geplante gewerbliche Nutzung mit fast vollständiger Versiegelung nicht abgeleitet werden.

Bei den vorgesehenen Neubaumaßnahmen mit nur geringen unversiegelten Flächen über Auffüllungsbereichen ist in diesem Zusammenhang zu beachten, dass in den nicht versiegelten Bereichen die Unbedenklichkeit (Einhaltung der nutzungsbezogenen Prüfwerte der BBodSchV) der oberflächlich anstehenden Auffüllungen durch entsprechend repräsentative Oberbodenuntersuchungen gemäß den Vorgaben der BBodSchV (1999) bestätigt wird bzw. diese Bereiche durch nachweislich unbelastetes (d.h. die Vorsorgewerte der BBodSchV einhaltendes), natürliches Oberbodenmaterial in einer Stärke von mindestens 0,5 m abgedeckt werden.

Beurteilung des Wirkungspfad es Boden – Sickerwasser – Grundwasser

Die orientierenden chemischen Analysen an den großflächig vorgefundenen, bis zu 4 m mächtigen Auffüllungsmaterialien mit z.T. deutlichen anthropogenen Beimengungen ergaben lokal auffällige Stoffgehalte **geringfügig oberhalb der Vorsorgewerte der BBodSchV** (1999) bzw. der angepassten Hintergrundwerte der Stadt Wuppertal für einzelne Schwermetalle und für die Summe der PAK's nach US-EPA. Für die Parameter *Summe der PAK's* nach US-EPA wurde an 3 Proben auch eine Überschreitung des Beurteilungswertes nach HLUG (2001 – „hoher“ Schadstoffgehalt hinsichtlich einer möglichen Grundwassergefährdung) festgestellt.

Aufgrund der allgemeinen chemisch-physikalischen Stoffeigenschaften der - mit Ausnahme bei RKS 12 - vorgefundenen Schadstoffe (zu erwarten sind in dem Bauschutt sowie an den Ziegeln und Schlacken überwiegend oxydisch gebundene und somit schwer wasserlösliche Schwermetalle bzw. bei den PAK's nach US-EPA liegen überwiegend höhersiedende und somit nur gering wasserlösliche PAK-Einzelverbindungen vor und entsprechende Lösungsvermittler (z.B. BTEX / LHKW, freie Ölphasen, etc. wurden nicht nachgewiesen) ist in Verbindung mit den zusätzlich durchgeführten Löslichkeitsuntersuchungen gemäß BBodSchV (1999) und LUWA-NRW(2001) eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser über den Wirkungspfad Boden - Sickerwasser – Grundwasser, auch nach einer teilweisen Entsiegelung der Auffüllungsbereiche, nicht ableitbar.

Eine Ausnahme stellt die erkannte örtliche Kontamination im Bereich der Bohrung RKS 12 dar. Hier wurden lokal hohe PAK- und KW-Belastungen festgestellt, so dass hier eine Zone von geschätzt $30 \times 20 \times 3,4 = 2000 \text{ m}^3$ Anschüttung ausgehoben und fachgerecht unter fachgutachterlicher Begleitung entsorgt werden soll. Die bei der Bohrung BK 2 festgestellte PAK-Belastung im Säulenequat wird durch die Ausschachtung für das Parkdeck beseitigt werden.

Gegen die geplante großflächige Überbauung des Geländes mit weitgehender Versiegelung bestehen dann unter umwelthygienischen Gesichtspunkten keine Bedenken.

4.6 Baupraktische Schlussfolgerungen

Abfalltechnische Beurteilung der vorgefundenen Materialien

Im Zuge der Neubebauung des Grundstücks sind die bei den möglichen Eingriffen in den Boden anfallenden Materialien unter Beachtung des Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG, 1994) und unter Beachtung des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG 1998) vorzugsweise zu verwerten bzw. zu beseitigen.

Durch die vorliegende orientierende chemische Analytik können die verschiedenen Auffüllungsmaterialien (Boden mit Felsbruchmaterialien bzw. Bodenmaterialien mit Bauschutt- und Schlackenanteilen > 10 %) - vorbehaltlich vollständiger Deklarationsanalysen nach der LAGA-Richtlinie für Boden bzw. Bauschutt, abfalltechnisch überwiegend in die LAGA-Wiedereinbauklassen \leq Z 1.1, lokal auch bis Z 2 eingestuft werden und sind unter Berücksichtigung der Vorgaben des KrW-/ AbfG (1994) z.B. mit dem Abfallschlüssel 17 05 04 – Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen vorrangig einer Verwertung z.B. in einer entsprechend genehmigten Verwertungsmaßnahme bzw. Anlage, evtl. auch in der Baumaßnahme selbst (z.B. zur Geländeauffüllung), zuzuführen.

Die geruchlich (z.B. durch Öl-Geruch) bzw. visuell auffälligen anthropogen beeinflussten Boden- und Auffüllungsmaterialien im Bereich um die Bohrung RKS 12 sind aufgrund der lokal nachgewiesenen Stoffgehalte im KW-Index separat aufzunehmen und nach derzeitigem Kenntnisstand **in eine LAGA Einbauklasse > Z 2** einzustufen und daher auch nicht eingeschränkt wiederverwertbar. Vielmehr sollen sie nach derzeitigem Kenntnisstand mit dem Abfallschlüssel **17 05 03 - Boden und Steine mit schädlichen Verunreinigungen** einer entsprechenden Entsorgungsanlage (z.B. Bodenbehandlungsanlage, Deponie) zugeführt werden. Dazu ist noch eine vollständige Deklarationsanalytik nach der DepV vorzunehmen, um die geeignete Deponieklasse (voraussichtlich Deponieklasse 2) festlegen zu können.

In einer noch zu treffenden Abstimmung mit der Stadt Wuppertal könnte dieses Material aber auch in einem endgültig versiegelten Bereich - z.B. in Verbindung mit einem Einfräsen von hydraulischen Bindemitteln (Kalk-Zement-Mischbinder) - wieder eingebaut werden, der die Löslichkeit der Schadstoffe unterbindet; dazu ist eine fachgutachterliche Eignungsuntersuchung und Begleitung der Aushubarbeiten zur Separierung entsprechend stärker belasteten Materials (geschätzter Umfang ca. 2000 m³) erforderlich.

In der Ausschreibung sollte darüber hinaus für weiter zu separierende Massen für einen Umfang von mindestens 150 m³ die Gestellung von gedeckten Containern vorgesehen werden.

Die im Bereich der Fertighaus-Ausstellung festgestellten Anschüttungen sind ganz überwiegend organoleptisch vollkommen unauffällig, so dass dafür auch eine Wiederverwertung im Sinne der Zuordnungswerte Z 1.1 der LAGA-Richtlinie möglich erscheint. Das Anschüttungsmaterial im Bereich der Bohrung BK 2 bis 2,5 m Tiefe wird im Zuge des Aushubes für das Parkdeck vollständig entfernt werden; es kann im Zuge der Auffüllungen an anderer Stelle nur verwendet werden, wenn es mit einem Mischbinder hydraulisch verfestigt wird., um die Löslichkeit der beschriebenen PAK-Verunreinigungen zu minimieren.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Aussagen der vorliegenden gutachterlichen Stellungnahme sich ausdrücklich nur auf die untersuchten Proben beziehen können; bei der Interpolation zwischen den Untersuchungspunkten verbleiben gewisse Unsicherheiten, da bei einer punktförmigen Erkundung naturgemäß das Risiko kleinräumiger Verunreinigungen (sog. Fassrisiko) dazwischen nicht auszuschließen ist.

5. Gründungsmöglichkeiten

5.1 Mögliches Fußbodenniveau

Vor dem Hintergrund der erheblichen Neigung zwischen dem Eichenhofer Weg im Norden und der geplanten Hauptzufahrt von der Schmiedestraße (auf ca. +306,0 m NN) ist zunächst festzulegen, wie das Gelände für die geplante Bebauung (deren Grundriss-Anordnung im Übrigen ebenfalls noch nicht im Einzelnen feststeht) terrassiert werden soll.

Unter geotechnischen Gesichtspunkten ist ein Ausgleich zwischen der Zufahrtshöhe bei ca. +306,0 m NN von der Schmiedestraße und +314,0 m NN am

Eichenhofer Weg, d.h. auf +310,0 m NN als mittlere Geländehöhe sinnvoll. Dann ist für das zweigeschossige eigentliche Möbelhaus im Nordosten überwiegend bereits in das Gelände einzuschneiden, lediglich nach Süden hin ist auf etwa 15 – 20 % der Grundfläche eine Anhebung des vorhandenen Geländes erforderlich. Ein vollständiger Massenausgleich für das ganze Gelände einschl. Fachmarktzentrum würde bei Annahme von 0,6 m Fußbodenaufbau nach Berechnungen des Büros Skribbe und Jansen eine Erdgeschosshöhe **OKFF = +312,30 m NN** implizieren, diese Höhe wurde auch der weiteren Planung zugrunde gelegt.

Allerdings ist auch mit chemisch belastetem Aushub im Bereich der Bohrung RKS 12 und mit erdbautechnisch nicht verwertbarem Lehm von breiiger Konsistenz zu rechnen, so dass bei einem vollständigen Massenausgleich damit gerechnet werden muss, dass solche Böden für einen Wiedereinbau zunächst konditioniert werden müssen, z.B. durch untermischen von hydraulisch aktivem Kalk-Zement-Mischbinder (Fabrikat Durusol oder gleichwertig in einer Konzentration von ca. 3 -5 Massen%).

Das parallel zu dem Fachmarktzentrum zu errichtende zweigeschossige Parkdeck wird darum seine untere Ebene auf ca. +308,8 m NN erhalten. Bezogen auf die südliche (tiefste) Gebäudeecke bei RKS 20 sind dann auch für diese Parkhaussohle noch bis zu ca. 3,5 m Aufschüttung erforderlich.

Das in der westlichsten Ecke des Gelände vorgesehene Restaurant-Gebäude soll wegen der dort tiefer liegenden Schmiedestraße eine Fußbodenhöhe von +310,0 m NN erhalten. Dann ist auch hier gegenüber dem jetzigen Gelände noch bis zu 2 m aufzuschütten.

5.2 Gründungsvorschlag

Bei Annahme der o.a. Fußbodenhöhen und jeweils ca. 1,2 - 1,5 m tiefer liegender Gründungssohlen für Einzelstützen in Form von Fertigteilstützen mit angeformten Fundamenten ergibt sich ein Gründungsniveau bei ca. +311,0 m NN für das **Einrichtungshaus**. Damit wird in der nordöstlichen Hälfte der

Grundfläche bereits gut tragfähiger Boden bzw. verwitterter Fels erreicht, im südwestlichen Bereich liegt dieses Niveau aber noch im steinfreien Verwitterungslehm bzw. oberhalb des Geländes, so dass hier schon Anschüttungen für die Fußbodenebene erforderlich werden. Entsprechend wird für das Möbelhaus eine direkte Gründung auf dem zersetzten Tonstein mit Einzel- und Streifenfundamenten empfohlen, wobei der aufnehmbare Sohldruck im Sinne von DIN 1054 (2005-01) vorläufig mit

$$\sigma_{zul} = 350 \text{ kN/m}^2$$

angesetzt werden kann.

In den Anschüttungsbereichen im Südwesten und Süden müssen dann die Einzelfundamente der Hauptstützen mit Unterbeton bis auf die tragfähige Bodenschicht aus verwittertem Tonstein hinab geführt werden, die notwendigen Aufschüttungen zwischen den Unterbetonkörpern sind lagenweise nach ZTVE-StB '09 aus gut verdichtbarem Material herzustellen, damit darauf die Fußbodenplatte verformungsarm gegründet werden kann. Hier kann auch abgetragenes Anschüttungsmaterial wieder eingebaut werden, allerdings nur in Verbindung mit untergefrästem Mischbinder-Material (z.B. Kalk-Zement-Mischung in einem Gewichtsanteil von 3 - 5 %).

Im Bereich des **Fachmarktzentrum**s wird lediglich im nördlichen Bereich der gut tragfähige Boden direkt mit dieser Kote erreicht (bei RKS 2 und RKS 8), weiter nach Südwesten hin sind unterhalb von +311 m NN noch bis zu 3 m tief weiche bzw. locker gelagerte Anschüttungen und darunter noch ca. 1 m weicher Lehm vorhanden. Unter Berücksichtigung der Minimierung von Ausschachtungsarbeiten wird daher vorgeschlagen, in diesem Bereich das Gelände zunächst bis auf +310,5 m NN lagenweise mit Aushub aus der Baugrube für das Möbelhaus aufzubauen, wobei die für eine Flachgründung notwendige geringe Zusammendrückbarkeit mit diesem Material sehr wahrscheinlich nicht zu erreichen ist. Darauf ist eine mineralische Tragschicht aus 50 cm güteüberachtem Recycling-Material auf geotextilem Trennvlies erforderlich, um eine ausreichend tragfähige Arbeitsebene herzustellen. Anschließend ist von diesem Ni-

veau aus eine Bodenverbesserung als Rüttelstopf-Verdichtung zu empfehlen, mit der sowohl der neu aufgebaute Anschüttungskörper in seiner Zusammendrückbarkeit verbessert wird als auch die darunter lagernden alten Anschüttungen und weichen Lehmschichten stabilisiert werden.

Eine solche Rüttelstopf-Verdichtung mit Säulentiefen bis ca. 6 m kann im Raster von ca. 1,6 x 1,6 m angeordnet werden, so dass darauf eine Plattengründung mit einer durchgehenden, kräftig bewehrten Bodenplatte möglich wird. Die Oberfläche wird nach Fertigstellung der Rüttelstopf-Verdichtung noch mit einer mineralischen Tragschicht von mindestens 0,6 m Stärke aus Mineralgemisch (Kalksteinschotter 0/45 mm, kein RC-Material) befestigt, die zu einer Konzentration der Bodenpressungen und der Platte auf die einzelnen Säulenköpfe herangezogen wird. Auf dem so verbesserten Untergrund kann ein rechnerischer Bettungsmodul von

$$k_s = 20 \text{ MN/m}^3$$

zur Bemessung der Bodenplatte angesetzt werden, je nach Aussteifung am Rand umlaufend auf 1,0 m Breite auch bis zu 20 % mehr. Falls hochbelastete Einzelstützen auf der Platte zu gründen sind, können entweder die Rüttelstopfsäulen in diesem Bereich verdichtet angeordnet werden (Einzeltragfähigkeit ca. 250 kN im Gebrauchszustand) oder aber eine voutenartige Verstärkung nach unten, die für eine entsprechende Verteilung und geringere Bodenpressungen sorgt. Die maximale Bodenpressung unter einer großflächigen Platte sollte bei dieser Lösung nicht über 150 kN/m² betragen. Einzelheiten wären noch festzulegen, wenn eine erste Tragwerksplanung vorliegt.

Alternativ ist für das Fachmarktzentrum auch eine Gründung auf klassischen Streifenfundamenten über in den entsprechenden Achsen konzentrierten Rüttelstopfsäulen denkbar, allerdings bleibt dennoch die Notwendigkeit, unter der dann von den Streifenfundamenten abgetrennten, geringer beanspruchten Bodenplatte einen ausreichend steifen Horizont herzustellen, so dass auf die rasterförmig angeordneten Rüttelstopfsäulen dann dennoch nicht verzichtet werden kann.

Deshalb wird die reine Plattengründung für wirtschaftlicher gehalten, auch wenn sie insgesamt ohne Zweifel einen erheblich höheren Bewehrungsgrad erfordert. Einzelheiten dazu können besprochen werden, wenn Vorstellungen über die geplanten Stützen bzw. Wandabstände vorliegen. Für das eingeschossige Restaurant wird ebenfalls eine Plattengründung empfohlen, hier kann wegen der geringeren Lasten auf eine Bodenverbesserung durch Rüttelstopfverdichtung verzichtet werden, aber unter der Platte ist eine 1,0 m dicke mineralische Tragschicht erforderlich, die gleichzeitig frostsicher ausgebildet werden kann, so dass dann keine Frostschrüzen erforderlich sind.

Das zweigeschossige **Parkdeck** mit einem Gründungsniveau der Untergeschoss-Stützen bei ca. $+312,3 - 3,5 - 1,0 = +307,8$ m NN reicht - ähnlich wie das Fachmarktzentrum - im Norden gerade bis auf die gut tragfähigen Bodenschichten hinab, nach Südwesten hin muss aber das vorhandene Gelände bereits bis zu 4 m aufgefüllt werden, darunter ist auch hier noch 1,3 m weicher Lehm vorhanden (s. RKS 28). Entsprechend ist auch hier eine rasterförmige Rüttelstopf-Verdichtung empfehlenswert, bei der abgestufte, nach Süden hin zunehmende Säulenlängen zwischen 2,0 und 6,0 m herzustellen sind. Hier ist wegen der vermutlich etwas enger stehenden Stützenreihen und der geringeren Ansprüche an die Fußbodenqualität (möglicherweise auch nur Verbundpflaster im Untergeschoss) auch eine konzentrierte Anordnung der Rüttelstopfsäulen nur unter Streifenfundamenten in den Haupt-Stützenachsen möglich. Der Fußboden des Untergeschosses kann dann auf einer mindestens 60 cm dicken Tragschicht aus frostfreiem Material (nur Kalksteinschotter 0/45 mm, kein RC-Material) auch mit Verbundpflaster befestigt werden.

Eine zentrale Frage für die Errichtung des Fachmarktzentrums und des Parkhauses ist die Überbaubarkeit des vorhandenen Teiches bzw. der in [U 14] als „Tümpel 2 bzw. 3“ bezeichneten temporären Wasserflächen. Aus dem Teich wurde bereits eine Sedimentprobe entnommen, die eine Schlammschicht von ca. 20 cm Stärke (organisch durchsetzter Schwemmlehm) über dem gewachsenen Verwitterungslehm ergeben hat. Unter bautechnischen Aspekten ist es

daher vorstellbar, das Wasser aus dem Teich abzulassen, die ausgesprochene Schlammschicht sowie den südwestlichen Absperrdamm auszuheben und anschließend dränagefähiges Material flächenhaft einzubauen. In dieser Flächen-dränage kann der unspezifische Sickerwasseraustritt, der hier an der Wurzel des Meinebachs nach [U 14] vorkommt, weiterhin rückstaufrei erfolgen, das Wasser kann gesammelt dem nach Süden weiter im offenen Gerinne verlaufenden Meinebach zugeleitet werden. Die Rüttelstopfsäulen können anschließend durch eine solche flächenhaft angeordnete Dränage hindurch hergestellt werden, ohne die Dränagefähigkeit dieser Schicht zu reduzieren.

5.3 Erdarbeiten

Die vor Ort anstehenden Böden sind durchweg stark wasserempfindlich sowie stark frostepfindlich (Frostepfindlichkeitsklasse F 3 im Sinne der ZTVE-StB '09), wobei die Wasserempfindlichkeit für die einzusetzende Erdbautechnik maßgeblich ist.

Die lehmigen Böden neigen bei nassem Wetter und gleichzeitiger mechanischer Beanspruchung zu einem vollkommenen Konsistenzverlust, so dass sie dann grundlos aufweichen und überhaupt nicht mehr einbaubar sind. Das Gleiche gilt für den zersetzten Tonsteinfels, der im gewachsenen, ungestörten Zustand in halbfester, teilweise fester Konsistenz ansteht, jedoch ebenfalls durch Wasserzutritt diese Konsistenz sehr schnell verlieren kann.

Daher sind die gesamten Erdarbeiten grundsätzlich rückschreitend - ohne die Aushubsohlen zu befahren - auszuführen, das ausgeschachtete Material soll nach Möglichkeit sofort wieder eingebaut und verdichtet werden, soweit es zumindest eine steife Konsistenz hat. Von vornherein weiche bzw. breiige Partien sollten mit Kalk-Zement-Mischbinder konditioniert oder sofort abgefahren werden, alternativ nur in Bereichen des Grundstücks eingebaut werden, wo keine Ansprüche an setzungsarme Oberflächen gestellt werden - z.B. als Lärmschutz- oder Sichtwall.

Beim Einbau des ausgeschachteten Bodens ist ein lagenweises Verdichten in Schichtmächtigkeiten ≤ 30 cm mit schweren Walzenzügen und Stampfuß- bzw. Schafffußbandagen erforderlich, jedoch ist es auch bei sorgfältiger Verdichtungstechnik nicht möglich, hiermit eine setzungsarme Schüttung aufzubauen, auf der direkt flach gegründet werden kann. Da es jedoch für sehr unwirtschaftlich gehalten wird, den gesamten anfallenden Aushub abzufahren, wird nach dem Einbau des anfallenden Aushubs eine Bodenverbesserung in der o.a. angesprochenen Form als Rüttelstopf-Verdichtung empfohlen. Der Vorteil ist zweifellos, dass – abgesehen von dem beschriebenen Belastungsschwerpunkt – auch keine Anschüttungsböden angefasst werden müssen, für die abfallrechtlich nur eine eingeschränkte Wiederverwertbarkeit vorhanden wäre.

Bei allen Ausschachtungen ist eine offene Wasserhaltung mit gut ausgefilterten Pumpensämpfen vorzusehen, um das zusitzende Sickerwasser zu fassen und das ausblutende Grundwasser unschädlich abzuführen. Eine Ableitung in den Vorfluter ist nur auf Grundlage entsprechender chemischer Analysen zulässig, so dass von vornherein eine Ableitung in den Schmutzwasserkanal vorgesehen werden sollte. Alle Ausschachtungen sind mit Quergefälle von 3 % zu den Dränsträngen der offenen Wasserhaltung zu versehen.

5.4 Geländesprünge

Entlang des Eichenhofer Wegs wird bei Anordnung der Fußbodenhöhe für das Einrichtungshaus auf +312,3 m NN sowie Annahme einer Laderampe für die Anlieferung von nochmals 1,2 m Höhe immerhin eine Geländesprunghöhe von bis zu 3,9 m entstehen.

Eine freie Abböschung in den hier anstehenden, gewachsenen Lehmschichten als Dauerzustand ist nur unter einer Neigung von max. 1:1,6 gegen die Horizontale möglich, zusätzlich ist mit Austritten von Sickerwasser am Böschungsfuß zu rechnen, so dass am Fuß eine Neigung von $\leq 1:2$ zu fordern wäre. Entsprechend ist noch zu klären, ob der Platz für eine solche freie Abböschung durchgängig zur Verfügung steht. Im Bauzustand ist jedoch eine Abböschung auch unter 60° gegen die Horizontale möglich, so dass das Vorsetzen einer Fertigteil-

Winkelstützmauer am Fuß zumindest für eine Teilhöhe des Geländesprungs in Frage kommt. Auch hier ist mit Sickerwasseraustritten zu rechnen, die in einer Vertikaldränage nach DIN 4095 abgefangen werden müssen.


Die Kellerwände des Parkhauses werden auf ganzer Höhe durch Erddruck beansprucht, so dass sie als Stützwände auszubilden sind. Der im Bereich des angrenzenden Fachmarktzentrums vorgesehene seitliche Abstand (s. Anlage 1.2) von mindestens 8 m reicht aus, so dass dann die Plattengründung des Fachmarktzentrums auf die Kellerwand keine erhöhte Erddruckwirkung erzeugen würde. Die Kellerwände müssen ringsum eine Vertikaldränage im Sinne von DIN 4095 erhalten, die durch die mineralische Tragschicht unter der Bodenplatte in Richtung Südosten und damit ebenfalls - wie die in [U 14] empfohlene Teichdränage - in Richtung Meinebach hin entwässert. Dann genügt eine Abdichtung der in den Boden einbindenen Bauteile im Sinne von DIN 18195, Teil 5 gegen Staunässe. Auch in der Tragschicht unterhalb des Fußbodenaufbaus werden Saugleitungen empfohlen, die im Abstand von max. 30 m von Nordwest nach Südost verlegt und in einer Sammelleitung südöstlich des Gebäudes gefasst und zum Meinebach hin entwässert werden.

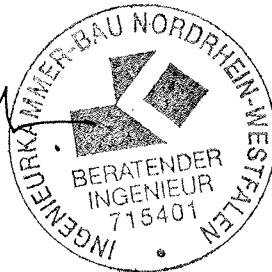
6. Weitere Hinweise

Ergänzend zu den hier beschriebenen Untersuchungen sollte ein Antrag beim Kampfmittel-Beseitigungsdienst der Bezirksregierung Düsseldorf auf Auswertung der alliierten Luftbilder aus dem 2. Weltkrieg gestellt werden, um die Möglichkeit von Blindgängern auf dem Gelände auszuschließen; eine solche Anfrage ist über das Ordnungsamt der Stadt Wuppertal (Ressort 302.13) zu stellen. Ggfs. kann sich daraus die Notwendigkeit von Sondierungsbohrungen bis in das vor dem Krieg vorhandene gewachsene Gelände hinein ergeben, die dann mit Magnetsonden kontrolliert werden müssten. Diese Bohrungen sind bauseitig zu erstellen, während die Magnetsondierung seitens der Bezirksregierung kostenfrei erfolgt.

Die chemische Belastung der Anschüttungen auf dem Gelände ist lokal deutlich erhöht, so dass eine fachgutachterliche Begleitung der Erd- und Gründungsarbeiten erforderlich ist. Im Rahmen dieser Überwachung sind weitere chemische Analysen - z.B. zur Abgrenzung des auszukoffernden Belastungsschwerpunktes - erforderlich. Falls die Ausschachtungen in dem vorliegend empfohlenen Umfang so weit geführt werden, dass die Belastungen im Feststoff ebenso wie die Belastungen im Säuleneinat unter den Prüfwerten der BBodSchV für den Schadstoffpfad „Boden - Grundwasser“ liegen, kann das Gelände in Abstimmung mit der Unteren Bodenschutzbehörde der Stadt Wuppertal altlastenfrei gestellt werden.

Nach Vorliegen eines genaueren Gründungsplanes in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner kann ein detailliertes Bodenmanagement-Konzept erarbeitet werden, in dem auch die Massen der umzulagernden Anschüttungen bzw. gewachsenen Böden genauer prognostiziert werden.


(Prof. Dr.-Ing. M. Pulsfort)
- Geschäftsführer -



- Anlagen:
1. Lagepläne M 1:500 mit Eintrag der Untersuchungspunkte unter Bezug auf den Bestand und auf die geplante Neubebauung
 2. Bohr- und Sondierprofile der Aufschlussbohrungen, Rammkernsondierungen und Rammsondierungen mit der Mittelschweren Rammsonde DPM-A, Pegelausbaupläne
 3. Ergebnisse der Grundwasserbeprobung
 4. Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
 5. Ergebnisse der chemischen Analysen nach LAGA
 6. Ergebnisse der chemischen Analysen nach BBodSchV