



# **GeoPlan**

---



## **Geotechnischer Bericht Nr. BAU0905-033**

**BV Ettelbruck, Neubau eines Parkdecks**

Osterhofen, den 25.11.2009



## 3. Ausfertigung

### Geotechnischer Bericht

Nr. BAU0905-033

**Auftraggeber:** Ville d'Ettelbruck  
B.P. 116  
c/o Guy Backendorf  
  
L-9002 Ettelbruck

**Planung:** Papadopoulos Associates  
Architekten/Ingenieure/Consultants  
Arnulfstraße 124  
  
80636 München

**Gegenstand:** BV Ettelbruck; Neubau eines Parkdecks

**Datum:** Osterhofen, den 25.11.2009

Dieser Bericht umfasst 11 Textseiten und 5 Anlagen.  
Die Veröffentlichung, auch auszugsweise, ist ohne unsere Zustimmung nicht zulässig.

GeoPlan GmbH Zertifiziert nach DIN EN ISO 14001:2005 und DIN EN ISO 9001:2000

Donau-Gewerbepark 5  
D-94486 Osterhofen  
Tel. +49 (0) 99 32/95 44-0  
Fax +49 (0) 99 32/95 44-77

Werkvolkstr. 37  
D-94447 Plattling  
Tel. +49 (0) 99 31/89 40 62  
Fax +49 (0) 99 31/89 40 63

Hechtseestr. 16  
D-83022 Rosenheim  
Tel. +49 (0) 80 31/2 22 74-20  
Fax +49 (0) 80 31/2 22 74-22

Regensburger Str. 50  
D-92421 Schwandorf  
Tel. +49 (0) 94 31/75 96 22  
Fax +49 (0) 94 31/75 96 20

Geschäftsführer: Rainer Gebel  
Gerichtsstand: Deggendorf  
HRB Nr.: 1471  
USt-IdNr.: DE 162 493 294

[www.geoplan-online.de](http://www.geoplan-online.de), [info@geoplan-online.de](mailto:info@geoplan-online.de)

## Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeine Angaben .....	1
1.1 Vorgang .....	1
1.2 Verwendete Unterlagen .....	1
1.3 Angaben zum Bauwerk .....	1
2. Durchgeführte Untersuchungen.....	2
2.1 Felderkundung .....	2
2.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen .....	2
3. Untersuchungsergebnisse .....	3
3.1 Geologie.....	3
3.2 Angetroffene Bodenverhältnisse.....	3
3.2.1 Schichtpaket 1 – anthropogene Auffüllungen / Mutterboden .....	3
3.2.2 Schichtpaket 2 – bindige Deckschichten .....	4
3.2.3 Schichtpaket 3 – fluviatile Sedimente .....	4
3.2.4 Schichtpaket 4 – Sedimentgestein des Buntsandsteins .....	5
4. Hydrologische Verhältnisse .....	5
5. Bodenmechanische Kennwerte .....	6
6. Folgerung für die Gründung .....	7
6.1 Allgemeines.....	7
6.2 Sand-Zement-Säulen .....	7
6.3 Vermörtelte Rüttelstopfsäulen/Ortbetonsäulen .....	8
6.4 Bohrpfahlgründung.....	8
7. Hinweise für die Bauausführung .....	9
7.1 Befestigung Parkdeck-Erdgeschoss.....	9
7.2 Schutz baulicher Anlagen.....	9
7.3 Böschungen / Verbau .....	9
7.4 Wasserhaltung .....	10
7.5 Versickerung .....	10
7.6 Hinterfüllen und Verdichten .....	10
7.7 Abbau- und Wiederverwendbarkeit .....	10
7.8 Verkehrsfläche .....	10
7.9 Erdbebenzone .....	10
8. Schlussbemerkungen .....	11



## Tabellen

TABELLE 1: ENDTEUFEN DER ERKUNDUNGSPUNKTE	2
TABELLE 2: WASSERSTAENDE	5
TABELLE 3: CHARAKTERISTISCHE BODENMECHANISCHE KENNWERTE	6

## Anlagen

Anlage 1:	Übersichtslageplan	(1 Seite)
Anlage 2:	Lageplan der Aufschlussstellen	(1 Seite)
Anlage 3:	Bohrprofile	(6 Seiten)
Anlage 4:	Rammdiagramme	(6 Seiten)
Anlage 5:	Bodenmechanische Ergebnisse	(3 Seiten)

## 1. Allgemeine Angaben

### 1.1 Vorgang

Die Stadt Ettelbruck, Luxemburg, beauftragte auf Basis unseres Angebotes A0903-028-BAU vom 20.03.2009 das Ingenieurbüro Geoplan GmbH am 04.05.2009 mit der Erstellung eines geotechnischen Berichtes und der Durchführung der dazu notwendigen Feldarbeiten und Laborversuche.

Die Felduntersuchungen wurden auf der westlichen Hälfte des bestehenden Parkplatzes zwischen der Rue du Deich und der N15 im Stadtgebiet Ettelbruck durchgeführt.

Bei den durchgeführten geotechnischen Untersuchungen handelt es sich im Sinne der DIN 4020 um eine Untersuchung des Baugrundes.

### 1.2 Verwendete Unterlagen

Für die Bearbeitung des geotechnischen Berichtes wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Geologische Karte von Mitteleuropa M = 1 : 2.000.000
- Geologische Karte von Luxemburg: <http://www.agmp.lu/Geologie/geologie.html>
- Bohrprofile der Rammkernbohrungen B 1 - B 6 vom Büro Geoplan
- Rammdiagramm der Rammsondierungen DPH 1 - DPH 6 vom Büro Geoplan
- Analysenergebnisse der Laborversuche

### 1.3 Angaben zum Bauwerk

Die westliche Fläche des bestehenden Parkplatzes auf dem oben genannten Untersuchungsgelände soll zu einem Parkdeck ausgebaut werden.

Das Parkdeck soll eine Breite von ca. 50 m erhalten und sich über eine Länge von ca. 75 m erstrecken. Über die Anzahl der Geschosse, sowie das vorgesehene Ausgangsniveau  $\pm 0,00$  des geplanten Parkdecks ist nichts bekannt.

## 2. Durchgeführte Untersuchungen

### 2.1 Felderkundung

Die Felderkundungen wurden am 23.09.2009 in Form von sechs Rammkernbohrungen gemäß DIN EN ISO 22475 bis auf maximal 4,20 m unter GOK abgeteuft.

Parallel zu den Bohrungen wurde die Tragfähigkeit der anstehenden Böden mit der schweren Rammsondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2 geprüft. Die maximale Teufe lag dabei bei 4,80 m unter GOK. In der Anlage 3 und 4 sind die entsprechenden Bohrprofile und Rammdiagramme aufgeführt.

Die Lage der Erkundungspunkte geht aus der Anlage 2 hervor. Zum Abschluss der Feldarbeiten wurden die Erkundungspunkte nach Lage und Höhe eingemessen.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind die Erkundungen zusammengestellt.

TABELLE 1: ENDTEUFEN DER ERKUNDUNGSPUNKTE

Erkundungsart	Nr.	Lage der Aufschlussstellen	Ansatzhöhe [müNN]	Endteufe [m]	Endteufe [müNN]
B	1	Siehe Anlage 2	197,81	- 4,20	193,61
B	2	"	197,19	- 3,40	193,79
B	3	"	197,66	- 4,20	193,46
B	4	"	197,16	- 0,30	196,86
B	5	"	197,49	- 3,60	193,89
B	6	"	197,13	- 3,60	193,53
DPH	1	"	197,81	- 4,80	193,01
DPH	2	"	197,54	- 4,30	193,24
DPH	3	"	197,36	- 4,10	193,26
DPH	4	"	197,53	- 0,40	197,13
DPH	5	"	197,33	- 4,20	193,13
DPH	6	"	197,13	- 4,10	193,03

B... Rammkernbohrung nach DIN EN ISO 22475  
 DPH... Schwere Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2

### 2.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Zur Überprüfung der örtlichen Bodenansprache und Festlegung der Bodengruppen gemäß DIN 18196 wurden insgesamt 3 Bodenproben im Erdbaulaboratorium näher untersucht. Dabei wurden im Einzelnen folgende Versuche durchgeführt:

B 1, D 2 (2,50 m)	Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN 18122
B 5, D 3 (2,60 m)	Korngrößenverteilung nach DIN 18123
B 6, D 2 (3,00 m)	Korngrößenverteilung nach DIN 18123



Die Laborergebnisse und Versuchsprotokolle sind in der Anlage 5 detailliert dargestellt.

### **3. Untersuchungsergebnisse**

#### **3.1 Geologie**

Laut den in Kapitel 1.2 angegebenen geologischen Karten ist das Erkundungsgebiet der geologischen Einheit des Buntsandsteins zuzuordnen. Sedimente aus dem Zeitalter des Muschelkalkes sind hier bereits erodiert und nicht mehr anzutreffen. Unterlagert wird die Schicht des Buntsandsteins von Schiefern, wie sie im nördlich gelegenen Ardennengebirge zu Tage treten. Das Zeitalter des Buntsandsteins kennzeichnet sich durch Sedimentgestein, welches in Form von Konglomeraten und Sandsteinen vorliegt.

Topographisch liegt das Untersuchungsgebiet in der Stadt Ettelbruck in einem Flusstal. Generell sind in den Tälern geringmächtige quartäre Auffüllungen zu erwarten, die überwiegend aus umgelagertem, aufgearbeitetem Fels und Zersatz bestehen.

Die geologische Schichtenfolge wird daher folgendermaßen erwartet:

- anthropogene Auffüllungen / Mutterboden
- tonig, schluffige Überdeckung
- Kies - Sand - Wechsellagerungen
- Sandstein

#### **3.2 Angetroffene Bodenverhältnisse**

Insgesamt konnten anhand der Untersuchungen die 4 vermuteten Schichtpakete bestätigt werden:

- Schichtpaket 1 => anthropogene Auffüllungen / Mutterboden
- Schichtpaket 2 => bindige Deckschichten
- Schichtpaket 3 => fluviatile Sedimente
- Schichtpaket 4 => Sedimentgestein des Buntsandsteins

##### **3.2.1 Schichtpaket 1 – anthropogene Auffüllungen / Mutterboden**

Beim Schichtpaket 1 handelt es sich entweder um die Parkplatzbefestigung einschließlich der darunter liegenden Auffüllungen oder um organisch angereichertes Material in den Grünstreifen des Parkplatzes. Drei Bohrungen (B 1, B 3 und B 4) durchteuften eine Asphaltfläche mit einer Mächtigkeit zwischen 0,20 m und 0,30 m. Diese gründet auf einer stark sandigen, gebrochenen Frostschutzschicht aus Sandsteinschotter, welche bis maximal 0,80 m unter GOK reicht. Bei Bohrung B 4 bzw. DPH 4 war unterhalb der Asphaltdecke kein Bohrvortrieb möglich, sodass entweder eine sehr stark verdichtete Auffüllung oder eine Betonfläche angetroffen wurde. Die Bohrungen B 2, B 5 und B 6, welche im Grünstreifen abgeteuft wurden, zeigten eine einheitliche Mächtigkeit des Mutterbodens von 0,60 m. Dies weist auf künstlich aufgefülltes organisches Material hin, welches im Zuge der Parkplatzgestaltung aufgetragen wurde.



Die Tragfähigkeit der künstlichen Schotterauffüllungen kann als sehr inhomogen, aber gut tragfähig bezeichnet werden. Die Schlagzahlen mit der schweren Rammsondierung variieren dabei zwischen zehn und teilweise deutlich über 100 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe. Die sehr hohen Schlagzahlen deuten auf einen erhöhten Steinanteil in den Auffüllungen hin. Hingegen sind die Schlagzahlen mit 4 bis 11 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe in der als Mutterboden bezeichneten Schicht eher gering.

Aufgrund der Geringmächtigkeit der künstlichen Auffüllungen und einer notwendigen frostfreien Gründung der Fundamente eignet sich dieses Schichtpaket nicht als Gründungshorizont des Parkdecks.

### **3.2.2 Schichtpaket 2 – bindige Deckschichten**

Die bindigen Deckschichten konnten nicht durchgängig an allen Bohrpunkten erkundet werden. Im westlichen Bereich liegen sie mit einer homogenen Mächtigkeit von 1,60 m bis 1,70 m in ausgeprägter Weise vor. Sie beginnen zwischen 196,6 mÜNN und 197,0 mÜNN und reichen bis in Tiefen zwischen 194,79 mÜNN und 195,16 mÜNN. Hingegen scheint nach Osten hin (Bereich Grünstreifen) die Überdeckung auszudünnen bzw. von Schluff-Feinsand - Wechsellagerungen abgelöst zu werden. Bei Bohrung B 6 wurde keine bindige Deckschicht aufgeschlossen.

Als bindige Deckschichten konnten braune, schwach feinsandige und stark tonige Schluffe Bodengruppe TL nach DIN 18196 erbohrt werden (siehe Anlage 5). Entsprechend den Rammdiagrammen zeigen die Schlagzahlen Schläge zwischen einem und maximal 5 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe. Daraus kann überwiegend eine weiche Konsistenz abgeleitet werden, was mit den Handversuchen vor Ort übereinstimmt.

Die Deckschichten erweisen sich somit nicht als ausreichend tragfähig um die Lasten des Parkdecks abtragen zu können.

### **3.2.3 Schichtpaket 3 – fluviatile Sedimente**

Unterhalb des Schichtpakets 2 bzw. beim Fehlen dieser Schicht unmittelbar unter den Auffüllungen schließen sich fluviatile sandige, kiesige Sedimente an. Über sandigen Kiesen, welche auf einer einheitlichen Höhe zwischen 194,73 mÜNN und 194,89 mÜNN anstehen, sind mit Ausnahme von Bohrung B 2, schluffige Feinsande anzutreffen. Deren Schichtmächtigkeit ist in Abhängigkeit von den bindigen Deckschichten sehr unterschiedlich ausgeprägt und reicht von 0,30 m (B 3) bis 1,80 m (B 6). Die braunen schluffigen Feinsande sind gemäß DIN 18196 in die Bodengruppe SU\* einzuordnen (siehe Anlage 5). Die Lagerung der Feinsande konnte mittels der schweren Rammsondierung mit Schlagzahlen zwischen 1 Schlag und 12 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe als locker, zuweilen auch mitteldicht abgeschätzt werden. Die Lagerungsdichte des erbohrten Bohrguts entsprach dieser Einschätzung.

Die erkundeten Kiese sind flächig im Untergrund des Untersuchungsgebiets vorhanden, weisen aber auch markante Unterschiede in der Mächtigkeit auf. Es handelt sich um vorwiegend braune, schwach schluffig-sandige Kiese der Bodengruppe GU bzw. GW, die mitteldicht bis dicht gelagert sind. Es wurden Schlagzahlen zwischen 8 und 15 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe erreicht was auf eine weitestgehend homogene Tragfähigkeit der Kiese hindeutet. Daraus resultiert im Einfluss von Grundwasser eine Lagerungsdichte  $D$  von ca. 0,4 bis 0,5. Die Kiese sind als Gründungssohle brauchbar und eignen sich zur Lastabtragung.



Die zwei südlichen Bohrungen B 1 und B 5 stellen Ausnahmen dar, an denen die Kies-schicht aller Voraussicht nach nicht bis zur Basis „Buntsandstein“ reicht. Hier wird der Kieshorizont von schwach kiesigem Sand bzw. von schwach feinsandigem Schluff unterlagert. Dies liegt in der ursprünglichen, freien Gewässerdynamik des Flusses begründet, der abhängig vom Fließregime unterschiedliche Korngrößen hinterlassen hat. Die Tragfähigkeit entspricht aber in etwa derjenigen der Kiese. Die rötliche Färbung des Bohrguts weist bereits auf den Übergang zum Buntsandstein hin, was bohrtechnisch aufgrund der hohen Lagerungsdichte nicht aufgeschlossen werden konnte.

### 3.2.4 Schichtpaket 4 – Sedimentgestein des Buntsandsteins

Der unverwitterte Buntsandstein wurde zwar anhand der Bohrungen nicht direkt erkundet, allerdings konnte die entsprechende Tiefe mittels des sprunghaften Anstiegs der Schlagzahlen der schweren Rammsondierung ermittelt werden. Die Auswertung zeigt, dass zwischen 193,10 müNN und 193,30 müNN der Wechsel ins rote, angewiterte, dichte Sandgestein erfolgt (siehe Anlage 4). Die Schlagzahlen liegen bei über 150 Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe, was auf das Auftreten von Gesteinen hindeutet. Hierauf wäre eine optimale Lastabtragung möglich.

## 4. Hydrologische Verhältnisse

Die im Westen durchgeführten Bohrungen B 1, B 2 und B 3 erkundeten gespannte Grundwasserverhältnisse. Die Bohrung B 4 schloss kein Grundwasser auf. Aufgrund der geologischen Verhältnisse war das Grundwasser bei den Bohrungen B 5 und B 6 im Osten des geplanten Parkdecks ungespannt. In der nachfolgenden Tabelle 2 sind die Koten des Grundwasserspiegels angegeben.

TABELLE 2: WASSERSTAENDE

Aufschluss	Ansatzpunkt	Wasserstände			
		angebohrt		Ruhewasserspiegel	
	[müNN]	[m u. GOK]	[müNN]	[m u. GOK]	[müNN]
B 1	197,81	2,50	195,31	2,30	195,51
B 2	197,19	2,40	194,79	1,80	195,39
B 3	197,66	2,50	195,16	2,21	195,45
B 4	197,16	-	-	-	-
B 5	197,49	2,10	195,39	2,10	195,39
B 6	197,13	2,09	195,04	2,09	195,04

Detaillierte Aussagen zu den hydrologischen Verhältnissen können aufgrund der Stauanlage im Fluss nordwestlich des Parkplatzes nicht gemacht werden. Der daraus resultierende Unterschied zwischen den Spiegelhöhen im Ober- und Unterstrom führt zu Veränderungen der natürlichen Grundwasserverhältnisse. Sollten Informationen dahingehend benötigt werden, müssten diese von den zuständigen Wasserwirtschaftsbehörden vor Ort eingeholt werden.



## 5. Bodenmechanische Kennwerte

In der nachfolgend dargestellten Tabelle 3 werden die wichtigsten charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte zusammengestellt. Sofern in der Tabelle Schwankungsbreiten angegeben werden, darf in der Regel mit Mittelwerten gerechnet werden. In kritischen Bauzuständen oder Einzelabschnitten sollte jedoch der ungünstigere Wert in der Berechnung angesetzt werden.

TABELLE 3: CHARAKTERISTISCHE BODENMECHANISCHE KENNWERTE

Bodenschicht	Bodengruppe (DIN 18196) Zustandsform	Wichte, erdfeucht	Wichte, wassergesättigt	Wichte, unter Auftrieb	Reibungswinkel	Kohäsion, dränert	Kohäsion, undränert	Steifemodul	Bodenklasse (DIN 18300)	Boden- und Felsklassen nach DIN 18301	Wasserdurchlässigkeit	Frostempfindlichkeit
		cal $\gamma$	cal $\gamma_r$	cal $\gamma'$	cal $\varphi$	cal $c'$	cal $c_u$	cal $E_s$	-	-	$k_f$	-
		[kN/m³]	[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[kN/m²]	[MN/m²]	-	[-]	[m/s]	[-]
Schichtpaket 1 – Auffüllungen (1)	A	18-20	20-22	10-12	32,5-35	/	/	30-70	3	BN1-BN2	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-7</sup>	F1-F2
Schichtpaket 1 – Auffüllungen (2)	OH weich bis steif	14-17	/	4-7	15	0	10-20	1-4	2	BO1	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup>	F2-F3
Schichtpaket 2 – bindige Deckschichten	TL weich	19-20	/	9-10	22,5-27,5	0	0	4-6	4	BB1	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-9</sup>	F3
Schichtpaket 3 – fluviatile Sedimente (1)	SU* locker gelagert	17-18	19-20	9-10	27,5-30	/	/	15-30	3	BN2 / BB2	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-6</sup>	F2-F3
Schichtpaket 3 – fluviatile Sedimente (2)	SU*, GU, GW mitteldicht bis dicht gelagert	19-20	21-22	11-12	32,5-35	/	/	30-80	3	BN2	10 <sup>-4</sup> - 10 <sup>-7</sup>	F1-F3
Schichtpaket 4 – Sedimentgestein	Sandstein angewittert	/	/	/	/	/	/	/	6-7	FV2-FV3 Zusatzkl: FD1- FD2	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-11</sup>	F1

Die in der Tabelle angegebenen Bodenkenngrößen (Rechenwerte) beruhen auf den Erkenntnissen der örtlichen Untersuchungen und stützen sich auf die Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen (EAU), sowie den Empfehlungen der ZTVE-StB 2009, den Empfehlungen des Arbeitsausschusses Baugruben (EAB) und darüber hinaus auf die Angaben des Grundbauaschenbuches Teil 1.

Es gilt zu beachten, dass das Schichtpaket 4 (Buntsandstein) bohrtechnisch nicht aufgeschlossen wurde, sondern lediglich aus den Erkenntnissen der schweren Rammsondierungen abzuleiten war. Aus diesem Grund muss auf detailliertere Angaben von Bodenkennwerten verzichtet werden.



## 6. Folgerung für die Gründung

### 6.1 Allgemeines

Die durchgehend erkundeten oberflächennahen Auffüllungen sowie bindigen Deckschichten des Schichtpaketes 2 sind zur Gründung des Parkdecks nicht geeignet. Da durch die Gründung mit Einzelfundamenten weitgehend die Auffüllungen des Schichtpaketes 1 entfernt werden, würde die Gründung im Schichtpaket 2 erfolgen. Das Schichtpaket 2 ist sehr kompressibel. Lediglich das Schichtpaket 3 in Kombination mit dem Schichtpaket 4 ist für eine Lastabtragung geeignet.

Es wird daher zu einer Lasttieferführung in die Kiese und Sande des Schichtpaketes 3 bzw. in den Sandstein-Untergrund des Schichtpaketes 4 geraten. Aufgrund der teilweise gespannten Grundwasserverhältnisse und der Lage des Bauvorhabens sollte die wasserstauende Wirkung der bindigen Deckschichten dauerhaft erhalten bleiben.

Erfahrungsgemäß wird die Fundamentierung wohl zwischen 1,20 m bis 1,50 m unter GOK zu liegen kommen, sodass die bindigen Deckschichten vom Schichtpaket 2 nach der Umsetzung der Baumaßnahme noch in ausreichender Mächtigkeit vorhanden sind.

Für die Lasttieferführung sind nachfolgende Gründungsvarianten denkbar. Alle Verfahren erhalten die Dichtigkeit der bindigen Deckschichten.

### 6.2 Sand-Zement-Säulen

Zur Herstellung der Sand – Zement – Säulen ist nach Aushub der Baugrube und Einbau eines Arbeitsplanums aus Schotter 32/45 oder Ähnlichem in einer Mächtigkeit von 30 cm ausführbar. Zwischen Arbeitsplanum und Erdplanum ist ein Vlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK IV mit einem Flächengewicht von  $g \geq 250 \text{ g/m}^2$  einzulegen.

Die anstehenden feinkörnigen Böden werden durch dieses Verfahren verdichtet und durch Wasserentzug verbessert. In Wechselwirkung zwischen Säulen und Boden werden die Bauwerkslasten abgetragen.

Das System passt sich den vorgefundenen Bodenverhältnissen bei der Herstellung der Säulen optimal an. Nach der Stabilisierung und vor der Erhärtung der Säulenköpfe sind die Böden und Säulenköpfe abzurütteln. Bei diesem Verfahren entstehen keine Wasserwegigkeiten.

Aufgrund der vorherrschenden Untergrundverhältnisse kann mit einer Säuleneinzellast von 80 kN gerechnet werden. Daraus können zulässige Bodenpressungen mit bis zu 300 kN/m<sup>2</sup> erreicht werden. Die exakte Dimensionierung der Säulen erfolgt durch die ausführende Firma. Die Dimensionierung der Fundamente sollte mit der ausführenden Firma abgestimmt werden.

Die Säulentiefen werden auf Basis der Erkundungsergebnisse abgeschätzt. Aufgrund natürlicher Schwankungen der Schichthorizonte und der Bodeneigenschaften können die tatsächlichen Säulentiefen von den Angaben abweichen. Die Säulenendtiefe ist auch vom Herstellungsverfahren und der Bemessungslast der Säulen abhängig.





Aus den Schlagzahlen der Rammsondierungen können Säulenlängen zwischen 2,0 m und 2,5 m unter der Fundamentunterkante abgeleitet werden.

### 6.3 Vermörtelte Rüttelstopfsäulen/Ortbetonsäulen

Auch zur Herstellung der vermörtelten Rüttelstopfsäulen ist eines Arbeitsplanums aus Schotter 32/45 oder Ähnlichem in einer Mächtigkeit von 30 cm notwendig. Zwischen Arbeitsplanum und Erdplanum ist ein Vlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK IV mit einem Flächengewicht von  $g \geq 250 \text{ g/m}^2$  einzulegen.

Bei vermörtelten Rüttelstopfsäulen oder Ortbetonrüttelsäulen werden die lockeren oder gering tragfähigen Schichten mit einem Tiefenrüttler („Schleusenrüttler“) durchfahren. Anschließend wird „vermörteltes“ Schottermaterial verdichtet bzw. Beton oder eine Zementsuspension mittels Pumpe eingebracht bzw. verpresst. Erfahrungsgemäß kann ab Schlagzahlen  $> 20$  mit ausreichend tragfähigen Schichten gerechnet werden. (Schlagzahlen dürfen zur Tiefe zu allerdings nicht mehr abnehmen). Die Tragfähigkeit der vermörtelten Rüttelstopfsäulen liegt bei ca. 40 cm Durchmesser erfahrungsgemäß in der Größenordnung zwischen 300 und 400 kN je Säule, der Ortbetonrüttelsäulen zwischen 400 und 500 kN. Die Tragfähigkeit beider Verfahren müssen aber durch örtliche Probelastungen nachgewiesen werden (entweder dynamische oder statische Probelastungen). Auch bei diesen Gründungsvarianten sind die zu erwartenden Setzungen sehr gering (normalerweise unter 2 cm, wird aber von der ausführenden Firma errechnet).

### 6.4 Bohrfahlgründung

Die Bohrfähle sind nach DIN 4014 bzw. DIN 1054 zu bemessen. Nachfolgende Anwendungskriterien müssen eingehalten werden:

- Durchmesser  $0,3 \text{ m} \leq \varnothing \leq 3,0 \text{ m}$
- Pfahlnäigung nicht flacher als 4:1
- Mindesteinbindung in den Baugrund 5,0 m oder 5-facher Pfahldurchmesser (größerer Wert ist maßgebend!)

Für eine Vordimensionierung können nachfolgende charakteristische Kennwerte herangezogen werden. Eine exakte Festlegung der aufnehmbaren Kräfte ist nur über eine Pfahlprobelastung möglich. Weiterhin sollten die zulässigen Setzungen auf maximal 2,5 cm begrenzt werden.

**Quartär - Kiese und Sande** von ca. 195,0 müNN bis 193,1 müNN;  $L = \text{ca. } 1,9 \text{ m}$

Mantelreibung  $\tau_{mf,k} = 0,08 \text{ MN/m}^2$

**Buntsandstein - angewitterter Sandstein** ab ca. 193,1 müNN bis 192,1 müNN:

Mantelreibung  $\tau_{mf,k} = 0,08 \text{ MN/m}^2$ ,

Pfahlspitzendruckwiderstand  $\sigma_{sf,k} = 1,5 \text{ MN/m}^2$

**Buntsandstein - unverwitterter Sandstein** ab 192,1 müNN und tiefer:

Mantelreibung  $\tau_{mf,k} = 0,25 \text{ MN/m}^2$ ,

Pfahlspitzendruckwiderstand  $\sigma_{sf,k} = 5,0 \text{ MN/m}^2$



## 7. Hinweise für die Bauausführung

### 7.1 Befestigung Parkdeck-Erdgeschoss

Die Befestigung des Parkdeck-Erdgeschosses kann sowohl in Beton- als auch in Asphaltbauweise erfolgen. Bei Ausbildung einer Betonplatte können die Empfehlungen für „Betonböden im Industriebau“ herangezogen werden. Für eine Asphaltbauweise wäre die RStO 01 zuständig.

Für das Gelände kann die Frosteinwirkungszone II herangezogen werden. Der frostsichere Aufbau kann nach RStO 01 abgeleitet werden.

Für beide Bauweisen können die gleichen Anforderungen an die Tragfähigkeit des Untergrundes bzw. der Tragschichten abgeleitet werden. Auf dem Erdplanum ist nach ZTVE-StB 2009 ein Verformungsmodul von  $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen. Dieser ist vor Beginn der Oberbauarbeiten mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 nachzuweisen. Auf Oberkante Frostschutzschicht ist ein  $E_{v2}$  von mindestens  $120 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand könnte auch die bestehende Befestigung des jetzigen Parkplatzes verwendet werden. Anhand der vorgefundenen Mächtigkeiten ( $> 50 \text{ cm}$ ) der Frostschutzschicht sollte auf deren Oberkante ein  $E_{v2}$  von mindestens  $120 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen sein, was den Anforderungen nach ZTVE-StB 2009 entspricht.

### 7.2 Schutz baulicher Anlagen

Zum Schutz baulicher Anlagen vor Durchfeuchtung wird auf die DIN 4095 und DIN 18195 hingewiesen.

### 7.3 Böschungen / Verbau

Nach DIN 4124 brauchen nicht verbaute Baugruben und Gräben mit einer Tiefe  $< 1,25 \text{ m}$  nicht abgeböschet werden.

Bei Überschreiten dieses Grenzwertes müssen Böschungen angelegt oder die Baugrube verbaut werden.

Ohne rechnerischen Nachweis dürfen gemäß DIN 4124 folgende Böschungswinkel bis  $5,00 \text{ m}$  Böschungshöhe nicht überschritten werden:

Nichtbindige Böden	45°
weiche bindige Böden	45°
Steife oder halbfeste bindige Böden	60°

Böschungen mit einer Böschungsneigung im Bereich der maximal zulässigen Neigungen sind vor Witterungseinflüssen zu schützen. Dazu reicht im Allgemeinen ein Abdecken mit Folien aus. Auf eine funktionsfähige Windsogsicherung ist zu achten.

## 7.4 Wasserhaltung

Nach derzeitigem Kenntnisstand beschränkt sich die Wasserhaltung auf die Fassung und das Ableiten von Oberflächen-, Niederschlags- und Tagwasser.

## 7.5 Versickerung

Aufgrund der erkundeten Verhältnisse vor Ort mit bindigen Deckschichten und z.T. gespanntem Grundwasser ist eine Versickerung von Niederschlagswasser auf dem Gelände nicht anzuraten.

## 7.6 Hinterfüllen und Verdichten

Für die Hinterfüllung sind gut verdichtbare Kiese der Bodengruppen GW oder GI mit einem Feinkornanteil ( $d < 0,063\text{mm}$ ) von weniger als 5 Gew.-% zu verwenden. Der Wassergehalt der Böden sollte so sein, dass ein Verdichtungsgrad von mind.  $D_{pr} = 100\%$  erreicht wird.

## 7.7 Abbau- und Wiederverwendbarkeit

Die aufgeschlossenen und erkundeten Böden können gemäß Tabelle 4 den entsprechenden Bodenklassen nach DIN 18300 zugeordnet werden. Es handelt sich mit Ausnahme des Buntsandsteins um leicht bis schwer lösbare Bodenarten.

Die erkundeten künstlich geschütteten Kiese (Frostschuttschicht unterhalb dem Pflasterbelag) sind zum Wiedereinbau gut geeignet. Die feinkörnigen Böden der bindigen Deckschichten sowie der Mutterboden im Grünstreifen sollen nicht wiedereingebaut werden, da sie zum einen schwer verdichtbar und zum anderen nicht frostsicher sind. Zur Geländemodellierung können sie jedoch verwendet werden.

## 7.8 Verkehrsfläche

Zur Anlage von Verkehrsflächen muss das Erdplanum nach ZTVE-StB 2009 einen Verformungsmodul von  $E_{v2} = 45\text{ MN/m}^2$  aufweisen.

Dieser ist vor Beginn der Oberbauarbeiten mittels statischer Plattendruckversuche nach DIN 18134 nachzuweisen.

Wird der notwendige Verformungsmodul auf dem Erdplanum erreicht, so ergeben sich bei Dimensionierung nach RStO 01 die geforderten Verformungsmodule.

## 7.9 Erdbebenzone

Anhand der in Deutschland geltenden DIN 4149:2005-04 lassen sich keine Aussagen bezüglich der Einordnung des Untersuchungsgeländes zur entsprechenden Erdbebenzone treffen. Quellenangaben zu Erdbebenzonen in Luxemburg liegen leider nicht vor.



## 8. Schlussbemerkungen

Mit den durchgeführten Felduntersuchungen können naturgemäß nur punktuelle Aufschlüsse gewonnen werden. Des Weiteren sind gemäß DIN 4020 Aufschlüsse in Boden und Fels als Stichproben zu bewerten. Für die dazwischenliegenden Bereiche lassen sich nur Wahrscheinlichkeitsaussagen machen.

Sollten sich im Zuge der Aushubarbeiten Abweichungen von den Annahmen dieses Berichtes oder sollten sich planungsbedingte Änderungen ergeben, so ist der Berichtverfasser unverzüglich zu informieren und über die weitere Gültigkeit der gemachten Angaben zu befragen. Nach DIN 1054:2008-10 ist somit spätestens nach dem Aushub der Baugrube von einem Sachverständigen für Geotechnik bzw. dem Berichtverfasser eine Sohlabnahme durchzuführen.

Im Einzelfall kann es durch eine Veränderung der natürlichen Randbedingungen zu einer Verbesserung oder Verschlechterung der Bodenverhältnisse kommen. Sollten sich im Zuge der Aushubarbeiten Hinweise auf derartige Vorgänge zeigen, so raten wir, unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten dazu, den Verfasser des Berichtes hinzuzuziehen. Unter günstigen Umständen können die Aufwendungen für empfohlene Verbesserungsmaßnahmen zumindest teilweise eingespart werden.

Für weitere Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Osterhofen, den 24.11.2009



R. Gebel  
Dipl.-Geogr.



Tobias Kufner  
Dipl.-Geoökologe (Univ.)





**Anlage 1**

















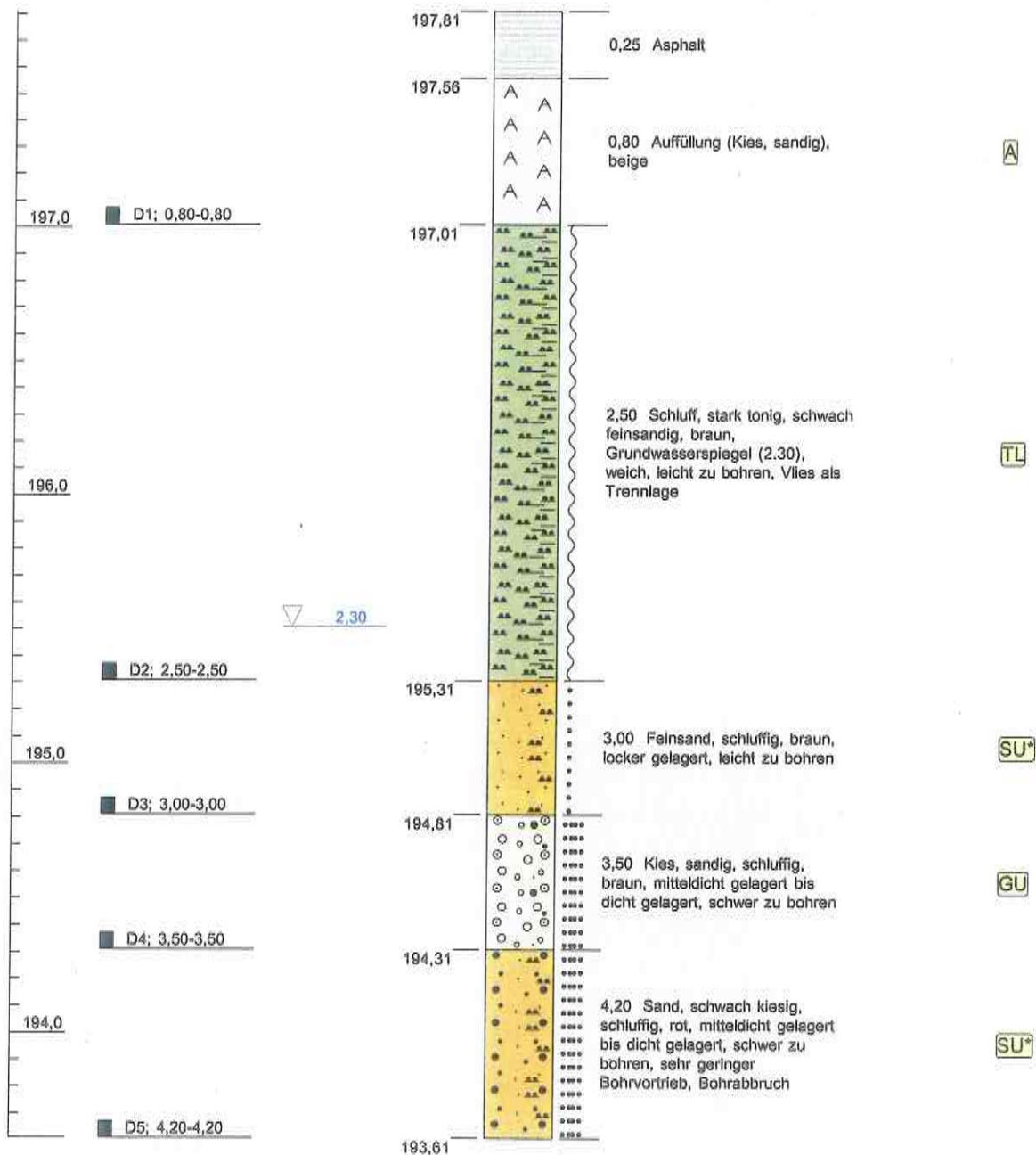






m u. GOK (197,81 m üNN)

B1



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Ettelbruck

Bohrung: B1

Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck

Bohrfirma: Geoplan GmbH

Bearbeiter: R. Spießl

Datum: 23.09.2009

Rechtswert:

Hochwert:

Ansatzhöhe: 197,81 m üNN

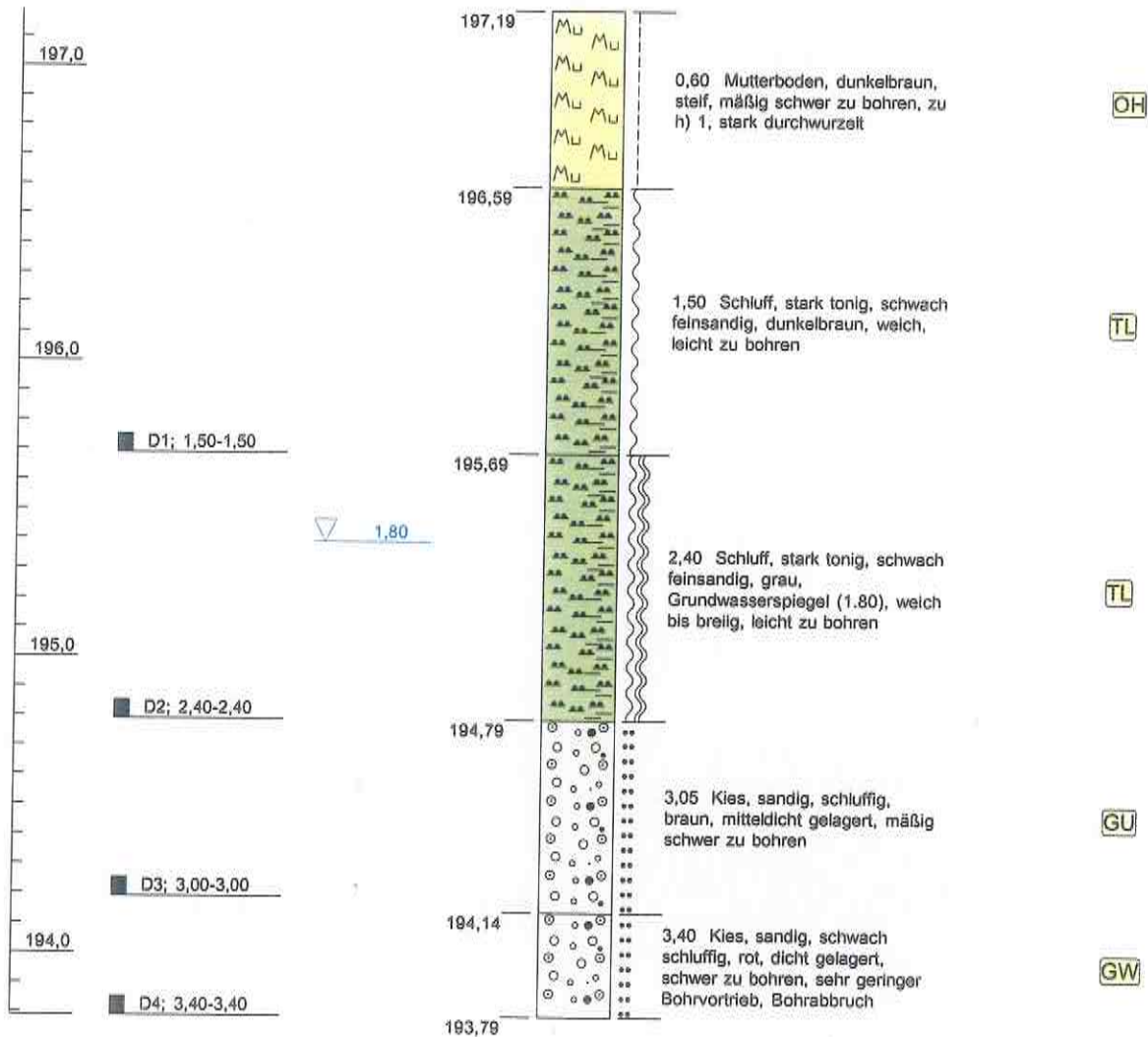
Endtiefe: 4,20 m



GeoPlan

m u. GOK (197,19 m üNN)

B2



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Ettelbruck

Bohrung: B2

Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck

Bohrfirma: Geoplan GmbH

Bearbeiter: R. Spießl

Datum: 23.09.2009

Rechtswert:

Hochwert:

Ansatzhöhe: 197,19 m üNN

Endtiefe: 3,40 m

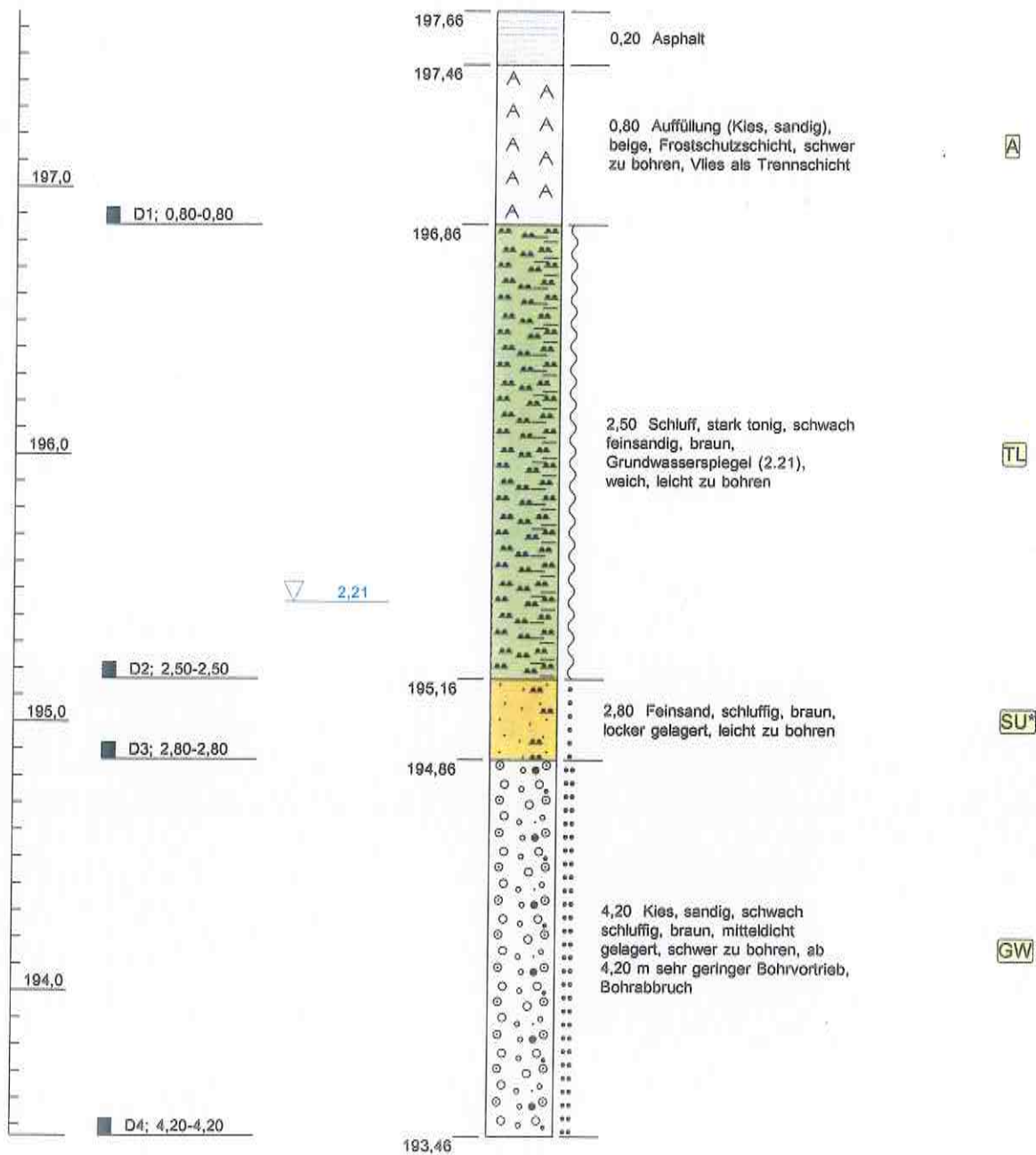


**GeoPlan**



m u. GOK (197,66 m üNN)

B3



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Ettelbruck

Bohrung: B3

Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck

Bohrfirma: Geoplan GmbH

Bearbeiter: R. Spießl

Datum: 23.09.2009

Rechtswert:

Hochwert:

Ansatzhöhe: 197,66 m üNN

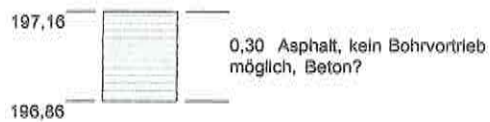
Endtiefe: 4,20 m



**GeoPlan**

m u. GOK (197,16 m üNN)

B4



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

**Projekt:** BV Ettelbruck

**Bohrung:** B4

Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck

Rechtswert:

Bohrfirma: Geoplan GmbH

Hochwert:

Bearbeiter: R. Spießl

Ansatzhöhe: 197,16 m üNN

Datum: 23.09.2009

Endtiefe: 0,30 m

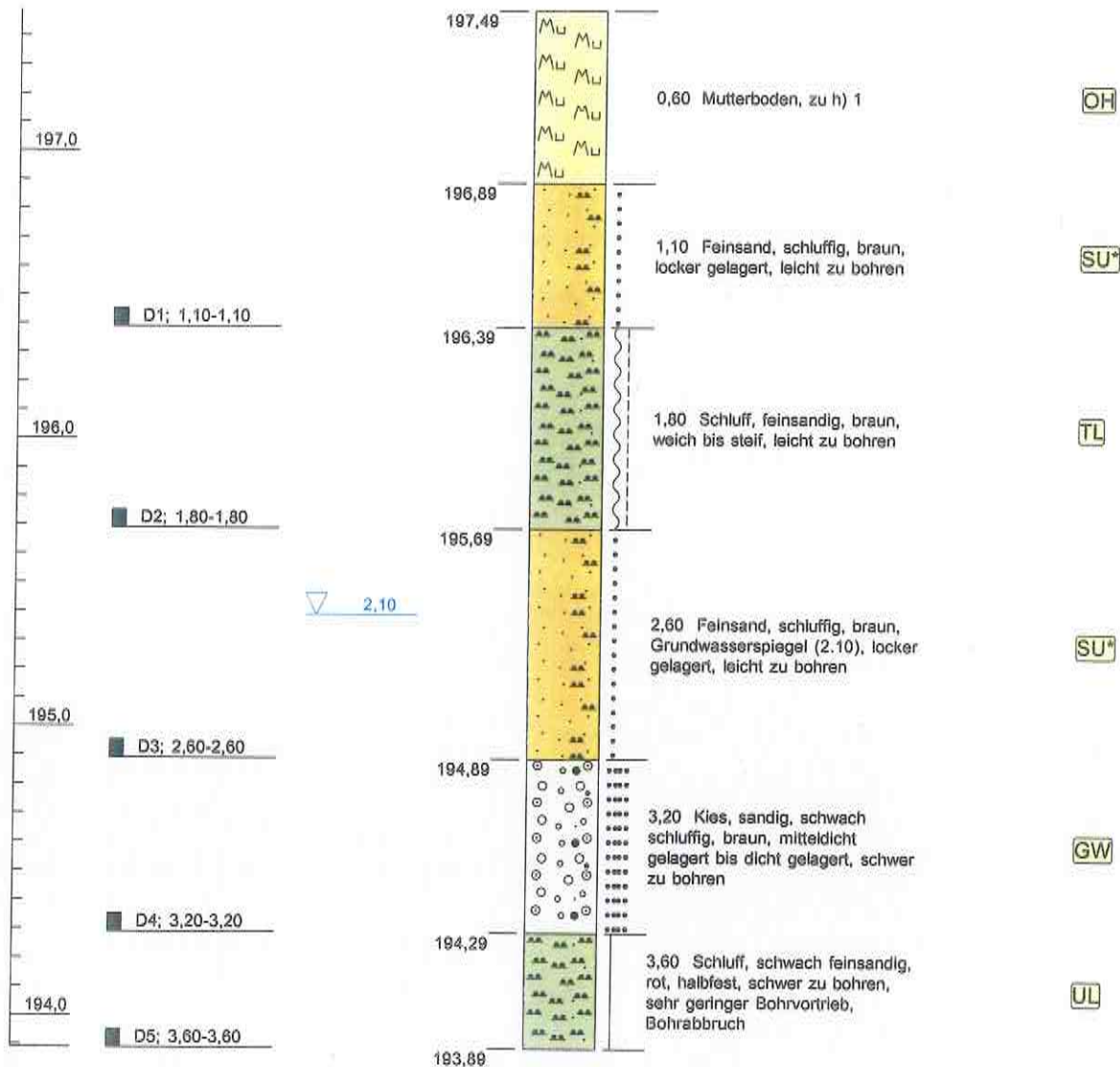


**GeoPlan**



m u. GOK (197,49 m üNN)

B5



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Ettelbruck

Bohrung: B5

Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck

Rechtswert:

Bohrfirma: Geoplan GmbH

Hochwert:

Bearbeiter: R. Spießl

Ansatzhöhe: 197,49 m üNN

Datum: 23.09.2009

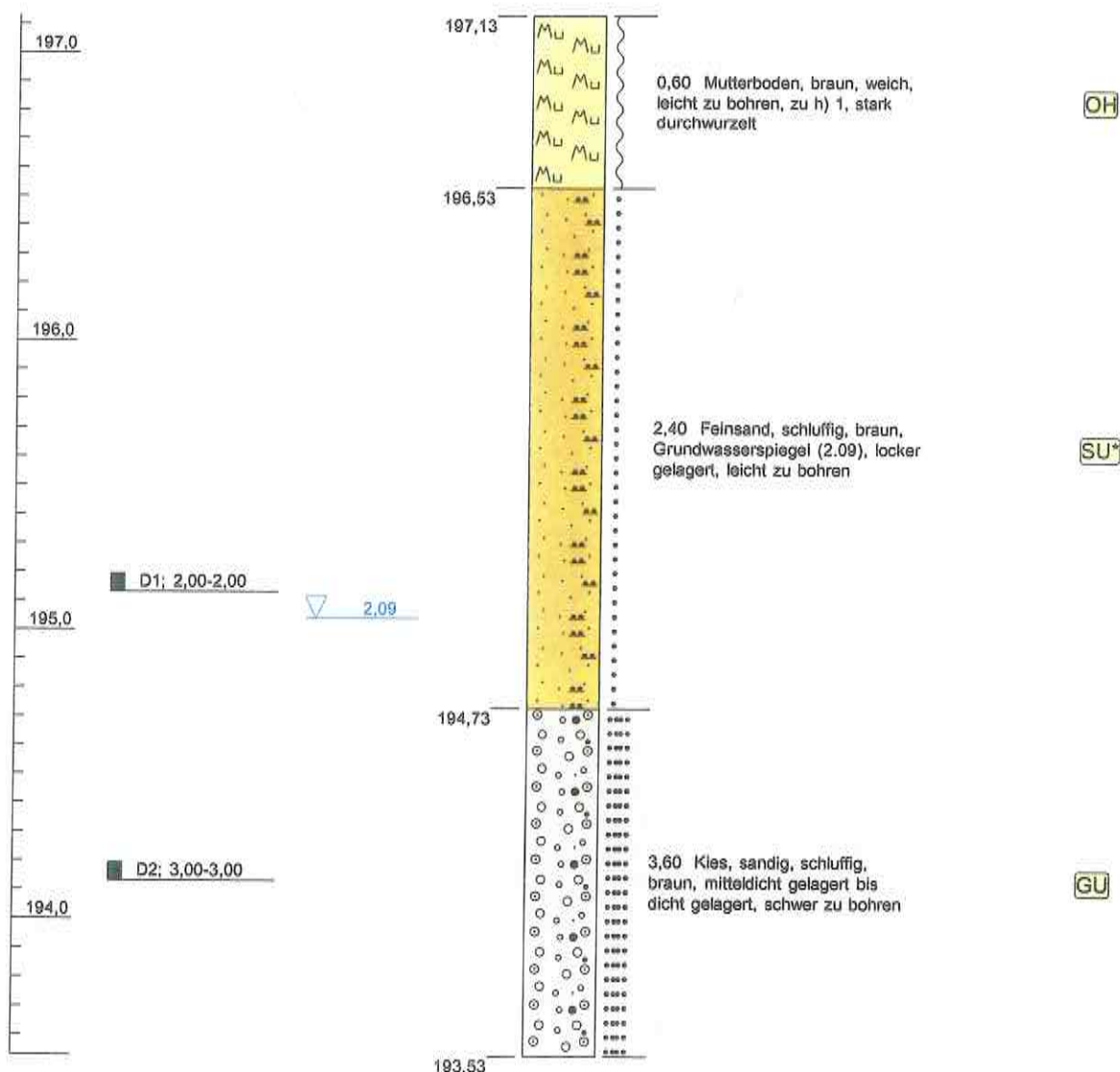
Endtiefe: 3,60 m



GeoPlan

m u. GOK (197,13 m üNN)

B6



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Ettelbruck</b>	
<b>Bohrung: B6</b>	
Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck	Rechtswert:
Bohrfirma: Geoplan GmbH	Hochwert:
Bearbeiter: R. Spießl	Ansatzhöhe: 197,13 m üNN
Datum: 23.09.2009	Endtiefe: 3,60 m

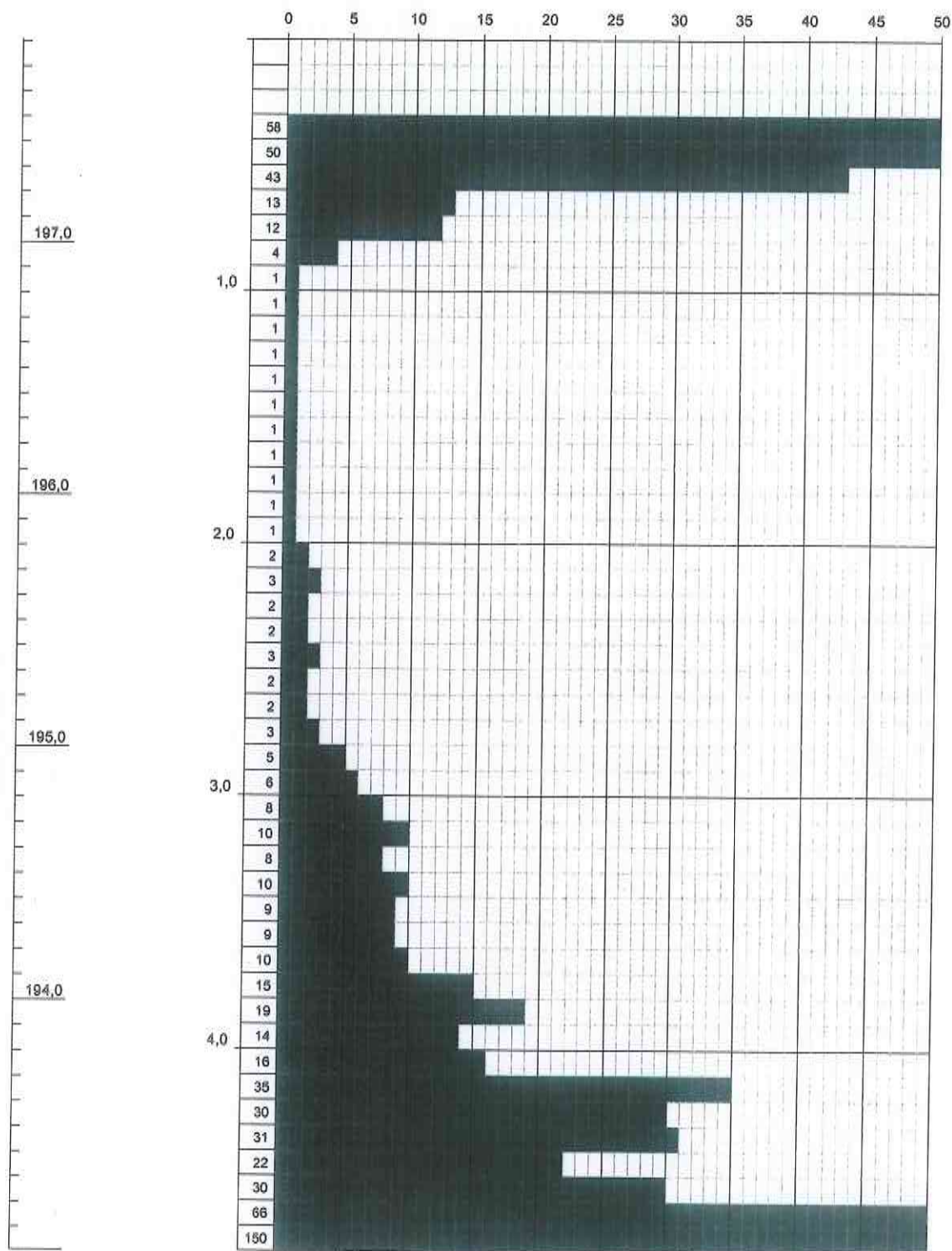
**GeoPlan**







DPH1



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

**Projekt: BV Ettelbruck**

**Bohrung:** DPH1

Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck

Rechtswert:

Bohrfirma: Geoplan GmbH

Hochwert:

Bearbeiter: R. Spießl

Ansatzhöhe: 197,81 m üNN

Datum: 23.09.2009

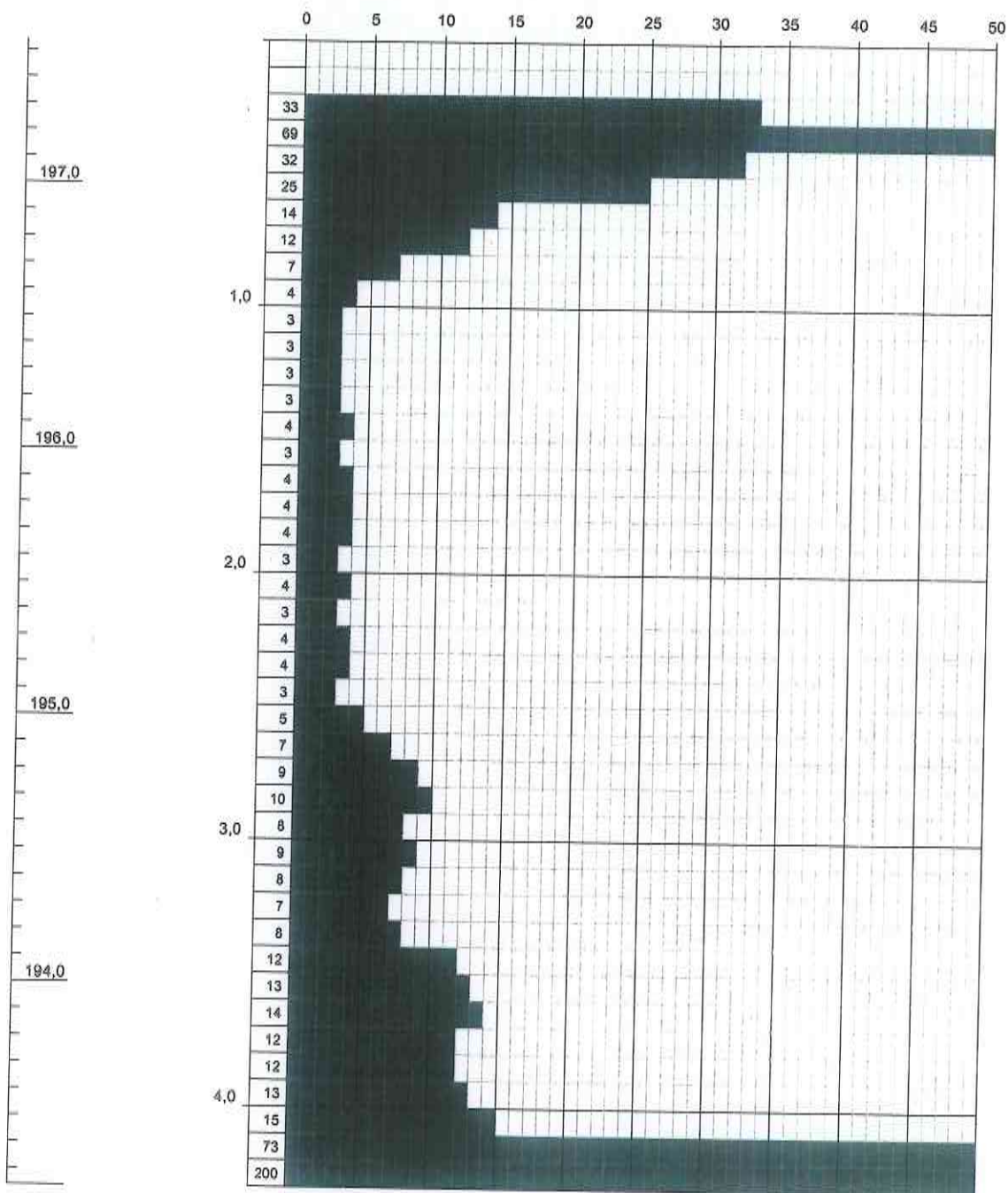
Endtiefe: 4,80 m



## GeoPlan

m u. GOK (197,54 m üNN)

DPH2



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

Projekt: BV Ettelbruck

Bohrung: DPH2

Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck

Bohrfirma: Geoplan GmbH

Bearbeiter: R. Spießl

Datum: 23.09.2009

Rechtswert:

Hochwert:

Ansatzhöhe: 197,54 m üNN

Endtiefe: 4,30 m

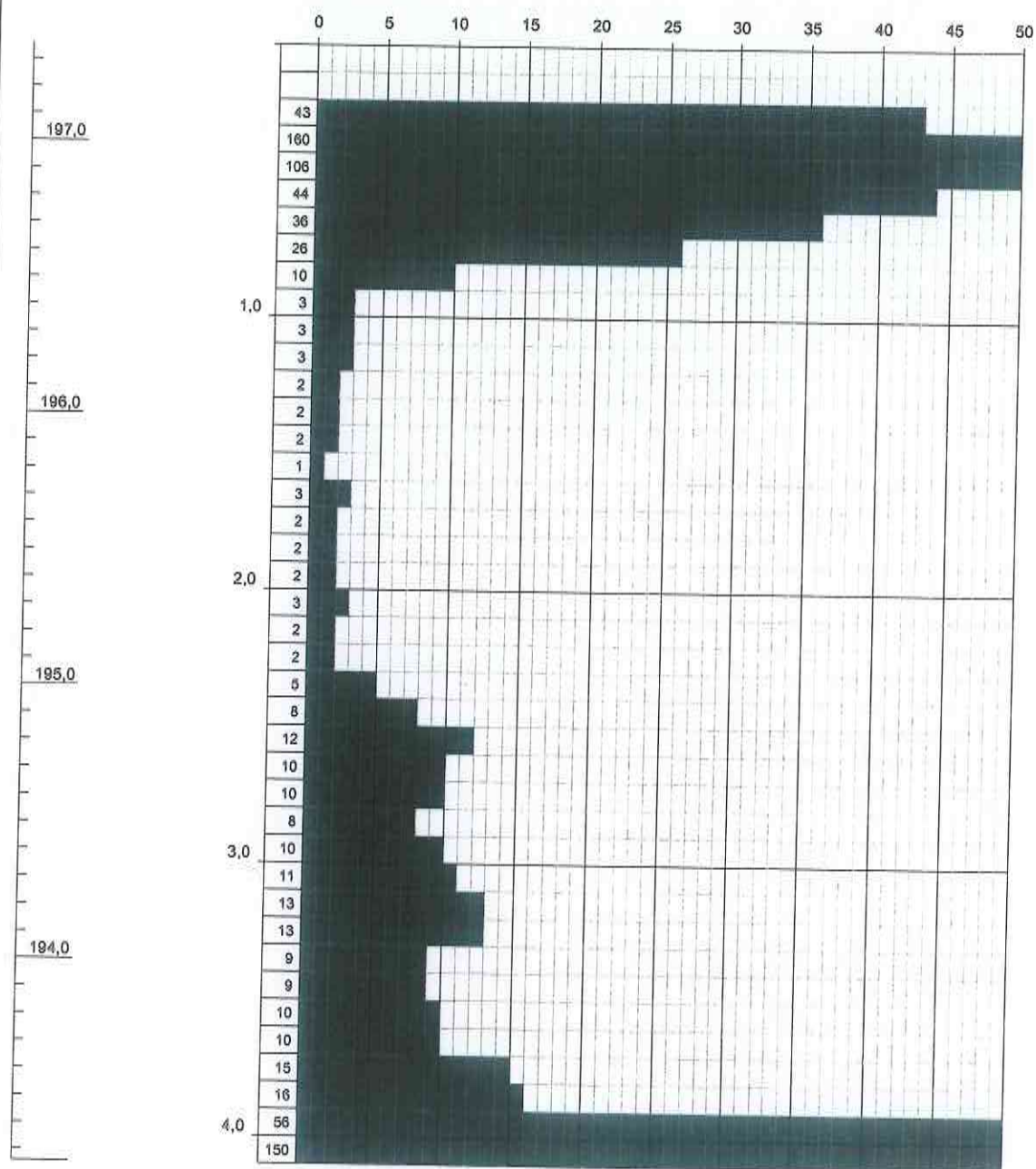


**GeoPlan**



m u. GOK (197,36 m üNN)

DPH3



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

**Projekt:** BV Ettelbruck

**Bohrung:** DPH3

Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck

Rechtswert:

Bohrfirma: Geoplan GmbH

Hochwert:

Bearbeiter: R. Spießl

Ansatzhöhe: 197,36 m üNN

Datum: 23.09.2009

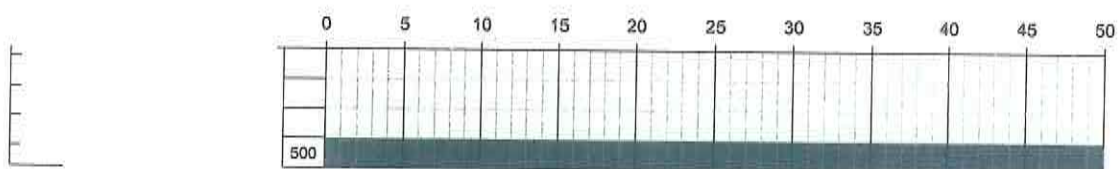
Endtiefe: 4,10 m



**GeoPlan**

m u. GOK (197,53 m üNN)

DPH4



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

**Projekt:** BV Ettelbruck

**Bohrung:** DPH4

**Auftraggeber:** Ville d'Ettelbruck

**Rechtswert:**

**Bohrfirma:** Geoplan GmbH

**Hochwert:**

**Bearbeiter:** R. Spießl

**Ansatzhöhe:** 197,53 m üNN

**Datum:** 23.09.2009

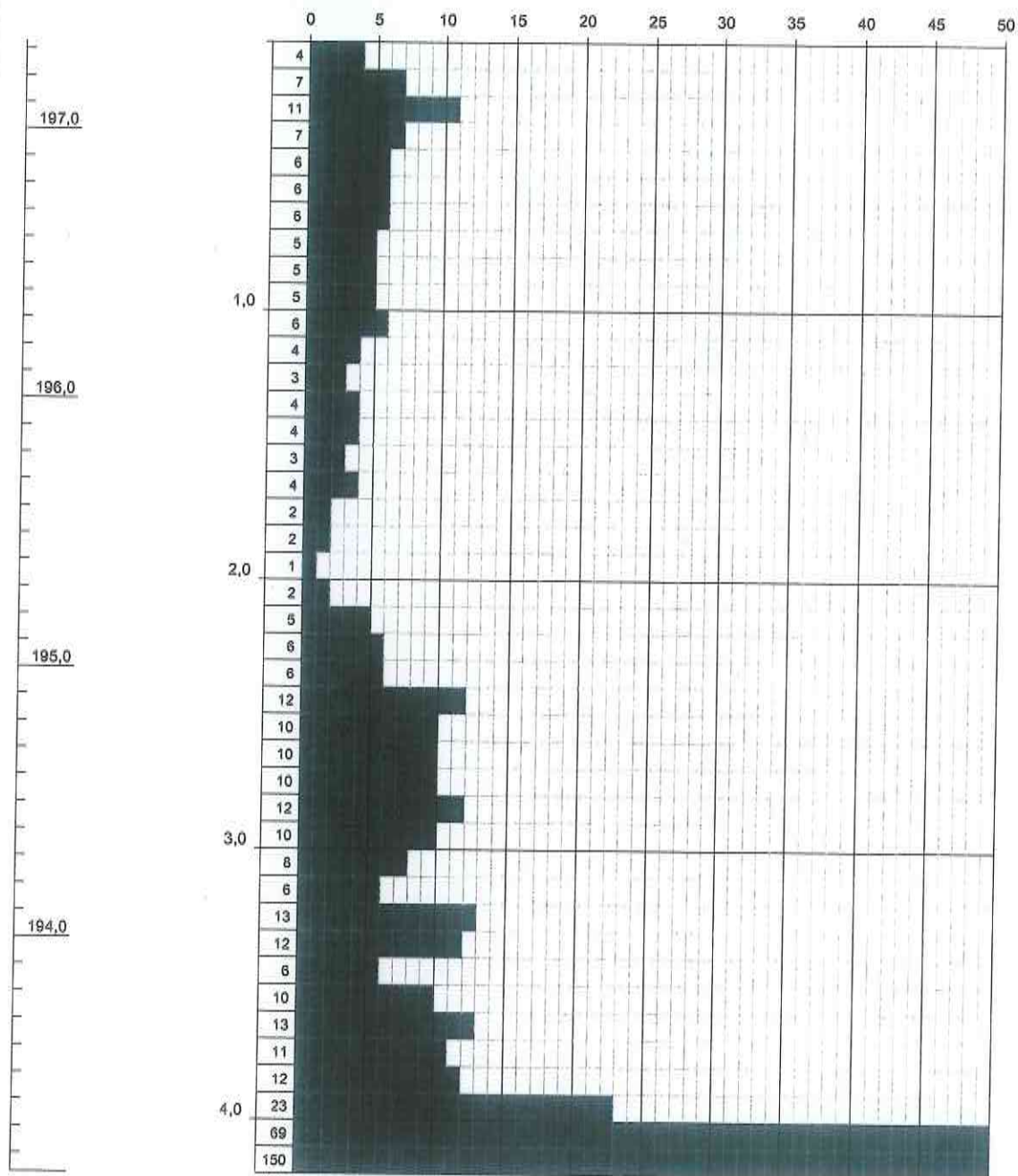
**Endtiefe:** 0,40 m



**GeoPlan**

m u. GOK (197,33 m üNN)

DPH5



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

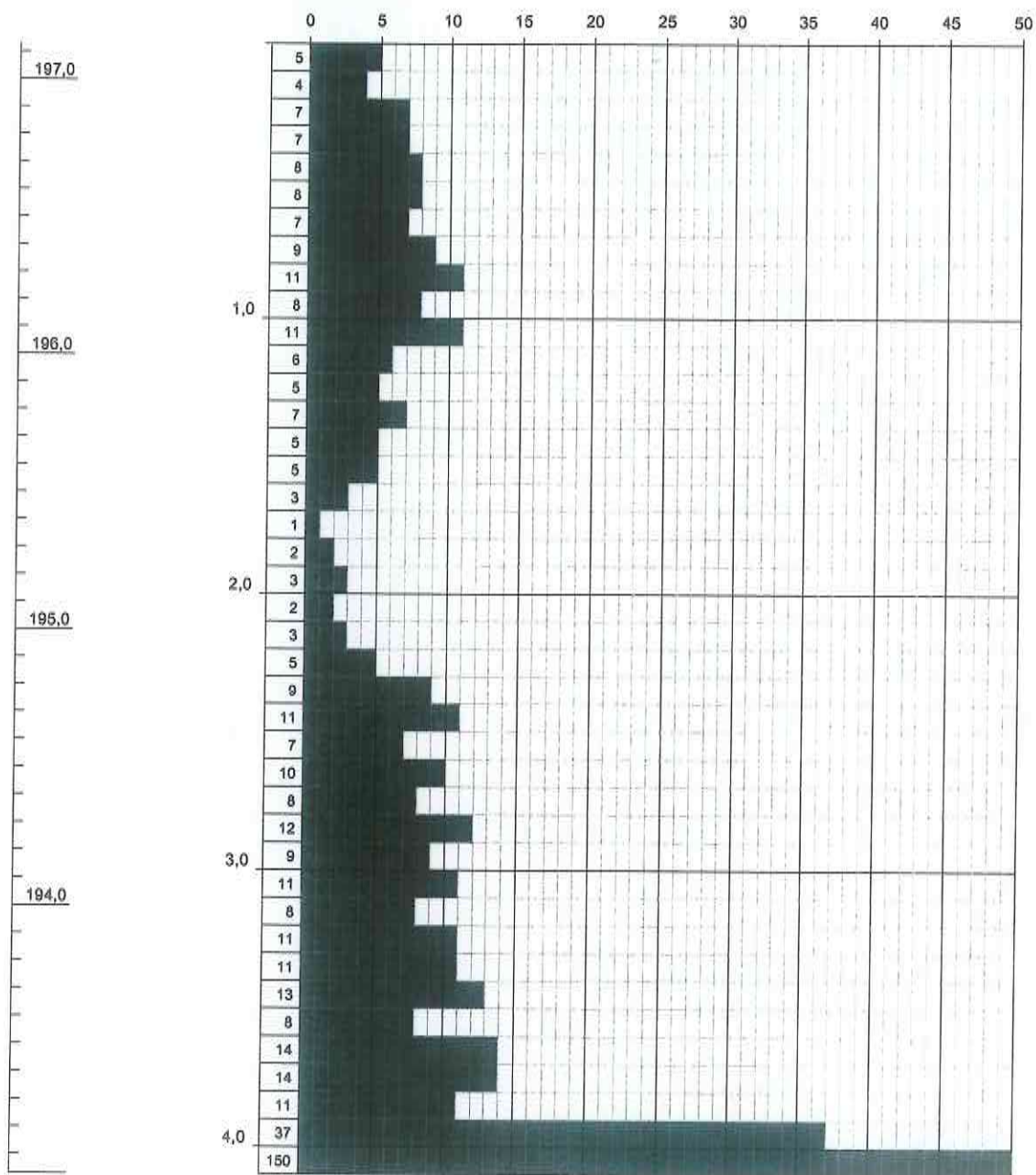
<b>Projekt:</b> BV Ettelbruck	
<b>Bohrung:</b> DPH5	
Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck	Rechtswert:
Bohrfirma: Geoplan GmbH	Hochwert:
Bearbeiter: R. Spießl	Ansatzhöhe: 197,33 m üNN
Datum: 23.09.2009	Endtiefe: 4,20 m

**GeoPlan**



m u. GOK (197,13 m üNN)

DPH6



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

**Projekt:** BV Ettelbruck

**Bohrung:** DPH6

Auftraggeber: Ville d'Ettelbruck

Rechtswert:

Bohrfirma: Geoplan GmbH

Hochwert:

Bearbeiter: R. Spießl

Ansatzhöhe: 197,13 m üNN

Datum: 23.09.2009

Endtiefe: 4,10 m



**Geoplan**







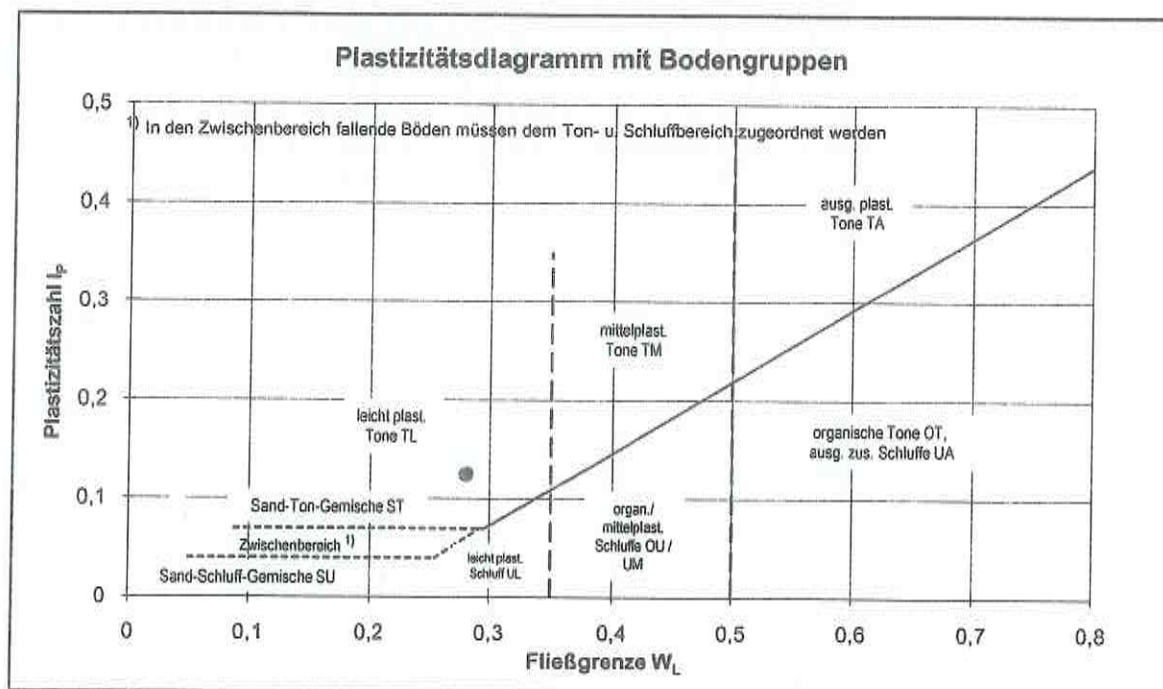
## Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122

Baumaßnahme: BV Ettelbruck  
Prüfungsnummer: BAU0905-033  
Entnahmestelle: B1 D2  
Entnahmetiefe: 2,5  
Art der Entnahme: gestört  
Benennung nach DIN 4022: Ton, schluffig, schwach sandig  
Entnahmedatum: 23.09.2009

Bearbeiter: T. Kufner  
Bearbeitungsdatum: 11.10.2009

Bodenkennwerte:		
Entn. Wassergehalt /DIN 18121, T1	w	0,215
Fließgrenze /DIN 18122, T1	w <sub>L</sub>	0,280
Ausrollgrenze /DIN 18122, T1	w <sub>P</sub>	0,155
Schrumpfgrenze nach Krabbe <sup>1)</sup>	w <sub>S</sub>	0,123
Plastizitätszahl /DIN 18122, T1	I <sub>P</sub>	0,125
Konsistenzzahl /DIN 18122, T1	I <sub>C</sub>	0,515
Liquiditätszahl /DIN 18122, T1	I <sub>L</sub>	0,485
Bodengruppe /DIN 18196	TL	
Zustandsform /DIN 18122, T1	weich	

<sup>1)</sup> Krabbe, W.: Über die Schrumpfung bindiger Böden. Mitteilung des Franzius Institutes der T.H. Hannover. H.13





## Bodenmechanische Untersuchungen

Baumaßnahme: BV Ville d'Ettelbruck

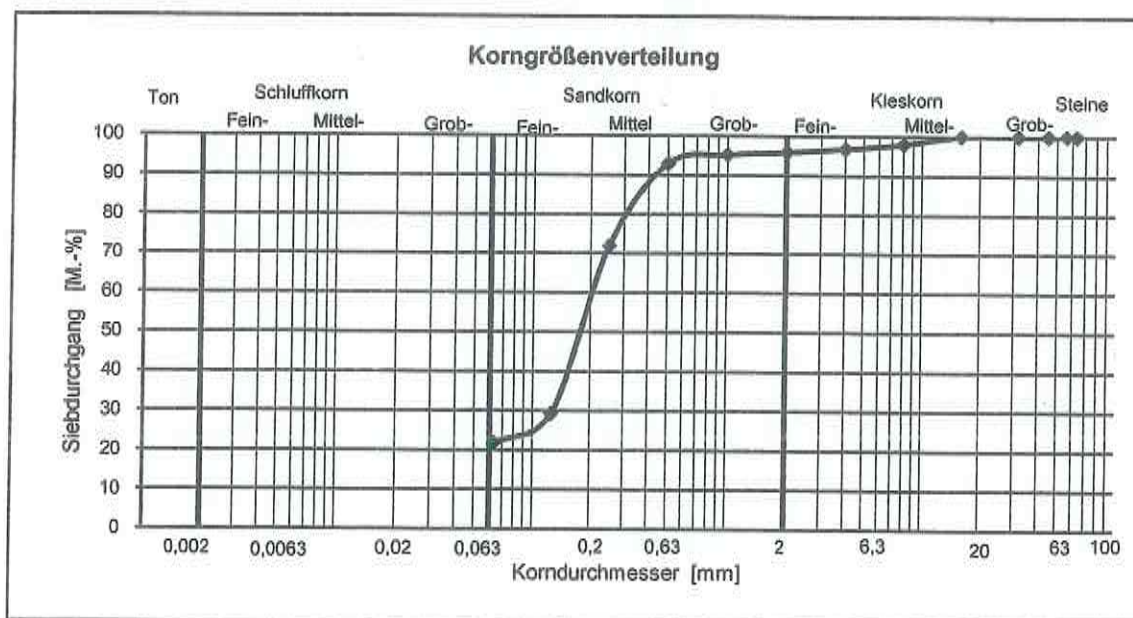
Entnahme am: 23.09.2009

Prüfungsnummer: BAU0905-033

Probe Nr.	B5 D3	
Entnahmetiefe [m]	2,60	
natürlicher Wassergehalt $w_n$ [%]	21,4%	
Benennung nach DIN 4022	Sand, stark schluffig	
Bodengruppe nach DIN 18196	SU*	$d_{30} = 0,13$
Untersuchungsart:	gestört	$d_{60} = 0,22$

### Korngrößenverteilung nach DIN 18 123

Korndurchmesser	Siebrückstand	Siebdurchgang
[mm]	[M.-%]	[M.-%]
63,0	0,0	100,0
56,0	0,0	100,0
45,0	0,0	100,0
31,5	0,0	100,0
16,0	0,0	100,0
8,0	2,1	97,9
4,0	1,2	96,7
2,0	0,9	95,8
1,0	0,7	95,1
0,5	2,3	92,8
0,25	20,9	71,9
0,125	42,6	29,3
0,063	7,5	21,8
< 0,063	21,8	



## Bodenmechanische Untersuchungen

**Baumaßnahme:** BV Ville d'Ettelbruck  
**Entnahme am:** 23.09.2009  
**Prüfungsnummer:** BAU0905-033

Probe Nr.	B6 D2	
Entnahmetiefe [m]	3,0	
natürlicher Wassergehalt $w_n$ [%]	9,8%	
Benennung nach DIN 4022	Kies, sandig, schluffig	$k_f = 1,48E-04$
Bodengruppe nach DIN 18196	GU	$d_{30} = 0,89$
Untersuchungsart:	gestört	$d_{60} = 13,17$

### Korngrößenverteilung nach DIN 18 123

Korndurchmesser	Siebrückstand	Siebdurchgang
[mm]	[M.-%]	[M.-%]
63,0	0,0	100,0
56,0	0,0	100,0
45,0	0,0	100,0
31,5	27,8	72,2
16,0	8,1	64,1
8,0	11,6	52,5
4,0	9,3	43,2
2,0	5,9	37,3
1,0	6,0	31,3
0,5	5,8	25,5
0,25	5,5	20,0
0,125	5,4	14,6
0,063	2,6	12,0
^ 0,063	12,0	

