

ibg Dipl.-Ing. Michael Zweynert – Johannisstraße 7 – 54290 Trier

# Baugrunduntersuchungen und Gründungsempfehlungen

Ausfertigung 1 / 3

---

**Projekt-Nr.:** 10016

**Bauvorhaben:** Neubau eines Mehrfamilienwohnhauses  
in L-5404 Bech-Kleinmacher, 55, Route du Vin

**Auftraggeber:** **Frau Liane und** und **Herr**  
**Herr Pierre Hirtt-Hatto** **Marco Albert**  
15, Rue Charles Quint 18, Lauthegaass  
L-2380 Luxembourg L-5450 Stadtbredimus

**Umfang:** 12 Seiten und 6 Anlagen

**Datum:** 24.03.2010

**Ausführung:** **ibg**  
**Ing. Büro für Baugrund und Geotechnik**  
**Dipl.-Ing. M. Zweynert**  
Johannisstraße 7  
54290 Trier  
  
Tel. 0651 / 9 94 14 06  
Fax 0651 / 9 94 14 08

## **Inhaltsverzeichnis**

- 1      Anlass
- 2      Untergrundverhältnisse
  - 2.1    Schichtenfolge und Lagerungsdichte des Bodens
  - 2.2    Grundwasser, Oberflächenwasser
- 3      Bautechnische Bewertung der Böden
  - 3.1    Bodenklassen nach DIN 18300
  - 3.2    Bodenkennwerte
- 4      Gründungsempfehlungen
  - 4.1    Baugrund- und Gründungssituation
  - 4.2    Baugrube, Herrichten der Baufläche
  - 4.3    Gründung
  - 4.4    Befestigte Außenflächen
- 5      Versickerung von Dachflächenwasser

## **Anlagen**

- 1      Lageplan mit Aufschlußpunkten, M 1 : 200
- 2.1-2    Bodenprofile der Bohrsondierungen BS 1+2, M 1 : 50
- 3.1-4    Rammdiagramme der schweren Rammsondierungen DPH 1-4, M 1 : 50
- 4.1-3    Bodenmechanisches Labor: Körnungslinien, Konsistenzgrenzen, Wassergehalte
- 5      Bodenprofil im Schnitt A – A', HM 1 : 75, LM unmaßstäblich
- 6.1-2    Gründung in den Schnitten B – B' und C – C' (schematisch), HM 1 : 75, LM unmaßstäblich

## **1 Anlass**

In L - 5404 Bech-Kleinmacher soll auf dem Grundstück 55, Route du Vin ein viergeschossiges Wohnhaus errichtet werden. Die Baustelle liegt östlich der Straße auf dem leicht nach Osten abfallenden Gelände. Die Geländeoberfläche des Baugrundstücks liegt an der Straßenseite bei ca. 144,3 mNN und fällt bis zur östlichen Grenze auf ca. 143,3 mNN ab. Die ehemals auf dem Grundstück stehenden Gebäude wurden bereits abgerissen.

Geplant ist ein Mehrfamilienhaus mit einer Grundfläche von ca. 19,6 m x 18,5 m. Der Neubau wird mit einem Untergeschoss als Parkgarage sowie mit Erd- und zwei Obergeschossen errichtet. In der Grundfläche des Neubaus liegt die OK Gelände gemäß dem Nivellement der Bohr- und Sondieransatzpunkte zwischen ca. 144,3 mNN an der Stelle DPH 3 und 143,1 mNN an der Stelle DPH 2. Die Höhenlage des Neubaus ist in den vorliegenden Planunterlagen angegeben mit

- OKFB Erdgeschoss            +/-0,00            = 146,50 mNN
- OKFB Untergeschoss        -3,06            = 143,44 mNN

Das Untergeschoss bindet an der Straßenseite also ca. 1 m in den Untergrund ein und liegt an der Gartenseite ungefähr ebenerdig. Die Gebäudelasten werden über die umlaufende Außenwand des Untergeschosses (Stahlbeton), den Gebäudekern mit Treppenhaus und Aufzug und über drei Stützen im hinteren Gebäudebereich abgetragen.

Die Baustelle liegt im Überflutungsbereich der Mosel. Bei Hochwasserführung kann der Flusswasserstand der Mosel bis auf 145,63 mNN (= HW<sub>100</sub>) ansteigen, das ist ca. 2,20 m über dem Fußboden des Untergeschosses. Der Neubau ist so geplant, dass das Untergeschoss bei Hochwasser geflutet wird.

### - Baugrunduntersuchungen

Zur Baugrunduntersuchung wurden am 12.03.2010 an den im Lageplan der Anlage 1.2 bezeichneten Stellen

- zwei Bohrsondierungen mit der Rammkernsonde (BS 1+2) zur Feststellung der Schichtenfolge und zur Probenahme bis 5 bzw. 6 m unter OK Gelände abgeteuft sowie
- vier schwere Rammsondierungen (DPH 1-4) zur Bestimmung der Lagerungsdichte des Bodens bis 6 bzw. 7 m unter OK Gelände gerammt.

Gebohrt wurde mit der Bohrsonde mit Ø 60-40 mm. Mit der Bohrsonde wird ein Bohrkern entsprechend der Schichtenfolge des Untergrundes gewonnen. Bei der Rammsondierung wird eine konische Rammspitze mit definierter Energie in den Untergrund gerammt. Gemessen werden die Schlagzahlwerte  $N_{10}$  entsprechend der Anzahl der erforderlich Rammschläge je 10 cm Eindringtiefe, die in das Rammdiagramm eingetragen werden. Anhand der Schlagzahlwerte können Rückschlüsse auf die Lagerungsdichte des Bodens gezogen werden.

Die Aufschlussstellen wurden nach Lage und Höhe mit Bezug auf mNN eingemessen. Das Höhennivellement erfolgte auf der Grundlage eines vorliegenden Vermessungsplans.

Die Ansprache der aufgeschlossenen Bodenschichten erfolgte nach DIN 4022. Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen sind in den Anlagen 3 und 4 als Bodenprofile nach DIN 4023 mit Angabe der Bodenklassen nach DIN 18300 und der Bodengruppen nach DIN 18196 bzw. als Rammdiagramme nach DIN 4094 dokumentiert. Auf der Anlage 5 sind die Bodenprofile und Rammdiagramme in der Relation zur Höhenlage des Neubaus im Schnitt A – A' dargestellt.

## **2      Untergrundverhältnisse**

### **2.1      Schichtenfolge und Lagerungsdichte des Bodens**

Die geologische Karte von Luxembourg, Blatt 13 – Remich weist in der Ortslage Bech-Kleinmacher Talablagerungen der Mosel aus. Dabei handelt es sich um tonige und schluffige Hochflutböden der Mosel, die sich bei Hochwasserführung im flachen Uferbereich abgelagert haben. In größerer Tiefe ist mit Sand und Kies zu rechnen.

Auf der Anlage 5 ist das erbohrte Bodenprofil im Schnitt A – A' dargestellt:

Unter einer lokalen Auffüllung (Straßenseite) bzw. einem dünnen Mutterboden liegen bis ca. 4 – 4,5 m Tiefe gering konsolidierte tonige und schluffige Böden, davon bis ca. 2,5 – 4,2 m Tiefe ein hochplastischer Ton (in den Bodenprofilen: Ton = **violett**) mit steifer bis halbfester Konsistenz und darunter toniger, feinsandiger Schluff (**oliv**) mit steifer bis weicher Konsistenz. Unter den feinkörnigen Böden liegt als Übergangsschicht zum liegenden Kies /Sand eine ca. 0,5 – 1,0 m starke Schicht aus schluffigem bis stark schluffigem Fein- bis Mittelsand (**orange**). Ab etwa 5 – 6 m unter OK Gelände wurde mitteldicht gelagerter sandiger Kies (**gelb**) bzw. kiesiger Sand (**orange**) erbohrt.

Im einzelnen wurde folgendes Bodenprofil aufgeschlossen:

An der Stelle BS 1 an der Südwestecke des Neubaus liegt eine ca. 90 cm starke Auffüllung aus ca. 30 cm sandigem, schwach schluffigem Oberboden und darunter ca. 60 cm schluffigem, feinsandigem, schwach organischem Ton (**grau**).

An der Stelle BS 2 an der Nordostecke des Neubaus liegt ein ca. 40 cm starker Oberboden (**braun**) aus schluffigem, feinsandigem, schwach organischem Ton.

Unter der Auffüllung bzw. dem Oberboden wurde bis 4,2 bzw. 3,6 m Tiefe schluffiger, feinsandiger Ton (**violett**) mit steifer bis halbfester Konsistenz erbohrt. An drei Proben aus BS 1,  $t = 2,0 - 3,1$  und  $t = 3,1 - 4,2$  m sowie aus BS 2,  $t = 2,6 - 3,8$  m wurde die Kornverteilung mit ca. 40-50 % Tonkorn, 40 % Schluffkorn und 10-20 % Feinsand bestimmt (Anlage 4.1 → *blaue, rote, grüne Körnungslinie*).

Die Konsistenzgrenzen der Bodenprobe aus BS 1,  $t = 3,1 - 4,2$  m Tiefe wurden gemäß der Anlage 4.2 bei Wassergehalten  $w_L = 58,3$  % an der Fließgrenze und  $w_P = 25,0$  % an der Ausrollgrenze bestimmt. Der Eintrag in das Plastizitätsdiagramm weist den Boden als ausgeprägt plastischen Ton der Bodengruppe TA nach DIN 18196 aus. Mit 24,4 % natürlichem Wassergehalt hat der Boden eine steife bis halbfeste Konsistenz. An drei weiteren Bodenproben des Tons wurde der Wassergehalt mit 23,0 – 28,4 % bestimmt (Anlage 4.3).

Unter dem tonigen Boden liegt in BS 1 von 4,2 – 4,6 m Tiefe eine ca. 40 cm starke tonige, stark feinsandige Schluffschicht (**oliv**) mit steifer Konsistenz. In BS 2 wurde von 2,6 – 3,8 m Tiefe eine tonige, stark fein- bis mittelsandige Schluffschicht (**oliv-violett**) mit weicher bis steifer Konsistenz erbohrt. Im Gegensatz zum überdeckenden Ton hat der schluffige Boden mit ~ 45 % einen wesentlich höheren Sandanteil (Anlage 4.1 → *violette Körnungslinie*). Nach örtlicher Bodenansprache ist dieser Boden ein leichtplastischer Schluff bzw. Ton der Bodengruppe UL bzw. TL nach DIN 18196.

Mit den schweren Rammsondierungen DPH 1 bis 4 wurden in den tonigen und schluffig-tonigen Böden nur sehr geringe Rammwiderstände mit Schlagzahlwerten  $N_{10} = 2-3$ , in DPH 3 bis 3 m Tiefe sogar nur  $N_{10} = 1-2$  gemessen, was diese Böden als schwach konsolidiert ausweist.

Bei den bis ca. 4,0 – 4,5 m Tiefe anstehenden tonigen und schluffigen Böden handelt es sich um geologisch betrachtet jüngste Ablagerungen der Mosel, die bei Hochwasser im Überflutungsbereich abgelagert wurden. Diese Böden sind gering konsolidiert. Die Basis der feinkörnigen Böden liegt in BS 1 in 4,2 m Tiefe ~ 139,4 mNN und in BS 2 in 3,8 m Tiefe ~ 139,7 mNN.

Unter der schluffigen Schicht liegt an beiden Bohrstellen bis 5,2 bzw. 4,9 m Tiefe eine ca. 0,6 m bzw. 1,1 m starke schluffige bis stark schluffige Fein- bis Mittelsandschicht (**orange**). Bei der Probe aus BS 2, t = 3,8 – 4,9 m Tiefe handelt es sich mit ca. 30 % Feinkornanteil um einen stark schluffigen Fein- bis Mittelsand der Bodengruppe SU\* nach DIN 18916 (Anlage 4.1 → *hellrote Körnungslinie*).

Der schluffige Fein- bis Mittelsand vermittelt zum liegenden Kies bzw. kiesigen Sand. In BS 1 wurde der schluffige Fein- bis Mittelsand in 5,2 m Tiefe durchbohrt und darunter bis 6 m Bohrendtiefe kiesiger, schluffiger Sand (**orange**) erbohrt. In BS 2 wurde von 4,9 m bis 6 m Bohrendtiefe sandiger Kies (**gelb**) erbohrt.

In den Rammdiagrammen zeichnet sich der Übergang in den schluffigen Sand in rd. 4 m Tiefe am leichten Anstieg des Rammwiderstands auf Schlagzahlwerten  $N_{10} = 4-6$  ab. Mit dem Übergang in den Kies bzw. kiesigen Sand steigt der Rammwiderstand in 4,5 – 6,0 m Tiefe zunächst deutlich auf  $N_{10} = 10-15$ , in DPH 1 sogar bis  $N_{10} > 30$  an und geht dann bis 6 – 7 m Sondierendtiefe allerdings außer in DPH 1 wieder auf zurück auf  $N_{10} = 5-10$ .

Nach den Rammdiagrammen ist der schluffige Sand locker bis mitteldicht gelagert. Der Kies bzw. kiesige Sand ist im obersten Meter mitteldicht bis dicht, dann aber nur noch mitteldicht gelagert. Ausnahme ist die Stelle DPH 1, wo der Kies bis 6 m Tiefe dicht bis sehr dicht gelagert ist.

## 2.2 Grundwasser, Oberflächenwasser

### - Grundwasser

An allen Aufschlüssen wurde Grundwasser angetroffen:

- An der Bohrstelle BS 1 liegt der Grundwasserspiegel in ca. 4,3 m Tiefe ~ 139,7 mNN.
- An der Stelle BS 2 wurde der Grundwasserspiegel in 2,4 m Tiefe ~ 141,0 mNN eingemessen. Dort ist allerdings davon auszugehen, dass das Grundwasser hochgedrückt wurde, weil der weichsteife schluffige Boden im Bohrloch wieder ‚zusammendrückt‘.
- An den Sondierstellen DPH 1, 2 und 4 wurde der Wasserspiegel nach dem Bohrende mit 2 – 3 m Flurabstand entsprechend ~ 141,2 – 140,8 mNN eingemessen. In DPH 3 war kein Wasserstand einzumessen, weil das Sondierloch wegen des weichen Bodens ‚eingeschnürt‘ war.

Zur lokalen Grundwassersituation liegen keine konkreten Angaben vor. Als maßgeblich ist ein Grundwasserspiegel zwischen ca. 141 und 140 mNN anzusetzen, wobei nach meiner Einschätzung eher die tiefere Kote zutreffend ist, weil der schluffige Boden in allen Bohr- und Sondierlöchern zusammengedrückt wurde und damit das Grundwasser tendenziell nach oben gedrückt hat. Für eine genaue Messung des Grundwasserspiegels müsste ein Messpegel gesetzt werden.

Mit Bezug auf den Neubau kann der Grundwasserabstand mit ca. 3 m unter dem Untergeschoss abgeschätzt werden.

- Oberflächenwasser

Die Baustelle liegt im Überflutungsgebiet der Mosel.

In den Planunterlagen des Architekten ist die Hochwasserlinie für das 100-jährliche Hochwasserereignis mit  $HW_{100} = 145,63$  mNN angegeben. In diesem Fall steigt das Wasser bis ca. 2,2 m über den Fußboden des Untergeschosses. Der Neubau ist so geplant, dass das Untergeschoss im Hochwasserfall überflutet werden kann.

- Bewertung der Grund- und Oberflächenwassersituation

Der mittlere Grundwasserspiegel liegt in 3 – 4 m Tiefe bei ca. 141 – 140 mNN, das ist ca. 3 m unter der Sohle des Untergeschosses. Bei den Erd- und Gründungsarbeiten sind keine grundwasserbedingten Behinderungen zu erwarten.

Der bis 2,6 – 4,2 m Tiefe liegende tonige Boden ist nahezu dicht. Das bedeutet, dass auch bei ansteigendem Grundwasserspiegel der Anstieg des Grundwassers bis in die Gründungsebene nicht wahrscheinlich ist, sofern nicht die Tonschicht durchstoßen wird. Durch den überdeckenden bindigen Boden gerät das Grundwasser aber unter Spannung.

Ausgehend von OKFB Untergeschoss = 143,44 mNN wird die Gründungssohle bei ca. 142,4 mNN liegen. Unterhalb dieser Kote hat die dichte Tonschicht noch eine Stärke von ca. 1,4 m an der Stelle BS 2 und ca. 2,4 m an der Stelle BS 1.

- Folgerungen für den Neubau

Maßgeblich für die Erd- und Gründungsarbeiten ist der Überflutungsfall bei Hochwasserführung der Mosel. Bei Hochwasserführung der Mosel kann das Untergeschoss bis ca. 2,2 m hoch überflutet werden. Es sind Maßnahmen erforderlich, die nach einer Überflutung dafür sorgen, dass das Untergeschoss wieder vollständig entwässert wird, möglichst kein Restwasser verbleibt bzw. dieses keinen nachteiligen Einfluss auf die Standfestigkeit des Gebäudes hat:

- Das Wasser muß ungehindert wieder aus dem Gebäude abfließen können.
- Die in den Ton einbindenden Bauteile (Fundamente, Aufzugsschacht, Fußbodenunterbau) liegen im praktisch dichten Ton wie in einer ‚Wanne‘. Deshalb muß möglichst verhindert werden, dass überhaupt Wasser eindringen kann (Fundamentgräben) bzw. es muß dafür gesorgt werden, dass eindringendes Oberflächenwasser wieder abgeleitet wird (Schotterunterbau, Aufzugsschacht, Kanalgräben usw.).

### 3 Bautechnische Bewertung der Böden

#### 3.1 Bodenklassen nach DIN 18300

Die erbohrten Böden sind den folgenden Bodenklassen nach DIN 18300 zuzuordnen:

Bodenart	Bodenklasse nach DIN 18300
<i>lokal:</i> <b>Auffüllung</b> , sandig-schluffige und tonig-schluffige Böden	Mittelschwer lösbare Böden, Klasse 4
<i>lokal:</i> <b>Oberboden, Ton</b> , schluffig, feinsandig, organisch	Oberboden, Klasse 1 bzw. Mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 4
<b>Ton</b> , schluffig, feinsandig, steif bis halbfest, mittel- bis ausgeprägt plastisch	Mittelschwer bis schwer lösbare Böden, Klassen 4 bis 5
<b>Schluff</b> , tonig, stark fein- bis mittelsandig	Mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 4
<b>Fein- bis Mittelsand</b> , schluffig bis stark schluffig	Leicht bis mittelschwer lösbarer Boden, Klassen 3 bis 4
<b>Kies</b> , sandig und <b>Sand</b> , kiesig, schluffig	Leicht lösbarer Boden, Klasse 3

Tab. 1: Bodenklassen nach DIN 18300

#### 3.2 Bodenkennwerte

Für die erbohrten Böden können die mittleren Bodenkennwerte der Tab. 2 und 3 abgeschätzt werden:

Bodenkennwerte	<b>Ton</b> , schluffig, feinsandig, steif bis halbfest, gering konsolidiert	<b>Schluff, Ton</b> , stark fein- bis mittelsandig, weich bis steif
Teufenbereich	bis ca. 2,6-4,2 m u. OK Gel., bis ca. 139,8-140,9 mNN	bis ca. 3,8-4,6 m u. OK Gel., bis ca. 139,7-139,4 mNN
Wichte kN/m <sup>3</sup>	19	19
Wichte unter Auftrieb kN/m <sup>3</sup>	9	9
Reibungswinkel Grad	22,5	27,5
Kohäsion c' kN/m <sup>2</sup>	20	5
Steifezahl Es (Erstbel.) MN/m <sup>2</sup>	4-6	5
Bodengruppen	TA, TM-TA	UL-TL

Tab. 2: Bodenkennwerte

Bodenkennwerte	<b>Fein- bis Mittelsand</b> , schluffig bis stark schluffig, tonig, locker bis mitteldicht gelagert	<b>Kies</b> , sandig und <b>Sand</b> , schluffig, kiesig, mitteldicht gelagert
Teufenbereich	bis ca. 4,9-5,2 m u. OK Gel., bis ca. 138,8-138,6 mNN	ab ca. 4,9-5,2 m u. OK Gel., ab ca. 138,8-138,6 mNN
Wichte kN/m <sup>3</sup>	19	20
Wichte unter Auftrieb kN/m <sup>3</sup>	9,5-10	11
Reibungswinkel Grad	32,5-30	35
Kohäsion c' kN/m <sup>2</sup>	0-2	0
Steifezahl Es (Erstbel.) MN/m <sup>2</sup>	25-15	Rechenwert: 80
Bodengruppen	SU, SU*	GW, SU

Tab. 3: Bodenkennwerte

## **4 Gründungsempfehlungen**

### **4.1 Baugrund- und Gründungssituation**

Auf der Anlage 6 sind die Bodenprofile und Rammdiagramme in den Schnitten B – B' und C – C' in der Relation zur Höhenlage des Neubaus dargestellt mit:

- OKFB Erdgeschoss            +/-0,00            = 146,50 mNN
- OKFB Untergeschoss        -3,06            = 143,44 mNN

Die Gebäudelasten werden über die umlaufende Außenwand (Stahlbeton), den Gebäudekern mit Treppenhaus und Aufzug und über drei Stützen im gartenseitigen Gebäudebereich abgetragen.

Die Baustelle liegt im Überflutungsbereich der Mosel. Bei Hochwasserlagen der Mosel kann das Wasser bis auf 145,63 mNN (HW<sub>100</sub>) ansteigen, das ist ca. 2,20 m über dem Fußboden des Untergeschosses. Der Neubau ist so geplant, dass das Untergeschoss bei Hochwasser der Mosel geflutet wird.

Für die Erd- und Gründungsarbeiten liegen folgende Randbedingungen vor:

- Mit OKFB Untergeschoss = 143,44 mNN und mit der Annahme einer ca. 20 cm starken Bodenplatte liegt die Sohle der Bodenplatte bei ca. 143,24 mNN, das ist an der Straßenseite ca. 1 m unter OK Gelände und gartenseitig ungefähr gerade im Niveau OK Gelände.
- Die Gründungssohle der Fundamente liegt mit frostfreier Einbindetiefe  $d \geq 0,8$  m bei ca. 142,6 bis 142,4 mNN im tonigen Boden mit steifer bis halbfester Konsistenz. Der gering konsolidierte Ton ( $M_{10} = 1-3$ ) steht noch bis mindestens 2 m unter die Gründungssohle an. Das Untergeschoss ist kein geschlossener Raum, weshalb auch die innen liegenden Fundamente frostfrei gegründet werden müssen.
- Der für die Lastabtragung maßgebliche hochplastische Ton ist ein gering tragfähiger und bei Belastung stark verformbarer Boden. Da der Ton geologisch nicht vorbelastet wurde, wird er unter der Gebäudelast konsolidieren und sich setzen. Nach der Konsolidierungstheorie folgen die Setzungen der Verdrängung des Porenwassers. Im hochplastischen Ton wird die Konsolidierung sehr langsam und über einen Zeitraum von 8-12 Monaten erfolgen.
- Bei Moselhochwasser wird das Untergeschoss überflutet. Es sind Maßnahmen erforderlich, damit das Untergeschoss nach einer Überflutung wieder vollständig entwässert wird bzw. verbleibendes Restwasser keinen nachteiligen Einfluss auf die Standfestigkeit des Gebäudes hat.

#### - Gründung

Der Neubau kann auf bewehrten Streifenfundamenten unter den Außenwänden und dem Treppenhaus gegründet werden. Da der tonige Boden stark setzungsempfindlich ist, sollten betonierte Außenwände hergestellt werden, um eine möglichst hohe Steifigkeit zu erzielen. Im rückwärtigen Bereich des Gebäudes stehen drei Stützen. Die Stützen sollten zur Lastverteilung auf einem gemeinsamen Streifenfundament gegründet werden, das als elastisch gebetteter Balken gerechnet werden kann.

Damit kein Wasser in die Fundamentgräben eindringen kann, müssen die Fundamente seitlich gegen das Erdreich betoniert werden.



Unter dem Fußboden ist eine Trag- und Bettungsschicht aus Schotter herzustellen. Diese muß in Anlehnung an die Straßenbaurichtlinien ausgeführt werden, weil das Untergeschoss dem Witterungseinfluß unterliegt.

#### **4.2 Baugrube, Herrichten der Baufläche**

Die Baugrube wird an der Straßenseite ca. 1 m tief und an der Gartenseite liegt das Erdplanum nahezu ebenerdig.

Auf der Aushubsohle steht der hochplastische Ton an. Die Aushubsohle darf nicht mit schwerem Baggerät überfahren werden, weil sonst das Porenwasser im Boden aktiviert wird, womit sich die Bodenqualität verschlechtert. Das Erdplanum muß rückschreitend mit einem Bagger mit Schneidschaufel glatt abgezogen werden.

Die Baugrube ist so tief auszuheben, dass ein ausreichend starker Schotterunterbau als Trag- und Bettungsschicht für den Fußboden eingebaut werden kann. Der Unterbau dient gleichzeitig als Baustellenplanum und Dränageschicht. Für den Schotterunterbau gelten folgende Empfehlungen:

- Das Untergeschoss wird offen gebaut, es unterliegt dem Witterungseinfluß. Deshalb sollte ein frostsicherer Aufbau in Anlehnung an die Straßenbaurichtlinien hergestellt werden:
  - Das Erdplanum besteht aus dem tonigen Boden, der stark frostempfindlich ist (Frostempfindlichkeitsklasse F3 gemäß ZTVE-StB).
  - Die RStO 01 empfiehlt in der Bauklasse VI (niedrigste Bauklasse) auf einem stark frostempfindlichen Boden der Klasse F3 eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 50 cm.
  - Zusätzlich müssen ungünstige Grundwasserverhältnisse beachtet werden, weil Hochwasser oft im Winterhalbjahr auftreten und anschließende Frostperioden nicht auszuschließen sind. Der Unterbau ist deshalb um 5 cm zu verstärken.
  - Damit beträgt die Mindestdicke des frostsicheren Gesamtaufbaus aus Bodenplatte + Unterbau ca. 55 cm.

Zur praktischen Ausführung wird empfohlen, das Erdplanum mit leichtem Gefälle anzulegen, damit eingedrungenes Wasser wieder abfließen kann. Der Gesamtfußbodenaufbau sollte deshalb im randlichen Bereich mind. 55 cm stark und zur Gebäudemitte zunehmend mit 60 – 65 cm hergestellt werden. Das hat folgenden Zweck:

Bei einer Überflutung wird das Wasser auch in den Schotterunterbau eindringen. Es ist erforderlich, nach dem Rückzug des Hochwassers auch den Schotterunterbau zu dränieren. Wenn das Erdplanum z.B. mit leichtem Gefälle zur Gebäudemitte hin angelegt wird, kann das Wasser abfließen und in der Gebäudemitte über einen Schacht abgezogen werden.

Bei einer angenommen 20 cm starken Bodenplatte wäre die Schotterschicht also im Randbereich mit ca. 35 cm und in der Mitte zunehmend auf 40 – 45 cm Stärke herzustellen. Wenn auf der Abtragsohle aufgeweichter Boden liegt, muß dieser zusätzlich entfernt werden.

Um das Eindringen des Schotters in den Ton zu verhindern, kann in der freien Fläche auf dem Erdplanum ein Vlies mit 150-200 g/m<sup>2</sup> Flächengewicht ausgelegt werden.

Der Schotter des Unterbaus muß zwei Funktionen erfüllen: Er muß so gut verdichtbar sein, dass er als Bettungsschicht für die Bodenplatte geeignet ist und er muß als Flächendränage dienen. Geeignet ist hierfür ein klassiertes Hartgestein der Körnung 0/56 oder 0/45. Der Feinkornanteil darf im eingebauten und verdichteten Zustand höchstens 5 % betragen.

Der Schotter ist lagenweise einzubauen und mit einer Rüttelplatte zu verdichten. Die Verdichtungsenergie muß so gewählt werden, dass keinesfalls das Porenwasser im Ton aktiviert wird, weil sich dann die Bodenqualität verschlechtern würde.

- weitere Verwendung des Aushubbodens

Beim Baugrubenaushub fällt der tonige Boden an, der aufgrund seiner bodenmechanischen Eigenschaften für weitere qualifizierte bautechnische Zwecke nicht zu verwenden ist.

### 4.3 Gründung

Die Gründungssituation ist auf den Anlagen 6.1 und 6.2 in den Schnitten B – B' und C – C' schematisch dargestellt:

Der Neubau kann auf bewehrten Streifenfundamenten unter den umlaufenden Außenwänden sowie dem Treppenhaus gegründet werden. Da der hochplastische Ton vergleichsweise stark zusammendrückbar und setzungsempfindlich ist, sollten betonierte Außenwände hergestellt werden, um eine möglichst hohe Steifigkeit zu erzielen. Die drei Stützen im hinteren Bereich sollten zur besseren Lastverteilung auf ein gemeinsames Streifenfundament bzw. elastisch gebetteten Balken gestellt werden.

Die Fundamentgräben können vom geschotterten Baustellenplanum aus mit einem leichten Bagger mit Schneidschaufel senkrecht ausgehoben werden. Die Aushubsohlen sind umgehend mit einer Sauberkeitsschicht zu versiegeln.

Die Fundamente müssen seitlich gegen das Erdreich betoniert werden, um jede Umläufigkeit auszuschließen. Deshalb sollte die Fundamentsohle auch noch mindestens 30 – 35 cm unter der flächigen Aushubsohle liegen, um ausreichend seitliche Einbindung in den anstehenden Boden zu haben. Bei einem Fußbodengesamtaufbau im Randbereich von ca. 55 cm (20 cm Bodenplatte + 35 cm Schotter) müsste die Gründungssohle incl. Unterbeton also mindestens in 0,9 m Tiefe liegen.

- Fundamentbemessung

Für die Bemessung von Streifenfundamenten mit Gründung im steifen bis halbfesten Ton können folgende Sohlspannungen angesetzt werden:

- Fundamentbreite  $B = 0,5 - 2,0$  m: Einbindetiefe  $d \geq 0,9 - 1,0$  m  $\sigma \leq 200$  kN/m<sup>2</sup>  
Einbindetiefe  $d > 1,0 - 1,5$  m  $\sigma \leq 200 - 240$  kN/m<sup>2</sup>
- Fundamentbreite  $B > 2,0$  m: Einbindetiefe  $d \geq 0,8 - 1,0$  m  $\sigma \leq 180$  kN/m<sup>2</sup>  
Einbindetiefe  $d > 1,0 - 1,5$  m  $\sigma \leq 180 - 220$  kN/m<sup>2</sup>

Bei Fundamentbreiten  $> 2$  m sollte die Sohlspannung etwas abgemindert werden, weil wegen der größeren Einwirktiefe sonst mit höheren Setzungen gerechnet werden muß.

Unter den Stützen im hinteren Gebäudebereich sollte ein gemeinsames Streifenfundament hergestellt und seitlich in die Fundamente der Außenwände eingespannt werden. Wenn das Fundament als elastisch gebetteter Balken ausgelegt wird, kann die Bettungszahl angesetzt werden mit

$$k_s \sim 5 \text{ MN/m}^3.$$

- Fußboden

Unter der Bodenplatte ist ein wie oben beschriebener Schotterunterbau herzustellen:

- Im Fahr- und Parkplatzbereich muß der Gesamtaufbau frostsicher sein,
- im Treppenhaus wird ein ca. 25 cm starker Schotterunterbau ausreichend sein.

Die Bodenplatte ist nach statischer Erfordernis zu bewehren. Bei Ausführung eines mindestens 35 cm starken Schotterunterbaus kann der Bettungsmodul mit  $k_s \sim 10 \text{ MN/m}^3$  angesetzt werden.

- Aufzugsschacht

Der Aufzugsschacht bindet noch ca. 1 m tiefer in den Baugrund ein. Die Schachtsohle sollte eher nicht auf einen Schotterunterbau, sondern auf eine verstärkte Sauberkeitsschicht gegründet werden. Am besten wäre es auch, den Arbeitsraum des Aufzugsschachts bis auf die Ebene der Schottertragschicht mit Beton aufzufüllen.

- zu erwartenden Setzungsverhalten des Neubaus

Der hochplastische Ton ist unter Belastung vergleichsweise stark verformbar. Da der Ton geologisch nicht vorbelastet wurde, wird er unter der Gebäudelast konsolidieren und sich absetzen. Der Konsolidierungstheorie folgend sich der Ton mit der Verdrängung des Porenwassers. Im praktisch dichten Ton wird das Porenwasser nur sehr langsam verdrängt, weswegen für die abschließende Konsolidierung ein Zeitraum von 8-12 Monaten einzuplanen ist.

An den Bohrstellen wurde eine ungefähr gleichförmige Beschaffenheit des Tons festgestellt, wie das auch die Rammdiagramme widerspiegeln. Bei etwa gleichmäßiger Belastung ist deshalb auch mit einem etwa gleichmäßigen Setzungsverhalten der Fundamente zu rechnen.

Mit dem o.a. Lastansatz ist nach überschlägiger Berechnung mit Setzungen des Neubaus in der Größenordnung  $s \approx 2,5 - 3,5 \text{ cm}$  zu rechnen. Die kleineren Setzungen werden unter Fundamenten bis ca. 1 m Breite, die größeren Setzungen bei breiteren Fundamenten auftreten. Unter Fundamenten mit  $> 2 \text{ m}$  Breite sollten deshalb geringere Sohlspannungen aktiviert werden.

Sollte die statische Berechnung ergeben, dass sehr unterschiedliche Sohlspannungen auftreten, sollte zur Abschätzung möglicher Setzungsdifferenzen eine Setzungsberechnung durchgeführt werden. Berücksichtigt werden kann allerdings, dass betonierte Außenwände zu einem Ausgleich möglicher Setzungsunterschiede beitragen.

Der hochplastische Ton hat mit 23 – 28 % eine vergleichsweise hohe Bodenfeuchte. Eine Eigenschaft des Tons ist es, dass er bei Verringerung des Wassergehalts schrumpft. Die Gründungsebene der Fundamente muß deshalb vor Austrocknung geschützt werden. Es hat sich gezeigt, dass z.B. Wurzelwerk von Bäumen zur Entwässerung von Tonböden führen kann, weil die feinen Wurzeln das Wasser abziehen. Deshalb sollten in Hausnähe keine größeren Bäume gepflanzt werden.

#### **4.4 Befestigte Außenflächen**

Das Erdplanum der Zufahrt und der Rampe zum Untergeschoss liegen im tonigen Boden. Um die Schadenfreiheit zu gewährleisten müssen zwei Punkte erfüllt werden:

- Herstellung eines frostsicheren Straßenaufbaus und
- Dränierung des Erdplanums und der Oberfläche.

Unter der befestigten Fläche ist ein mindestens 50 cm starker frostsicherer Oberbau zu planen, davon eine mindestens 40 cm starke Frostschutz- und Tragschicht aus frostunempfindlichem Schotter der Frostempfindlichkeitsklasse F1 gemäß ZTVE-StB. Bei zu geringer Standfestigkeit des Erdplanums Bodens muß zusätzlicher lokaler Bodenaustausch eingeplant werden.

Die Entwässerung des Erdplanums muß gewährleistet sein. Versickerndes Wasser fließt im Schotterunterbau unter der Rampe in Richtung Untergeschoss ab. Deshalb muß das Erdplanum am Gebäude eine Dränage angelegt werden. Wenn im Schotter der Frostschutzschicht Wasser steht, ist die Frostsicherheit nicht mehr gegeben und es wird zu Aufbrüchen kommen. Außerdem weicht das tonige Erdplanum auf und die Tragfähigkeit ist dann nicht mehr gewährleistet.

Einen zusätzlichen Schutz gegen Verformungen des Baugrunds kann ein Vlies bieten, das auf dem Erdplanum ausgelegt wird.

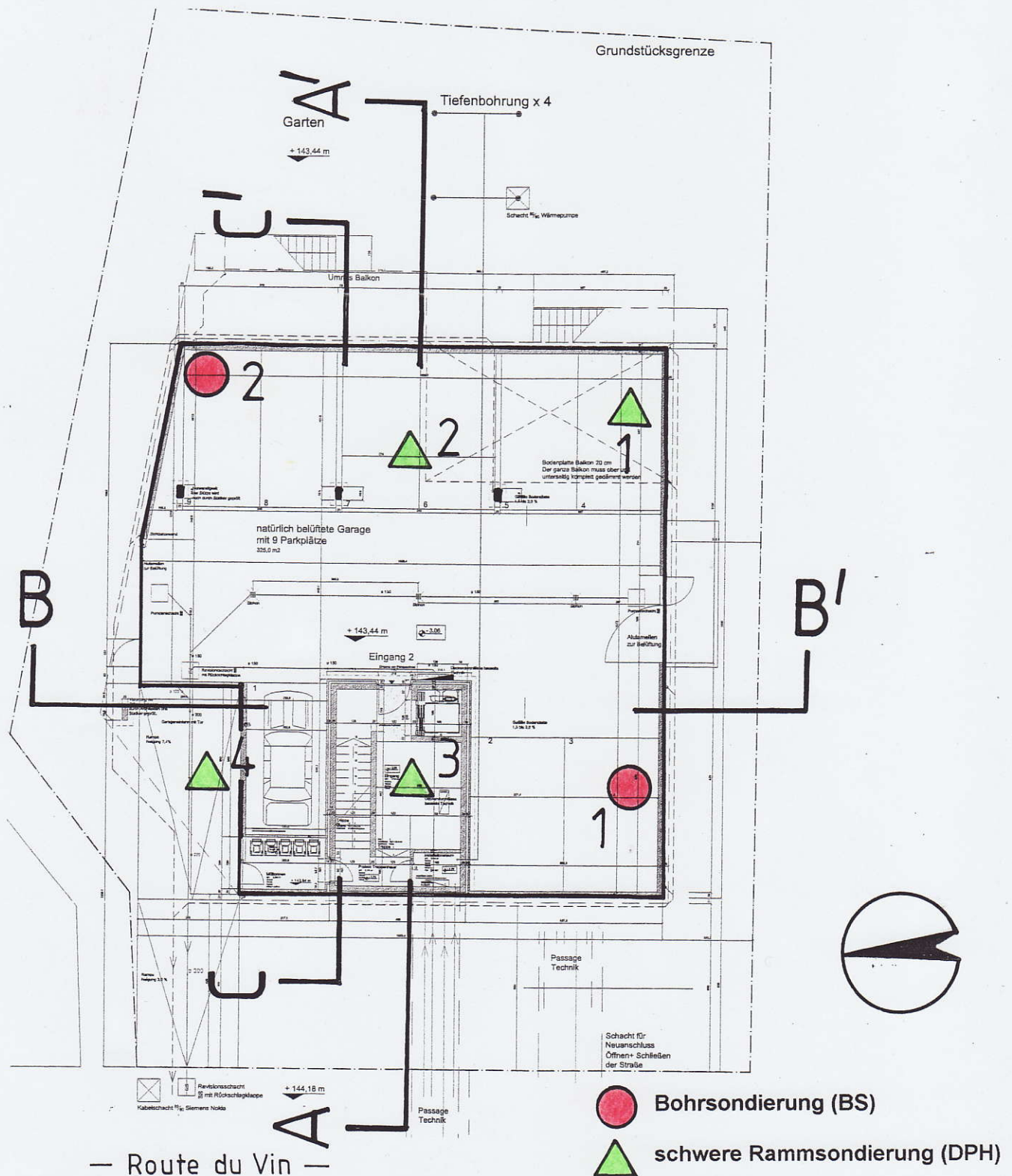
Die Befestigung der Zufahrt sollte wasserdicht ausgeführt werden, eine Oberflächenentwässerung muß erfolgen.


### **5 Versickerung von Dachflächenwasser**

Die tiefreichend anstehenden tonigen und schluffigen Böden sind sehr gering bis praktisch undurchlässig und zur Versickerung von Dachflächenwasser nicht geeignet. Aufgrund der Bodenverhältnisse kann auf dem Grundstück keine konzentrierte Versickerung von Dachflächenwasser erfolgen.

Bei weiteren Fragen und für die fachtechnische Begleitung der Erd- und Gründungsarbeiten stehe ich gern zur Verfügung.

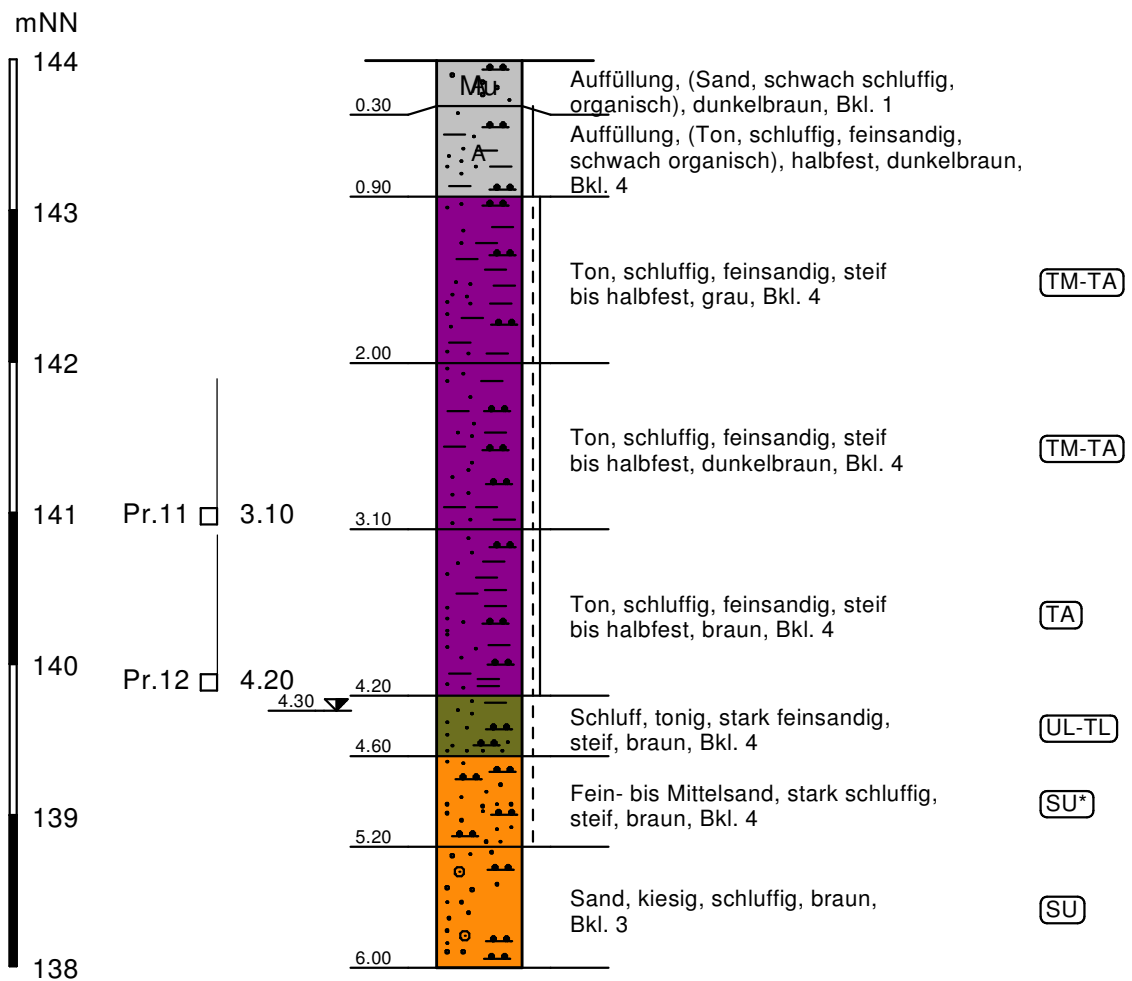
Michael Zweynert



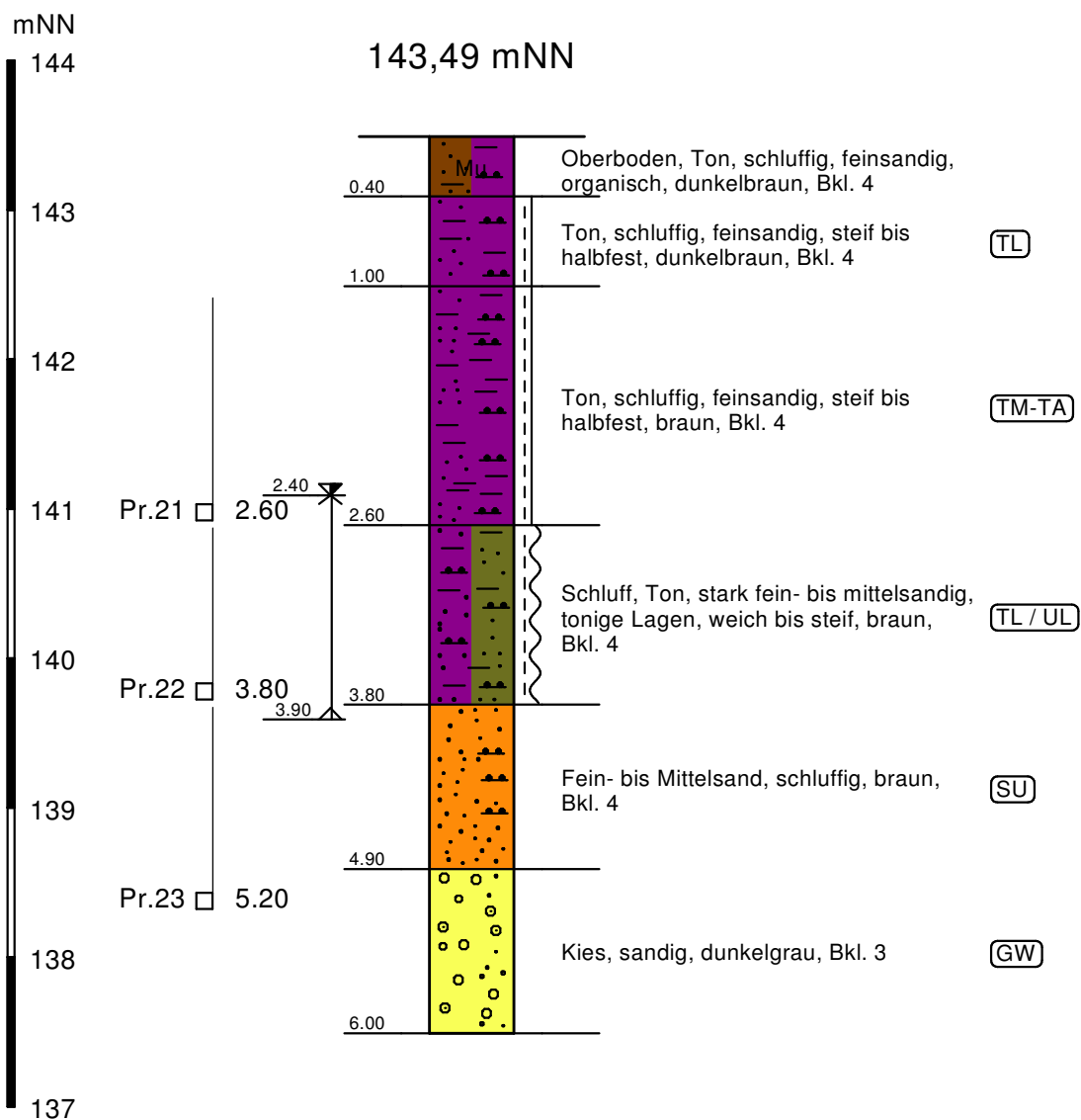
Neubau eines Mehrfamilienhauses in L - 5404 Bech-Kleinmacher, 55, Route du Vin		Proj.-Nr. 10016	Anlage 1
M 1 : 200	Lageplan mit Aufschlusspunkten	Entw. Gez. mz	Datum 23.03.10
ibg Ing.-Büro für Baugrund u. Geotechnik Dipl.-Ing. Michael Zweynert Johannisstr. 7 54290 Trier Tel 0651/99414-06 – Fax 0651/99414-08		Trier, 23.03.2010  Unterschrift	

# BS 1

143,99 mNN



## BS 2



ibg Ing.-Büro für Baugrund und  
Geotechnik, Dipl.-Ing. M. Zweynert  
Johannisstraße 7 - 54290 Trier  
Tel. 0651/99414-06, Fax 0651/99414-08

Projekt : Neubau eines Wohnhauses, Route du Vin	
Proj.-Nr.: 10016	in Bech-Kleinmacher
Anlage : 3.1	
Maßstab : 1 : 50	

## DPH 1

143,63 mNN

mNN

144

143

142

141

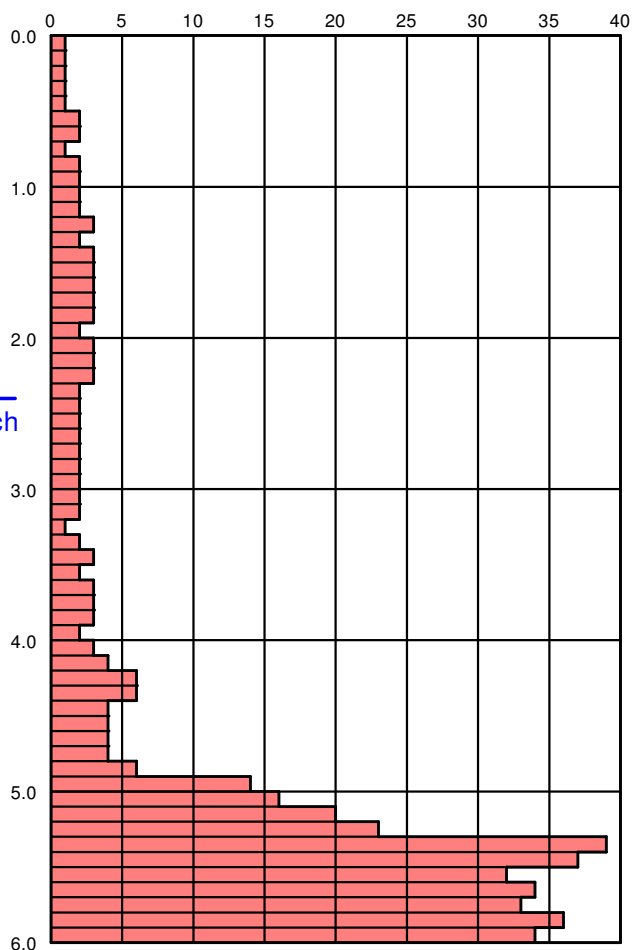
140

139

138

137

Schlagzahlen je 10 cm

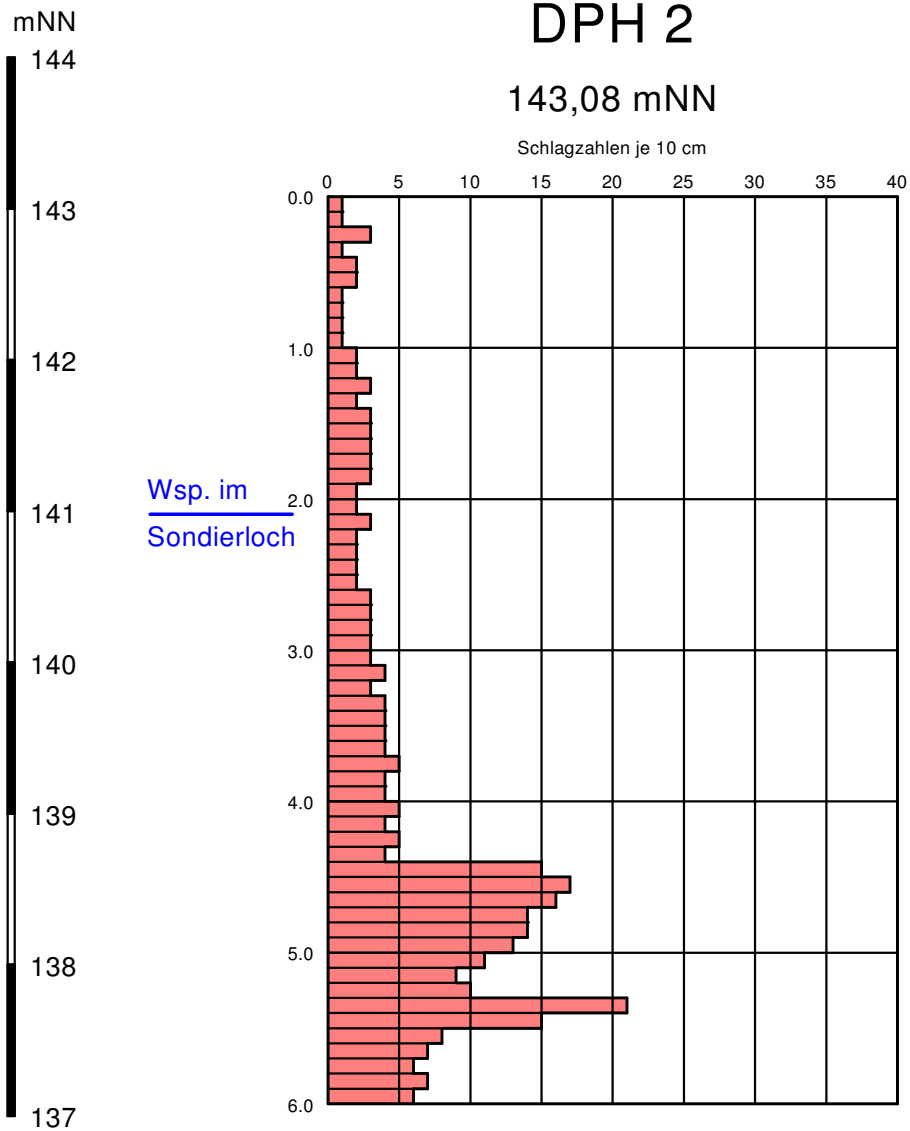


Wsp. im  
Sondierloch



ibg Ing.-Büro für Baugrund und  
Geotechnik, Dipl.-Ing. M. Zweynert  
Johannisstraße 7 - 54290 Trier  
Tel. 0651/99414-06, Fax 0651/99414-08

Projekt : Neubau eines Wohnhauses, Route du Vin
Proj.-Nr.: 10016 in Bech-Kleinmacher
Anlage : 3.2
Maßstab : 1 : 50



ibg Ing.-Büro für Baugrund und  
Geotechnik, Dipl.-Ing. M. Zweynert  
Johannisstraße 7 - 54290 Trier  
Tel. 0651/99414-06, Fax 0651/99414-08

Projekt : Neubau eines Wohnhauses, Route du Vin
Proj.-Nr.: 10016 in Bech-Kleinmacher
Anlage : 3.3
Maßstab : 1 : 50

mNN

145

144

143

142

141

140

139

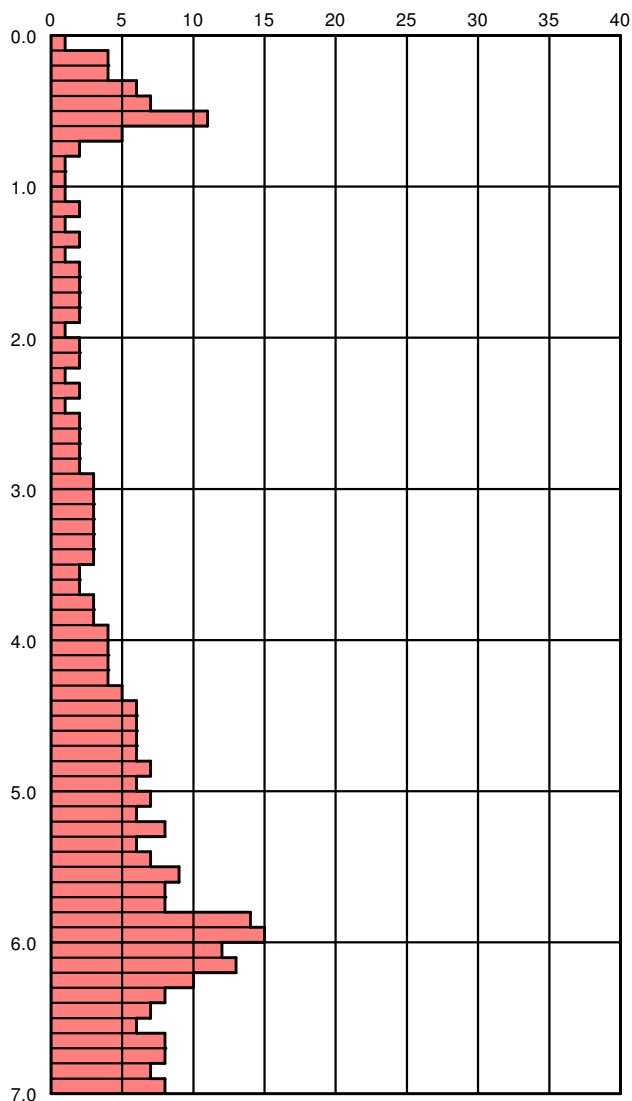
138

137

DPH 3

144,29 mNN

Schlagzahlen je 10 cm

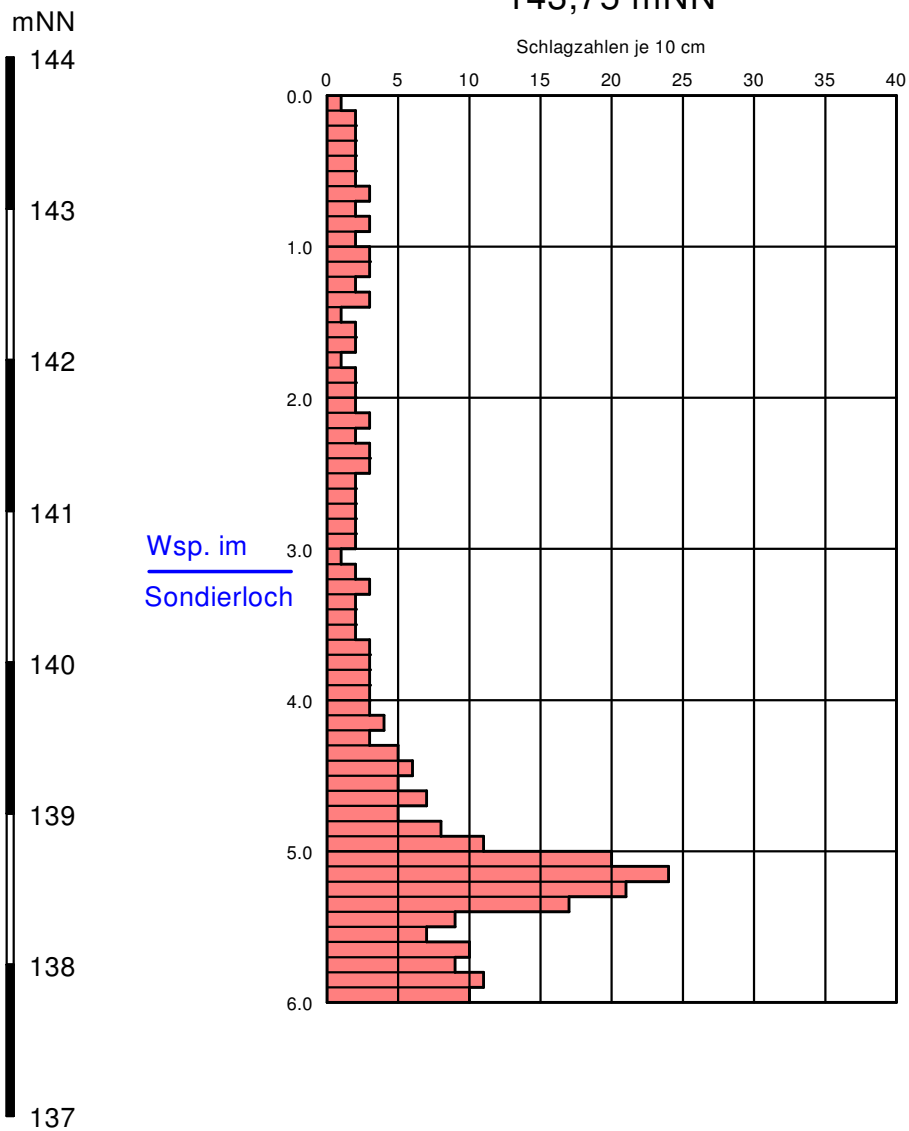


ibg Ing.-Büro für Baugrund und  
Geotechnik, Dipl.-Ing. M. Zweynert  
Johannisstraße 7 - 54290 Trier  
Tel. 0651/99414-06, Fax 0651/99414-08

Projekt : Neubau eines Wohnhauses, Route du Vin
Proj.-Nr.: 10016 in Bech-Kleinmacher
Anlage : 3.4
Maßstab : 1 : 50

## DPH 4

143,75 mNN



ibg Ing.Büro für Baugrund und Geotechnik

Dipl.-Ing. M. Zweynert

Johannisstr. 7 - 54290 Trier

Tel. 0651/99414-06 Fax 0651/99414-08

Bearbeiter: zw

Datum: 19.03.2010

# Körnungslinie

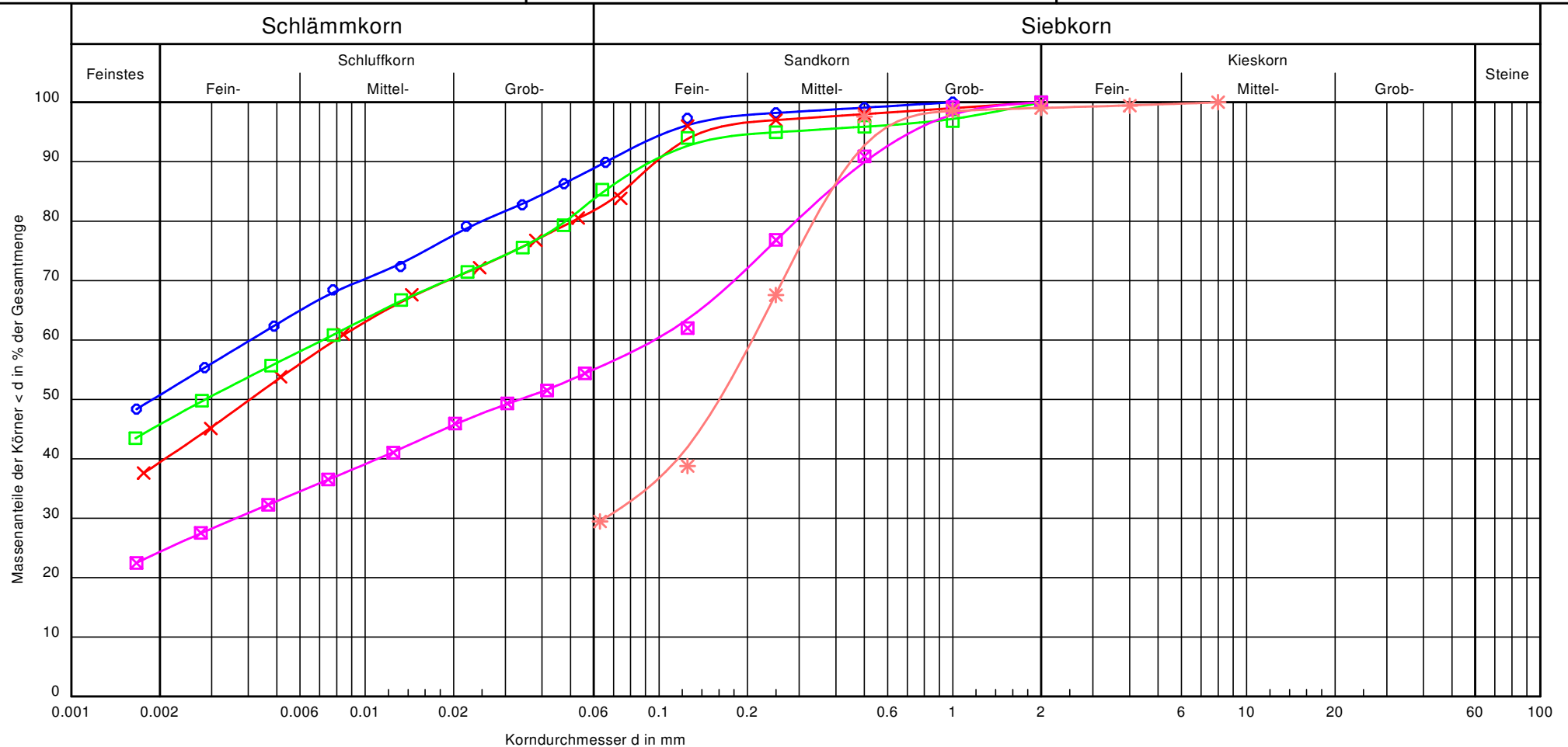
BV Wohnhaus in Bech-Kleinmacher  
Route du Vin

Prüfungsnummer: 11, 12, 21 ,22, 23

Probe entnommen am: 12.03.2010

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: komb. Siebung/Schlämmung



Bezeichnung:

—○—○—

—×—×—

—□—□—

—■—■—

—\*—\*—

Entnahmestelle:

BS 1 / Pr.11

BS 1 / Pr.12

BS 2 / Pr.21

BS 2 / Pr.22

BS 2 / Pr.23

Tiefe:

2,0 - 3,1 m

3,1 - 4,2 m

1,0 - 2,6 m

2,6 - 3,8 m

3,8 - 4,9 m

U/Cc

-/-

-/-

-/-

-/-

-/-

Bodenart:

T, u, fs

T, u, fs

T, u, fs, m-gs'

U, T, s\*

f-mS, u\*, t

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
10016  
Anlage:  
4.1

## Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

### BV Wohnhaus in Bech-Kleinmacher Route du Vin

Bearbeiter: mz

Datum: 19.03.2010

Prüfungsnummer: 12

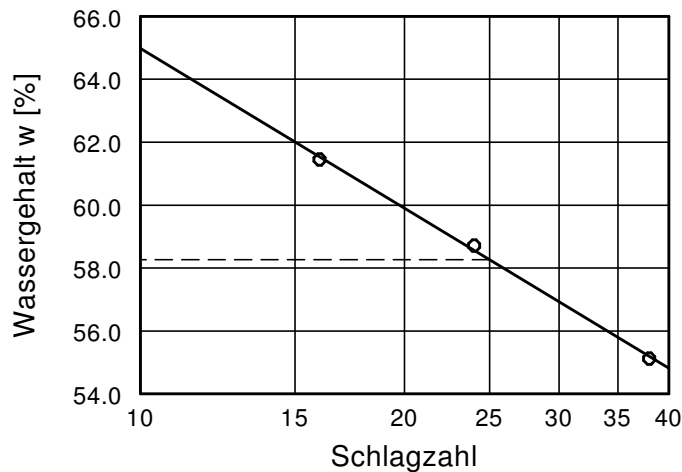
Entnahmestelle: BS 1

Tiefe: 3,1 - 4,2 m

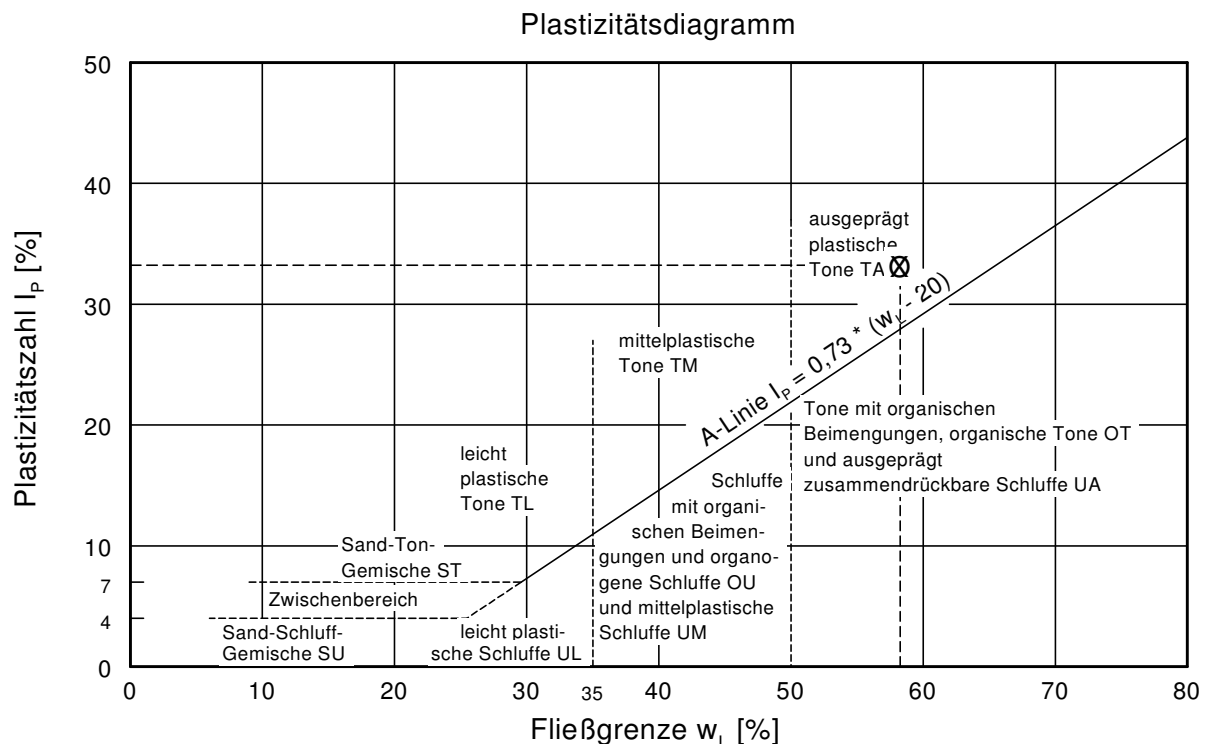
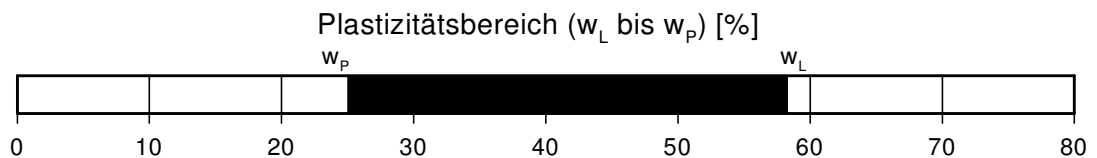
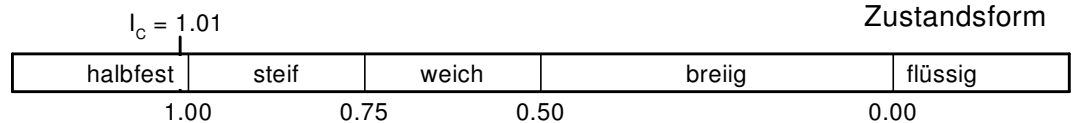
Bodenart: T, u, fs

Entnahme aus: Bohrsonde

Probe entnommen am: 12.03.2010



Wassergehalt w =	24.4 %
Fließgrenze $w_L$ =	58.3 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	25.0 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	33.2 %
Konsistenzzahl $I_c$ =	1.01
Anteil Überkorn $\ddot{u}$ =	1.0 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	0.0 %
Korr. Wassergehalt =	24.6 %



## Wassergehaltsbestimmung

nach DIN 18121

**Projekt :** Neubau Wohnhaus in Bech-Kleinmacher,  
55, Route du Vin

**Projekt-Nr. :** 10016  
**Anlage:** 4.3

**Probenahme am :** 12.03.2010  
**Datum :** 19.03.2010  
**Bearbeiter :** zw

Entnahmestelle	11	12
Entnahmetiefe	2,0 – 3,1 m	3,1 – 4,2 m
Wassergehalt	28,3 %	25,4 %

Entnahmestelle	21	22
Entnahmetiefe	1,0 – 2,6 m	2,6 – 3,8 m
Wassergehalt	23,0 %	24,8 %

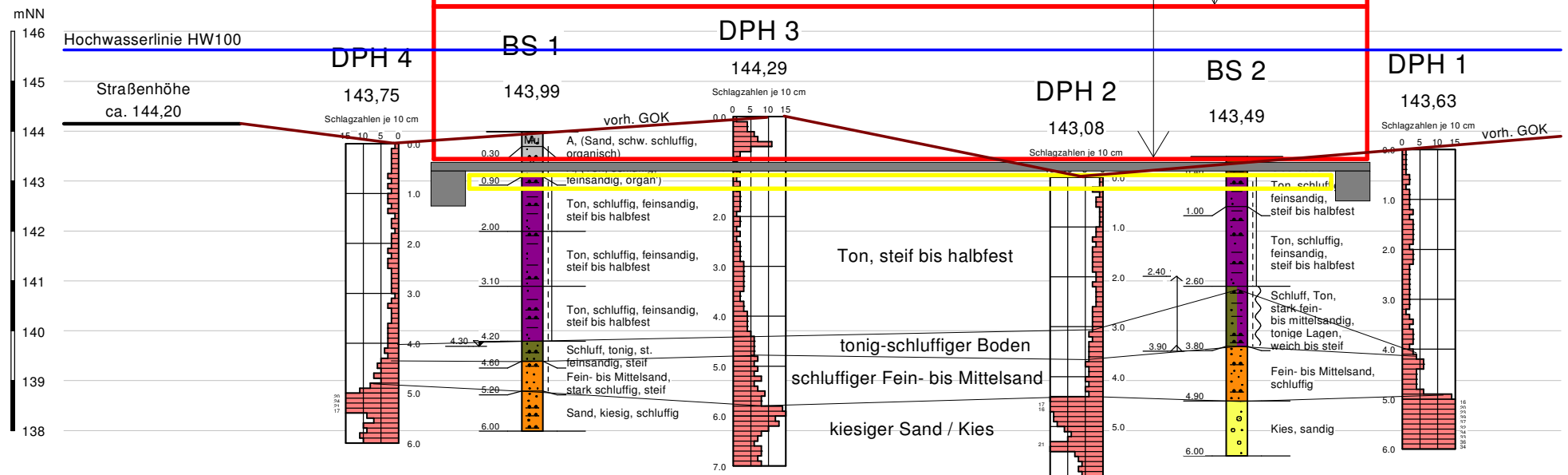
# Schnitt A - A'

Maßstab: HM 1 : 75

LM unmaßstäblich

ibg Ing.-Büro für Baugrund und  
Geotechnik, Dipl.-Ing. M. Zweynert  
Johannisstraße 7 - 54290 Trier  
Tel. 0651/99414-06, Fax 0651/99414-08

Projekt : Neubau eines Wohnhauses, Route du Vin  
Proj.-Nr.: 10016 in Bech-Kleinmacher  
Anlage : 5  
Maßstab : HM 1 : 75, LM unmaßstäblich

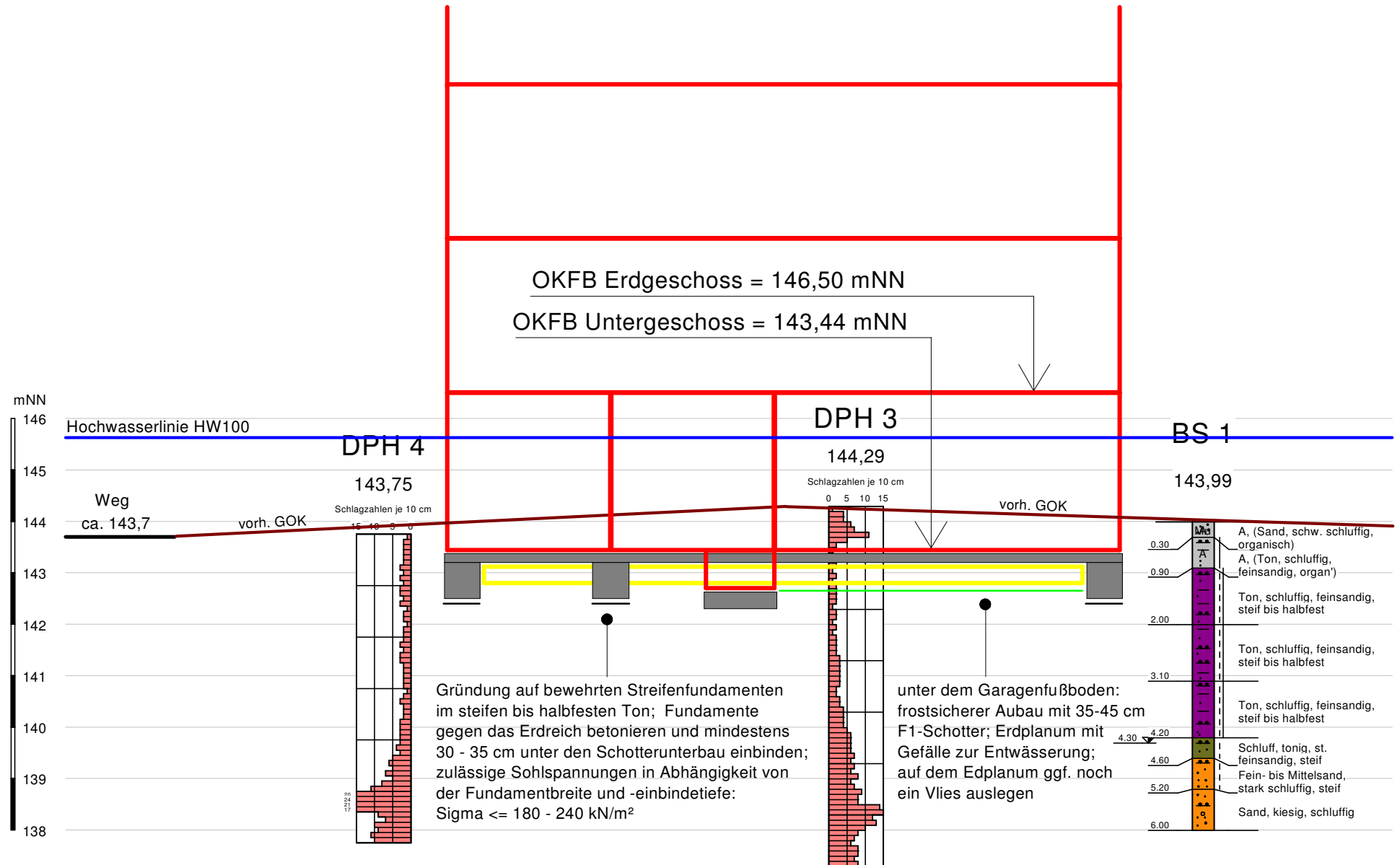


# Schnitt B - B'

Maßstab: HM 1 : 75    LM unmaßstäblich

ibg Ing.-Büro für Baugrund und  
Geotechnik, Dipl.-Ing. M. Zweynert  
Johannisstraße 7 - 54290 Trier  
Tel. 0651/99414-06, Fax 0651/99414-08

Projekt :	Neubau eines Wohnhauses, Route du Vin
Proj.-Nr.:	10016 in Bech-Kleinmacher
Anlage :	6.1
Maßstab :	HM 1 : 75, LM unmaßstäblich





# Schnitt C - C'

Maßstab: HM 1 : 75 LM unmaßstäblich

ibg Ing.-Büro für Baugrund und  
Geotechnik, Dipl.-Ing. M. Zweynert  
Johannisstraße 7 - 54290 Trier  
Tel. 0651/99414-06, Fax 0651/99414-08

Projekt : Neubau eines Wohnhauses, Route du Vin  
Proj.-Nr.: 10016 in Bech-Kleinmacher  
Anlage : 6.2  
Maßstab : HM 1 : 75, LM unmaßstäblich

