

Geotechnisches Büro

Norbert Müller, Dr. Wolfram Müller und Partner • BERATENDE GEOLOGEN UND INGENIEURE

Baugrunderkundung · Erd- und Grundbau · Ingenieurgeologie · Hydrogeologie · Altlasterkundung · Altlastbewertung

Geotechn. Büro N. u. Dr. W. Müller und Partner – Bockumer Platz 5a – 47800 Krefeld

Gemeinde Bedburg-Hau
Entwicklungsgesellschaft mbH
Herrn Mölders
Rathausplatz 1
47551 Bedburg-Hau

vorab per Mail: Michael.Moelders@bedburg-hau.de

Ø Kottowski
Ingenieurgesellschaft mbH
Herrn Dipl.-Ing. Feldkamp
Talstraße 35
47546 Kalkar

Norbert Müller
Dipl.-Ing., Dipl.-Geol.

Dr. Wolfram Müller
Dipl.-Geologe

Rüdiger Kroll
Dipl.-Geologe

Jürgen Latotzke
Dipl.-Ingenieur

Bockumer Platz 5a
47800 Krefeld
Tel.: 0 21 51 / 58 39 - 0
Fax: 0 21 51 / 58 39-39
www.geotechnik-dr-mueller.de
buero@geotechnik-dr-mueller.de

12.07.2012 RK/BM
Gutachten Nr. N-RK 197/12
BGA

Baugrundgutachten

für das Gebiet des Bebauungsplans Bedburg-Hau Nr. 26

– "Ziegelhütte" –

1. Vorgang

Geplant ist die Entwicklung des B-Plan Gebietes Nr. 26 "Ziegelhütte" in Bedburg-Hau. Das B-Plan Gebiet liegt im Osten des Ortsteils Hasselt, zwischen Holzstraße im Osten und den rückwärtigen Grundstücksgrenzen der Bebauung "An der Linde" im Norden sowie dem Mittelweg im Westen. Im Süden wird das B-Plan Gebiet durch eine Ackerfläche begrenzt.

Für das Projekt wurden in den Jahren 2010 und 2011 mehrere Gutachten des GfB ERFT-LABOR GmbH erstellt. Da die in diesen Gutachten getroffenen Aussagen in großen Teilen ungenau bzw. unzutreffend sind, wurde unser Büro von der Gemeinde Bedburg-Hau Entwicklungsgesellschaft mbH mit der Ausarbeitung eines Baugrundgutachtens beauftragt, welches auf Grundlage der vorgenannten Gutachten die für die weiteren Planungen erforderlichen Angaben konkretisieren bzw. liefern soll. Die Beauftragung erfolgte mit Schreiben vom 29.06.2012 unter Berücksichtigung unseres Angebotes vom 27.06.2012.

2. Boden- und Wasserverhältnisse

Zuvor waren durch die GfB ERFT-LABOR GmbH bereits zahlreiche Untersuchungen (27 Kleinrammbohrungen, 16 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde gemäß DIN 4049 sowie 30 Sickerversuche und die Bestimmung von 3 Korngrößenverteilungen gemäß DIN 18123) ausgeführt worden. Wegen der darin enthaltenen Unstimmigkeiten und da bei der speziellen Arbeitsweise unseres Büros die Bodenansprache grundsätzlich durch den Gutachter persönlich im Gelände erfolgt, um unmittelbar am quasi ungestörten Bodenkern die relevanten Bodenkennwerte abzuschätzen, wurden am 09.07.2012 zur Kontrolle zwölf zusätzliche Rammkernbohrungen \varnothing 50/38 mm bis in eine Tiefe von maximal 5 m ausgeführt. Die aktuell ausgeführten Bohrungen wurden mit den Ziffern 101–112 durchnummeriert, um Verwechslungen mit den bislang ausgeführten Untersuchungen zu vermeiden.

Die Bohrpunkte sind im Lageplan (Anlage 1) eingetragen; die im einzelnen erbohrten Schichten sind im Schichtenverzeichnis angegeben und in der Anlage 2 in 5 schematischen Schichtenprofilen zeichnerisch dargestellt.

Die Bohransatzpunkte wurden einnivelliert. Als Bezugshöhe wurde der im Lageplan eingetragene Höhenmeßpunkt (BZH) auf der Holzstraße östlich des Anschlußpunktes 112

verwendet (s. Anlage 1). Dieser weist laut vorliegendem Lageplan eine Höhe von 16,80 mNN auf. Die Höhen sollten bauseits noch kontrolliert werden.

Bei dem untersuchten Grundstück handelt es sich um eine ehemalige, jetzt brach liegende Ackerfläche. Das Gelände ist relativ eben. Die Geländehöhen steigen von Westen nach Osten von ca. 16,15 mNN auf etwa 16,75 mNN an der Holzstraße an.

Die Schichtenfolge läßt sich nach der Bohrkernansprache durch den Gutachter vor Ort wie folgt untergliedern:

- Mutterboden
- Bindige Deckschichten
- Fein- bis Mittelsande und Mittelsande mit Schluffstreifen
- Mittel- bis Grobsand, kiesig (Sande und kiesige Sande)

Mutterboden

Entsprechend der Vornutzung beginnt die Schichtenfolge mit Mutterboden in einer Stärke von 0,4 m bis maximal 0,6 m. Die relativ große Mächtigkeit des Mutterbodens ist auf das tiefgründige Pflügen im Zuge der landwirtschaftlichen Vornutzung zurückzuführen.

Im Gutachten der GfB ERFT-LABOR GmbH werden Oberbodenstärken von 0,75 m bis maximal 1,10 m angegeben. Derartige Oberbodenstärken sind unüblich und aufgrund der von unserem Büro ausgeführten Bohrungen nicht nachvollziehbar. Offensichtlich wurde hier der obere Abschnitt der bindigen Deckschichten, der aufgrund von Durchwurzelung und Grabtätigkeit von Bodenorganismen geringe humose Spuren aufweist, dem humosen Oberboden zugerechnet. Für die weitere Planung sollte von einer mittleren Oberbodenstärke von 0,5 m ausgegangen werden.

Bindige Deckschichten

Die bindigen Deckschichten wurden in zwei unterschiedlichen Lithologien angetroffen, deren Verbreitung im B-Plan Gebiet im Lageplan dargestellt ist. Im nordöstlichen (RKB 110) und westlichen bis südwestlichen (RKB 101–103, RKB 105, 106 und RKB 109) bestehen die bindigen Deckschichten aus einem schwach sandigen, teilweise schwach tonigem Schluff. Der bindige Boden besitzt nach der Bohrkernansprache mindestens eine steife, teilweise eine steif bis halbfeste Konsistenz. In den oberen 3–4 dm unterhalb des

Mutterbodens ist die o.g. geringe humose Komponente vorhanden. Der bindige Boden ist hier gelbbraun gefärbt, die Farbe wechselt zur Basis nach gelb. Die Untergrenze der Schluffe liegt bei 0,8 m–1,6 m unter Gelände.

Im zentralen Abschnitt und im Südosten des Untersuchungsgebietes handelt es sich bei den bindigen Deckschichten eher um einen schwach schluffigen bis schluffigen, lokal stark schluffigen Feinsand und Fein- bis Mittelsand. Auch dieser enthält in den oberen 3–4 dm geringe humose Spuren. Die Fein- bis Mittelsande sind, nach dem Eindringwiderstand der Rammkernsonde zu urteilen, locker bis mitteldicht gelagert. Die Stärke der sandig- schluffigen Deckschichten ist mit 0,7 m bis maximal 0,9 m geringer als bei den o.b. Schluffen.

In den vorliegenden Gutachten der GfB ERFT-LABOR GmbH werden die Deckschichten grundsätzlich als schluffige Fein- bis Mittelsande angesprochen, deren Schichtuntergrenze in der Regel zwischen 1,5 m und 1,7 m unter Gelände liegt. Lokal (alte KRB 23) reichen die Deckschichten sogar bis in eine Tiefe von 2,7 m herab. Dies kann durch die aktuell ausgeführten Untersuchungen nicht bestätigt werden. Die neue RKB 112 liegt ca. 20 m östlich der alten KRB 23. Hier wurde nur bis in eine Tiefe von 0,7 m ein schwach schluffiger Fein- bis Mittelsand mit humosen Spuren erbohrt. Darunter folgen bis 2,6 m Tiefe Fein- bis Mittelsande, die nur im 2. und 3. Meter kleine Schluffstreifen von 2–3 cm Stärke aufweisen.

Auch die geologische Einstufung der Deckschichten als locker gelagerte, quartärzeitliche Terrassenablagerungen ist nicht korrekt. Bei den Schluffen handelt es sich um sandigen Tallehm, bei den Sanden um lehmige Talsande, die während des Holozän abgelagert wurden.

Fein- bis Mittelsande und Mittelsande mit Schluffstreifen

Die sandig schluffigen und bindigen Deckschichten werden unterlagert von Fein- bis Mittelsanden und Mittelsanden, die lokal eingelagerte Schluffstreifen (sandiger bis stark sandiger Schluff) in Stärken von 2–3 cm enthalten. Ausnahmen bilden die Rammkernbohrungen RKB 104 und 106 im mittleren westlichen Abschnitt des Baugebietes. Hier wurden an der Basis der Fein- bis Mittelsande Einlagerungen von stark schluffigem Feinsand / stark sandigem Schluff in Stärken von 0,4 m bis 0,5 m festgestellt.

Die Sande sind nach dem Eindringwiderstand der Rammkernsonde zu urteilen mitteldicht gelagert, die Schichtuntergrenze wurde in unterschiedlichen Tiefen festgestellt (vgl. schematische Schichtenprofile in Anlage 2). Im östlichen Abschnitt des Bauvorhabens nahe der

Holzstraße wurde die Schichtuntergrenze recht einheitlich bei 2,6 m / 2,7 m unter Gelände erbohrt (ca. 14 mNN). Im mittleren und westlichen Abschnitt des Untersuchungsgebietes liegt die Schichtuntergrenze in Tiefenlagen von 15 mNN bis 13 mNN.

Bei den Fein- bis Mittelsanden und Mittelsanden mit eingelagerten Schluffstreifen handelt es sich um rezente Rheinablagerungen, ebenfalls aus dem Holozän.

Mittel- bis Grobsand, kiesig

Bis zur Bohrendtiefe von maximal 5 m unter Gelände, d.h. bis in ein Niveau von knapp 11 mNN wurden schwach kiesige bis kiesige, lokal stark kiesige Mittel- bis Grobsande erbohrt. Dabei handelt es sich um quartärzeitliche Ablagerungen der Unteren Mittelterrasse des Rheins, die nach den in unserem Büro vorliegenden hydrogeologischen Kartenunterlagen bis etwa 20 m unter Gelände reichen. Den tieferen Untergrund bilden tertiärzeitliche fluviatil-ästuarine Ablagerungen und Meeressande. Stärker zusammendrückbare Schichten, die für die Setzungen von Bedeutung sein können, sind daher im tieferen Untergrund nicht mehr vorhanden.

Erdbebenzone / Untergrundklasse / Baugrundklasse

Der Ortsteil Hasselt wird nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für NRW der Erdbebenzone 0 und der Untergrundklasse S nach DIN 4149: 2005-04 zugeordnet. Der Bauwerksstandort kann in die Baugrundklasse C gemäß DIN 4149 eingestuft werden.

Im Gutachten der GfB ERFT-LABOR GmbH wird - unzutreffend - die Baugrundklasse B für Lockergesteine mit dichter Lagerung angegeben. Bei der weiteren Planung, insbesondere der Statik ist die Baugrundklasse C (Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. mit mindestens steifer Konsistenz) zugrunde zu legen.

Grundwasser

Der Grundwasserspiegel wurde im Zuge der Baugrunderkundung in Tiefenlagen zwischen 2,9 m und 2,4 m unter Gelände angetroffen. Dies entspricht einem Grundwasserstand von 13,7 mNN / 13,8 mNN.

Nach der Grundwassergleichenkarte wurde im dortigen Gebiet im April 1988 ein Grundwasserspiegel von 14,5 mNN erreicht. Der Grundwasserspiegel vom April 1988 stellt einen allgemein hohen bis sehr hohen Grundwasserstand dar.

Die Grundwassergleichenkarte vom Frühjahr 1957 weist ebenfalls einen Grundwasserspiegel von ca. 14,5 mNN aus.

Die nächstgelegene Meßstelle befindet sich ca. 100 m nördlich der Ziegelhütte, also etwa 100-200 m südöstlich des Baugebietes. Hier wurde im Meßzeitraum von 1953-1967 im April 1962 ein höchster Grundwasserspiegel von 14,65 mNN gemessen. Eine weitere Meßstelle etwa 500 m west-südwestlich an der Molkerei weist im Meßzeitraum von 1967-1978 im November 1972 einen Grundwasserspiegel von 14,63 mNN auf.

Unter Berücksichtigung eines Sicherheitszuschlages von 0,3 m sollte für das Plangebiet von einem **Bemessungsgrundwasserhöchststand von ca. 15 mNN** ausgegangen werden.

3. Bodenklassen nach DIN 18.300

Mutterboden	- Bodenklasse 1
Schluff	- Bodenklasse 4
Fein- bis Mittelsande, schwach schluffig bis stark schluffig	- Bodenklasse 3-4, je nach Schluffgehalt
Sande und kiesige Sande	- Bodenklasse 3

Organoleptische Auffälligkeiten sowie mineralischen Fremd Beimengungen wurden bei der Bodenansprache nicht festgestellt. Falls vorgesehen ist, den humosen Oberboden teilweise vor Ort zu lagern, um diesen später in den Wohngärten (Kinderspielflächen!) wieder einzubauen, wird empfohlen, den Oberboden zunächst entsprechend Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), Anhang 2, Tabelle 3.1 (Prüfwerte Boden-Mensch) untersuchen zu lassen. Dies wird in der Regel auch von den zuständigen Behörden im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens gefordert, da im vorliegenden Fall die Umwidmung von einer landwirtschaftlich genutzten Fläche zu einer sensibleren Nutzungsart (Wohnen) vor-

genommen wird. Durch derartige Untersuchungen ist nachzuweisen, daß durch die Vornutzung (Düngung, Aufbringen von Pflanzenschutzmitteln) keine Belastungen im Boden vorhanden sind, die eine Gefährdung von spielenden Kindern über den Direktpfad besorgen lassen.

4. Bodenmechanische Kennwerte

Nach der Bohrkernansprache können den Bodenarten folgende bodenmechanische Kennwerte zugeordnet werden (Erfahrungswerte):

Bodenarten	Reibungswinkel φ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]	Wichte γ [kN/m ³]	Wichte γ' [kN/m ³]
Schluff, schwach tonig, schwach sandig, mindestens steif	27,5	5-10	15-20	20	12
Fein- bis Mittelsand und Mittelsand mit Schluffstreifen, mitteldicht	30-32,5	0-3	25-40	19	11
Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig bis kiesig, lagenweise stark kiesig, mitteldicht	35-37,5	0	60-100	20	12

Die sandig schluffigen und bindigen Deckschichten sowie die unterlagernden Fein- bis Mittelsande und Mittelsande mit Schluffstreifen besitzen eine normale, die im tieferen Untergrund folgenden Kies-Sande eine gute Scherfestigkeit und Tragfähigkeit.

Die sandig schluffigen und bindigen Deckschichten nehmen jedoch sehr leicht eine weiche bis breiige Konsistenz an, wenn der schluffige Feinsand und der sandige Schluff bei der Ausschachtung naß sind und durch den Baustellenbetrieb zusätzlich stärker mechanisch beansprucht werden. Die Sande sind fließgefährdet, wenn bei der Ausschachtung der Grundwasserspiegel angeschnitten wird.

Darüber hinaus sind sämtliche bindigen Bodenarten stark frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 nach ZTV E-StB 09).

5. Vorschläge für die Gründung

5.1 Allgemeines

Nach Angaben der Kottowski Ingenieurgesellschaft mbH wird die Ausbauhöhe der Straßen im B-Plan Gebiet bei etwa 17 mNN liegen. Die Straßen liegen somit 0,25 m bis 0,85 m oberhalb der aktuellen Geländeoberkante. Für das vorliegende Gutachten wird davon ausgegangen, daß auch die Erdgeschoßfußbodenhöhe (Oberkante Fertigfußboden) der geplanten Gebäude ebenfalls etwa in diesem Niveau liegt.

Im folgenden werden allgemeine Gründungsempfehlungen für unterkellerte und nichtunterkellerte Gebäude gemacht. Hierbei wird davon ausgegangen, daß im wesentlichen eine eingeschossige Bebauung vorgesehen wird.

5.2 Nichtunterkellerte Bauweise

Da zur Gründung der Gebäude der humose Oberboden in einer mittleren Stärke von 0,5 m zwangsläufig abgeschoben werden muß, liegt die Unterkante der Bodenplatte bei nichtunterkellerten Bauweisen bei rund 1,0 m oberhalb des späteren Planums. In derartigen Fällen erfolgt die Gründung am zweckmäßigsten auf einem Bodenaustausch.

Für den Bodenaustausch kann prinzipiell Kies-Sand, Kalksteinschotter der Körnung 0/45 mm oder RCL-Material, ebenfalls Körnung 0/45 mm verwendet werden. Bei Verwendung von RCL-Material wird eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich, außerdem kann hochverdichtetes RCL-Material wasserstauend wirken, was bei der Trockenhaltung der Gebäude zu berücksichtigen ist.

Wird für den Bodenaustausch nachweislich frostsicheres Material verwendet (z.B. Frostschutzkies gemäß ZTV SoB-StB 09) kann auf die Ausbildung von Frostschürzen verzichtet werden.

Bei Gründung auf einem ordnungsgemäß verdichteten Bodenaustausch (siehe unten) und etwa gleichmäßig verteilten Lasten, kann für die statische Berechnung der Bodenplatte ein Bettungsmodul von $k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ verwendet werden. Die maximale Bodenpressung sollte auf 200 kN/m^2 begrenzt werden.

Die Setzungen werden bei eingeschossiger, nichtunterkellelter Bauweise und etwa gleichmäßig verteilten Lasten bei $\leq 1,0 \text{ cm}$ liegen. Dabei handelt es sich zum größten Teil um Rohbausetzungen.

5.3 Unterkellerte Bauweise

Für eine unterkellerte Bauweise wird davon ausgegangen, daß die statische Gründungssohle in einem Niveau um 14 mNN liegen wird. Nach den ausgeführten Bohrungen wird in diesem Niveau teilweise bereits der schlufffreie, mindestens mitteldicht gelagerte Kies-Sand angetroffen. Lokal liegt die statische Gründungssohle noch im unteren Abschnitt der Fein- bis Mittelsande und Mittelsande mit Schluffeinlagerungen.

Für die statische Berechnung der Bodenplatte kann bei etwa gleichmäßig verteilten Lasten ein Bettungsmodul von $k_s = 35 \text{ MN/m}^3$ verwendet werden. Die maximale Bodenpressung sollte auf 300 kN/m^2 begrenzt werden.

Die Setzungen werden bei eingeschossiger, unterkellelter Bauweise und etwa gleichmäßig verteilten Lasten bei $< 1,0 \text{ cm}$ liegen. Dabei handelt es sich vollständig um Rohbausetzungen.

6. Hinweise zur Bauausführung Wohngebäude

6.1 Nichtunterkellerte Bauweise

Zunächst ist im Bereich der geplanten Gebäude der humose Oberboden vollständig zu entfernen. Dies sollte in der Regel mit einem Tieflöffelbagger rückschreitend von oben ausgeführt werden, wobei ein Gerät mit glatter Schneide verwendet werden muß, um eine Stö-

rung der bindigen Aushubsohle zu vermeiden. Bei trockener Witterung und trockenem Boden sowie entsprechend großen, zu bearbeitenden Flächen kann der Abtrag des Oberbodens auch mit der Raupe vorgesehen werden.

Das freigelegte Planum darf nicht mehr mit schwerem Gerät befahren werden. Vielmehr muß unmittelbar nach dem Freilegen des Planums die 1. Lage des Bodenaustausches eingebaut werden.

Bei dem Einbau des Bodenaustausches ist zu beachten, daß dieser entsprechend seiner Stärke über die Außenkanten der Bodenplatte überstehen muß (vgl. Schema in Anlage 3). Beim Einbau der 1. Lage des Bodenaustausches ist darauf zu achten, daß der unterlagernde bindige Boden nicht gestört wird. Es muß also entweder ein leichteres Verdichtungsgerät verwendet werden, oder aber die Verdichtung wird mit einer statischen Walze vorgenommen. Sollten sich bei den Verdichtungsarbeiten Randwülste zeigen, ist unmittelbar der Gutachter hinzu zu ziehen.

Bei einer angenommenen Bodenaustauschstärke von ca. 1,0 m, sollte der Bodenaustausch in 3 Lagen eingebaut werden. Pro Lage werden mindestens vier kreuzweise Übergänge erforderlich, um eine ausreichende Lagerungsdichte zu erzielen. Als Verdichtungsziel sollten 98 % der einfachen Proctordichte erreicht werden. Es wird empfohlen, den Verdichtungsgrad durch unser Büro überprüfen zu lassen.

Da sich das anfallende Niederschlagswasser oberhalb der quasi wasserundurchlässigen, bindigen Deckschichten staut, sollte zusätzlich während der Bauzeit im Bereich des Überstandes des Bodenaustausches eine offene Wasserhaltung über einen Pumpensumpf installiert werden.

Die erdberührten Bauteile sind gemäß DIN 18195, Teil 4, gegen Bodenfeuchte zu dichten.

6.2 Unterkellerte Bauweise

Das angenommene Niveau der statische Gründungssohle von 14 mNN liegt nur 0,2 m / 0,3 m oberhalb des aktuellen Grundwasserspiegels. Da zum Frühjahr hin mit einem deutlichen Anstieg des Grundwasserspiegels zu rechnen ist, kann je nach Ausführung der Arbeiten eine Wasserhaltung erforderlich werden. Konkrete Angaben zur Wasserhaltung folgen im Abschnitt 8. Zweckmäßig ist es daher, die Gebäude soweit anzuheben, daß die

Gründungssohle mindestens 0,20 m oberhalb des aktuellen Grundwasserspiegels zum Zeitpunkt der Ausschachtung liegt.

Der Aushub der Baugrube erfolgt wie üblich mit einem Tieflöffelbagger rückschreitend von oben, wobei auch hier ein Gerät mit glatter Schneide verwendet werden muß, um eine Störung der Aushubsohle zu vermeiden.

Sollten im Aushubniveau noch stärker schluffige Einlagerung ein anstehen, müssen diese muldenförmig mit ausgehoben und durch schlufffreie Sande / Kies-Sande aus anderen Bereichen der Ausschachtung ersetzt werden. Anschließend ist die Aushubsohle nachzuverdichten.

Die Baugrubenböschungen können – außerhalb von belasteten Bereichen – in den bindigen Deckschichten unter 60°, in den darunter folgenden Sanden und kiesigen Sanden unter maximal 45° angelegt werden.

7. Vorschläge zur Trockenhaltung der Keller

Die Unterkante der Kellersohle liegt unterhalb des Grundwasserhöchststandes, so daß die Ausbildung der Keller in wasserundurchlässiger Bauweise als Wanne erforderlich wird. Der Wannentrog muß entsprechend dem angegebenen Bemessungswasserstand gegen drückendes Wasser gedichtet und statisch ausgelegt werden. Im Bereich sämtlicher Arbeitsfugen müssen Fugenbänder eingelegt werden.

Bei einer Erstellung der Untergeschosse in wasserundurchlässiger Bauweise ist auf eine ordnungsgemäße Entwässerung der Lichtschächte bzw. Gebäudedränung, z.B. durch einen Bodenaustausch mit Frostschutzkies gemäß ZTV SoB-StB 09 unterhalb der Lichtschächte bis zum kiesigen Sand zu achten. Je nach Lage der Gebäude im Bereich des Baugebietes sind hierzu im Niveau der Arbeitsraumsohle Durchgrabungen bis in die Kies-Sande erforderlich. Diese Sickergruben sollten vom Gutachter abgenommen werden, um zu prüfen, ob ein korrekter, hydraulischer Anschluß erfolgt ist.

8. Hinweise zur Bettung der Kanäle

Sollte für die Kanal- und Straßenbauarbeiten das Befahren des Planums erforderlich sein, müssen Baustraßen aus RC-Schotter oder Kalksteinschotter in einer Stärke von mindestens 0,6 m angelegt werden. Wird EC-Schotter verwendet, wird eine wasserrechtliche Erlaubnis erforderlich.

8.1 Planungsgrundlage

Zur Ableitung des Regenwassers ist im B-Plan Gebiet ein Regenwasserkanal vorgesehen, der teilweise als Staukanal DN 1.500 ausgeführt wird. Nach Angaben der Kottowski Ingenieurgesellschaft mbH liegt die Sohle der Regenwasserkanäle zwischen 13,7 mNN und 14,7 mNN. Für den Staukanal ist ein Sandfang DN 2.700 vorgesehen, dessen Sohle bei 12,7 mNN liegt. Desweiteren wird ein Pumpenschacht DN 2.000 errichtet, dessen Sohle bei 11,6 mNN vorgesehen ist.

Für die Bettung der tiefer liegenden Kanäle, insbesondere für Sandfang und Pumpenschacht, wird eine Wasserhaltung erforderlich (siehe unten).

Der Schmutzwasserkanal liegt nach den uns gemachten Angaben in der Regel höher. Die Sohle liegt zwischen 13,94 mNN und 14,7 mNN bzw. zwischen 14,6 mNN und 15,38 mNN. Für das Verlegen der Schmutzwasserkanäle wird somit nur im Bereich des Tiefst-Punktes evtl. eine Wasserhaltung erforderlich.

8.2 Tragfähigkeit

Nach dem Ergebnis der Rammkernbohrungen liegt die Sohle von Sandfang und Pumpenschacht sowie ein Großteil des Regenwasserkanals / Staukanals bereits in den mitteldicht gelagerten, schlufffreien Kies-Sanden. In den höheren Abschnitten können der Regenwasserkanal und insbesondere der Schmutzwasserkanal noch in den Fein- bis Mittelsanden und Mittelsanden mit Schluffstreifen oder lokal auch in den bindigen Deckschichten liegen.

Die Kies-Sande und die Fein- bis Mittelsande und Mittelsande mit Schluffstreifen stellen einen normal tragfähigen Baugrund zur Gewährleistung der Bettungsbedingungen für

Rohre dar. Die Rohrleitungen können hier auf einer Sandbettung ohne zusätzliche Maßnahmen verlegt werden. Es kann eine Bodenpressung von 250 MN/m^2 angesetzt werden.

In den Bereichen, in denen die Kanalsohle innerhalb der bindigen Deckschichten liegt, sollte unterhalb der vorgesehenen Grabensohle ein ca. 0,25 m starker Bodenaustausch aus Kies-Sand eingebracht werden, um eine Aufweichung der unterlagernden bindigen Böden zu vermeiden. Hiermit ist zwangsläufig zu rechnen, wenn der bindige Boden bei der Ausschachtung naß ist und durch das Betreten zusätzlich stärker mechanisch beansprucht wird. Für den Bodenaustausch können schlufffreie Sande und Kies-Sande aus den übrigen Abschnitten der Ausschachtung verwendet werden. Die Bodenpressung sollte in diesem Fall auf 200 MN/m^2 begrenzt werden.

8.3 Verbau

Die bindigen Bodenarten wurden durchweg in einer steifen Zustandsform angetroffen. Es ist somit davon auszugehen, daß die bindigen Deckschichten die notwendige kurzzeitige Standfestigkeit für den Voraushub und den Einbau der Holzbohlen aufweisen. Aus gutachterlicher Sicht kann somit mit einem waagerechten Normverbau gearbeitet werden.

In den kurzzeitig standfesten bindigen Böden, nicht jedoch in den unterlagernden Fein- bis Mittelsanden ist prinzipiell auch der Einbau von randgestützten Verbauplatten im Einstellverfahren möglich.

Die Baugruben für Sandfang und Pumpenschacht reichen bis in eine Tiefe von maximal 5 m unter Gelände. Die Sohle des Pumpenschachtes liegt mit 11,6 mNN mehr als 2 m unterhalb des aktuellen Grundwasserspiegels. Neben einer Wasserhaltung (siehe unten) wird hier auch ein Verbau der Baugruben erforderlich. Es wird empfohlen, die Gruben mit einem ausgesteiften Spundwand-Verbau oder einem (ebenfalls ausgesteiften) Bohlträger-Verbau (Berliner Verbau) zu sichern. Je nach Größe der Baugrube kann bei entsprechender Aussteifung des Verbaus auf eine Rückverankerung verzichtet werden. Diesbezüglich ist Rücksprache mit dem Verbau-Statiker zu halten.

8.4 Wasserhaltung

Liegen die Kanalgräben innerhalb der bindigen Deckschichten, ist zur Fassung des in die Kanalgräben eintretenden Schicht- und Oberflächenwassers eine offene Wasserhaltung erforderlich. Hierzu ist es ausreichend, unter der Kanalgrabensohle den o.g. Kies-Sand als Filter- und Schutzschicht in einer Stärke von 0,25 m einzubauen und das – in Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge – anfallende Wasser über Flachbrunnen abzupumpen.

Für die tiefer liegenden Kanalabschnitte unterhalb von 14 mNN wird möglicherweise für den Grabenaushub eine vorlaufende Wasserhaltung erforderlich. Diese wird am zweckmäßigsten über Spülfilterlanzen ausgeführt. Durch die Wasserhaltung ist zu gewährleisten, daß der Baugrund bis mindestens 0,3 m unter Aushubsohle vollständig entwässert wird.

Für die Bestimmung der anfallenden Wassermengen kann nach der Bohrkernaufnahme am ungestörten Bodenkern und unseren Erfahrungen in den schlufffreien, schwach kiesigen bis kiesigen, lagenweise kiesigen Mittel- bis Grobsanden von einem k_f -Wert von 5×10^{-4} m/s bis 2×10^{-3} m/s ausgegangen werden.

Die durch das GfB ERFT-LABOR GmbH ermittelten, ausnahmslos sehr niedrigen Durchlässigkeiten sind vermutlich auf die Versuchsdurchführung zurückzuführen. In dem Gutachten werden zwar keine konkreten Angaben gemacht, es wird jedoch davon ausgegangen, daß die Sickerversuche in nicht ausgebauten Bohrlöchern ausgeführt wurden. Hierbei kann es durch Verschleppen von bindigen Anteilen bzw. einem Verschmieren der bindigen Schichten nach unten zu Abdichtungseffekten kommen. Auch in ausgebauten Bohrlöchern sind die versuchstechnisch ermittelten k_f -Werte in der Regel wegen des kleinen Bohrdurchmessers zu gering.

Für die weitere Planung wird empfohlen, an zwei gegenüberliegenden Ecken des Baugebietes (z.B. Nordwestecke am Spielplatz und Südostecke an der Holzstraße) 2 Grundwassermeßstellen einzurichten. In diesen Meßstellen kann zum einen die Entwicklung der Grundwasserstände im Hinblick auf die erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen laufend kontrolliert werden. Außerdem können Pumpversuche zur Ermittlung der Durchlässigkeiten des Untergrundes ausgeführt werden, um die bei der Wasserhaltung anfallenden Wassermengen besser abschätzen zu können. Desweiteren wird mit größter Wahrscheinlichkeit von den Behörden eine chemische Untersuchung des Grundwassers gefordert, welches bei den Sumpfungen anfällt. Für den erforderlichen Wasserrechtsantrag,

die Dimensionierung der Absenkanlage, die Ermittlung der anfallenden Wassermengen sowie zur Einrichtung der Grundwassermeßstellen, der Durchführung des Pumpversuches und der Entnahme und Auswertung der Grundwasserproben stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.

8.5 Wiederverfüllung

Das nässeempfindliche, bindige Aushubmaterial ist zum Wiedereinbau in die Kanalgräben nicht geeignet. Zur Verfüllung können lehmfreie Sande und Kies-Sande lagenweise eingebaut werden. Dort, wo beim Aushub nichtbindiges Material anfällt, sollte dieses entsprechend separiert und zwischengelagert werden. Das Material muß bei der Zwischenlagerung allerdings mit Kunststoff-Folien abgedeckt werden, um eine zwischenzeitliche Durchnässung zu vermeiden.

Im Bereich der Leitungszone (bis ca. 0,3 m über Rohrscheitel) ist auf steinfreies Material zu achten. In diesen Bereichen sollten bei den Verdichtungsarbeiten nur leichte Geräte verwendet werden. Darüber ist der Einsatz mittelschwerer Geräte bei Schütthöhen von 0,3 m zweckmäßig.

Die Kanalgrabenverfüllung und der Unterbau der Straße sind so zu verdichten, daß die Anforderungen der ZTV E-StB 09 und der STV A-StB 97 erfüllt werden. Zur Kontrolle der Verdichtung der Grabenverfüllung sollten Rammsondierungen mit der leichten Rammsonde gemäß DIN 4094 bzw. Lastplattendruckversuche mit dem dynamischen Fallgewichtsgerät LFG gemäß TP BF-StB Teil B 8.3 ausgeführt werden.

9. Hinweise zum Straßenbau

Unterhalb des humosen Oberbodens werden im Bereich des Bauvorhabens generell bindige Deckschichten angetroffen. Diese bestehen – wie o.b. und im Lageplan dargestellt – entweder aus schwach tonigem, schwach sandigem Schluff oder schluffigem bis stark schluffigem Feinsand und Fein- bis Mittelsand. Diese Böden sind den Frostempfindlichkeitsklassen F 2 (schluffiger Sand) und F 3 (Schluff) zuzuordnen.

Maßgeblich für den unterbau der Straßen sind die ZTV E-StB 09 sowie die RStO 01.

Für die weiteren Angaben wird von einer Bauklasse gemäß RStO 01 III / IV ausgegangen. Der frostsichere Aufbau bei den Bauklassen III und IV beträgt 0,5 m bis 0,6 m für die Frostempfindlichkeitsklassen F 2 und F 3.

Eine Stärke von 0,5 m / 0,6 m ist jedoch nur ausreichend, wenn auf dem Planum bei Lastplattendruckversuchen gemäß DIN 18134 ein E_{v2} -Wert $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden kann. Oberhalb der bindigen Deckschichten werden derartige Werte erfahrungsgemäß nicht erreicht, so daß ein zusätzlicher Bodenaustausch erforderlich ist.

Da jedoch nach Abschieben des humosen Oberbodens das Planum etwa 1,2 m unterhalb der späteren Straßenoberkante liegt, kann davon ausgegangen werden, daß zunächst durch Bodenaustausch (inkl. Überstand) ein Planum erstellt kann, auf dem ohne weiteres der o.g. E_{v2} -Wert zu erzielen ist.

Dieser Bodenaustausch sollte nach Möglichkeit mit schluff- und lehmfreiem Kies-Sand hergestellt werden. Der Bodenaustausch wird eine Stärke von rund 0,6 m erhalten und dient gleichzeitig als Dränschicht zur Planums-Entwässerung. In Abständen von ca. 10 m sollten großflächige Durchgrabungen der bindigen Deckschichten bis in die gut durchlässigen Kies-Sande vorgesehen werden. Diese Durchgrabungen zum hydraulischen Anschluß müssen mit Betonkies der Sieblinie B_{32} nach DIN 1054 oder Frostschutzkies 0/32 verfüllt werden. Dieses Material ist filterstabil gegenüber dem anstehenden Boden, so daß auf den Einbau eines Filtervlies verzichtet werden kann.

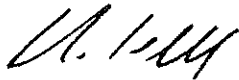
Um zu kontrollieren, ob die o.b. Vorgehensweise praktikabel ist, sollte zu Beginn der Straßenbauarbeiten ein ausreichend dimensioniertes Prüffeld angelegt und ein Lastplattendruckversuch ausgeführt werden.

Im Anschluß sind Verdichtung und Tragfähigkeit der einzelnen Einbaulagen mit Hilfe von Lastplattendruckversuchen nachzuweisen. Wir empfehlen, folgende Anforderungen zugrunde zu legen:

- OK verbessertes Erdplanum: $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 3$
- OK Frostschutzschicht: $E_{v2} > 120 \text{ MN/m}^2$ Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$
- OK Schottertragschicht: $E_{v2} > 150 \text{ MN/m}^2$ Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$

Falls bereichsweise die Bauklassen V und VI gemäß RStO 01 ausgeschrieben werden sollten, reduzieren sich die Anforderungen für den E_{v2} -Wert auf der Tragschicht auf 120 MN/m^2 .

Treten zu den Angaben weitere Fragen auf bzw. werden durch Planungsänderungen Aussagen dieses Gutachtens betroffen, so bitten wir um Benachrichtigung, um ergänzend Stellung nehmen zu können.



Rüdiger Kroll



Norbert Müller

Schichtenverzeichnis

BVH in Bedburg-Hau, Bebauungsplan Nr. 26 - "Ziegelhütte"

Gutachten Nr. N-RK 197/12 - BGA

Bezugshöhe: Höhenpunkt auf der Holzstraße in Höhe RKB 112

BZP = 16,80 mNN

Bohrung 101 Ansatzhöhe: ca. 16,19 mNN

0,00-0,50 m Mutterboden

0,50-0,90 m Schluff, stark sandig, humose Spuren, braun, steif

0,90-1,60 m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schwach schluffig bis schluffig, mitteldicht

1,60-4,00 m Mittel- bis Grobsand, meist schwach kiesig, lagenweise kiesig, mitteldicht

Grundwasser bei ca. 2,5 m unter Gelände

Bohrung 102 Ansatzhöhe: ca. 16,99 mNN

0,00-0,50 m Mutterboden

0,50-1,50 m Schluff, schwach sandig bis sandig, oben mit humosen Spuren, braun und braungelb, steif und steif bis halbfest

1,50-2,30 m Fein- bis Mittelsand, oben schwach schluffig, mitteldicht

2,30-5,00 m Mittel- bis Grobsand, schwach kiesig bis kiesig, lagenweise kiesfrei, mitteldicht

Grundwasser bei ca. 2,4 m unter Gelände

Bohrung 103 Ansatzhöhe: ca. 16,14 mNN

0,00-0,50 m Mutterboden

0,50-1,00 m Schluff, sandig bis stark sandig, humose Spuren, gelbbraun, steif

1,00-2,10 m Fein- bis Mittelsand, oben mit Schluffstreifen, mitteldicht

2,10-2,70 m Schwach kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht

2,70-3,20 m Fein- bis Mittelsand, mitteldicht

3,20-4,00 m kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht

Grundwasser bei ca. 2,4 m unter Gelände

Bohrung 104 Ansatzhöhe: ca. 16,49 mNN
0,00-0,60 m Mutterboden
0,60-0,70 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig,
humose Spuren, mitteldicht
0,70-2,10 m Fein- bis Mittelsand, schwach grobsandig, mitteldicht
2,10-2,50 m Fein- bis Mittelsand, stark schluffig, mitteldicht / steif
2,50-5,00 m Schwach kiesiger bis kiesiger Mittel- bis Grobsand, mittel-
dicht

Grundwasser bei ca. 2,7 m unter Gelände

Bohrung 105 Ansatzhöhe: ca. 16,23 mNN
0,00-0,50 m Mutterboden
0,50-1,50 m Schluff, schwach sandig, lagenweise schwach tonig, oben
mit humosen Spuren, braungelb und gelb, steif bis halbfest
1,50-2,80 m Mittel- bis Grobsand, lagenweise stark sandiger Schluff
(2-5 cm), mitteldicht
2,80-4,00 m Kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht

Grundwasser bei ca. 2,6 m unter Gelände

Bohrung 106 Ansatzhöhe: ca. 16,26 mNN
0,00-0,50 m Mutterboden
0,50-1,60 m Schluff, schwach tonig, schwach sandig, gelb, oben mit
humosen Spuren, steif bis halbfest
1,60-2,70 m Mittelsand, grobsandig, dünne Schluffstreifen, mitteldicht
2,70-3,20 m Schluff, sandig bis stark sandig, steif, dünne Sandstreifen
3,20-5,00 m Schwach kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht

Grundwasser bei ca. 2,5 m unter Gelände

Bohrung 107 Ansatzhöhe: ca. 16,56 mNN

- 0,00-0,50 m Mutterboden
- 0,50-0,90 m Fein- bis Mittelsand, stark schluffig und Schluff, stark sandig, humose Spuren, braungelb, mitteldicht bzw. steif
- 0,90-1,70 m Fein- bis Mittelsand mit Schluffstreifen, Basis schwach schluffig bis schluffig, mitteldicht
- 1,70-2,50 m Schwach kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht
- 2,50-3,20 m Fein- bis Mittelsand, schwach grobsandig, mitteldicht
- 3,20-4,00 m Kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht

Grundwasser bei ca. 2,9 m unter Gelände

Bohrung 108 Ansatzhöhe: ca. 16,34 mNN

- 0,00-0,40 m Mutterboden
- 0,40-0,80 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig, humose Spuren, braungelb, mitteldicht
- 0,80-1,30 m Fein- bis Mittelsand, Schluffstreifen, mitteldicht
- 1,30-5,00 m Schwach kiesiger Mittel- bis Grobsand, lagenweise kiesig mit Schluffstreifen im 3. Meter, mitteldicht

Grundwasser bei ca. 2,8 m unter Gelände

Bohrung 109 Ansatzhöhe: ca. 16,36 mNN

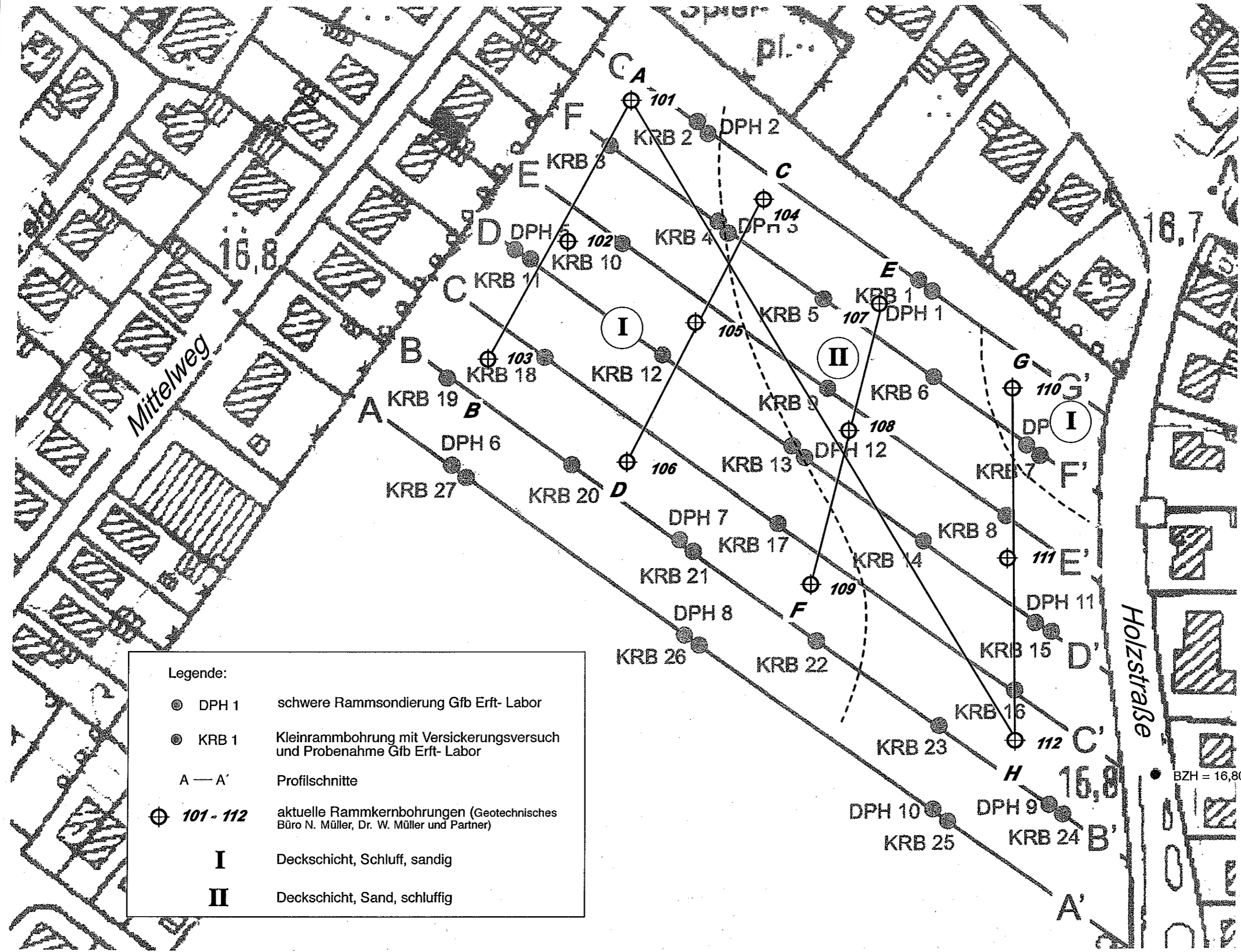
- 0,00-0,60 m Mutterboden
- 0,60-1,60 m Schluff, sandig bis stark sandig, humose Spuren, steif
- 1,60-2,40 m Mittelsand, grobsandig, feinsandig, mitteldicht
- 2,40-4,00 m Schwach kiesiger bis kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht

Grundwasser bei ca. 2,6 m unter Gelände

- Bohrung 110 Ansatzhöhe: ca. 16,74 mNN
- 0,00-0,50 m Mutterboden, Spuren von Ziegelbruch
 - 0,50-0,80 m Schluff, stark sandig bzw. Fein- bis Mittelsand, stark schluffig mit humosen Spuren, braungelb, mitteldicht bzw. steif
 - 0,80-2,70 m Fein- bis Mittelsand, lagenweise schluffig bis stark schluffig, mitteldicht
 - 2,70-5,00 m Schwach kiesiger bis kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht
- Grundwasser bei ca. 2,9 m unter Gelände

- Bohrung 111 Ansatzhöhe: ca. 16,59 mNN
- 0,00-0,40 m Mutterboden
 - 0,40-0,80 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig bis schluffig, humose Spuren, braungelb, mitteldicht
 - 0,80-1,20 m Fein- bis Mittelsand, mitteldicht
 - 1,20-2,70 m Mittel- bis Grobsand, lagenweise Fein- bis Mittelsand, lagenweise Schluffstreifen von 2-5 cm Dicke, mitteldicht
 - 2,70-4,00 m Kiesiger Mittel- bis Grobsand, lagenweise sandiger Kies, mitteldicht
- Grundwasser bei ca. 2,8 m unter Gelände

- Bohrung 112 Ansatzhöhe: ca. 16,59 mNN
- 0,00-0,50 m Mutterboden
 - 0,50-0,70 m Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, humose Spuren, braungelb, mitteldicht
 - 0,70-2,60 m Fein- bis Mittelsand, im 2. und 3. Meter kleine Schluffstreifen, mitteldicht
 - 2,60-5,00 m Schwach kiesiger bis kiesiger Mittel- bis Grobsand, mitteldicht
- Grundwasser bei ca. 2,8 m unter Gelände



Legende:

●	DPH 1	schwere Rammsondierung Gfb Erft- Labor
●	KRB 1	Kleinrammbohrung mit Versickerungsversuch und Probenahme Gfb Erft- Labor
A — A'		Profilschnitte
⊕	101 - 112	aktuelle Rammkernbohrungen (Geotechnisches Büro N. Müller, Dr. W. Müller und Partner)
I		Deckschicht, Schluff, sandig
II		Deckschicht, Sand, schluffig

