

Erschließung Neubaugebiet „Brandenburger Straße“ in Schwabach

Baugrunduntersuchung und Baugrundgutachten / Geotechnischer Bericht

Aktenzeichen: 33913

Auftraggeber: Stadt Schwabach

Pyrbaum, den 25.11.2013

Prof. Dr. Jörg Gründer, Dipl.-Geol., öbuv SV 
Stefan Gründer, Dipl.-Geol. (TU)

Ingenieurgeologen, Hydrogeologen
Beratende Ingenieure BYIK
Beratende Geowissenschaftler BDG

Büro Pyrbaum (bei Nürnberg)
Am Weinberg 19
90602 Pyrbaum
Telefon (09180) 9404-0
Telefax (09180) 9404-18
info@geogruender.de

Büro München
Schusterwolfstraße 25
81241 München
Telefon (089) 55135700
Telefax (089) 55135701
muenchen@geogruender.de



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Projekt / Veranlassung / Vorgang	1
2 Örtliche Feststellungen / Untersuchungsergebnisse	2
2.1 Allgemeines, Untersuchungen	2
2.2 Bohrungen	2
2.3 Versickerungsversuche	5
3 Geologie	5
4 Folgerungen	6
4.1 Situation	6
4.2 Kanalbau	6
4.3 Straßenbau	8
4.3.1 Bauklassen gemäß RStO 2001 bzw. Belastungsklassen gemäß RStO 2012	8
4.3.2 Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus	9
4.3.3 Beurteilung der Tragfähigkeit des Untergrunds bzw. Unterbaus	12
4.3.4 Allgemeine Angaben zum Erdbau	13
4.3.5 Gründung von Gebäuden	13
4.3.5.1 Unterkellerte Gebäude	13
4.3.5.2 Nicht unterkellerte Gebäude	17
5 Bodenkennwerte, Bodenklassen, Verdichtbarkeitsklassen	18
6 Schlussbemerkungen	19

Aktenzeichen: 33913

Geotechnisches Institut Prof. Dr. Gründer GbR

öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie

Geotechnisches Institut Prof. Dr. Gründer GbR · Am Weinberg 19 · 90602 Pyrbaum

 www.geogruender.de

	über:	Geotechnik · Ingenieurgeologie
Stadt Schwabach	Ingenieurbüro	Baugrundgutachten
Tiefbauamt/Stadtentwässerung	Batke & Partner	Erd- und Grundbau
Albrecht-Achilles-Straße 6-8	Mainbachstraße 8	Boden- und Felsmechanik
91126 Schwabach	91126 Kammerstein/ Haag	Felssicherungen
		Beweissicherungen
		Hydrogeologie · Trinkwasser
		Altlasten · Deponietechnik
		Geothermie · Lagerstätten
		Fachbauleitung
		Gerichts- und Schiedsgutachten

Ihre Nachricht vom

Ihr Zeichen

Unser Zeichen

Pyrbaum,

33913-Grs/gh

25.11.2013

Erschließung Neubaugebiet „Brandenburger Straße“ in Schwabach Baugrunduntersuchung und Baugrundgutachten / Geotechnischer Bericht

1 Projekt / Veranlassung / Vorgang

Die Stadt Schwabach beabsichtigt die Erschließung des Baugebiets an der „Brandenburger Straße“ in Schwabach (Übersichtslageplan, **Anlage 1**).

Die Planung erfolgt durch das Ingenieurbüro Batke + Partner, Kammerstein-Haag.

Zur Abklärung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse wurden wir von der Stadt Schwabach mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und der Erstellung eines Baugrundgutachtens (Geotechnischer Bericht) beauftragt.

Prof. Dr. Jörg Gründer, Dipl.-Geol., öbuv SV 
Stefan Gründer, Dipl.-Geol. (TU)

Ingenieurgeologen, Hydrogeologen
Beratende Ingenieure BYIK
Beratende Geowissenschaftler BDG

Büro Pyrbaum (bei Nürnberg)
Am Weinberg 19
90602 Pyrbaum
Telefon (09180) 9404-0
Telefax (09180) 9404-18
info@geogruender.de

Büro München
Schusterwolfstraße 25
81241 München
Telefon (089) 55135700
Telefax (089) 55135701
muenchen@geogruender.de



2 Örtliche Feststellungen / Untersuchungsergebnisse

2.1 Allgemeines, Untersuchungen

Am 26.09.2013 fand gemeinsam mit Herrn Schmidt, Ingenieurbüro Batke + Partner, eine Ortsbesichtigung statt. Das Bauvorhaben wurde besprochen und die Untersuchungspunkte wurden gemeinsam festgelegt Bohrungen **B 1 - B 3** (Lageplan, **Anlage 2**).

2.2 Bohrungen

Die Bohrerergebnisse können der nachfolgenden **Tabelle 1** entnommen werden.

Tabelle 1: Bohrungen (Schichten von - bis in m unter GOK)

Bohrung	B 1	B 2	B 3	Bodenklassen gemäß DIN 18 300
Ansatzhöhe, mNN	347,26	346,79	351,64	-
Oberboden	0,0 - 0,2	0,0 - 0,2	0,0 - 0,2	1
Ton, weich und weich - steif	-	0,2 - 1,2	-	4
Sand, schwach tonig-schluffig	0,4 - 3,0	-	0,2 - 1,0	4
Sand, stark tonig	0,2 - 0,4	1,2 - 4,1	1,0 - 2,5	4
Ton, steif	-	-	2,5 - 3,1	4 (5)
Sand, schwach schluffig, Felszersatz	-	4,1 - 4,4	3,1 - 3,5	4
Sandstein, mürbe - mittelhart (mit weiterer Tiefe auch hart?!)	3,0 - 3,1 KBF	4,4 - 4,5 KBF	3,5 - 3,6 KBF	6 (mit weiterer Tiefe auch 7?!)
Wasser, m unter GOK	Kein Wasser	Kein Wasser	Kein Wasser	-

KBF = Kein Bohrfortschritt

Der Tabelle kann Folgendes entnommen werden:

Geländehöhen

Die Geländehöhen liegen zwischen 351,64 mNN und 346,79 mNN.

Oberboden

Der Oberboden weist eine Dicke von 0,2 m auf.

Ton, weich

Bei **B 2** folgt unter dem Oberboden von 0,2 m bis 1,2 m Ton von weicher (auch weich - steifer) Beschaffenheit.

Sand, schwach bis stark tonig - schluffig

Unterhalb der o. g. Schichten folgt bis in eine Tiefe von 3,0 m (bei **B 1**) bzw. 4,1 m (bei **B 2**) bzw. 2,5 m (bei **B 3**) Sand mit schwachen bis starken tonigen Anteilen.

Ton, steif

Bei **B 3** werden die oben beschriebenen Sande von 2,5 m bis 3,1 m von einer steifen Tonschicht unterlagert.

Felsersatz, Sand, schwach schluffig

Unterhalb der o. g. Schichten folgt bei **B 2** von 4,1 m bis 4,4 m und bei **B 3** von 3,1 m bis 3,5 m ein schwach schluffig verbackener Sand (Verwitterungsprodukt des darunterliegenden Sandsteins).

Sandstein

Die Oberkante des Sandsteins wurde in folgenden Tiefen festgestellt:

B 1: 3,0 m

B 2: 4,4 m

B 3: 3,5 m.

Im Fels war praktisch kein Rammbohrfortschritt mehr möglich.

Wasser

Wasser wurde in den Bohrlöchern nicht festgestellt.

Details können den Bohrprofilen entnommen werden (**Anlagen 3.1 - 3.3**).

Auf der **Anlage 4** sind die Bohrprofile nebeneinander in höhenmäßiger Abhängigkeit dargestellt.

2.3 Versickerungsversuche

Die Bohrlöcher **B 2** und **B 3** wurden mittels Filterrohren und Filterkies zu kleinen Versuchsbrunnen ausgebaut. Diese wurden mit Wasser gefüllt. Daraufhin wurde das Absinken des Wasserspiegels im Bohrloch in Abhängigkeit von der Zeit gemessen (Versuchsprotokolle, **Anlagen 5.1 + 5.2**).

Die Auswertung erfolgte nach dem Verfahren von ÇÉÇËN für grundwasserfreien Raum.

Es ergaben sich Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von $k = 3 \cdot 10^{-7}$ m/s und $k = 4 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Gemäß DIN 18 130 ist das Material „gering wasserdurchlässig“. Nach V. Soos handelt es sich um eine niedrige Wasserdurchlässigkeit.

Allgemein wird die Grenze zwischen durchlässigen und wenig oder schlecht durchlässigen Lockergesteinen bei $k = 10^{-6}$ m/s angenommen.

Somit ist im vorliegenden Fall der Baugrund wegen des geringen Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts nicht für eine effektive Versickerung geeignet.

3 Geologie

Der geologische Untergrund wird vom Keupersandstein (Trias) gebildet. Dieser wurde in der Endtiefe der Bohrungen angetroffen. Er wird von seinen eigenen Verwitterungsbildungen überlagert. Diese bestehen aus ± schluffig-tonigen Sanden. Bereichsweise sind Tonschichten zwischengelagert.

4 Folgerungen

4.1 Situation

Die Untersuchung hat ergeben, dass unter dem Oberboden weit überwiegend ein $\pm$ schluffiger, toniger Sand ansteht. Bereichsweise sind Tonschichten zwischenlagert.

Ab einer Tiefe von 3,0 m bis 4,4 m unter GOK steht der Sandstein an.

Wasser wurde in den Bohrungen nicht festgestellt.

4.2 Kanalbau

Die Grabensohle dürfte bei etwa 3 m bis 4 m unter GOK zu liegen kommen, also im Bereich der Felsoberkante oder dicht oberhalb der Felsoberkante.

Bei den bestehenden Verhältnissen können die Kanalgräben entweder frei abgeböschst oder im Schutz eines Verbaus hergestellt werden. Mit einer Wasserhaltung muss nicht gerechnet werden.

Aushub, Eignung zum Wiedereinbau

Der Aushub kann auf herkömmliche Art und Weise mit dem Bagger erfolgen. In felsigen Bereichen, die die unteren Bereiche des Kanalgrabenaushubs betreffen, muss ein Lösen von Fels einkalkuliert werden. Der Fels wurde von mürber bis mittelharter Festigkeit angetroffen. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass er mit weiterer Tiefe und bereichsweise auch hart ist. Dies kann erst beim Aushub endgültig festgestellt werden. Vorsichtshalber ist das Lösen von hartem Fels mit einzukalkulieren.

Der Einsatz einer Grabenfräse ist grundsätzlich ebenfalls möglich, falls diese in der Lage ist, auch harten Fels zu lösen.

Zum Wiedereinbau geeignet sind die Sande, wenn sie feinteilfrei bzw. feinteilarm sind (Feinkornanteil $\leq 15\%$).

Bindige und stark bindige Sande, die umfangreich festgestellt wurden sowie Tone und Schluffe können ohne vorherige Aufbereitung (z. B. Stabilisierung mittels Beifräsung von Kalk-Zement-Gemisch) nicht zum Wiedereinbau verwendet werden, da sie nicht entsprechend verdichtet werden können. Sie müssten dann abgefahren und an anderer Stelle verwendet werden.

Felsaushub fällt voraussichtlich überwiegend stückig an und ist dann nicht für den qualifizierten Wiedereinbau geeignet. Gegebenenfalls können Sandsteine, die beim Lösen zu Sand zerfallen, dem Wiedereinbau zugeführt werden.

Es kann überschlägig davon ausgegangen werden, dass ca. 80 % des Aushubmaterials nicht für den qualifizierten Wiedereinbau im späteren Straßenbereich geeignet ist.

Es muss also Fremdmaterial beigebracht werden, wenn das Aushubmaterial nicht stabilisiert werden soll.

Der Materialeinbau erfolgt prinzipiell in Lagen zu maximal 0,3 m Dicke, wobei jede Lage mindestens 5-mal verdichtet wird. Beizuführendes Fremdmaterial soll nichtbindig (d. h. überwiegend sandig-kiesig), gut kornabgestuft und gut verdichtbar sein.

Baugrubenböschungen, Verbau

Für frei angelegte Baugrubenböschungen gelten in Abhängigkeit von den örtlich auftretenden Bodenarten die nachfolgenden maximalen Böschungsneigungen:

Sand, $\pm$ tonig- schluffig:	45°
Ton, weich und weich - steif:	45°
Ton, steif:	60°
Sandsteinersatz und Sandstein, mürbe:	70°
Sandstein, mittelhart und hart:	80°.

Ein Verbau könnte mittels herkömmlichem Plattenverbau erfolgen.

Rohrgrabensohle

Bezüglich der Gestaltung der Rohrbettung und der Auflagerung des Rohres sind die Empfehlungen der DIN EN 1610 zu beachten.

Dies bedeutet u. a., dass das Rohr nicht punktförmig auf einem unnachgiebigen Untergrund (Fels) aufgelagert werden darf, da sich andernfalls Spannungskonzentrationen unkontrolliert auf das Rohr auswirken.

Es ist daher erforderlich, im Sohlbereich einen Bodenaustausch von ca. 0,2 m Dicke vorzusehen. Als Bodenaustauschmaterial soll nichtbindiges, verdichtungsfähiges Material vorgesehen werden.

Wasserhaltung

Bis zu den jeweiligen Bohrendtiefen wurde kein Grundwasser festgestellt. Auch aufgrund der allgemeinen topografischen und geologischen Situation ist es unwahrscheinlich, dass beim Kanalgrabenaushub Grundwasser auftritt.

Sollten wider Erwarten in den unteren Bereichen des Kanalgrabens (felsiger Bereich) Wasser zutreten, so können diese mittels offener Wasserhaltung (Pumpensümpfe und angeschlossene Sohlwasserdrainage) abgezogen werden.

4.3 Straßenbau

4.3.1 Bauklassen gemäß RStO 2001 bzw. Belastungsklassen gemäß RStO 2012

Die Bauklassen der RStO (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen) 2001 wurden mit Einführung der RStO 2012 geändert. Die Einstufung erfolgt nun in Abhängigkeit von den äquivalenten 10-t-Achsübergängen in sog. Belastungsklassen.

Die ehemaligen Bauklassen der RStO 2001 können in etwa mit den Belastungsklassen der RStO 2012 gemäß nachfolgender **Tabelle 2** verglichen werden.

Tabelle 2: Bauklassen (RStO 2001) und Belastungsklassen (RStO 2012)

RStO 2001			RStO 2012	
Bemessungs-relevante Beanspruchung (äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.)	Bau-klasse	Straßenart	Dimensionierungs-relevante Beanspruchung (äquivalente 10-t-Achsübergänge in Mio.)	Belastungsklasse (RStO 2012)
> 32	SV	Schnellverkehrsstraße, Industriesammelstraße	> 32	Bk100
> 10 bis 32	I		> 10 bis 32	Bk32
> 3 bis 10	II	Hauptverkehrsstraße, Industriestraße, Straße im Gewerbegebiet	> 3,2 bis 10	Bk10
> 0,8 bis 3	III		> 1,8 bis 3,2	Bk3,2
> 0,3 bis 0,8	IV	Wohnsammelstraße, Fußgängerzone mit Ladeverkehr	> 1,0 bis 1,8	Bk1,8
> 0,1 bis 0,3	V		> 0,3 bis 1,0	Bk1,0
< 0,1	VI	Anliegerstraße, befahrbarer Wohnweg, Fußgängerzone	< 0,3	Bk0,3

4.3.2 Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus

Das Gebiet liegt in der Frosteinwirkungszone II gemäß RStO 2012. Im Bereich des Erdplanums liegen schwach schluffige bzw. tonige Sande bzw. schluffige Tone vor.

Gemäß ZTVE-StB 09 sind die schluffigen Sande als gering bis mittel frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F 2) zu bezeichnen.

Die ebenfalls auftretenden stark schluffigen Sande und schluffigen Tone sind als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse 3) einzustufen.

Sicherheitshalber soll von einem Material der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ausgegangen werden.

Bei einem F 3 - Boden ergibt sich die Dicke des frostsicheren Oberbaus bei den einzelnen Belastungsklassen gemäß nachfolgender **Tabelle 3**.

Tabelle 3: Minstdicke des frostsicheren Oberbaus

Frostepfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Belastungsklasse		
	Bk100 bis Bk10	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F 2	55	50	40
F 3	65	60	50

Gemäß RStO 2012 ermitteln sich entsprechend der örtlichen Verhältnisse für die o. g. Schichten die in der nachfolgenden **Tabelle 4** fett hervorgehobenen Mehr- oder Minderdicken.

Tabelle 4: Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse

Örtliche Verhältnisse		A	B	C	D	E
Frosteinwirkung	Zone I	± 0 cm				
	Zone II	+ 5 cm				
	Zone III	+ 15 cm				
Kleinräumige Klimaunterschiede	Ungünstige Klimaeinflüsse, z. B. durch Nordhang oder in Kammlagen von Gebirgen		+ 5 cm			
	Keine besonderen Klimaeinflüsse		± 0 cm			
	Günstige Klimaeinflüsse bei geschlossener seitlicher Bebauung entlang der Straße		- 5 cm			
Wasser- verhältnisse im Untergrund	Kein Grund- und Schichtenwasser bis in eine Tiefe von 1,5 m unter Planum			± 0 cm		
	Grund- oder Schichtenwasser dauernd oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum			+ 5 cm		
Lage der Gradiente	Einschnitt, Anschnitt				+ 5 cm	
	Geländehöhe bis Damm ≤ 2,0 m				± 0 cm	
	Damm > 2,0 m				- 5 cm	
Entwässerung der Fahrbahn/ Ausführung der Rand- bereiche	Entwässerung der Fahrbahn über Mulden, Gräben bzw. Böschungen					± 0 cm
	Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen					- 5 cm

Es ergibt sich somit eine Mehrdicke von $A + B + C + D + E = 5 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5$ cm.

Die Gesamtdicke ergibt sich somit bei einem F 3 - Boden für die jeweiligen Belastungsklassen wie folgt:

Bk100 bis Bk10:	65 cm + 5 cm = 70 cm
Bk3,2 bis Bk1,0:	60 cm + 5 cm = 65 cm
Bk0,3:	50 cm + 5 cm = 55 cm.

4.3.3 Beurteilung der Tragfähigkeit des Untergrunds bzw. Unterbaus

Gemäß RStO 2012 und ZTVE-StB 09 muss im Erdplanum durch Lastplattendruckversuche gemäß DIN 18 134 ein Tragfähigkeitsbeiwert von $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ erzielt werden.

Auf der OK Tragschicht ist ein Tragfähigkeitsbeiwert von mindestens $E_{v2} > 120 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{v2} > 150 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Bei Einbau der o. g. Schichtdicken kann bei dem festgestellten Untergrund im Erdplanum nicht immer die erforderliche Tragfähigkeit ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) erzielt werden. Dies dürfte nur in Bereichen mit schwach tonigem Sand möglich sein. Bei stark tonigen Sanden und bei den Tonen (örtlich nachgewiesen) liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht die erforderliche Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ vor.

Es kann damit gerechnet werden, dass in weiten Bereichen eine Verbesserung der Aushubsohle (d. h. des Erdplanums) nach den folgenden Verfahren - alternativ oder ergänzend - durchgeführt werden muss:

Mehraushub und Bodenaustausch

Es erfolgt ein Mehraushub und Bodenaustausch von etwa 0,25 m Dicke gegen verdichtungsfähiges, nichtbindiges Material, wobei die Aushubsohle 5-mal nachverdichtet werden soll.

Oder:

Einfräsen von Kalk-Zement-Gemisch

Das Kalk-Zement-Gemisch kann vor Ort eingefräst werden. Es empfiehlt sich eine Zugabe von 2 - 3 Gewichtsprozent Kalk-Zement-Gemisch. Bei einer zu bearbeitenden Tiefe von 0,3 m ergibt das eine Menge von 12 - 18 kg Kalk-Zement-Gemisch pro m².

Anschließend wird mindestens 5-mal nachverdichtet.

Es kann davon ausgegangen werden, dass nach Durchführung einer der o. g. Maßnahmen der auf dem Planum erforderliche Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht bzw. eine dauerhaft sichere Standfestigkeit erzielt wird.

Der genaue Umfang ergibt sich erst entsprechend des Befunds beim Aushub, was in der Ausschreibung zu berücksichtigen ist.

4.3.4 Allgemeine Angaben zum Erdbau

Material wird grundsätzlich in Lagen von maximal 0,25 m Dicke (jede Lage mindestens 5-mal verdichtet) eingebaut.

4.3.5 Gründung von Gebäuden

Die erforderliche Tragfähigkeit liegt weitgehend vor. Lediglich bei **B 2** werden weiche Tonschichten bis 1,2 m unter GOK festgestellt.

4.3.5.1 Unterkellerte Gebäude

Zum Aushub gelangen überwiegend bindige Sande. In der Gründungssohle steht steifer Ton oder - meist - tragfähiger Sand an.

Kennwerte für steifen Ton

Wird in der Sohle Ton von steifer Beschaffenheit festgestellt, können die Sohlwiderstände und Bodenpressungen der nachfolgenden beiden **Tabellen 5.1 + 5.2** angesetzt werden.

Tabelle 5.1: Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$
gemäß DIN EN 1997-1:2009-09 bzw. DIN 1054:2010-12 für steifen Ton

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands in kN/m ² bei Streifenfundamenten auf tonig-schluffigem Boden (UM, TL, TM nach DIN 18 196) mit Breiten b bzw. b' von 0,5 m bis 2 m und einer Konsistenz				
	steif	steif - halbfest	halbfest	halbfest - fest	fest
0,5	170	205	240	315	390
1,0	200	240	290	370	450
1,5	220	290	350	425	500
2,0	250	320	390	475	560
Achtung: Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.					

Tabelle 5.2: Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} gemäß DIN 1054:2005-01 bzw. zulässige Bodenpressungen (Sohnormalspannung) gemäß DIN 1054:1976-11 für steifen Ton

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} in kN/m ² bzw. zulässige Bodenpressungen bei Streifenfundamenten auf tonig-schluffigem Boden (UM, TL, TM nach DIN 18 196) mit Breiten b bzw. b' von 0,5 m bis 2 m und einer Konsistenz				
	steif	steif - halbfest	halbfest	halbfest - fest	fest
0,5	120	145	170	225	280
1,0	140	170	210	265	320
1,5	160	205	250	305	360
2,0	180	230	280	340	400

Für Fundamentbreiten zwischen 2 m und 5 m müssen die Tabellenwerte um 10 % je Meter zusätzlicher Fundamentbreite vermindert werden, falls solche Fundamente überschlägig nach der Tabelle bemessen werden.

Für Einzelfundamente mit einem Seitenverhältnis von $< 2,0$ können die in der Tabelle angegebenen Bodenpressungen um 20 % erhöht werden.

Ein abmindernder Einfluss von Grundwasser muss nicht berücksichtigt werden. Er ist in den Tabellenwerten bereits enthalten.

Bei außermittigem Lastangriff ist die Fundamentfläche auf eine Teilfläche zu verkleinern, deren Schwerpunkt der Lastangriffspunkt ist.

Dem in Höhe der Gründungssohle anstehenden Baugrund wird ein Steifemodul von ca. $E_s = 10 \text{ MN/m}^2$ zugeordnet.

Bei einer Plattengründung nach dem Bettungsmodulverfahren kann zur Dimensionierung ein Bettungsmodul von $k_s = 10\,000 \text{ kN/m}^3$ angesetzt werden.

Wird das Einheitsbettungszahlverfahren von TERZAGHI eingesetzt, kann von einer Einheitsbettungszahl von $C_0 = 30\,000 \text{ kN/m}^3$ ausgegangen werden.

Die Größe des Erddrucks auf die Kelleraußenwände hängt von deren Nachgiebigkeit ab. Werden die Außenwände aus Beton hergestellt, so liegen wegen der relativen Unnachgiebigkeit erhöhte Erddruckbedingungen vor. Bei nachgiebigerem Mauerwerk kann der aktive Erddruck angesetzt werden.

Zwischen unterschiedlich tief gegründeten Bauteilen (Übergänge von nicht unterkellerten zu unterkellerten Bauteilen) ist der Arbeitsraum unter 30° abzutreppen und mit Magerbeton zu verfüllen. Andernfalls müssten die Wände des tieferliegenden Bauteils entsprechend gegen den zusätzlichen Erddruck bemessen werden.

Kennwerte für Sand

Wird in den Aushubsohlen Sand festgestellt, dann können die Bodenpressungen der beiden nachfolgenden **Tabellen 6.1** und **6.2** zur Dimensionierung herangezogen werden.

Tabelle 6.1: Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$
gemäß DIN EN 1997-1:2009-09 bzw. DIN 1054:2010-12 für Sand

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands in kN/m ² bei Streifenfundamenten auf nichtbindigem Baugrund mit Breiten b bzw. b'					
	0,5 m	1 m	1,5 m	2 m	2,5 m	3,0 m
0,5	170	250	270	230	210	180
1	230	310	300	260	230	200
1,5	290	370	330	290	240	210
2	330	420	350	300	250	230
Achtung: Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.						

Tabelle 6.2: Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} gemäß DIN 1054:2005-01 bzw.
zulässige Bodenpressungen (Sohnormalspannung)
gemäß DIN 1054:1976-11 für Sand

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments [m]	Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} in kN/m ² bzw. zulässige Bodenpressungen bei Streifenfundamenten auf nichtbindigem Baugrund mit Breiten b bzw. b'					
	0,5 m	1 m	1,5 m	2 m	2,5 m	3,0 m
0,5	120	180	200	170	150	130
1	160	220	210	180	160	140
1,5	200	260	230	200	170	150
2	240	300	250	210	180	170

Gründung auf einer biegesteifen Bodenplatte

Bei sandigem Baugrund:

Bettungsmodul $k_s = 25\,000 \text{ kN/m}^3$

Einheitsbettungszahl nach TERZAGHI $C_0 = 75\,000 \text{ kN/m}^3$.

Es wird zwar kein Wasser angetroffen. Der bindige Sand ist jedoch überwiegend wasserstauend. Untergeschosse sind deswegen wasserdicht herzustellen. Lichtschächte und Kellerabgänge sind entsprechend zu schützen. Entweder besteht hier die Möglichkeit einer Dränierung dieser Bereiche oder es muss auch hier abgedichtet werden.

4.3.5.2 Nicht unterkellerte Gebäude

Die Gründung der Fundamente erfolgt in frostsicherer Tiefe von 0,8 m, besser 1,0 m unter späterer Geländeoberkante.

Sollten in der Gründungssohle weiche Tone auftreten, sind diese bis zum Sand hinab zu durchstoßen (Bodenaustausch gegen Magerbeton).

Zur Dimensionierung können die Sohlwiderstände bzw. Bodenpressungen der beiden **Tabellen 6.1** und **6.2** herangezogen werden.

Bettungsmodul $k_s = 15\,000 \text{ kN/m}^3$

Einheitsbettungszahl nach TERZAGHI $C_0 = 45\,000 \text{ kN/m}^3$.

Das Aushubmaterial kann zum Wiedereinbau verwendet werden.

Im Bereich von Ansprüchen an eine Setzungsfreiheit (Terrassenflächen, etc.) muss verdichtungsfähiges Material beigefahren werden, falls das Aushubmaterial zu bindig ist (z. B. stark schluffiger Sand).

5 Bodenkennwerte, Bodenklassen, Verdichtbarkeitsklassen

Für Berechnungs- und Dimensionierungszwecke können die Bodenkennwerte der folgenden **Tabelle 7** angesetzt werden.

Tabelle 7: Bodenkennwerte

Schicht von-bis unter GOK (Mittel- werte)	Material	Wichte feuch- ter Boden γ	Wichte Boden unter Auftrieb γ'	Winkel der inneren Rei- bung ϕ	Kohä- sion c'	Steife- modul E_s	Boden- gruppe n. DIN 18 196	Boden- klasse n. DIN 18 300
ca. m	-	kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	MN/m ²	-	-
Schicht- tiefen siehe Bohrprofile (Anlagen 3.1 - 3.3)	Oberboden	16 - 18	6 - 8	15	0	-	OH	1
	Ton, weich - steif	18	8	22,5	0	3 - 5	TM / TA	4 / 5
	Sand, ± tonig schluffig	18	9	30	0	40	SU / SU*	4
	Ton, steif	19	9	25	10	8 - 10	TM / TA	4 / 5
	Sand, Felszersatz	19	11	32,5	0	50	SE / SU	3 / 4
	Sandstein, mürbe - mit- telhart (mit weiterer Tiefe auch hart?!)	22	12	40	20 - 40	100	-	6 (mit weiterer Tiefe auch 7?!)

Bodenklassen

Die Bodenklassen sind in der **Tabelle 7** mit angegeben.

Die Tone sind meist als Tone von mittlerer Plastizität (TM = Bodenklasse 4) ausgebildet. Sie können örtlich jedoch auch ausgeprägt plastisch sein (TA = Bodenklasse 5).

In Felsbereichen ist mit leicht lösbarem Fels (Bodenklasse 6 gemäß DIN 18 300) zu rechnen. Mit weiterer Tiefe und bereichsweise und in Abhängigkeit von der Klüftung kann schwer lösbarer Fels (Bodenklasse 7 gemäß DIN 18 300) nicht völlig ausgeschlossen werden. Die genauen Mengenanteile können erst beim Aushub angegeben werden.

Verdichtbarkeitsklassen

In der nachfolgenden **Tabelle 8** sind die Verdichtbarkeitsklassen aufgelistet.

Tabelle 8: Verdichtbarkeitsklassen

Verdichtbarkeitsklasse	Kurzbeschreibung	Bodengruppe (DIN 18 196)
V 1	nichtbindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST
V 2	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V 3	bindige, feinkörnige Böden	UL, UM, TL, TM

6 Schlussbemerkungen

Die Untersuchungen haben ergeben, dass der Baugrund im Wesentlichen aus einem ± bindigen Sand besteht. Bereichsweise sind tonige Zwischenschichten ausgebildet.

Der Fels wird zwischen 3,0 m und 4,4 m unter GOK festgestellt.

Wasser wurde in den Bohrungen nicht angetroffen.

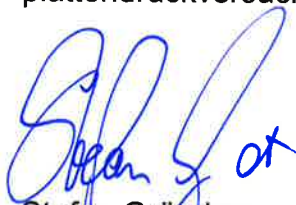
Kanalgräben können herkömmlich hergestellt werden.

Beim Straßenbau muss das Erdplanum in den überwiegenden Bereichen verbessert werden.

Bei der Gründung von Gebäuden liegt im Wesentlichen die erforderliche Tragfähigkeit vor.

Es wird zwar kein Wasser angetroffen; der Baugrund ist jedoch wasserstauend, weswegen die Untergeschosse wasserdicht hergestellt werden müssen.

Für Rückfragen im Verlauf der weiteren Planungen sowie bei Ausführung der Gründungsarbeiten, für Baugrubensohlabnahmen, Bodenklassifizierungen oder für die Durchführung bodenmechanischer Kontrollversuche (Rammsondierungen, Lastplattendruckversuche etc.) stehen wir gerne zur Verfügung.


Stefan Gründer
Dipl.-Geol.


Prof. Dr. Jörg Gründer
Dipl.-Geol.



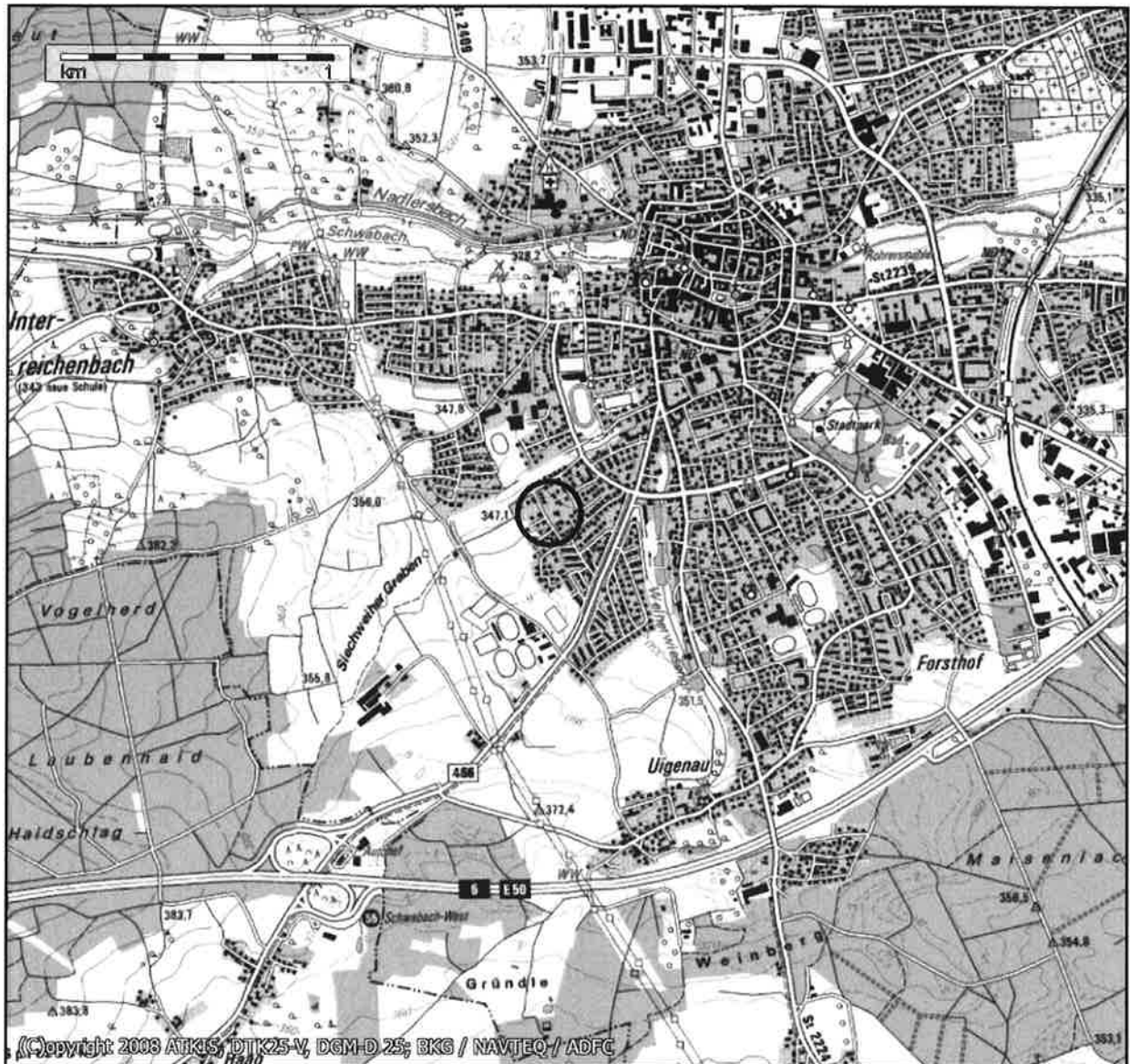
VERZEICHNIS DER ANLAGEN

Anlage
Anlagengruppe

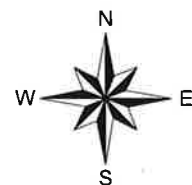
- | | |
|-----------|---|
| 1 | Übersichtslageplan (M = 1 : 25 000) |
| 2 | Lageplan (M = 1 : 1 000)
mit Kennzeichnung der Untersuchungspunkte |
| 3.0 | Legende |
| 3.1 - 3.3 | Bohrprofile B 1 - B 3 |
| 4 | Baugrundaufschlüsse nebeneinander
in höhenmäßiger Abhängigkeit |
| 5.1 + 5.2 | Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts
(k-Wert) in situ |

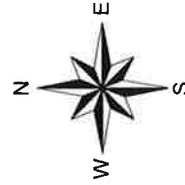
Aktenzeichen: 33913

Projekt: **Erschließung Neubaugebiet „Brandenburger Straße“ in Schwabach**



○ Lage des Projekts





Legende:

● B Bohrung

Geotechnisches Institut Prof. Dr. Gründer GbR
 Am Weinberg 19 • 90602 Pyrbaum • Tel. (09180) 9404-0 • Fax. 9404-18

Projekt: Erschließung Neubaugebiet
 „Brandenburger Straße“ in Schwabach

Datum: 15.11.2013

Bearbeiter: J. Gründer

Gezeichnet: P. Steinert

Lageplan
 mit Kennzeichnung
 der Bohrpunkte

M = 1 : 1000

Az.:33913

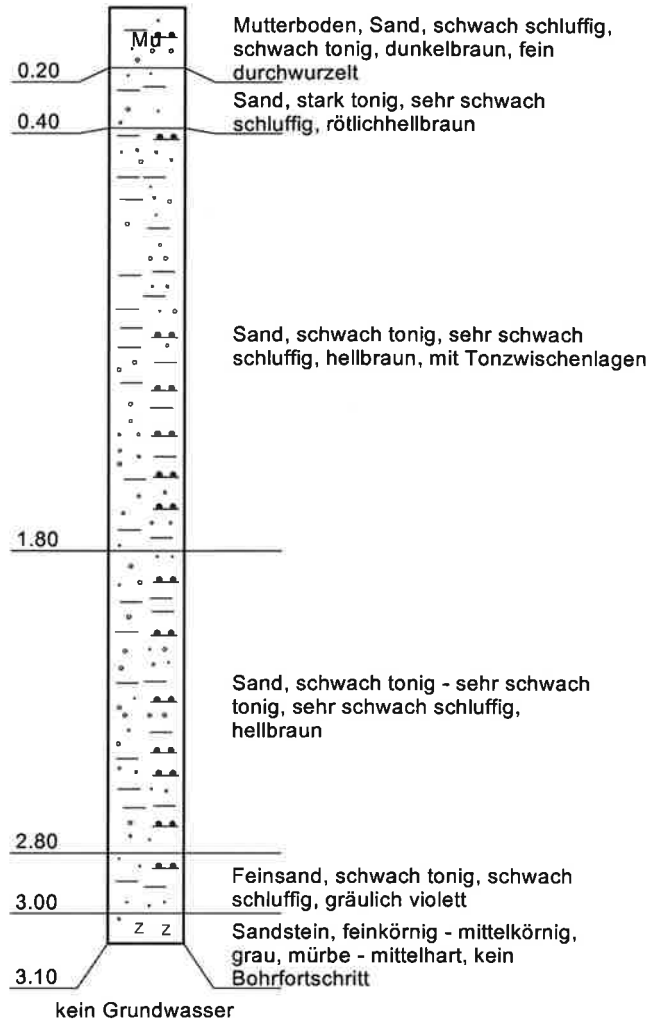
Anlage 2

Legende

	klüftig		Ton (T)
	fest		Schluff (U)
	halbfest - fest		Feinsand (fS)
	halbfest		Mittelsand (mS)
	steif - halbfest		Grobsand (gS)
	steif		Feinkies (fG)
	weich - steif		Mittelkies (mG)
	weich		Grobkies (gG)
	breiig - weich		Steine (fX)
	breiig		Sandstein (^s)
	naß		Tonstein (Tst)
			Kalkstein (Kst)
			Dolomitstein (Dst)
			Basalt (Ma)

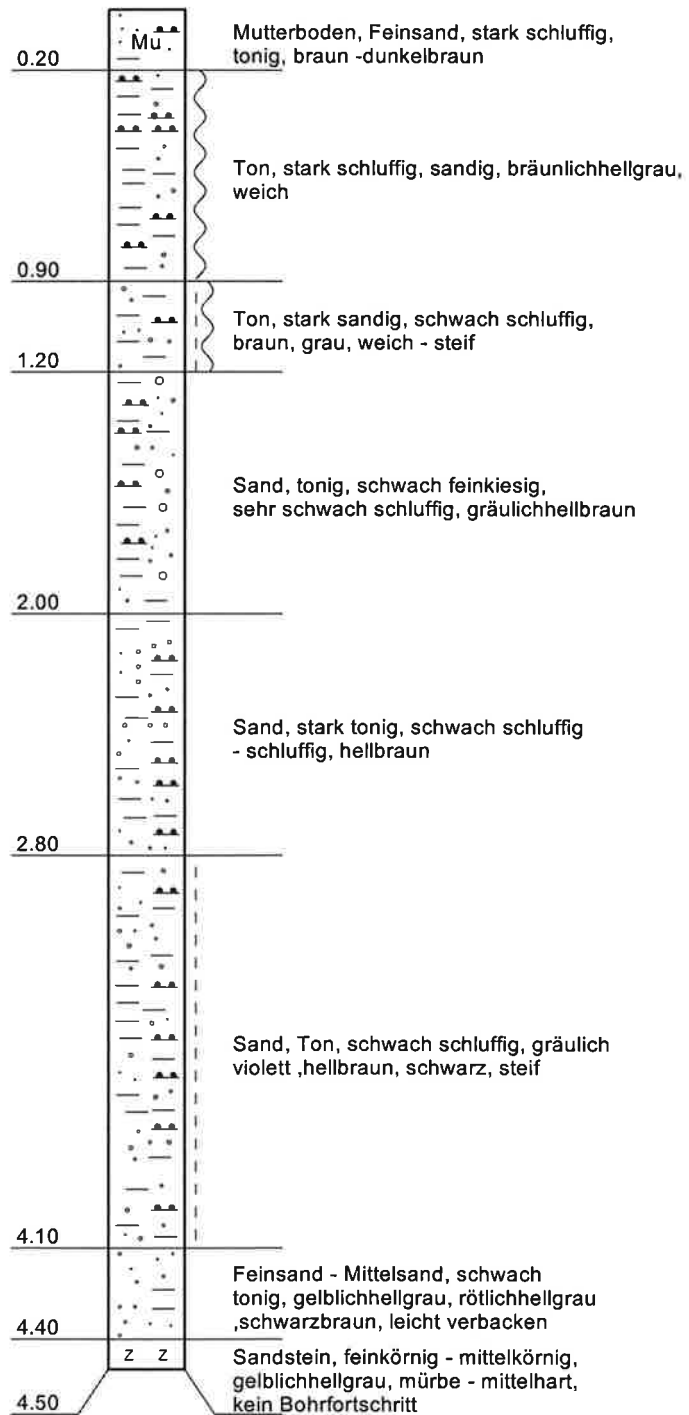
B1

Ansatzhöhe +347,26 mNN



B2

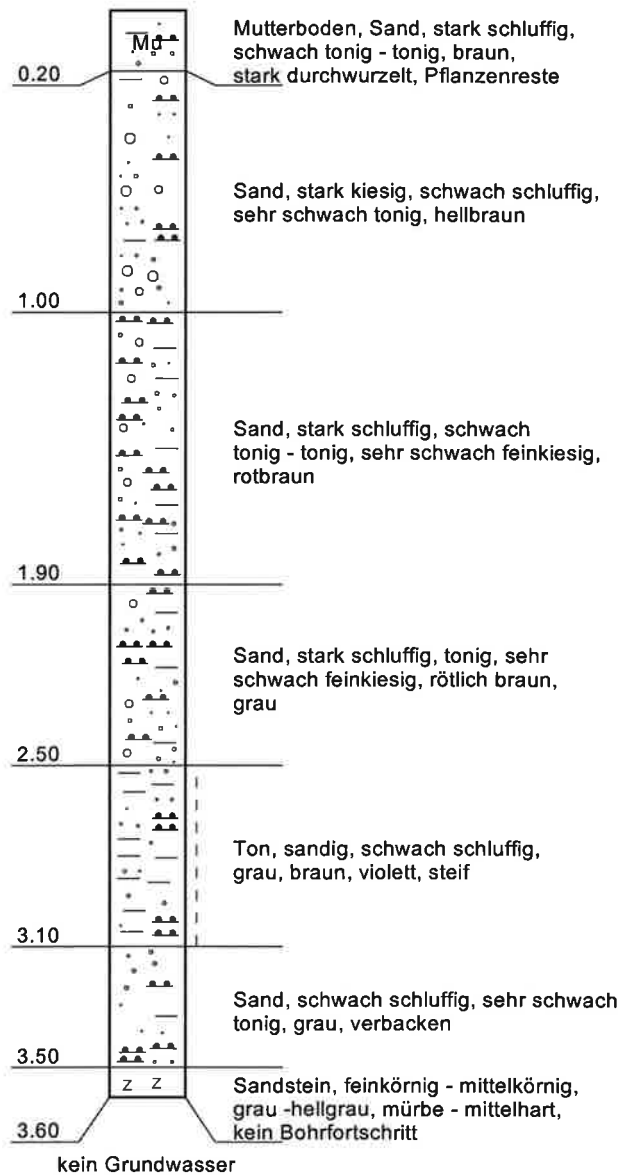
Ansatzhöhe +346,79 mNN



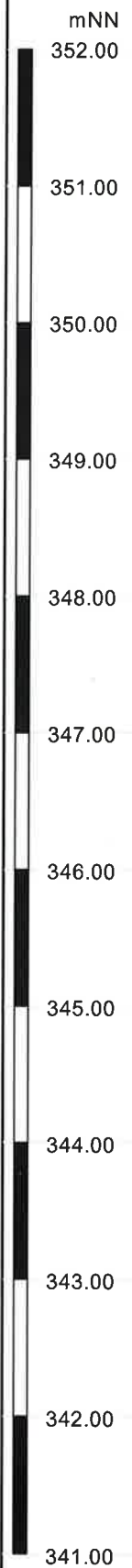
kein Grundwasser

B3

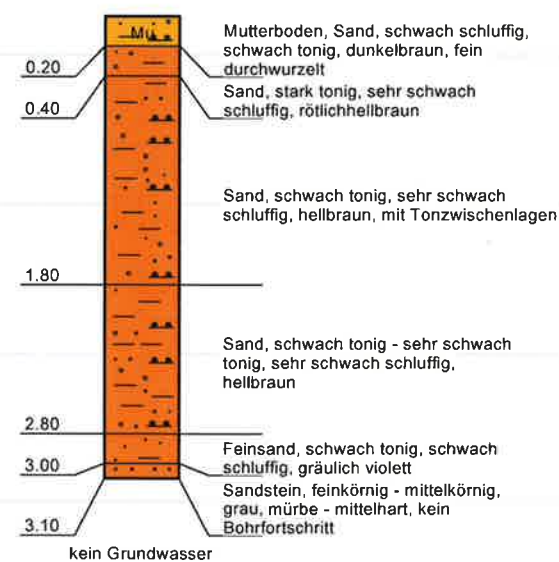
Ansatzhöhe +351,64 mNN



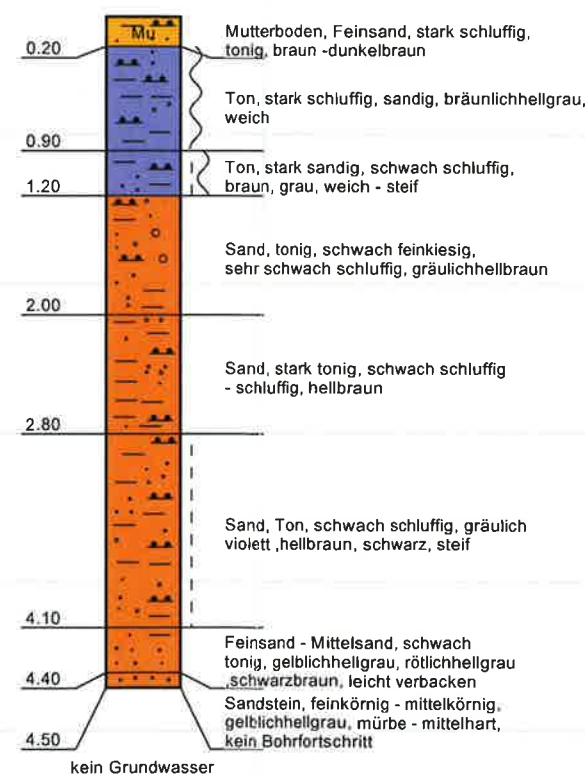
Geotechnisches Institut Prof. Dr. Gründer GbR 90602 Pyrbaum Tel. (09180) 9404-0	Erschließung Neubaugebiet „Brandenburger Straße“ in Schwabach	Datum: 30.09.2013	Anlage Nr.: 4
	Baugrundaufschlüsse in höhenmäßiger Abhängigkeit	Maßstab 1:50	Az.: 33913



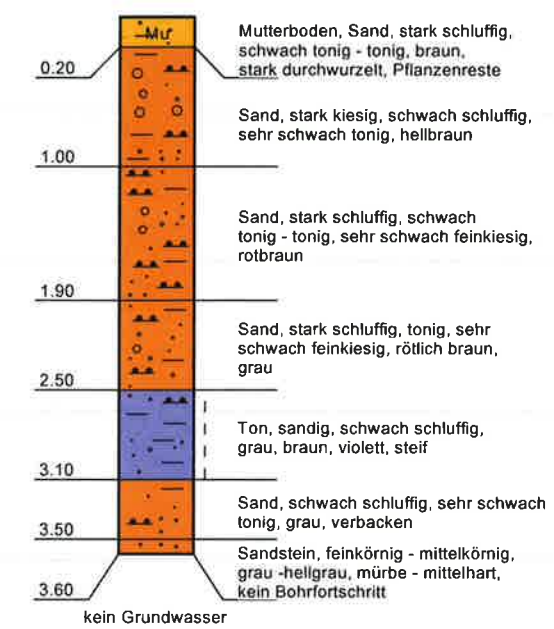
B1
Ansatzhöhe +347,26 mNN



B2
Ansatzhöhe +346,79 mNN



B3
Ansatzhöhe +351,64 mNN



**Bestimmung des
Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts (k-Wert)
in situ**

Anlage: 5.1
Az.: 33913

Verfahren: Sickerversuch in situ, Auswertung nach ÇEÇEN

Projekt: Erschließung Neubaugebiet „Brandenburger Straße“
in Schwabach

Bearbeiter: S. Spitzer **POK über GOK:** 0,70 m

Bohrung: B2 **Bohrtiefe:** 4,50 m

Versuch: 1 von 1 **Bohrlochdurchmesser:** 0,06 m

Versuchsdaten:

t	h_1	h_2	k
145	4,20	4,15	6,19E-07
163	4,15	4,10	5,58E-07
244	4,10	4,05	3,77E-07
263	4,05	4,00	3,54E-07
396	4,00	3,95	2,38E-07
435	3,95	3,90	2,20E-07
462	3,90	3,85	2,09E-07
491	3,85	3,80	2,00E-07

t = Meßzeitspanne [s]

h_1 = Wasserhöhe Versuchsbeginn [m]

h_2 = Wasserhöhe Versuchsende [m]

k = Wasserdurchlässigkeitsbeiwert [m/s]

Charakteristischer k-Wert:

k = **3,47E-07** m/s

