

# **Geologisches Gutachten**

## **Geotechnische und umweltgeologische Untersuchungen Wohnbebauung Kleiberg, Siegburg**

**Auftraggeber:  
Eheleute Casellas  
Kleiberg 12  
53721 Siegburg**

**März 2009**

## **Inhaltsverzeichnis**

1. Untersuchungsgegenstand
  - 1.1 Projekt
  - 1.2 Bauherr
  - 1.3 Planer
2. Unterlagen
  - 2.1 Pläne
  - 2.2 Karten
  - 2.3 Archivunterlagen
  - 2.4 Geländeuntersuchungen
  - 2.5 Geotechnisches Labor
  - 2.6 Chemisches Labor
3. Anlagen
4. Aufgabenstellung
5. Untersuchungsmethodik
6. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse
  - 6.1 Geologische Verhältnisse
  - 6.2 Hydrogeologische Verhältnisse
7. Geotechnische Beurteilung / Gründungsempfehlung
8. Bautechnische Hinweise
  - 8.1 Bodenkennwerte (mittlere Rechenwerte)
  - 8.2 Bodenklassen nach DIN 18300
  - 8.3 Bodengruppen nach DIN 18196
  - 8.4 Schutz der Gründungssohle
  - 8.5 Schutz des Gebäudes gegen Feuchtigkeit im Boden
  - 8.6 Wasserhaltung während der Bauzeit
  - 8.7 Unterfangung
  - 8.8 Baugrubensicherung
  - 8.9 Erdbebensicherheit
9. Umweltgeologie
  - 9.1 Untersuchungsergebnisse
  - 9.2 Bewertung
  - 9.3 Folgerungen für die Entsorgung
10. Hinweis

**1. Untersuchungsgegenstand**

- 1.1 Projekt:** Neubau von Wohn- und Bürogebäuden  
mit Tiefgarage  
Am Kleiberg  
Siegburg
- 1.2 Auftraggeber:** Eheleute Casellas  
Kleiberg 12  
53721 Siegburg
- 1.3 Planer:** PROTEC FUTUR 2001  
Ingenieurgesellschaft für zukunftsorientiertes  
Bauen mbH  
Am Waldpark 3  
53840 Troisdorf  
  
Dipl.-Ing. Hans-Werner Piel  
Architekt BDB  
Am Waldpark 3  
53840 Troisdorf

**2. Unterlagen**

- 2.1 Pläne:**
- Lageplan mit Tiefgaragengrundriss  
M 1:250  
per Email vom 16.10.2008
  - Schnitt a und b (Vorabzug)  
M 1:100  
per Email vom 29.10.2008

- Katasterplan  
M 1:500
- Lageplan, Entwurf  
M 1:250  
Stand: 05.11.2008  
per Email vom 27.11.2008
- Lageplan, Entwurf  
o. M.  
Stand: 22.08.2008
- Perspektiv-Ansichten 1 und 2, Entwurf  
o. M.  
Stand: 22.08.2008
- Darstellung 1. Bauabschnitt, Entwurf  
o. M.  
Stand: 22.08.2008
- Grundriss Erdgeschoss  
M 1:100  
Stand: 05.12.2008  
Vorabzug per E-Mail vom 11.12.2008
- Schnitt A-A, B-B  
M 1:100  
Stand: 27.11.2008  
Vorabzug per E-Mail vom 11.12.2008

- Ansichten 1  
M 1:100  
Stand: 27.11.2008  
Vorabzug per E-Mail vom 11.12.2008
- Ansichten 2  
M 1:100  
Stand: 05.12.2008  
Vorabzug per E-Mail vom 11.12.2008
- Grundriss Tiefgarage  
M 1:100  
Stand: 05.12.2008  
Vorabzug per E-Mail vom 11.12.2008
- Lageplan Vorwegabzug mit Angabe der  
Grundstückseigentümer  
M 1:250  
Stand: 22.10.2008  
per E-Mail vom 11.12.2008
- Grundriss Tiefgarage 2  
M 1:100  
Stand: 16.11.2008  
Vorabzug per E-Mail vom 27.01.2009

**2.2 Karten:**

- Topographische Karte  
Blatt 5209 Siegburg  
M 1:25.000  
LVA NRW  
19. Auflage 2000

- Geologische Karte von NRW  
Blatt 5209 Siegburg  
M 1:25.000  
Geologisches Landesamt NRW  
Krefeld 1978
- Geologische Karte von NRW  
Blatt 5109 Lohmar  
M 1:25.000  
Geologisches Landesamt NRW  
Krefeld 1978
- Ingenieurgeologische Karte  
Blatt 5208 Bonn  
M 1:25.000  
Geologisches Landesanstalt NRW  
Krefeld 1998
- Hydrologische Karte von NRW  
M 1:25.000  
Grundriß- und Profilkarten  
Blatt 5209 Siegburg  
Landesamt für Wasser- und Abfall NW  
Aachen, 1988
- Grundwassergleichenkarte von NRW  
M 1:50.000  
Blatt L5308 Bonn  
Landesumweltamt NRW  
Stand: April 1988  
Essen, 1995

- Wasserschutzgebiete in NRW  
M 1:50.000  
Blatt L5308 Bonn  
Landesamt für Wasser- und Abfall NRW  
Stand: 01.07.1986
- Karte der Erdbebenzonen und  
Geologischen Untergrundklassen der  
Bundesrepublik Deutschland  
M 1:350.000  
Geologischer Dienst NRW, Krefeld  
Juni 2006

**2.3 Archivunterlagen:**

- Baugrund-Untersuchungsergebnis  
Wohnanlage Kleiberg, Siegburg  
S&J, vom 02.02.1984

**2.4 Geländeuntersuchungen:**

- 19 Rammkernbohrungen
- 7 Schwere Rammsondierungen
- Grundwassermessungen an 3  
Stichtagen
- Messungen der Bodenluft  
(Hauptkomponenten) und CO und H<sub>2</sub>S  
am 23.12.2008

**2.5 Geotechnisches Labor:**

- 16 x Wassergehalt nach DIN 18121
- 16 x Wasserbindevermögen nach NEFF
- 6 x Schlämmanalysen nach DIN 18123
- 2 x Siebanalysen nach nach DIN 18123

- 4 x Bestimmungen der Zustandsgrenzen nach DIN 18122

**2.6 Chemisches Labor:**

- 6 x Untersuchung nach LAGA Boden im Feststoff und Eluat, Stand: 11/2004, ergänzt um die fehlenden Parameter nach AbfAbIVO
- 17 x Bestimmung PAK nach EPA im Feststoff

**3. Anlagen**

- 1 Lagepläne
  - 1.1 Lageplan mit Lage der Untersuchungspunkte und Darstellung der Auffüllungsmächtigkeit ab GOK, M 1:100
  - 1.2 Lageplan mit Lage der Untersuchungspunkte und Darstellung der Auffüllungsmächtigkeit unter der Bodenplatte, M 1:100
  - 1.3 Lageplan mit Lage der Untersuchungspunkte und Darstellung der Mächtigkeit des nicht tragfähigen Bodens unter der Bodenplatte, M 1:100
  - 1.4 Lageplan mit Lage der Untersuchungspunkte und Darstellung der Mächtigkeit des nicht tragfähigen Bodens unter der Auffüllung, M 1:100
- 2 Profilschnitte nach DIN 4023
  - 2.1 Profilschnitte I und II, M 1:75/75
  - 2.2 Profilschnitte III und IV, M 1:75/75
  - 2.3 Profilschnitt IV, M 1:75/75
- 3 Profile nach DIN 4023
  - 3.1 Lageplan Profile von geologischem Dienst, M 1:250
  - 3.2 – 3.3 Profile Archiv geologischer Dienst, Krefeld, M 1:250
- 4 Geotechnische Laborversuche
  - 4.1 Wassergehalt nach DIN 18121 und Wasserbindevermögen nach NEFF



- 4.2 + 4.3 Schlämmanalysen
- 4.4 Siebanalysen
- 4.5 – 4.8 Zustandsgrenzen
- 5 Zusammenstellung Auffüllungsmächtigkeit nicht tragfähiger Boden
- 6 Zusammenstellung Wasserstandsmessungen
- 7 Ergebnisse chemisches Labor
  - 7.1 Ergebnisse nach LAGA Boden im Feststoff und Eluat
  - 7.2 Ergebnisse nach AbfAbIVO
  - 7.3 Ergebnisse Summe PAK nach EPA
- 8 Zusammenstellung Bodenluftmessergebnisse
- 9 Originalprotokolle chemisches Labor

#### **4. Aufgabenstellung**

Die Eheleute Casellas planen auf dem in Anlage 1.1 dargestellten Grundstück den Bau eines mehrgeschossigen Wohn- und Bürogebäudes mit eingeschossiger Tiefgarage.

Das Grundstück liegt auf einer mittleren Geländehöhe von knapp 65 m über NN am Fuße des Nordabhangs der Michaelsberges. Das Grundstück wird im Westen von der Straße „Kleiberg“, im Osten durch die Bahnlinie Siegburg-Lohmar begrenzt. Diese Bahnstrecke wurde hier auf einem ca. 5,0 m – 6,0 m hohen Damm (zum Ursprungsgelände) errichtet, der in die Talaue eines heute nur noch als Graben erkennbaren Siefens geschüttet worden ist. Dieser Siefen entspringt im Bereich des Seidenberges, verläuft parallel zur Zeithstraße und knickt hier in die Talaue der Sieg ab.

Durch künstliche Aufschüttungen in den 30 - 70er Jahren wurde der Bereich zwischen der Straße „Kleiberg“ und dem Bahndamm verfüllt, sodass das Grundstück heute nahezu eben ist. Diese Auffüllungen sind nicht behördlich registriert.

Im Bereich der nordöstlich geplanten Tiefgaragenzufahrt wurde der Siefen bereits ebenfalls verschüttet. Die Auffüllungen betragen hier knapp 4,0 m (siehe BS 13, Anlage 2.2, Schnitt V). Die Böschung zwischen Bahndamm und derzeitigem Gelände hat eine Höhe von ca. 2,0 m.

Für die südlich angrenzende Wohnbebauung Kleiberg Nr. 12 – 20 wurde von S&J bereits 1984 eine gutachterliche Stellungnahme ausgearbeitet. Aufgrund der damaligen Baugrunduntersuchungsergebnisse, sowie der regionalgeologischen Situation waren auch im Bereich der neu geplanten Wohnanlage schwierige Baugrundverhältnisse und bereichsweise aufgefüllter Boden zu erwarten.

Für den geplanten Neubau waren daher geotechnische und umweltgeologische Untersuchungen durchzuführen. Zur Abstimmung des Untersuchungsprogramms fand am 12.11.2008 ein Ortstermin statt. Auf Grundlage dieses Ortstermins, sowie des daraufhin ausgearbeiteten Angebotes vom 18.11.2008 erhielt S&J fernmündlich den Auftrag die erforderlichen geotechnischen und umweltgeologischen Untersuchungen durchzuführen.

## **5. Untersuchungsmethodik**

Die unter Kapitel 2.4 genannten Geländeuntersuchungen wurden im Zeitraum vom 26.11.2008 – 06.01.2009 (letzte Stichtagsmessung Grundwasser) durchgeführt.

Die Bohrungen und Rammsondierungen wurden bis in den tragfähigen Baugrund (tertiärer Ton) bzw. bis zum Ende des Bohr- bzw. Rammfortschrittes abgeteuft.

Bei den Bohrungen erfolgte vor Ort eine Profilaufnahme nach DIN 4022. Von den oberflächennah angetroffenen Auffüllungen wurden meterweise bzw. bei Auffälligkeiten schichtweise Proben entnommen. Von dem darunter anstehenden natürlichen Boden wurden für geotechnische Laborversuche charakteristische Proben entnommen.

Die Sondierpunkte wurden eingemessen und einnivelliert und maßstabsgerecht in einen Lageplan (siehe Anlage 1) eingetragen. Für das Nivellement der Sondierpunkte wurde der bestehende Kanalschacht in der Straße „Kleiberg“ vor dem Wohnhaus Nr. 8 verwendet, der nach den Planunterlagen eine Deckelhöhe von 65,38 m über NN besitzt. Die Ergebnisse der Bohrungen und Rammsondierungen sind als Profilschnitte I bis V in Anlage 2 dargestellt. Zusätzlich wurde ein Schnitt XI angelegt, der entlang des Bereichs verläuft, in dem die Baugrube senkrecht geböscht werden muss.

An ausgewählten Bodenproben des natürlich anstehenden Bodens wurden geotechnische Laborversuche durchgeführt und mit der Profilaufnahme vor Ort abgeglichen (siehe Anlage 4). Von den entnommenen Auffüllungsproben wurden an 6 über die Fläche verteilten Punkten Mischproben erstellt und diese nach LAGA Boden im Feststoff und Eluat untersucht.

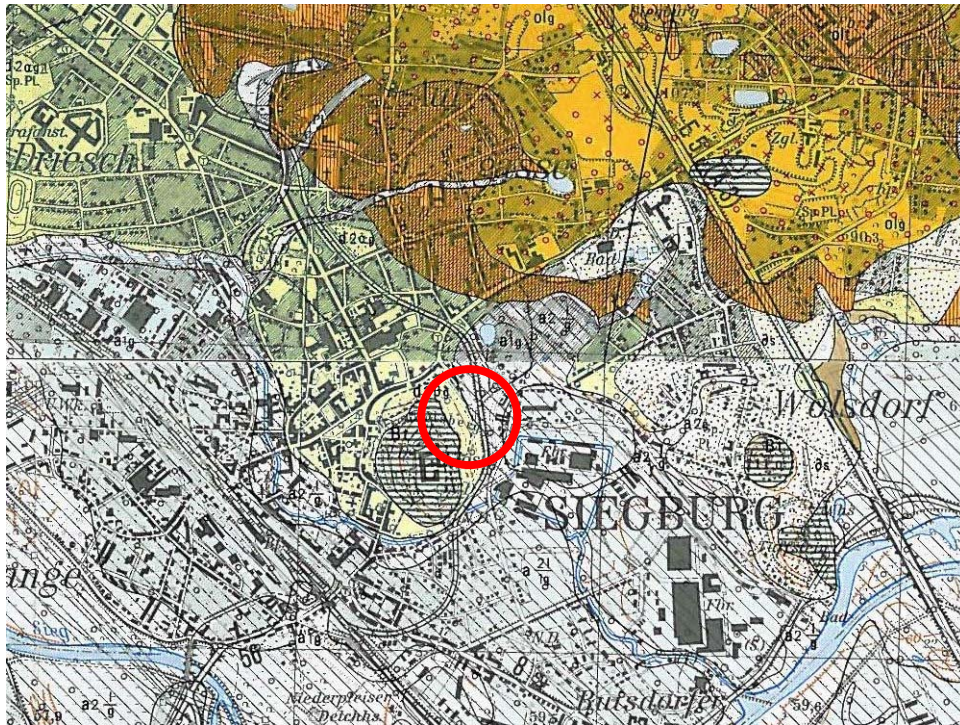
Nachdem einzelne Parameter dieser Proben die Z 2-Zuordnungswerte überschreiten, wurden ergänzend diese Mischproben zur Beurteilung für die Entsorgung auf die fehlenden Parameter nach AbfAbIVO untersucht.

Weiterhin wurden 17 ausgewählte Proben auf den kritischen Parameter PAK nach EPA im Feststoff untersucht. Zur ergänzenden Beurteilung der Auffüllung wurden am 23.12.2008 in allen Bohrlöchern die Bodenluft (Hauptkomponenten und CO und H<sub>2</sub>S) gemessen.

## **6. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse**

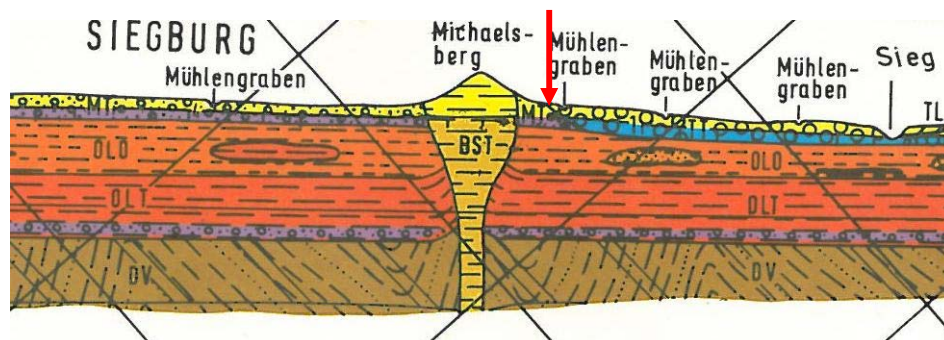
### **6.1 Geologische Verhältnisse**

Wie bereits unter Kapitel 4 beschrieben, liegt das Baugrundstück am Nordabhang des Michaelsberges am Übergangsbereich zwischen Mittelterrassenablagerungen und Ablagerungen des oben genannten Siefens über Niederterrassenkiesen (siehe Abbildung 1).



**Abbildung 1:** Ausschnitt aus geologischen Karten von NRW, Blätter 5109 Lohmar und 5209 Siegburg, M 1:25.000, mit Lage des Untersuchungsgebietes

Nach den Angaben in der hydrologischen Karte von NRW, Blatt 5209 Siegburg (Profilkarte) beträgt die Mächtigkeit der unter den quartären Ablagerungen anstehenden tertiären Tone knapp 30 m (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Ausschnitt aus hydrologischer Karte von NRW, Blatt 5209 Siegburg, Profilkarte, Längenmaßstab: 1:25.000, Höhenmaßstab: 1:2.000 mit Lage des Untersuchungsgebietes

Bei der ca. 750 m südlich gelegenen Bohrung aus dem Bohrarchiv des geologischen Landesamtes wurde das Tertiär bis in eine Tiefe bei 70 m nicht durchteuft. Bei der ca. 350 m weiter nördlich gelegenen Bohrung aus dem Bohrarchiv liegt Unterkante Tertiär bei 46 m unter Gelände, dies entspricht ca. 28 m über NN. Darunter folgt das devonische Grundgebirge (siehe Anlagen 3).

Entsprechend der regional geologischen Situation, der bisherigen Nutzung, sowie den jüngsten Untersuchungsergebnissen durch S&J lassen sich folgende ingenieurgeologische Einheiten differenzieren:

#### **Einheit 1      Auffüllungen**

Auffüllungen wurden in allen Bohrungen angetroffen. Die Auffüllungen sind sehr inhomogen zusammengesetzt. In Grünflächen wurde zunächst ein 0,20 m – 0,40 m starker angeschütteter Mutterbodenhorizont angetroffen. In den übrigen Bereichen bestehen die Auffüllungen im Wesentlichen aus einem locker gelagerten grusig kiesigen Sand mit unterschiedlichen Schluffanteilen. Als Fremdbestandteile treten vor allem Ziegel, Bauschutt, Glas, Schlacke und Holzreste auf.

Im Lageplan in Anlage 1.1 ist die Mächtigkeit der Auffüllung dargestellt. Es zeigt sich zusammenfassend der Trend, dass die Auffüllungsmächtigkeit in Richtung Bahndamm ansteigt und dort am größten ist. Die höchste Auffüllungsmächtigkeit wurde in der Südostecke bei der Bohrung BS 14 mit 6,20 m festgestellt.

#### **Einheit 2      Quartäre Ablagerungen**

Unter den Auffüllungen wurden in allen Bohrungen mit Ausnahme von BS 9 zunächst die Flussablagerungen des oben beschriebenen Siefens angetroffen, die sich mit Hangschuttmaterialien des Michaelsberges vermischen. Es handelt sich hier im Wesentlichen um nicht tragfähige tonig-sandige Schluffe mit überwiegend weicher Konsistenz. Vereinzelt sind kiesige oder schluffige Sandlinsen zwischengeschaltet.

Im Bereich der Tiefgaragenzufahrt wurden in Bohrung BS 19 zwischen 7,80 m bis 8,40 m Holzreste angetroffen, die vermutlich einem natürlich abgelagerten

Baumstamm zuzuordnen sind. Lediglich in der Südostecke des Baugeländes (BS 14) folgen ab 8,30 m mitteldicht gelagerte Flusskiese bis 12,70 m Tiefe.

Es zeigt sich auch bei dieser ingenieurgeologischen Einheit der generelle Trend, dass die Mächtigkeit in Richtung Bahndamm und Südostecke zunimmt (siehe Profilschnitte, Anlage 2).

### **Einheit 3      Tertiäre Tone**

Unter den Auffüllungen und quartären Ablagerungen wurden die tertiären Tone angetroffen. Nach den Ergebnissen der geotechnischen Laborversuche handelt es sich im Wesentlichen um mittelpastische, vereinzelt um leicht oder auch ausgeprägt plastische Tone mit überwiegend steifer bis halbfester Konsistenz. Die tertiären Tone wurden mit den durchgeführten Rammkernbohrungen nicht durchteuft. Anhand der Rammogramme lässt sich lehrbuchhaft der zunehmende Anteil der Mantelreibung mit zunehmender Eindringtiefe erkennen (siehe Profilschnitte, Anlage 2).

Im Lageplan in Anlage 1.3 ist die Mächtigkeit des nicht tragfähigen Bodens unter der Bodenplatte angegeben. Nach den S&J zum derzeitigen Stand vorliegenden Planunterlagen liegt die geplante Fußbodenhöhe der Tiefgarage bei 61,38 m über NN. Die im Lageplan in Anlage 1.3 angegebenen Tiefen stellen somit zugleich die Oberkante der tragfähigen tertiären Tone dar. Auch hier zeigt sich der übergeordnete Trend mit einem Abtauchen der tragfähigen Schichten Richtung Bahndamm bzw. Südostecke (BS 14). Die für eine Regelgründung über Streifen- und Einzelfundamente bzw. Fundamentvertiefungen kritischen Tiefen von > 2,0 m nicht tragfähigem Boden liegen im Wesentlichen im Bereich der Bohrung BS 1, BS 2, BS 7 und BS 14, sowie im westlichen Bereich der Tiefgaragenzufahrt.

Zusammengefasst ergibt sich also ab GOK folgende ingenieurgeologische Situation:

- 1.) inhomogen zusammengesetzte, nicht tragfähige Auffüllungen, mit zunehmender Mächtigkeit Richtung Ost bzw. Südost, d.h. Richtung Bahndamm bzw. ehem. Siefen

- 2.) nicht tragfähige alluviale Ablagerungen des ehem. Siefens, ebenfalls mit steigender Mächtigkeit Richtung Ost bzw. Südost, d.h. Richtung Bahndamm bzw. ehem. Siefen
- 3.) tragfähiger Baugrund in Form von tertiären Tonen bzw. in der Südostecke auch Flussskiesen des Siefen. OK des tragfähigen Baugrundes taucht entsprechend der ehemaligen Geländemorphologie Richtung Ost bzw. Südost, d.h. Richtung Bahndamm bzw. ehem. Siefen ab

## **6.2 Hydrogeologische Verhältnisse**

In allen Untersuchungspunkten wurden während der Geländearbeiten Wasserzutritte festgestellt. Daher wurden 4 ausgewählte Bohrungen als temporäre Grundwassermesspegel ausgebaut. An diesen Messpegeln, sowie an den anderen offenen Bohrlöchern wurden an 3 Stichtagen die Wasserstände gemessen. Es zeigen sich dabei zusammenfassend 2 Aspekte:

- a) Es handelt sich hier um einen „Schichtwasserhorizont“, der an die quartären Ablagerungen gebunden ist und entsprechend dem Abtauchen der Tertiäroberfläche in Richtung Bahndamm abfällt, d. h. die Wasserstände an der Straße „Kleiberg“ sind am höchsten und fallen in Richtung nordöstliche Grundstücksgrenze hin ab.
- b) Aufgrund des Geländeeinschnittes der Tiefgarage wird der überwiegende Teil des Gebäudes in diesen Grundwasserhorizont einschneiden.

## **7. Geotechnische Beurteilung / Gründungsempfehlung**

Aufgrund der oben beschriebenen geologischen Situation ergeben sich für den Bereich des Bauvorhabens 2 Gründungsbereiche, die wir in Anlage 1.3.2 zeichnerisch dargestellt haben:

- a) Zunächst den westlichen Bereich, in dem spätestens 1,0 m ab Unterkante tertiäre Tone ab steifer Konsistenz anstehen.
- b) Die Bereiche, in denen in größerer Mächtigkeit (siehe Anlage 1.3.1) nicht tragfähiger Baugrund ansteht.

**a) Einzel- und Streifenfundamente**

Im Bereich a) empfehlen wir neben einer Plattengründung (siehe unten) die Verwendung von Einzel- und Streifenfundamenten und ihre Bemessung aufgrund halbfesten, mittelplastischen Tonen durchführen. Die Bemessung kann nach Tabelle DIN 1054, Tabelle A.5 für halbfesten Boden erfolgen.

**Tabelle A.5 – Aufnehmbarer Sohldruck  $\sigma_{zul}$  für Streifenfundamente auf tonig schluffigem Boden (UM, TL, TM nach DIN 18196) mit Breiten  $b$  bzw.  $b'$  von 0,50 m bis 2,00 m**

| Kleinste Einbindetiefe des Fundamentes<br>m                       | Aufnehmbarer Sohldruck $\sigma_{zul}$<br>kN/m <sup>2</sup> |             |       |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------|-------|
|                                                                   | Mittlere Konsistenz                                        |             |       |
|                                                                   | steif                                                      | halbfest    | fest  |
| 0,50                                                              | 120                                                        | 170         | 280   |
| 1,00                                                              | 140                                                        | 210         | 320   |
| 1,50                                                              | 160                                                        | 250         | 360   |
| 2,00                                                              | 180                                                        | 280         | 400   |
| Mittlere einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$ in kN/m <sup>2</sup> | 120 bis 300                                                | 300 bis 700 | > 700 |

Erfolgt eine Plattengründung, kann für die elastische Bettung als charakteristischer Wert für die Steifeiziffer des Tertiärs bis zum Ende der Einflusstiefe eine Steifeiziffer von  $ca_{ES} = 20 \text{ MN/m}^3$  angesetzt werden.



**b) Rüttelstopfverdichtung**

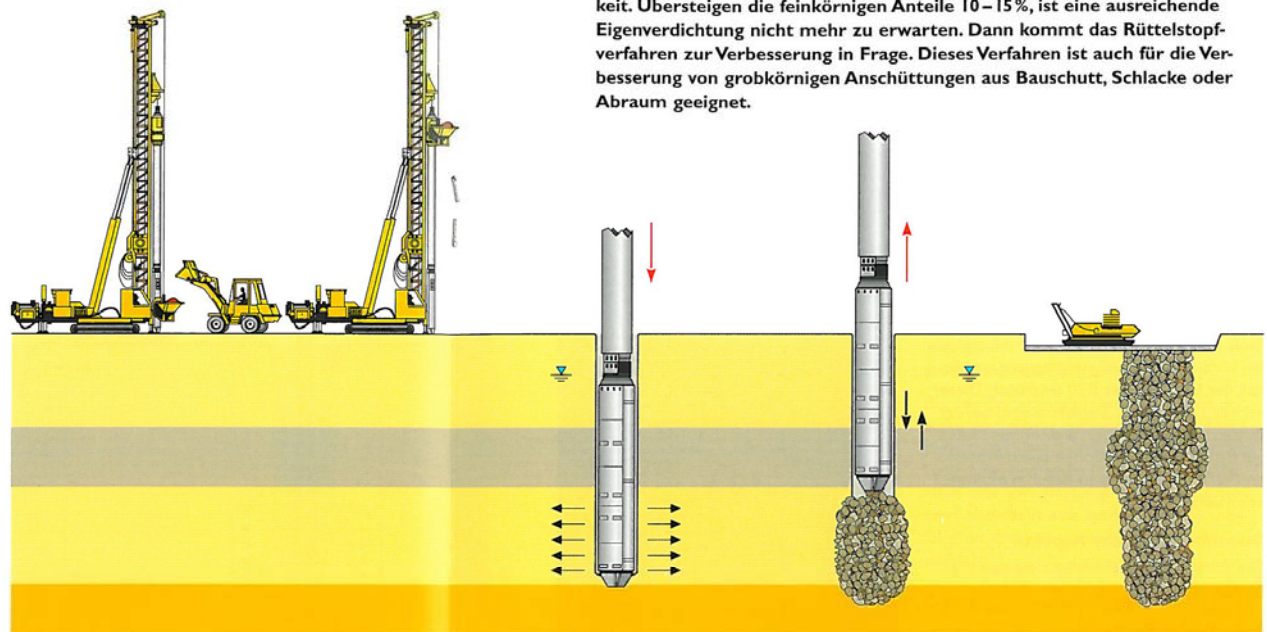
Für den Bereich mit mächtigerer Auffüllung empfehlen wir keinen Bodenaustausch unter Wasser, sondern den Boden hier soweit zu verbessern, das höhere Lasten aufgenommen werden können. Bei den sehr inhomogenen Bodenverhältnissen würde sich hier ein auf den Baugrund abzustimmendes Verfahren anbieten, nämlich eine Rüttelstopfverdichtung durch Einbringen von Kies-Schotter-Säulen in den Boden (Ausführungsbeispiel siehe Abb. 3, System Keller). Diese Schottersäulen sollten bis zu dem kiesigen Sand bzw. in den tertiären Ton herabgeführt werden.

Die zulässige Bodenpressung für Streifen- und Einzelfundamente bei einer solchen Rüttelstopfverdichtung beträgt in der Regel, je nach Ausführung durch den Hersteller zwischen **250 kN/m<sup>2</sup> und 350 kN/m<sup>2</sup>**.

Auf einen so verbesserten Boden könnte dann auch eine Bodenplatte aufgelegt werden, sodass gegebenenfalls als einheitliche Variante eine Plattengründung in Frage kommt.

## Rüttelstopfverfahren in gemischt- und feinkörnigen Böden

Gemischt- und feinkörnige Böden besitzen oft eine ungenügende Tragfähigkeit. Übersteigen die feinkörnigen Anteile 10–15 %, ist eine ausreichende Eigenverdichtung nicht mehr zu erwarten. Dann kommt das Rüttelstopfverfahren zur Verbesserung in Frage. Dieses Verfahren ist auch für die Verbesserung von grobkörnigen Anschüttungen aus Bauschutt, Schlacke oder Abraum geeignet.



|               | 1 Vorbereiten                                                                                                                                                                                  | 2 Füllen                                                                                                                                                                                                      | 3 Einfahren                                                                                                                                  | 4 Verdichten                                                                                                                                                                                                               | 5 Abschließen                                                                                                                                                                                                            |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Das Verfahren | Mit der Rütteltragraupe wird der am Mätkler geführte Schleusenrüttler über dem eingemessenen Punkt ausgerichtet und das Gerät hydraulisch abgestützt. Ein Frontlader belädt den Materialkübel. | Der Materialkübel wird am Mast hochgehoben und entleert seinen Inhalt in die Schleuse. Nach dem Schließen der Schleusenklappe unterstützt Preßluft den Materialfluß zur Austrittsstelle an der Rüttlerspitze. | Der Rüttler verdrängt und durchfährt den Boden bis zur geplanten Tiefe, unterstützt von austretender Druckluft und der Kraft der Mastwinden. | Nach dem Erreichen der Endtiefe wird der Rüttler etwas angehoben, wobei das Zugabematerial unter Druckluft in den sich bildenden Hohlraum eintritt. Beim Wiederversenken wird dieses in den Boden gedrückt und verdichtet. | So baut sich die Rüttelstopfsäule in alternierenden Schritten bis zur geplanten Höhe auf. Beim Herrichten des Feinplanums ist eine Nachverdichtung der Aushubsohle oder der Einbau einer Ausgleichsschicht erforderlich. |

Abbildung 3: Rüttelstopfverfahren

### c) Pfahlgründung

Eine Pfahlgründung in dem tiefer liegenden Bereich ist grundsätzlich denkbar, allerdings wäre dann die Lastabtragung in den tertiären Tonen erforderlich. Sollte diese Variante diskutiert werden, würden wir in dem entsprechenden Bereich allerdings Aufschlussbohrungen bis in größerer Tiefe für erforderlich halten um die Pfähle optimal bemessen zu können.

## **8. Bautechnische Hinweise**

### **8.1 Bodenkennwerte (mittlere Rechenwerte)**

#### **a) Auffüllungen (inhomogen zusammengesetzt):**

|                |                 |                                 |
|----------------|-----------------|---------------------------------|
| Wichte         | cal. $\gamma$   | = 17,0 - 20,0 kN/m <sup>3</sup> |
| Reibungswinkel | cal. $\varphi'$ | = 25,0° - 30,0°                 |
| Kohäsion       | cal. $c'$       | = 0 – 5 kN/m <sup>2</sup>       |
| Steifeziffer   | cal. $E_m$      | = 1 – 15 MN/m <sup>2</sup>      |

#### **b) Schluffe, weich, mit Sandlinsen (Quartär):**

|                |                 |                            |
|----------------|-----------------|----------------------------|
| Wichte         | cal. $\gamma$   | = 19,0 kN/m <sup>3</sup>   |
| Reibungswinkel | cal. $\varphi'$ | = 25,0°                    |
| Kohäsion       | cal. $c'$       | = 0 – 5 kN/m <sup>2</sup>  |
| Steifeziffer   | cal. $E_m$      | = 2 – 10 MN/m <sup>2</sup> |

#### **c) Kies, sandig, mitteldicht gelagert (Quartär):**

|                |                 |                                 |
|----------------|-----------------|---------------------------------|
| Wichte         | cal. $\gamma$   | = 19,0 - 21,0 kN/m <sup>3</sup> |
| Reibungswinkel | cal. $\varphi'$ | = 32,5° - 35,0°                 |
| Steifeziffer   | cal. $E_m$      | = 40 – 70 MN/m <sup>2</sup>     |

#### **d) Ton, schluffig, steif - halbfest (Tertiär):**

|                |                 |                                 |
|----------------|-----------------|---------------------------------|
| Wichte         | cal. $\gamma$   | = 19,0 - 22,0 kN/m <sup>3</sup> |
| Reibungswinkel | cal. $\varphi'$ | = 20,0° - 25,0°                 |
| Kohäsion       | cal. $c'$       | = 5 – 40 kN/m <sup>2</sup>      |
| Steifeziffer   | cal. $E_m$      | = 5 – 20 MN/m <sup>2</sup>      |

### **8.2 Bodenklassen nach DIN 18300**

|                                           |              |
|-------------------------------------------|--------------|
| Mutterboden (aufgefüllt)                  | Klasse 1     |
| Auffüllungen (sehr inhomogen)             | Klasse 3 – 5 |
| Schluffe, stark schluffige Sande und Tone | Klasse 4     |
| Ausgeprägt plastische Tonen               | Klasse 5     |
| Sande, Kiese                              | Klasse 3     |

Die Sande und sandigen Schluffe neigen bei Wasserzutritt zum Fließen und gehen dann in die Bodenklasse 2 über.

### **8.3 Bodengruppen nach DIN 18196**

GW, GU, SE, SU, UL, UM, TL, TM, TA, OU

Auffüllungen: vorwiegend: SE, SU, UL, GU

Quartär: vorwiegend: SU, UL, UM, OU

Tertiär: vorwiegend: TM, lokal TL oder TA

#### **8.4 Schutz der Gründungssohle**

Die tertiären Tone reagieren empfindlich auf den Einfluss der Atmosphärien. Vor allem nach dem Zutritt von Regenwasser neigen sie zum Aufweichen und verlieren ihre Konsistenz. Fundamente sind daher entweder sofort nach dem Aushub zu betonieren oder aber es ist eine Schutzbetonschicht einzubauen.

#### **8.5 Schutz des Gebäudes gegen Feuchtigkeit im Boden**

Der Feuchtigkeitsschutz von Gebäuden ist über DIN 18195 (Bauwerksabdichtungen) genormt. Teil 4 dieser Norm (Schutz lediglich gegen Feuchtigkeit) darf nur angewandt werden, wenn das Baugelände bis zu einer ausreichenden Tiefe unter der Fundamentsohle und das Verfüllmaterial der Arbeitsräume aus stark durchlässigen Böden (Wasserdurchlässigkeitsbeiwert  $k > 10^{-4}$  m/s) besteht oder wenn bei wenig durchlässigen Böden eine Dränung nach DIN 4095 vorhanden ist.

Dieser Wert wird bei den hier anstehenden Böden **nicht** erreicht.

In Bezug auf die Wassersicherung der Seitenwände wäre hier, falls Platz vorhanden ist, eine umlaufende Drainage, sowie eine Flächendrainage unter der Bodenplatte möglich. Teilweise wurde jedoch der Wasserspiegel oberhalb der Bodenplatte angetroffen, obwohl zum Untersuchungszeitraum generell keine hohen Grundwasserstände vorhanden sind. Auch in dem Bereich eines generellen Abfalls des Grundwasserspiegels von der Straße „Kleiberg“ Richtung Eisenbahn wurde in den Bereichen am Bahndamm (siehe BS 8, BS 14) relativ hohe Grundwasserstände beobachtet (siehe Profilschnitte).

Nach Hochwässern der Sieg ist ein Grundwasseranstieg um bis zu 2,0 m möglich. Das bedeutet, eine freie Vorflut ist nicht mehr gegeben und es müsste gepumpt werden. Wir empfehlen daher, die Bodenplatte und zumindest den untersten Meter der Kellerumwandungen als „weiße Wanne“ auszubilden.

Rein vorsorglich machen wir darauf aufmerksam, dass es, liegt die Bauzeit im Sommer, nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Baugrube temporär auch völlig trocken ist. Trotzdem ist der oben vorgeschlagene Feuchtigkeitsschutz erforderlich.

#### **8.6 Wasserhaltung während der Bauzeit**

Das Gebäude wird in den „Schichtwasserhorizont“ einschneiden. Die anfallenden Wassermengen werden in Abhängigkeit von den jahreszeitlich wechselnden Niederschlagsmengen schwanken, grundsätzlich aber eher gering sein.

Die Wasserhaltung während der Bauzeit kann daher offen über einen Pumpensumpf erfolgen. Bei den über die Baugrubenwände zu erwartenden Schicht- und Sickerwasserzutritten ist umlaufend ein Drainagegraben vorzusehen, über den das Wasser am Böschungsfuß abgeleitet wird.

Da die Wasserhaltung nur geringen Umfang annimmt, ist eine schädliche Auswirkung auf das Umfeld auszuschließen.

#### **8.7 Unterfangung**

Vor Baubeginn sind die Gründungsverhältnisse der angrenzenden Bebauung Kleiberg Nr. 12 – 20 zu überprüfen. In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Prüfung muss in diesem Bereich ggf. eine Unterfangung des Bestandes erfolgen.

## **8.8 Baugrubensicherung**

Es sind zwei Bereiche zu unterscheiden, die in den Lageplänen in Anlage 1 entsprechend farblich markiert sind:

### **1.) Bereich mit schräger Böschung (gelb hinterlegt):**

In diesen Bereichen können die Baugrubenböschungen frei geböscht mit einem Böschungswinkel von

$$\beta \leq 45^\circ$$

hergestellt werden.

Zum Schutz der Baugrubenböschung gegen Erosionen sind diese mit Kunststoffolie abzuhängen.

### **2.) Bereich mit senkrechter Böschung (blau gepunktete Linie):**

In diesen Bereichen ist aufgrund der Platzverhältnisse ein freies Böschchen nicht möglich. Hier empfiehlt sich die Sicherung der Baugrube über einen Bohlträgerverbau oder Spundwandverbau.

Die Einbindetiefe, eine ggf. erforderliche Rückverankerung sowie das auszuwählende Profil sind statisch zu bemessen. Hierfür können die im Kapitel Bodenkennwerte angegebenen Werte verwendet werden. Es ist wichtig, dass die Bemessung des Baugrubenverbaus an mehreren charakteristischen Schnitten erfolgt. Die Verwendung eines einheitlichen Bodenmodells ist nicht zulässig, da hier sehr starke Unterschiede im Bodenaufbau auftreten (siehe z. B. Straße „Kleiberg“ / Bahndamm. Die Lage der charakteristischen Schnitte sollte zwischen mit dem Bodengutachter und dem Statiker abgestimmt werden.

Es ist ggf. vorab zu prüfen, ob eine Rückverankerung möglich ist (beachte Bereich Straße „Kleiberg“ mit Abwasserkanälen, Genehmigung beteiligter Grundstücksbesitzer).

### **8.9 Erdbebensicherheit**

Vom Geologen können für die Anwendung der DIN 4149:2005/04 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“, sowie nach der amtlichen Karte des Geologischen Dienstes NRW, M 1:350.000, zu DIN 4149, folgende Angaben gemacht werden:

Erdbebenzone: 1

geologische Untergrundklasse: T

Baugrundklasse: C

## **9. Umweltgeologie**

### **9.1 Untersuchungsergebnisse**

Die Ergebnisse der chemischen Analysen sind tabellarisch in den Anlagen 7.1 bis 7.3 zusammengefasst und den Grenzwerten nach LAGA Boden bzw. AbfAbIVO gegenübergestellt. Die Original-Laborprotokolle sind als Anlage 9 beigelegt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass lokal der Zuordnungswert Z 2 nach LAGA Boden überschritten wird, das Material also nicht wiederverwertet werden kann sondern entsorgt werden muss. Der kritische Parameter ist PAK im Feststoff, vereinzelt zusätzlich die Parameter Leitfähigkeit und Sulfat im Eluat.

Zur Bewertung der Entsorgung wurden an 6 Proben zusätzlich zur LAGA-Analyse die noch fehlenden Parameter nach AbfAbIVO untersucht. Diese Parameter fallen maximal in Deponieklasse I, wobei hinsichtlich PAK der Grenzwert für Deponieklasse 0 an einigen Proben überschritten wird (Grenzwerte für PAK für die Deponieklassen I bis III gibt es in der AbfAbIVO bzw. DepV nicht). D.h. es bestätigt sich das Bild, dass die stärkste Verunreinigung durch PAK verursacht wird.

Hinsichtlich der Verteilung zeigt sich ein Vorherrschen des > Z 2-Materials entlang des Schnittes V (siehe Lagepläne in Anlage 1), wobei auch in anderen Bereichen (z.B. BS 3) vereinzelt > Z 2-Material vorkommt.

## **9.2 Bewertung**

Eine Gefährdung des Wirkungspfades Boden – Mensch kann hier ausgeschlossen werden, da im Zuge des Neubaus ein Großteil der Auffüllungen ausgekoffert wird (vgl. Anlage 1.1 und 1.2) sowie eine Versiegelung stattfindet. Daraus ergeben sich aus umweltgeologischer Sicht keine Beeinträchtigungen hinsichtlich gesundem Leben auf dem Grundstück. Bei den Bauarbeiten sind die einschlägigen Regeln zur Arbeitssicherheit zu beachten.

Hinsichtlich des Wirkungspfades Boden – Grundwasser besteht derzeit die Gefahr einer Durchströmung der Auffüllungen durch den Schichtwasserhorizont, der dem östlich angrenzenden, verfüllten ehemaligen Siefen zuströmt. Es bleibt festzustellen, dass mit Ausnahme der weniger kritischen Parameter Leitfähigkeit, Sulfat und Chlorid im Eluat keine Grenzwertüberschreitungen vorliegen. Zudem wird durch die Auskoffierung die Masse der Auffüllungen stark verringert. Weiterhin wird aufgrund des Feuchtigkeitsschutzes dass Wasser gezielt gefasst und abgeleitet werden müssen, so dass keine Durchströmung mehr stattfinden wird. Daher wird durch die Baumaßnahme die Situation erheblich verbessert.

## **9.3 Folgerungen für die Entsorgung**

Wir empfehlen, die Aushubarbeiten im Bereich der Auffüllungen fachgutachterlich begleiten zu lassen, um so gezielt stärker verunreinigtes Material zu separieren und dadurch Teilmengen günstiger entsorgen zu können.

Auffüllungen, die unterhalb des Niveaus UK Bodenplatte reichen (vgl. Anlage 1.2), können nach unserer Ansicht entsprechend den Erläuterungen in Kapitel 10.2 aus



umweltgeologischer Sicht im Untergrund verbleiben. Dies ist jedoch ggf. mit der zuständigen Behörde abzuklären.

#### **10. Hinweis**

Bohrungen und Sondierungen können nur Angaben über die Bodenbeschaffenheit an den jeweiligen Untersuchungsstellen machen. Daraus entwickelt der Geologe ein dreidimensionales Bild der Baugrundverhältnisse. Abweichende Bodenverhältnisse zwischen den einzelnen Bohrpunkten können jedoch nicht ausgeschlossen werden. Eine Überwachung der Gründungsarbeiten durch die Bauleitung und eine Überprüfung der beim Aushub angetroffenen Böden mit den Untersuchungsergebnissen bleibt daher erforderlich.

Treten bei der Detailplanung oder Bauausführung Einzelfragen auf, wird um Rücksprache gebeten.

Aufgestellt:

Siegburg, 11.03.2009

Dipl.-Geol. Jossen

gez. i. A. Dipl.-Geol. Jooß

. Ausfertigung