

Projekt-Nr. 18078

**Erweiterung Schulzentrum Nord
Moorbekstraße 15, 22846 Norderstedt**

**1. Bericht vom 24.06.2019
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

**Auftraggeber:
Stadt Norderstedt
Die Oberbürgermeisterin
Amt für Gebäudewirtschaft
Rathausallee 50
22846 Norderstedt**

Eickhoff und Partner · Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen

Stadt Norderstedt
Die Oberbürgermeisterin
Amt für Gebäudewirtschaft
Rathausallee 50
22846 Norderstedt

Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen
Fon: 04101 / 54 20 0
Fax: 04101 / 54 20 20
Mail: info@eickhoffundpartner.de
Web: www.eickhoffundpartner.de

Grundbau Bodenmechanik
Baugrundgutachten Erdbaulabor
Beweissicherung

Datum: 24.06.2019
Projektbearbeiter: Ganter

Projekt-Nr. 18078

Betrifft: **Erweiterung des Schulzentrum Nord
Moorbekstraße 15, 22846 Norderstedt**

hier: Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Bezug: Auftrag vom 08.04.2019; Auftrag-Nr. 408; Produkt 217000/218000; Konto 785100

Anlagen: 18078/1 - 6

1. Bericht

1. Veranlassung

Auf dem Grundstück des Schulzentrum Nord, Moorbekstraße 15 in 22846 Norderstedt ist eine Erweiterung des bestehenden Schulgebäudes mit zwei Anbauten geplant.

Wir wurden beauftragt, für das o. g. Bauvorhaben eine Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung abzugeben.

2. Planunterlagen

Für die Bearbeitung wurden folgende Planunterlagen verwendet:

2.1 erhalten von der Stadt Norderstedt

- Lageplan, M 1:1000, erstellt von der Stadt Norderstedt, Stand 21.03.2014
- Lageplan mit handschriftlicher Eintragung der geplanten Anbauten, Ursprungsplan: Blatt-Nr. 1, Antrag 16250, erstellt vom Vermessungsbüro Patzelt, Stand 06.10.2016
- Auszug aus dem Siedlkataster, M 1:500, erstellt von der Stadt Norderstedt, Stand 29.04.2019
- Feldriss zu den Bestandsbauwerkshöhen, Projekt-Nr. 791601, erstellt von Trigis GeoServices GmbH, Stand 29.01.2019
- Baugrund- und Gründungsbeurteilung für den Neubau einer Mensa, erstellt vom Ingenieurbüro für Bauwesen Heitmann + Hertwig, Stand 22.01.2007

2.2 erhalten von der Bohrgut GmbH

- Schichtenverzeichnisse und 79 gestörte Bodenproben von 12 Kleinrammbohrungen BS 1 - BS 12, ausgeführt am 15.+16.04.2019
- Ergebnisse einer Wasseranalyse auf Betonaggressivität, Prüfbericht-Nr. 2019P509354/1, Stand 25.04.2019, erstellt: GBA Gesellschaft für Bioanalytik

3. Baugelände

Die Lage der südöstlich und westlich des Bestandsgebäudes gelegenen Baubereiche, des Bestandes und der Baugrundaufschlüsse ist aus Abb. 1 und Anl. 18078/1 ersichtlich.

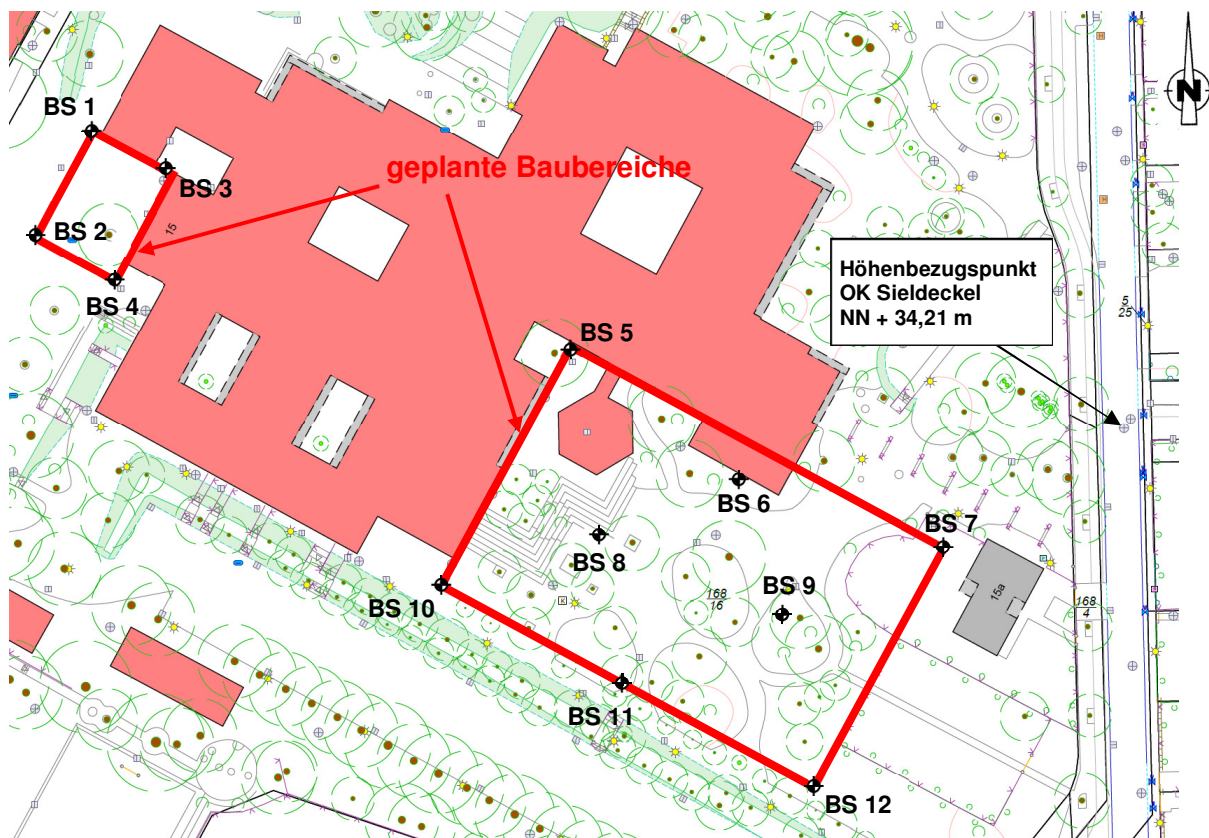


Abb. 1: Lageplan, M 1:1250

Die Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse wurden vom Bohrunternehmen lage- und höhenmäßig eingemessen. Als Höhenbezugspunkt wurde der in Abb. 1 und Anl. 18078/1 markierte Siedeckel gewählt, der nach den Planunterlagen eine Höhe von NN + 34,21 m aufweist. Hiernach betragen die Geländehöhen an den Ansatzpunkten der Kleinrammbohrungen im westlichen Baubereich bei BS 1 - BS 4 zwischen ca. NN + 33,8 m (BS 1 + BS 2) und ca. NN + 35,0 m (BS 3 + BS 4) sowie im südöstlichen Baubereich bei BS 5 - BS 12 zwischen ca. NN + 31,6 m (BS 10) und ca. NN + 34,4 m (BS 7). Detaillierte Geländehöhen können den Anl. 18078/2-4 sowie Tabelle 2 entnommen werden. Insgesamt sind auf dem Grundstück zwischen den Ansatzpunkten der Baugrundaufschlüsse Höhenunterschiede von maximal bis zu ca. $\Delta h = 3,4$ m vorhanden.

In den Baubereichen befinden sich derzeit Außenanlagen der bestehenden Schule mit Grünbereichen/Bäumen und überwiegend befestigten Hofflächen. Die Situation zum Zeitpunkt der Baugrunderschließung kann auch den nachfolgenden Fotos entnommen werden.



Abb. 2: westlicher Baubereich bei BS 1 - BS 4, Blick von Westen



Abb. 3: südöstlicher Baubereich bei BS 5 - BS 12, Blick von Südosten

4. Bauwerke

4.1 Neubauten

Geplant ist die Erweiterung des bestehenden Schulzentrum Nord mit zwei Anbauten wie folgt:

- westlicher Erweiterungsanbau mit Abmessungen von ca. 15 x 20 [m] maximal 2 Geschosse
- südöstlicher Erweiterungsanbau mit Abmessungen von ca. 70 x 45 [m] maximal 4 Geschosse

Die Neubauten sollen ggf. unterkellert werden und im Erdgeschoss angabegemäß höhengleich zum Bestand anschließen. Somit ergibt sich für die OK FFB Erdgeschoss eine Höhe von ca. NN + 34,4 m und die Kellersohlen liegen dann näherungsweise auch ca. NN + 31,5 m.

Details zu den geplanten Bauwerken, wie z.B. Grundrisse, Schnitte sowie ein Gründungskonzept und/oder die Bauwerkslasten liegen uns nicht vor.

4.2 Bestand

Das Bestandsgebäude ist angabegemäß auf Pfählen tiefgegründet. Detailangaben hierzu liegen uns leider nicht vor. Weiterhin soll der Bestand im Anbaubereich nicht unterkellert sein.

5. Baugrund

5.1 Allgemeines

Der Baugrund wurde am 15.+16.04.2019 gemäß unseren Empfehlungen im Bereich der geplanten Erweiterungsbauten mittels insgesamt 12 Kleinrammbohrungen (BS 1 - BS 12) mit Tiefen von $6,0 \leq t \leq 11,0$ [m] unter Gelände erkundet.

Nach unserer kornanalytischen Probenbewertung und den Schichtenverzeichnissen wurde die Bodenschichtung in Form von höhengerecht dargestellten Bodenprofilen auf Anl. 18078/2 - 4 aufgetragen. Die Lage der Baugrundaufschlüsse ist Anl. 18078/1 sowie Abb. 1 zu entnehmen.

5.2 Bodenschichtung

Zunächst wurde ein $1,0 \text{ (BS 12)} \leq d \leq 2,5 \text{ (BS 3, BS 5 + BS 8)}$ [m] dicker Auffüllungshorizont angetroffen, der sich überwiegend aus Sanden mit humosen/torfigen Beimengungen und lokal enthaltenen Beton- und Ziegelresten sowie bereichsweise Oberboden (BS 5 + BS 7) zusammensetzt. Die Basis des Auffüllungshorizontes liegt dabei auf einer Höhe von ca. NN + 31,0 m \pm 1,0 m.

Bei BS 3 werden die Sandauffüllungen bis in eine Tiefe von $t = 3,6$ m unter Gelände von sandlagigem Torf unterlagert, der aufgrund seiner Zusammensetzung ggf. ebenfalls noch aufgefüllt sein kann. Eine diesbezüglich abschließende Bewertung war anhand der gelieferten Bodenprobe nicht möglich.

Unterhalb der Auffüllungen folgen dann bis zu den Endteufen von $6,0 \text{ (BS 1 + BS 4)} \leq t \leq 11,0 \text{ (BS 10)}$ [m] unter Gelände überwiegend gewachsene Sande, die lokal humose Schlieren / Verfärbungen und Humus-/Torfstreifen aufweisen.

Weiterhin sind in die Sande zusätzlich in unterschiedlichen Tiefen und Schichtdicken organische Weichschichten aus Torf, teils im Wechsel mit Sandschichten eingelagert (vgl. nachfolgende Tabelle).

Aufschluss	Tiefe		Schichtdicke [m]	Bodenart
	[m] u. Gel.	[m] NN		
BS 2	1,5 - 1,8	+ 32,34 bis + 32,04	0,3	Torf
BS 3	2,5 - 3,6	+ 32,49 bis + 31,39	1,1	Torf mit Sandlagen (Auff.?)
BS 8	3,9 - 5,5	+ 28,88 bis + 27,28 + 27,28 bis + 25,68	1,6 1,6	torfiger Sand Torf mit Sandlagen
BS 9	5,5 - 7,0	+ 28,41 bis + 26,91	1,5	Torf
BS 10	6,5 - 8,2	+25,09 bis + 23,39	1,7	Torf mit Sandlagen
BS 11	2,0 - 2,5	+ 30,58 bis + 30,08	0,5	Torf im Wechsel mit Sand

Tab. 1: Tiefenlagen/Schichtdicken der organischen Weichschichten

Bei den kürzeren Aufschlüssen BS 1, BS 4, BS 11 und BS 12 wurden die Basistorfschichten möglicherweise nicht erreicht.

Angaben zu den Lagerungsdichten der unteren Sande liegen nicht vor. Diesbezüglich empfehlen wir in Anbetracht der wahrscheinlich erforderlichen Pfahlgründung nachträglich Spitzendrucksondierungen ausführen zu lassen.

5.3 Wasser

5.3.1 Wasserstandmessungen

Die Wasserstände wurden während der Ausführung und nach Beendigung der Kleinrammbohrungen gemessen. Nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen wurden Sie links neben den Bodenprofilen auf den Anl. 18078/2 - 4 eingetragen. Wasser wurde in folgenden Tiefen angetroffen:

Aufschluss	Datum	Geländehöhe [m] NN	1. Wasserstand		Wasserstand nach Sondierende	
			[m] u. Gel.	[m] NN	[m] u. Gel.	[m] NN
BS 1	15.04.2019	+ 33,83	2,50	+ 31,33	2,61	+ 31,22
BS 2	15.04.2019	+ 33,84	2,50	+ 31,34	2,62	+ 31,22
BS 3	15.04.2019	+ 34,99	3,60	+ 31,39	2,64	+ 31,35
BS 4	15.04.2019	+ 35,00	3,50	+ 31,50	3,52	+ 31,48
BS 5	15.04.2019	+ 34,35	3,60	+ 30,75	3,62	+ 30,73
BS 6	15.04.2019	+ 33,81	3,40	+ 30,41	3,42	+ 30,39
BS 7	16.04.2019	+ 34,42	3,70	+ 30,72	nicht messbar	
BS 8	16.04.2019	+ 32,78	2,30	+ 30,48	2,31	+ 30,47
BS 9	16.04.2019	+ 33,91	3,50	+ 30,41	3,50	+ 30,41
BS 10	15.04.2019	+ 31,59	1,00	+ 30,59	1,21	+ 30,38

Aufschluss	Datum	Geländehöhe [m] NN	1. Wasserstand		Wasserstand nach Sondierende	
			[m] u. Gel.	[m] NN	[m] u. Gel.	[m] NN
BS 11	15.04.2019	+ 32,58	2,00	+ 30,58	2,03	+ 30,55
BS 12	16.04.2019	+ 33,87	3,60	+ 30,27	3,62	+ 30,25
Mittel			-	+ 30,81	-	+ 30,77

Tab. 2: Wasserstandmessungen am 15.+16.04.2019

5.3.2 Bemessungswasserstand

Bei den in Tabelle 2 genannten Wasserständen handelt es sich um den echten Grundwasserstand, der sehr wahrscheinlich in den Bohrlöchern nicht endgültig ausgepegelt war.

Die Wasserstände nach Sondierende liegen im Bereich des westlichen Erweiterungsbaus (BS 1 bis BS 4) mit im Mittel ca. NN + 31,3 m um ca. $\Delta h = 0,8$ m höher als im südöstlichen Erweiterungsbereich (BS 5 bis BS 12) mit ca. NN + 30,5 m. Ob es sich hierbei um ein von Nordwesten nach Südosten ausgeprägtes natürliches Grundwassergefälle handelt, oder ob in der näheren Umgebung und/oder auf dem eigenen Grundstück zum Zeitpunkt der Baugrunderschließung grundwasserhaltende Maßnahmen vorhanden sind, ist uns nicht bekannt. Diesbezüglich empfehlen wir, entsprechende Erkundigungen einzuholen.

In einem Abstand von minimal ca. 100 m westlich des Bauvorhabens verläuft als Vorflut die Moorbek, deren Wasserstände sehr wahrscheinlich mit den ermittelten Grundwasserständen korrespondieren. Angaben zu den möglichen Wasserständen/Einstauhöhen der Moorbek liegen uns nicht vor.

Detaillierte Angaben zu den Grundwasserschwankungen im direkten Baubereich liegen uns nicht vor. Unter Berücksichtigung der zum Zeitpunkt der Baugrunderschließung allgemein unterhalb des Mittelwertes liegenden Grundwasserständen sowie üblicher Schwankungen empfehlen wir, den Bemessungswasserstand für Grundwasser vorläufig wie folgt anzunehmen:

westlicher Erweiterungsbau:	NN + 32,5 m
südöstlicher Erweiterungsbau	NN + 31,5 m

Zur Präzisierung der o.g. Bemessungswasserstände empfehlen wir, wenigstens zwei Grundwassermessstellen herzustellen und stichprobenartige Wasserstandsmessungen durchführen zu lassen.

5.3.3 Wasserbeschaffenheit

Aus der Kleinrammbohrung BS 8 wurde aus einer Tiefe von $t = 4,0$ m unter Gelände eine Wasserprobe entnommen und auf Betonaggressivität untersucht. Die Analysenergebnisse sind der Anl. 18078/5 zu entnehmen.

Gemäß der Analyse ist das untersuchte Grundwasser schwach betonangreifend und entsprechend in die Expositionsklasse XA 1 einzustufen.

In der Baugrund- und Gründungsbeurteilung des Ingenieurbüro für Bauwesen Heitmann + Hertwig für den Neubau der Mensa findet sich ein Hinweis, dass in gemäß einem Altgutachten stark betonangreifendes Grundwasser angetroffen wurde.

Diesbezüglich empfehlen wir, aus dem oben empfohlenen Pegeln im Zuge weiterer Planungen erneut eine Wasserprobe zur Analyse zu entnehmen.

6. Bodenmechanische Laborversuche / Kennwerte

6.1 Bodenmechanische Laborversuche

Zur Bestimmung der bodenmechanischen Kennwerte wurden die nachfolgend aufgeführten bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt.

6.1.1 Wassergehalte

Aus typischen Proben der organischen Böden aus Torf wurden die Wassergehalte bestimmt. Sie dienen als Grundlage zur Abschätzung der Zusammendrückbarkeit und der Scherfestigkeit sowie zur vergleichenden Bewertung der Bodenproben untereinander. Sie sind rechts neben den Bodensignaturen auf Anl. 18078/2 + 3 eingetragen und ergeben sich wie folgt:

Bodenart	Anzahl der Versuche	Wassergehalt		mittl. Wassergehalt w [%]
		min w [%]	max w [%]	
Torf	2	64,9	139	102
Torf mit Sandlagen	3	32,2	52,7	39,1

Tab. 3: Wassergehalte

6.1.2 Kornzusammensetzung

Von drei typischen Proben der Sande wurde die Kornzusammensetzung ermittelt. Die Ergebnisse sind als Körnungslinien auf der Anl. 18078/5 dargestellt. Im Einzelnen ergibt sich:

Aufschluss	Tiefe [m u. Gel.]	Bezeichnung	Klassifikation nach DIN 18196
BS 3	3,6 - 8,0	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig	SE
BS 5	2,5 - 8,0	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig	SE
BS 9	2,5 - 3,5	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig	SE

Tab. 4: Kornzusammensetzungen

6.1.3 Glühverlust

Von drei Proben der humosen/torfigen Sande bzw. Sanden mit humosen Schlieren wurden Glühversuche durchgeführt, um die Anteile an organischen Substanzen zu ermitteln.

Aufschluss	Tiefe [m u. Gel.]	Glühverlust V_{gl} [%]	Humusgehalt
BS 6	2,5 - 3,4	1,6	schwach humos
BS 8	1,3 - 2,5	6,0	stark humos
BS 8	3,9 - 5,5	3,8	humos

Tab. 5: Glühverluste

6.2 Charakteristische bodenmechanische Kennwerte

Für die weiteren Berechnungen sind folgende charakteristischen Bodenkennwerte maßgeblich:

Bodenart/ Klassifikation nach DIN 18196	Scherfestigkeit		Wichte		Steifemodul E_s [MN/m ²]	Durchlässigkeits- beiwert $k^{1)}$ [m/s]	Bodenklasse nach DIN 18 300
	ϕ'_k [°]	$c'_k / c'_{u,k}$ [kN/m ²]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]			
Auffüllung aus Oberboden und humosen Sanden [OH]	-	-	17,0	9,0	-	-	1/3
Sand-Auffüllung, alt [SE]	30,0 - 32,5	0,0	18,0	10,0	10,0 - 15,0	-	3
Sandauffüllung, neu [SE]	35,0	0,0	19,0	11,0	35,0	$\geq 1 \cdot 10^{-4}$	3
Torf HZ/HN	20,0	7,5 c_u 15,0	12,0	2,0	1,0	$1 \cdot 10^{-7}$	2
Torf mit Sandlagen HZ/HN	25,0	5,0 c_u 20,0	14,0	4,0	3,0	$1 \cdot 10^{-7}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$	2
Sand, gewachsen SE	35,0	0,0	19,0	11,0	30,0 - 60,0	$1 \cdot 10^{-4}$ bis $3 \cdot 10^{-4}$	3

[...] = Auffüllung ¹⁾ bei hydraulischen Berechnungen gilt der jeweils ungünstigste Wert

Tab. 6: Charakteristische bodenmechanische Kennwerte

7. Baugrundbeurteilung

7.1 Auffüllungen

Die überwiegend aus Oberboden bzw. humosen Sanden bestehenden Auffüllungen sind i.Allg. nicht ausreichend tragfähig und sollten bei einer ggf. vorgesehenen Flachgründung nicht unterhalb der Bauwerkssohlen verbleiben.

Bei einer ggf. geplanten Unterkellerung dürften diese Böden jedoch ohnehin größtenteils im Zuge der planmäßigen Aushubarbeiten entfallen.

Anderenfalls sind sie im Bereich der geplanten Neubauten unter Berücksichtigung einer seitlichen Druckausstrahlung von 45°, gerechnet ab Außenkante Fundament / Sohlplatte, gegen lagenweise verdichteten Sand auszutauschen. Dies ist jedoch nur relevant, wenn trotz der angetroffenen organischen Weichschichten eine Flachgründung der Neubauten hergestellt werden soll.

Humus- und schlufffreie/-arme Sandauffüllungen sind bei ausreichender Lagerungsdichte grundsätzlich ausreichend tragfähig und können somit im Untergrund verbleiben bzw. für den lagenweisen Wiedereinbau verwendet werden.

7.2 Organische Weichschichten aus Torf

Die angetroffenen organischen Weichschichten aus Torf sind im Vergleich mit den übrigen gewachsenen Böden (Sand) deutlich stärker zusammendrückbar und geringer scherfest. Sie sind somit für eine Flachgründung von schweren, setzungsempfindlichen Bauwerken nicht bzw. nur dann geeignet, wenn sich für das Gebäude noch zulässige Setzungen, Setzungsdifferenzen und Schiefstellungen einstellen. Anderenfalls ist u.E. eine Flachgründung nicht zu empfehlen.

Die seitliche Ausdehnung der Torfschichten ist nicht hinreichend bekannt. Nach endgültiger Festlegung der Gründungsart sind eingrenzende Baugrundaufschlüsse - tiefere Bohrungen und/oder Spitzendrucksondierungen - zu empfehlen.

7.3 Sande

Die humusfreien/-armen Sande sind ausreichend scherfest, gering zusammendrückbar und grundsätzlich für eine Flachgründung geeignet. Dabei weisen die oberhalb der organischen Weichschichten liegenden Sande erfahrungsgemäß eine größere Zusammendrückbarkeit auf. Dies wird bei der Wahl der bodenmechanischen Kennwerte berücksichtigt.

Für eine Tiefgründung auf Pfählen sind die Sande bei einer wenigstens mitteldichten Lagerung geeignet. Sofern eine Tiefgründung auf Pfählen ausgeführt werden soll, wären diesbezüglich zur Erkundung der Lagerungsdichte der Sande - erforderlich zur Bestimmung des ausreichend tragfähigen Baugrundes für Tiefgründungen - ergänzende Baugrundaufschlüsse (Spitzendrucksondierungen) auszuführen. Ebenfalls werden mit den Spitzendrucksondierungen tieferliegende „Basisweichschichten“ erkannt, die von den Pfählen durchörtert werden müssen.

7.4 Neue Sandauffüllungen

Für neue Sandauffüllungen, z.B. für einen Bodenaustausch oder die weitere Geländeauffüllung, ist ein schluffarmer (Schluffanteil < 3%), verdichtungsfähiger Sand zu verwenden.

Für eine Sandauffüllung sollte eine mindestens mitteldichte Lagerung gegeben sein. Diese Forderung kann bei Auffülltdicken von $d > 0,7$ m mittels Rammsondierungen nachgewiesen werden. Bei geringeren Auffülltdicken kann die Prüfung der Lagerungsdichte auch mittels dynamischer Plattendruckversuche erfolgen.

Die Feldversuche können auf Wunsch von uns durchgeführt werden.

7.5 Frostgefährdung

Humus- und schlufffreie Sande sind nicht frostgefährdet, sofern sie nicht wassergesättigt sind.

8. Gründungsberatung

8.1 Flachgründung

8.1.1 Abschätzung Flachgründung für südöstlichen Erweiterungsbau

Zunächst wurde von uns für den südöstlichen, größeren Erweiterungsbau für eine unterkellerte Ausführungsvariante (Sohle KG ca. NN + 31,5 m) eine grobe Setzungsabschätzung durchgeführt, um die Auswirkungen der Torfschichten im Vergleich zu Bereichen ohne Torfschichten zu erkennen.

Als Sohlspannung wurde als grobe Annahme je Geschoss eine gleichmäßige Belastung von 15 kN/m^2 gewählt. Bei einer bis zu 4geschossigen Bauweise ergeben sich hieraus Belastungen von ca. 60 kN/m^2 . Setzungserzeugende Geländeauffüllungen wurden bei den Berechnungen

nicht berücksichtigt. Weiterhin wurde ein fließender Übergang zwischen den Bereichen mit und ohne Weichschicht vorausgesetzt. Das Verformungsbild ergibt sich daraus wie folgt:

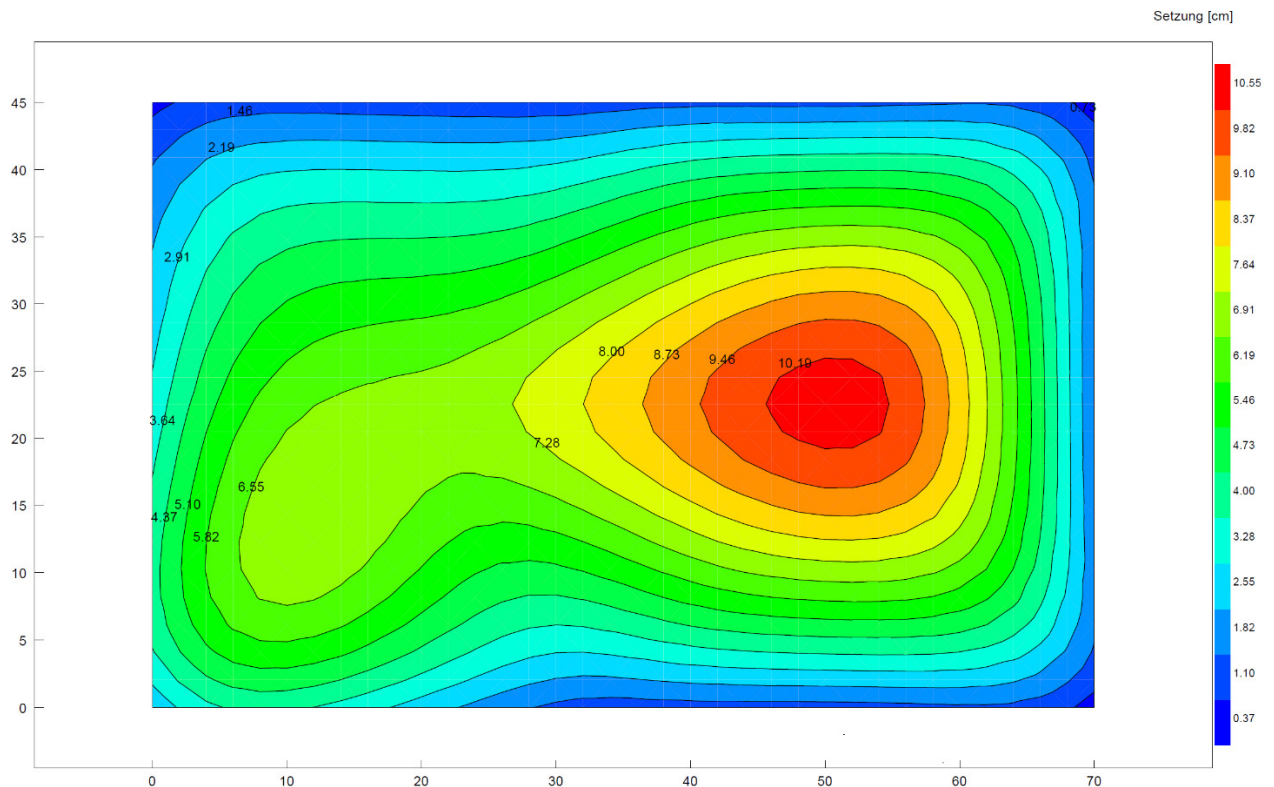


Abb. 4: rechnerische Baugrundverformungen

Somit sind Primärsetzungen zwischen ca. $s = 0,5$ cm (Bereiche ohne Weichschichten) und ca. $s = 10$ cm (Torf) zu erwarten. Langzeitlich sind außerdem noch Sekundärsetzungen infolge von Kriechvorgängen zu erwarten. Da der genaue Verlauf der Weichschichten ist nicht bekannt ist, muss zudem damit gerechnet werden, dass sich die Setzungsdifferenzen ggf. auch auf kürzerer Entfernung mit entsprechend großen Winkelverdrehungen einstellen können. Zudem sind die Setzungen lastabhängig, so dass Lastkonzentrationen u.U. zu noch größeren Setzungen führen können.

Von einer Flachgründung auf den angetroffenen Torfschichten ohne weitergehende Maßnahmen wird daher unsererseits dringen abgeraten, da mit unzulässig großen Setzungsdifferenzen zu rechnen ist. Insbesondere bei einem unterkellerten Bauwerk ist vor dem Hintergrund der erforderlichen Trockenhaltungsmaßnahmen (z.B. Weiße Wanne) der Nachweis der Rissbreitenbeschränkung schwer bis nicht möglich. Eine endgültige Bewertung der Setzungsgrößen obliegt dem Tragwerksplaner.

Für eine differenziertere Setzungsanalyse wären die organischen Weichschichten mittels eines engeren Bohrrasters in ihrer Lage und Zusammensetzung weiter zu erkunden und eine detaillierte Belastungsangabe erforderlich.

Sehr wahrscheinlich ist jedoch eine Tiefgründung auf Pfählen, z.B. Vollverdrängungsbohrpfähle oder konventionelle Bohrpfähle, erforderlich.

8.1.2 Abschätzung Flachgründung für westlichen Erweiterungsbau

Vor dem Hintergrund einer möglichst gleichmäßigen Lastverteilung empfehlen wir die Ausführung einer entsprechend statisch bemessenen bzw. verstärkten Sohlplatte. Bei dieser ist dann eine ausreichende Grundbruchsicherheit gegeben, ohne dass es eines rechnerischen Nachweises bedürfte. Die zulässige Sohlnormalspannung ergibt sich dann ausschließlich aus den zulässigen Setzungen/ Verschiebungen bei der statischen Berechnung.

Für den westlichen Erweiterungsbau werden die Setzungen und die Setzungsdifferenzen bei Voraussetzung eines Bodenaustauschs bis maximal ca. 3,6 m unter Gelände (BS 3) oder der Nachverdichtung oberflächennaher Auffüllungen für den wahrscheinlichen Lastbereich wie folgt erwartet:

- Setzungen $1,0 \leq s \leq 2,0 \text{ cm}$
- Setzungsdifferenzen $\Delta s \leq 1,0 \text{ cm}$

Die o.g. Setzungen liegen u.E. für den westlichen Erweiterungsbau in einer noch verträglichen Größenordnung, sodass für diesen Risse infolge Baugrundverformungen wenig wahrscheinlich sind. Wir weisen jedoch darauf hin, dass nach dem Altaufschlüssen aus dem Jahr 2007 auch beim westlichen Erweiterungsbau ggf. in größerer Tiefe noch mit organischen Weichschichten (Basisweichschicht) gerechnet werden muss. Diesbezüglich empfehlen wir bei Bedarf, nach Ausführung ergänzender Baugrundaufschlüsse eine abschließende Verformungsermittlung durchführen zu lassen.

Eine detaillierte Verformungsberechnung mit Ermittlung von Bettungsmoduln für die statische Bemessung einer ggf. erforderlichen/geplanten Sohlplatte ist derzeit nicht Gegenstand unserer Beauftragung und kann bei Bedarf nach Vorlage eines Lastenplans erfolgen.

Für eine statisch zu bemessende Sohlplatte im Bereich des westlichen Erweiterungsbaus kann vorbehaltlich dieser Berechnung zunächst ein mittlerer Bettungsmodul wie folgt angesetzt werden:

- $k_s = 10,0 \text{ MN/m}^3$ in gering belasteten bzw. allen Innenbereichen
- $k_s = 20,0 \text{ MN/m}^3$ am Plattenrand auf einer Breite von ca. 1,0 m

Abschließend wäre noch zu klären, ob sich bei einer Flachgründung eine Setzungsbeeinflussung als negative Mantelreibung auf die Bestandspfähle negativ auswirkt.

8.2 Pfahlgründung

Entsprechend den Betrachtungen in Abschnitt 8.1 ff empfehlen wir in jedem Fall für den südöstlichen Erweiterungsbau eine Tiefgründung auf Pfählen.

Sofern der westliche Erweiterungsbau ohne Keller geplant wird und auf einen Bodenaustausch verzichtet werden soll, ist auch hier eine Tiefgründung zu empfehlen.

8.2.1 Ausreichend tragfähiger Baugrund

Der Beginn des ausreichend tragfähigen Baugrundes für Tiefgründungen ist i.Allg. wie folgt definiert:

- bei nichtbindigen Böden je nach Pfahlsystem bei einer wenigstens mitteldichten Lagerung mit Spitzenwiderständen von ca. $7,5 \leq q_c \leq 15,0 \text{ [MN/m}^2\text{]}$. Die Pfahlfußebene sollte in Bereichen mit einem Spitzenwiderstand von mindestens ca. $q_c > 10,0 \text{ MN/m}^2$ liegen.

- bei bindigen Böden mit einer undränierten Scherfestigkeit von $c_{u,k} \geq 100 \text{ KN/m}^2$ (annähernd halbfeste Konsistenz).

Der Nachweis einer ausreichenden Lagerungsdichte der Sande muss mittels Spitzendrucksondierungen erfolgen. Hierfür empfehlen wir die Ausführung von wenigstens 6 bis 7 Spitzendrucksondierungen im Bereich des südöstlichen Erweiterungsbaus. In diesem Zuge sollten auch im Bereich des westlichen Erweiterungsbaus ca. 2 Spitzendrucksondierungen zur Erkundung des tieferen Baugrundes erfolgen.

Völlig unverbindlich und vorbehaltlich der Ausführung der o.g. Spitzendrucksondierungen dürften die ausreichend tragfähigen Sande wohl erst in einer mittleren Tiefe ab ca. NN + 22,0 m anstehen.

8.2.2 Pfahlsysteme

Für eine Tiefgründung kommen theoretisch folgende Pfahlsysteme in Betracht:

- Rammpfähle

Bei der Ausführung von Rammpfählen nach DIN EN 12699, z.B. Fertigrammpfähle und Ortbetonrammpfähle, ist auf Grund der herstellungsbedingten Erschütterungen und Lärmemissionen eine Beeinflussung der ggf. bereits vorhandenen Nachbarbebauung und/oder baulicher Anlagen zu berücksichtigen. In urbanen Bereichen sind diese i.Allg. nicht empfehlenswert.

- Schraubpfähle

Schraubpfähle bzw. Vollverdrängungsbohrpfähle nach DIN EN 12699, z. B. Atlaspahl oder Fundexpahl, weisen relativ große Tragfähigkeiten auf und sind hier geeignet.

- Bohrpfähle

Bohrpfähle nach DIN EN 1236 mit Durchmessern von mindestens $\geq \varnothing 30 \text{ [cm]}$ mit können mit durchgehendem Bohrohr und unverroht als Schneckenbohrpahl oder als Teilverdrängungsbohrpahl eingebracht werden. Sie tragen bei gleichen Abmessungen weniger als die vorgenannten Schraubpfähle. Bei entsprechenden Durchmessern als sog. Großbohrpfähle, weisen sie jedoch relativ große Tragfähigkeiten auf.

- Mikropfähle

Mikropfähle nach DIN EN 14199 mit Durchmessern von weniger als $< \varnothing 30 \text{ [cm]}$ werden i. Allg. als Stabverpresspahl, z. B. „GEWI-Pfahl“ hergestellt und können auch bei beengten räumlichen Verhältnissen ausgeführt werden. Sie müssen zur Erzielung einer ausreichenden Tragkraft länger ausgeführt werden als die vorgenannten Pfähle.

Alle Pfähle sind nach DIN 1054 mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten zu bemessen.

8.2.3 Pfahltragfähigkeiten

Die Tragfähigkeiten der Pfähle sind vom gewählten System sowie den Pfahldurchmessern und -längen abhängig.

Zur Berechnung und Bemessung von Pfählen wird in der DIN 1054:2010-12 auf die „EA-Pfähle“ verwiesen.

Sofern keine Pfahlprobelastungen und keine Erfahrungen aus unmittelbar vergleichbaren Probelastungen vorliegen, darf der axiale Pfahlwiderstand mit Hilfe von Erfahrungswerten

ermittelt werden. Richtwerte für die charakteristischen axialen Pfahlwiderstände können der EA-Pfähle entnommen werden.

Wir empfehlen, die in der EA-Pfähle genannten Bruchwerte auf Grundlage folgender Sondierspitzenwiderstände anzunehmen:

- für Auffüllungen und organische Weichschichten: kein Ansatz
- für nichtbindige Böden: mittlerer Spitzenwiderstand von $q_{s,k} = 10,0 \text{ MN/m}^2$ *

* nur zur Vorbemessung vorbehaltlich der Ausführung von Spitzendrucksondierungen

Alle Pfähle können höher als nach EA-Pfähle belastet werden, wenn vom Hersteller entsprechende Nachweise zur inneren und äußeren Tragfähigkeit geführt werden. Der Nachweis der äußeren Pfahltragfähigkeit muss dabei entweder durch Probebelastungen oder durch Probebelastungsergebnisse unter vergleichbaren Bedingungen hinsichtlich des Baugrundes und der Pfähle erbracht werden.

8.2.4 Verformungen

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist die Pfahlsetzung zu bewerten.

Die Verformungen des Baugrundes und der o.g. Pfähle sind bei üblichen Gebrauchslasten von voraussichtlich $Q \leq 800 - 1200 \text{ [kN]}$ pro Pfahl etwa wie folgt zu erwarten:

Pfahlsetzung infolge Gebrauchslast: $0,5 \leq s \leq 1,0 \text{ [cm]}$

Die tatsächlichen Setzungen können Widerstands-Setzungs-Linien entnommen werden.

Die Setzungsdifferenzen zwischen benachbarten Pfählen dürften erfahrungsgemäß $\Delta s = 0,5 \text{ cm}$ nicht überschreiten. Die Gebrauchstauglichkeit ist i.Allg. bei den o.g. Setzungen gewährleistet.

8.2.5 Negative Mantelreibung

Unter negativer Mantelreibung versteht man, dass infolge der Relativbewegung zwischen Pfahlschaft und dem umgebenden Boden Reibungskräfte wirken, die neben den Bauwerkslasten als zusätzliche äußere Belastung auf die Pfähle anzusetzen sind. Die negative Mantelreibung tritt nicht ausschließlich am Pfahlschaft, sondern auch an darüber liegenden Bauwerksteilen wie Pfahlköpfen und Wänden auf.

Bei großflächigen Auffüllungen, z.B. falls keine Keller vorgesehen werden, muss die negative Mantelreibung berücksichtigt werden, da die Weichschichten nach Herstellung der Pfähle nennenswert - nach DIN 1054 genügen bereits Relativverschiebungen zwischen Pfahl und Boden von wenigen Millimetern - zusammengedrückt werden. Dies gilt auch für die Bestandspfähle, insbesondere, wenn einzelne Bauteile flachgegründet werden sollten.

8.2.6 Seitendruck

Unter Seitendruck auf Pfähle versteht man, dass durch äußere Einflüsse, wie z.B. durch ungleichmäßige seitliche Aufschüttungen oder im Bereich von Geländesprüngen, in weichen bindigen Böden horizontale Verformungen auftreten, die zu einer zusätzlichen Biegebeanspruchung der Pfähle führen.

Bei Baugruben für Keller/Untergeschosse neben dem angabegemäß nicht unterkellerten Bestand ist dies ggf. insbesondere für die Bestandspfähle zu berücksichtigen.

8.2.7 Bestandspfähle

Angabegemäß sind beim Bestand Pfähle vorhanden, die hinsichtlich einer möglichen gegenseitigen Beeinflussung durch neue Pfähle bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Diesbezüglich empfehlen wir, entsprechende Recherchen zu den Bestandspfählen (Lage, Pfahlart, Durchmesser, Längen) durchzuführen.

9. Baugrube

9.1 Allgemeines

Die Planung der Baugrubenausführung ist nicht Gegenstand unseres Auftrages.

Unabhängig davon können die Baugruben aufgrund der vorhandenen Abstände zu den Grundstücksgrenzen überwiegend geböschst ausgeführt werden, sofern die jeweiligen Grundstücksflächen nicht z.B. für die Baustelleinrichtung oder anderweitige Verwendungen freigehalten werden müssen.

In Abhängigkeit von der Ausführung von Baugruben für ggf. geplante Kellergeschosse und den Gründungstiefen der nächstgelegenen bzw. direkt an die Baubereiche angrenzenden Bestandsgebäude können jedoch ggf. umfangreiche Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden.

Hinweise zur Herstellung der Baugrube und zu möglichen Sicherungsmaßnahmen erfolgen in den nachfolgenden Abschnitten.

9.2 Böschungen

Gemäß DIN 4124 dürfen nicht verbaute Baugruben und Gräben bis höchstens 1,25 m Tiefe ohne besondere Sicherung mit senkrechten Wänden hergestellt werden, wenn die anschließende Geländeoberfläche bei den hier anstehenden nichtbindigen Böden nicht stärker als 1:10 geneigt ist.

Nicht verbaute Baugruben und Gräben mit einer Tiefe von mehr als 1,25 m müssen mit abgeboachten Wänden hergestellt werden. Die Böschungsneigung richtet sich unabhängig von der Lösbarkeit des Bodens nach dessen bodenmechanischen Eigenschaften unter Berücksichtigung der Zeit, während der sie offen zu halten sind und nach den äußeren Einwirkungen, die auf die Böschung wirken.

Ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit dürfen beim vorliegenden Bauvorhaben Böschungswinkel von $\beta = 45^\circ$ nicht überschritten werden.

Geringere Wandhöhen bzw. geringere Böschungsneigungen sind vorzusehen, wenn besondere Einflüsse wie z.B. Zufluss von Grund-/Schichtenwasser, gering verdichtete Auffüllungen oder besonders weiche Böden die Standsicherheit gefährden.

9.3 Standsicherheit von Nachbargebäuden/ Unterfangungen nach DIN 4123

Die Standsicherheit aller Bauteile muss während jeder Bauphase ausreichend gewährleistet sein. Bei ggf. auf Pfählen tiefgegründeten Bestandsgebäuden ist dies nur von untergeordneter Bedeutung; ein Bodenentzug unterhalb der Bodenplatten sollte jedoch möglichst vermieden werden.

Allgemein ist ansonsten im Bereich von flachgegründeten Bestandsgebäuden bei Ausschachtungs- und Gründungsmaßnahmen DIN 4123 „Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen“ zu beachten.

Gemäß DIN 4123 muss vor bestehenden Fundamenten bis zur Baugrube ein Mindesterdkörper mit einer 2,0 m breiten Berme und einer anschließend unter 1:2 geneigten Böschung erhalten bleiben.

Unterhalb der zulässigen Aushubtiefe darf nur in senkrecht auf die Bestandsfundamente zulaufenden Abschnitten $a \leq 1,25$ m ausgeschachtet werden. Anderenfalls ist ein Standsicherheitsnachweis erforderlich.

Unterfangungen sind gemäß DIN 4123 zu planen und auszuführen.

9.4 Verbau

Die Wahl des entsprechenden Verbausystems richtet sich bei Bedarf nach den statischen Erfordernissen und den Baugrund-/Wasserverhältnissen. Bei einem Bohlträgerverbau z.B. wäre ein Bodenentzug hinter der Verbauwand durch einen möglichen Zufluss von Grund-/Sickerwasser und dadurch ggf. möglichen Sandtransport durch die nicht wasserdichte Verbohlung durch geeignete Maßnahmen zu verhindern.

Falls ein Rückbau nicht möglich ist, kann der Verbau auch als sogenannte verlorene Schalung genutzt werden. In diesem Fall sollten jedoch verwitterungsresistente Materialien verwendet werden.

Die Bemessung der sichernden Maßnahmen obliegt der herstellenden Firma. Im Nahbereich vor bestehenden Gebäuden empfehlen wir, für die Bemessung den Erdruchdruck, in weniger gefährdeten Bereichen den aktiven bzw. erhöhten aktiven Erddruck ($E = 0,5 E_0 + 0,5 E_a$) anzusetzen. Möglicherweise ist zur Minimierung der Verformungen eine Rückverankerung erforderlich.

Ggf. die Sicherungslinie kreuzende Ver- und Entsorgungsleitungen sind vor Baubeginn ausreichend zu erkunden.

10. Trockenhaltungsmaßnahmen

10.1 - im Bauzustand

Der Grundwasserstand wurde im Zuge der Baugrunderschließung allgemein im Mittel bei 2,5 m unter Gelände bzw. ca. NN + 30,5 m im südöstlichen Erweiterungsbereich bzw. ca. NN + 31,3 m im westlichen Erweiterungsbereich angetroffen.

Wasserhaltungsmaßnahmen sind somit voraussichtlich nur für ggf. geplante Bodenaustauschmaßnahmen und/oder Baugruben für unterkellerte Gebäude erforderlich. Hierfür empfehlen wir, im Bedarfsfall für kleinräumige Bauteile den Einbau einer Kleinfilteranlage (z.B. sogenannte Vakuumlanzen) bzw. für großflächige Absenkbereiche den Einbau einer eingefrästen Horizontaldränage, da mit einer offenen Wasserhaltung i.Allg. keine ausreichende Absenkung zu erzielen ist. Zudem müsste dann mit rückschreitenden Erosionen in den Sanden gerechnet werden.

Wir empfehlen, die Wasserstände mit ausreichendem Vorlauf vor Beginn der Baumaßnahmen nochmals zu überprüfen, da die entsprechenden Anträge auf Erlaubnis zur temporären

Grundwasserentnahme und auf Einleitung ins öffentliche Siel rechtzeitig vor Baubeginn gestellt werden sollten.

Die Konzeption und Bemessung der Absenkanlage obliegt der ausführenden Spezialfirma.

10.2 - im Endzustand

10.2.1 Allgemeines

Allgemein verweisen wir auf DIN 18533-1 „Abdichtung von erdberührten Bauteilen - Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze“ sowie auf die darin enthaltenen normativen Verweisungen. Hierbei werden die Wassereinwirkungsklassen allgemein entsprechend der nachfolgenden Tabelle unterschieden.

Nr.	1	2	3	4
	Klasse	Art der Einwirkung	Beschreibung	Abdichtung nach
1	W1-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser	5.1.2.1	8.5
2	W1.1-E	Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden	5.1.2.2	8.5.1
3	W1.2-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung	5.1.2.3	8.5.1
4	W2-E	Drückendes Wasser	5.1.3.1	8.6
5	W2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.2	8.6.1
6	W2.2-E	Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe	5.1.3.3	8.6.2
7	W3-E	Nicht drückendes Wasser auf erdüberschütteten Decken	5.1.4	8.7
8	W4-E	Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden	5.1.5	8.8

Abb. 5: DIN 18533-1, Tab. 1 - Wassereinwirkungsklassen

Die Riss-, Raumnutzungs- und Rissüberbrückungsklassen sind entsprechend den Angaben der DIN 18533-1, 5.4 ff zu wählen.

10.2.2 Wassereinwirkungsklassen

Die maßgebliche Wassereinwirkungsklasse richtet sich nach der endgültigen Höhenlage der geplanten Gebäude unter Berücksichtigung des jeweils maßgeblichen Bemessungsgrundwasserstandes.

Für Bauwerksteile, die oberhalb des Bemessungswasserstandes liegen, ist gemäß DIN 18533-1, Tab. 1 die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E „Abdichtungen gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden“ ausreichend. Diesbezüglich empfehlen wir dann zusätzlich unterhalb der Sohlen den Einbau einer $d = 0,3$ m dicken kapillARBrechenden Sand-Kies-Schicht mit einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

Für Bauwerksteile, die unterhalb des Bemessungswasserstandes liegen, ist als Trockenhaltungsmaßnahme gegen drückendes Wasser nach DIN 18533-1, Tab. 1 folgende Wassereinwirkungsklasse anzusetzen:

- W2.1-E - mäßige Einwirkung von drückendem Wasser bei Eintauchtiefe $\leq 3,0$ m
- oder
- W2.2-E - hohe Einwirkung von drückendem Wasser bei Eintauchtiefe $> 3,0$ m

Die maßgebliche Eintauchtiefe ergibt sich entsprechend der tiefsten Abdichtungsebene.

Alternativ zu einer Abdichtung gegen drückendes Wasser gemäß den Wassereinwirkungsklassen W2.1-E oder W2.2.-E kann auch eine „Weiße Wanne“ aus wasserundurchlässigem Beton hergestellt werden. Die Eignung einer „Weißen Wanne“ ist abhängig von den geplanten Nutzungsklassen der Räume. Sofern keine Risse in der Sohle und den Wänden infolge Schwindens und Kriechens des Betons auftreten, ist durch die konstruktiv bedingte Bauteildicke keine nennenswerte Diffusion von Wasser nach Innen zu erwarten. Bei Ausführung von wasserundurchlässigem Beton sind hinsichtlich des Raumklimas gesonderte bauphysikalische Aspekte und die Nutzungsklasse zu betrachten.

Bei Abdichtungen gemäß der Wassereinwirkungsklassen W2.1-E / W2.2-E oder der Herstellung einer „Weiße Wanne“ aus wasserundurchlässigem Beton sind die Sohle und Außenwände des Untergeschosses für den maßgeblichen Bemessungswasserstand gegen Auftrieb bzw. Wasserdruck zu bemessen.

Weiterhin ist allgemein die Wassereinwirkungsklasse W4-E zu beachten.

11. Zusammenfassung

• Bauvorhaben

- Neubau von zwei ggf. unterkellerten Erweiterungsbauten
- westlicher Erweiterungsbau ca. 15 x 20 [m], maximal 2 Geschosse
- südöstlicher Erweiterungsbau ca. 70 x 45 [m], maximal 4 Geschosse

• Baugelände

- Geländehöhen am 15./16.04.2019 zwischen ca. NN + 31,6 m und ca. NN + 35,0 m
- derzeitige Nutzung als Schulhof mit Grünflächen und gepflasterten Bereichen

• Bodenschichtung

bis in Tiefen von	Bodenschichtung
$1,0 \leq t \leq 2,5$ [m] u. Gel.	Auffüllungen aus schwach humosen bis humosen, teils torfigen Sanden und Oberboden
$6,0 \leq t \leq 11,0$ [m] u. Gel.	Sande und lokal eingelagerte organische Weichschichten aus Torf (Tiefenlagen und Schichtdicken des Torfs s. Tab. 1)

• Wasser

- Grundwasserstände nach Sondierende am 15./16.04.2019 im Mittel bei:
 - ca. NN + 30,5 m im südöstlichen Erweiterungsbereich
 - ca. NN + 31,3 m im westlichen Erweiterungsbereich
- Bemessungswasserstände:
 - westlicher Erweiterungsbau NN + 32,5 m
 - südöstlicher Erweiterungsbau NN + 31,5 m
- Betonaggressivität: gemäß Analyseergebnis vom 25.04.2019 Expositionsklasse XA 1 (ggf. durch ergänzende Analysen zu bestätigen)

• Bodenmechanische Kennwerte

s. Abschnitt 6.2

- **Baugrundbeurteilung**

Die inhomogen zusammengesetzten Auffüllungen aus Oberboden und humosen Sanden sind für eine Flachgründung der geplanten Gebäude nicht geeignet und wären bei Bedarf unterhalb der Neubauten gegen lagenweise verdichteten Sand zu ersetzen (nur, wenn keine Tiefgründung).

Die organischen Weichschichten aus Torf sind im Vergleich zu den gewachsenen Sanden viel stärker zusammendrückbar und lassen bei einem auf diesen Böden flachgegründeten Gebäude in Abhängigkeit von den Bauwerkslasten relativ große Setzungen sowie ggf. Verkantungen/ Schiefstellungen erwarten.

Die gewachsenen Böden aus Sand sind ausreichend scherfest, gering zusammendrückbar und für eine Flach- und, bei ausreichender Lagerungsdichte, eine Tiefgründung auf Pfählen geeignet.

Weitere Bodeneigenschaften siehe Abs. 7.5 ff.

- **Gründungsberatung**

Der westliche Erweiterungsbau kann unter Berücksichtigung der Kleinrammbohrungen BS 1 - BS 4 nach einem erfolgten Bodenaustausch bis ca. 3,6 m unter Gelände (BS 3) und/oder bei Herstellung eines Kellers ggf. auf den anstehenden Böden flachgegründet werden. Da nach den Altaufschlüssen im Bereich der direkt angrenzenden Mensa organische Weichschichten auch noch in größerer Tiefe erkundet wurden, sollten diesbezüglich ergänzende Baugrundaufschlüsse ausgeführt werden, um anschließend mittels einer überschläglichen Verformungsberechnung die Zulässigkeit einer Flachgründung abschließend zu bestätigen. Bei einer Flachgründung empfehlen wir zur gleichmäßigeren Lastverteilung die Herstellung einer statisch bemessenen Sohlplatte. Weitere Angaben hierzu sind Abschnitt 8 zu entnehmen.

Für den Bereich des südöstlichen Erweiterungsbaus ergab eine überschlägliche Setzungsberechnung mit vereinfachten Ansätzen der Bauwerkslasten und Weichschichtverläufe Primärsetzungen zwischen ca. $s = 0,5$ cm (Bereiche ohne Weichschichten) und ca. $s = 10$ cm (Torf), die langfristig zu Rissbildungen führen können.

Wir weisen darauf hin, dass aufgrund der ungleichmäßigen Tiefenlagen und Schichtdicken der Weichschichten lastabhängig auch noch größere Setzungen und Setzungsdifferenzen möglich sind.

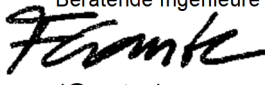
Vorbehaltlich einer Detailuntersuchung und einer abschließenden Bewertung durch den Tragwerksplaner empfehlen wir, für den südöstlichen Erweiterungsbau eine Tiefgründung auf Pfählen einzuplanen.

- **Baugrube / Trockenhaltung**

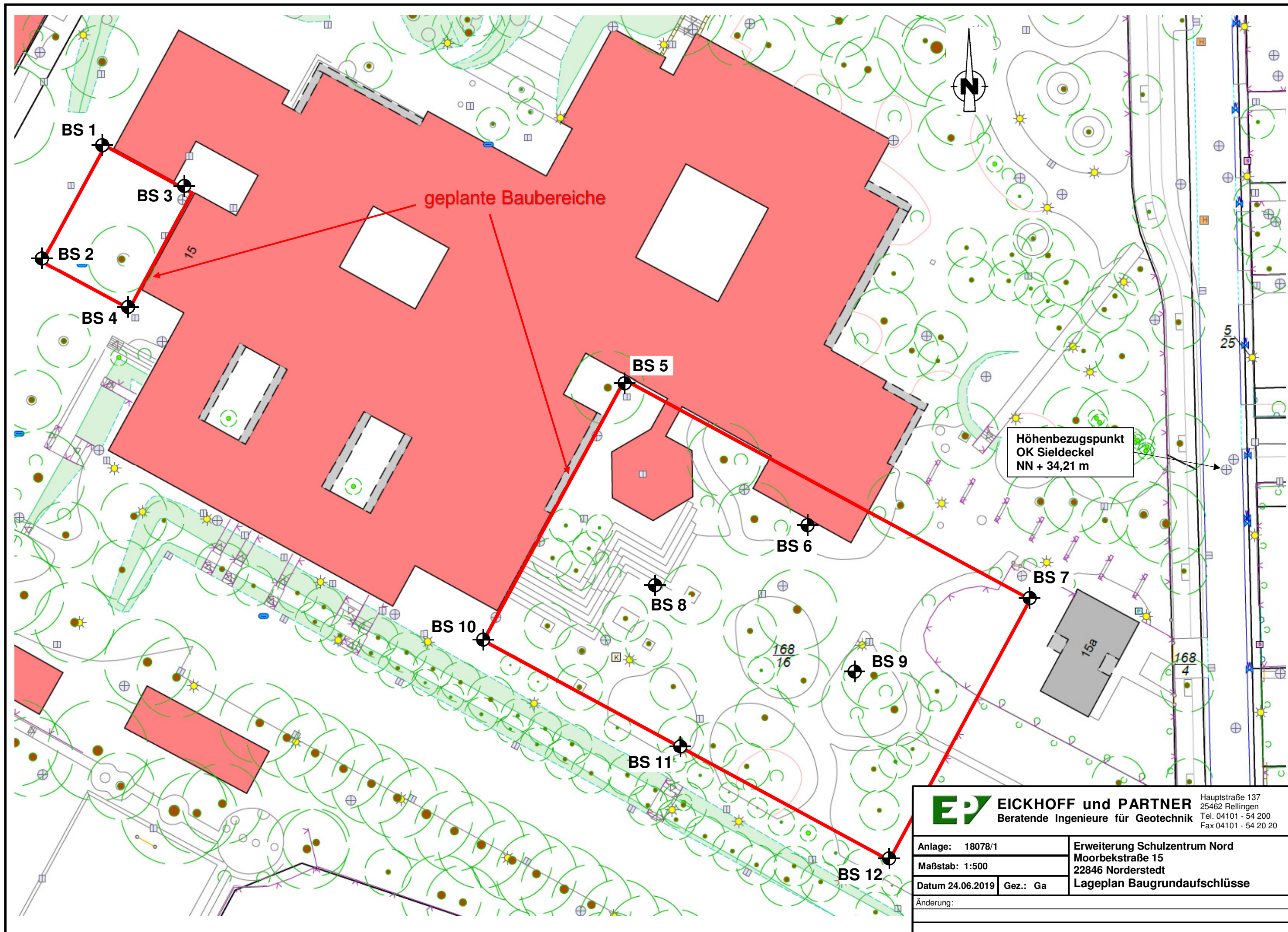
s. Abschnitte 9 + 10

Eickhoff und Partner

Beratende Ingenieure für Geotechnik


(Ganter)


(Plambeck)

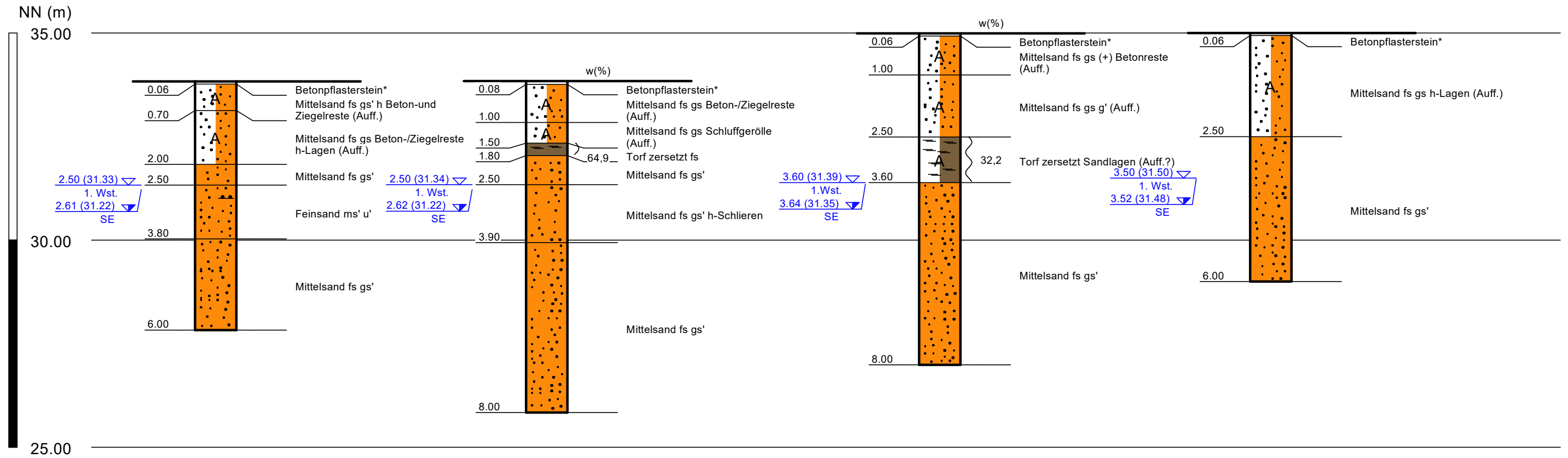


BS 1
(15.04.2019)
NN +33,83 m

BS 2
(15.04.2019)
NN +33,84 m

BS 3
(15.04.2019)
NN +34,99 m

BS 4
(15.04.2019)
NN +35,00 m



Lageplan der Baugrundaufschlüsse siehe Anl. 18078/1
Erläuterung zur zeichnerischen Darstellung siehe beiliegende Legende

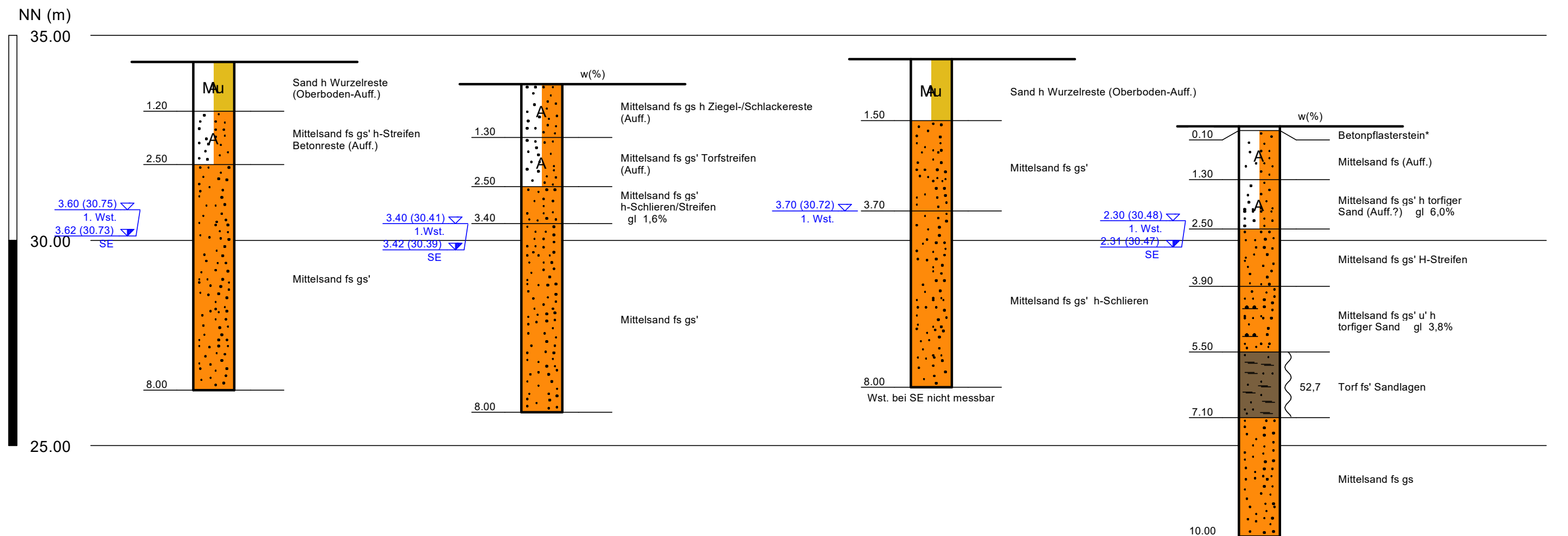
EP EICKHOFF und PARTNER Beratende Ingenieure für Geotechnik <small>Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen · Tel.: 04101 / 54 200 Fax: 04101 / 54 20 20 www.eickhoffundpartner.de</small>	
Anl. 18078/2	Erweiterung Schulzentrum Nord Moorbekstraße 15 22846 Norderstedt
Maßstab: 1 : 100	
gez.: 24.06.2019 gepr.:	Bodenprofile BS 1 - BS 4
/Akte	

BS 5
(15.04.2019)
NN +34,35 m

BS 6
(15.04.2019)
NN +33,81 m

BS 7
(16.04.2019)
NN +34,42 m

BS 8
(16.04.2019)
NN +32,78 m



Lageplan der Baugrundaufschlüsse siehe Anl. 18078/1
Erläuterung zur zeichnerischen Darstellung siehe beiliegende Legende

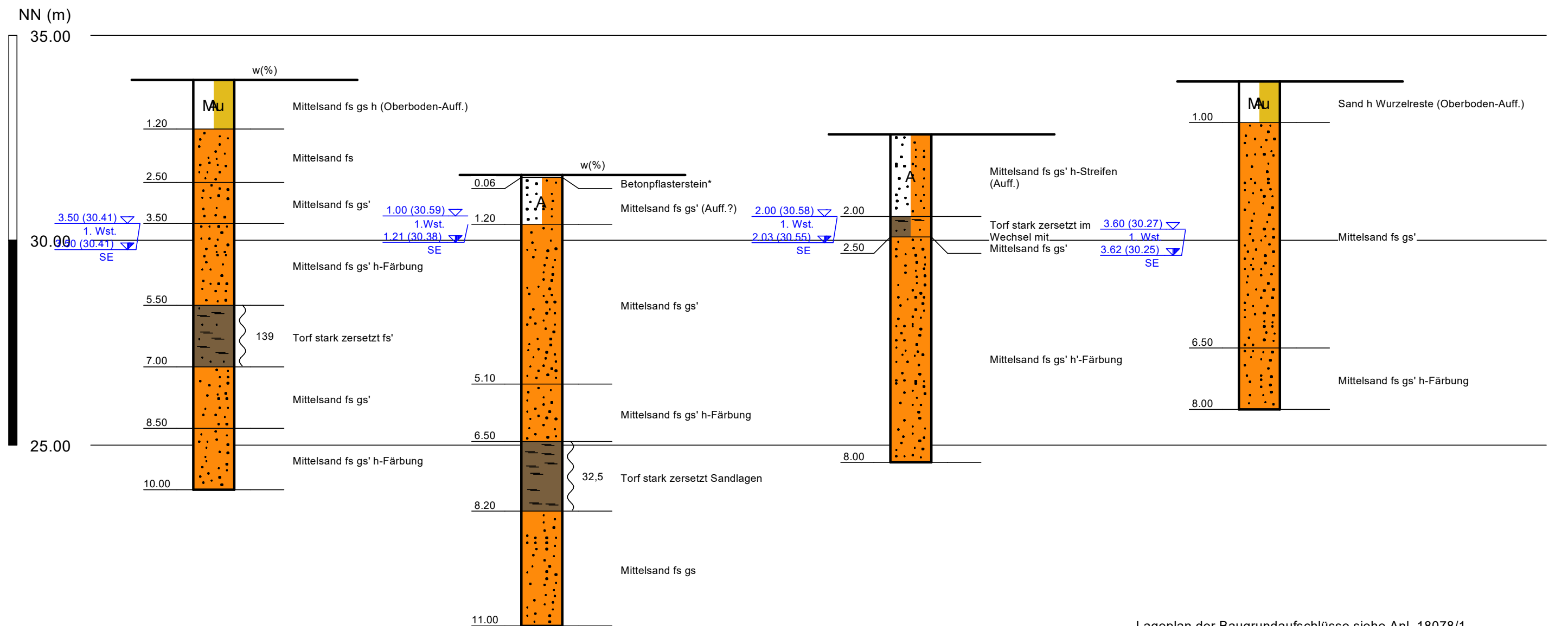
EP EICKHOFF und PARTNER Beratende Ingenieure für Geotechnik <small>Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen · Tel.: 04101 / 54 200 Fax: 04101 / 54 20 20 www.eickhoffundpartner.de</small>	
Anl. 18078/3	Erweiterung Schulzentrum Nord Moorbekstraße 15 22846 Norderstedt
Maßstab: 1 : 100	
gez.: 24.06.2019 gepr.:	Bodenprofile BS 5 - BS 8
/Akte	

BS 9
(16.04.2019)
NN +33,91 m

BS 10
(15.04.2019)
NN +31,59 m

BS 11
(15.04.2019)
NN +32,58 m

BS 12
(16.04.2019)
NN +33,87 m



Lageplan der Baugrundaufschlüsse siehe Anl. 18078/1
Erläuterung zur zeichnerischen Darstellung siehe beiliegende Legende

EP EICKHOFF und PARTNER Beratende Ingenieure für Geotechnik <small>Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen · Tel.: 04101 / 54 200 Fax: 04101 / 54 20 20 www.eickhoffundpartner.de</small>	
Anl. 18078/4	Erweiterung Schulzentrum Nord Moorbekstraße 15 22846 Norderstedt
Maßstab: 1 : 100	
gez.: 24.06.2019 gepr.:	Bodenprofile BS 9 - BS 12
/Akte	



GBAGROUP
ENVIRONMENT

GBA Gesellschaft für Bioanalytik · Flensburger Straße 15 · 25421 Pinneberg

Bohr- und Erkundungsgesellschaft mbH
Bohrgut GmbH

Str. 73 Nr. 6
13125 Berlin



Prüfbericht-Nr.: 2019P509354 / 1

Auftraggeber	Bohr- und Erkundungsgesellschaft mbH Bohrgut GmbH
Eingangsdatum	16.04.2019
Projekt	Norderstedt, Moorbekstr. 15
Material	Grund- / Stauwasser
Kennzeichnung	BS 8 = Entnahmetiefe: 4,0 m
Auftrag	19-195
Verpackung	Glas- und PE-Flaschen
Probenmenge	ca. 1,25 L
Auftragsnummer	19506004
Probenahme	durch den Auftraggeber
Probentransport	Auftraggeber
Labor	GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Prüfbeginn / -ende	16.04.2019 - 25.04.2019
Methoden	siehe letzte Seite
Unteraufträge	
Bemerkung	
Probenaufbewahrung	Wenn nicht anders vereinbart, werden Feststoffproben drei Monate und Wasserproben bis zwei Wochen nach Prüfberichtserstellung aufbewahrt.

Pinneberg, 25.04.2019

i. A. Gesine Blinde
Projektbearbeitung

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Es wird keine Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme übernommen, wenn die Proben nicht durch die GBA oder in ihrem Auftrag genommen wurden. In diesem Fall beziehen sich die Ergebnisse auf die Probe wie erhalten. Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Prüfbericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Seite 1 von 2 zu Prüfbericht-Nr.: 2019P509354 / 1

GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH
Flensburger Str. 15, 25421 Pinneberg
Telefon +49 (0)4101 7946-0
Fax +49 (0)4101 7946-26
E-Mail pinneberg@gba-group.de
www.gba-group.com

HypoVereinsbank
IBAN DE45 2003 0000 0050 4043 92
SWIFT BIC HYVEDEMM300
Commerzbank Hamburg
IBAN DE67 2004 0000 0449 6444 00
SWIFT-BIC COBADEHHXXX

Sitz der Gesellschaft:
Hamburg
Handelsregister:
Hamburg HRB 42774
USt-Id.Nr. DE 118 554 138
St.-Nr. 47/723/00196

Geschäftsführer:
Steffen Walter, Mark Piekereit
Ralf Murzen, Kai Plinke
Dr. Roland Bernerth
Dr. Elisabeth Lackner
Torben Giese





GBAGROUP
ENVIRONMENT

Prüfbericht-Nr.: 2019P509354 / 1

Norderstedt, Moorbekstr. 15

Auftrag		19506004
Probe-Nr.		001
Material		Grund- / Stauwasser
Probenbezeichnung		BS 8 = Entnahmetiefe: 4,0 m
Probemenge		ca. 1,25 L
Probenahme		15.04.2019
Probeneingang		16.04.2019
Analysenergebnisse	Einheit	
Betonaggressivität		
pH-Wert		6,9
Geruch		unauffällig
Permanganat-Verbrauch	mg KMnO ₄ /L	12
Gesamthärte	°dH	5,9
Härtehydrogencarbonat	°dH	7,7
Nichtcarbonathärte	°dH	0,0
Magnesium	mg/L	5,4
Ammonium	mg/L	0,40
Sulfat	mg/L	4,3
Chlorid	mg/L	7,6
Kohlendioxid, kalklösend	mg/L	19

Angewandte Verfahren und Bestimmungsgrenzen (BG)

Parameter	BG	Einheit	Methode
Betonaggressivität			DIN EN 16502: 2014-11 ^a §
pH-Wert			DIN EN ISO 10523: 2012-04 ^a §
Geruch			DEV-B1/2: 1971 ^a §
Permanganat-Verbrauch	2,0	mg KMnO ₄ /L	DIN EN ISO 8467: 1995-05 ^a §
Gesamthärte	0,010	°dH	DIN 38409-6: 1986-01 ^a §
Härtehydrogencarbonat		°dH	DIN 38 405-D8: 1971 ^a §
Nichtcarbonathärte		°dH	berechnet §
Magnesium	0,10	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 ^a §
Ammonium	0,20	mg/L	DIN EN ISO 11732: 2005-05 ^a §
Sulfat	0,50	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a §
Chlorid	0,60	mg/L	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07 ^a §
Kohlendioxid, kalklösend	5,0	mg/L	DIN 4030-2: 2008-06 ^a §

Die mit ^a gekennzeichneten Verfahren sind akkreditierte Verfahren. Die Bestimmungsgrenzen können matrixbedingt variieren.

Untersuchungslabor: §GBA Pinneberg



Anlage zu Prüfbericht 2019P509354

Probe-Nr.: 19506004 / 001

Probenbezeichnung: BS 8 = Entnahmetiefe: 4,0 m

Tabelle 1: Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischen Angriff durch Grundwasser
nach DIN 4030 Teil 1 (06/2008), Tabelle 4

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,9		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	19	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,40	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,4	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	4,3	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	7,6	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,9	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	7,7	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	12	mg KMnO4/L	---	---	---

Kurzbeurteilung: Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA1 einzustufen.

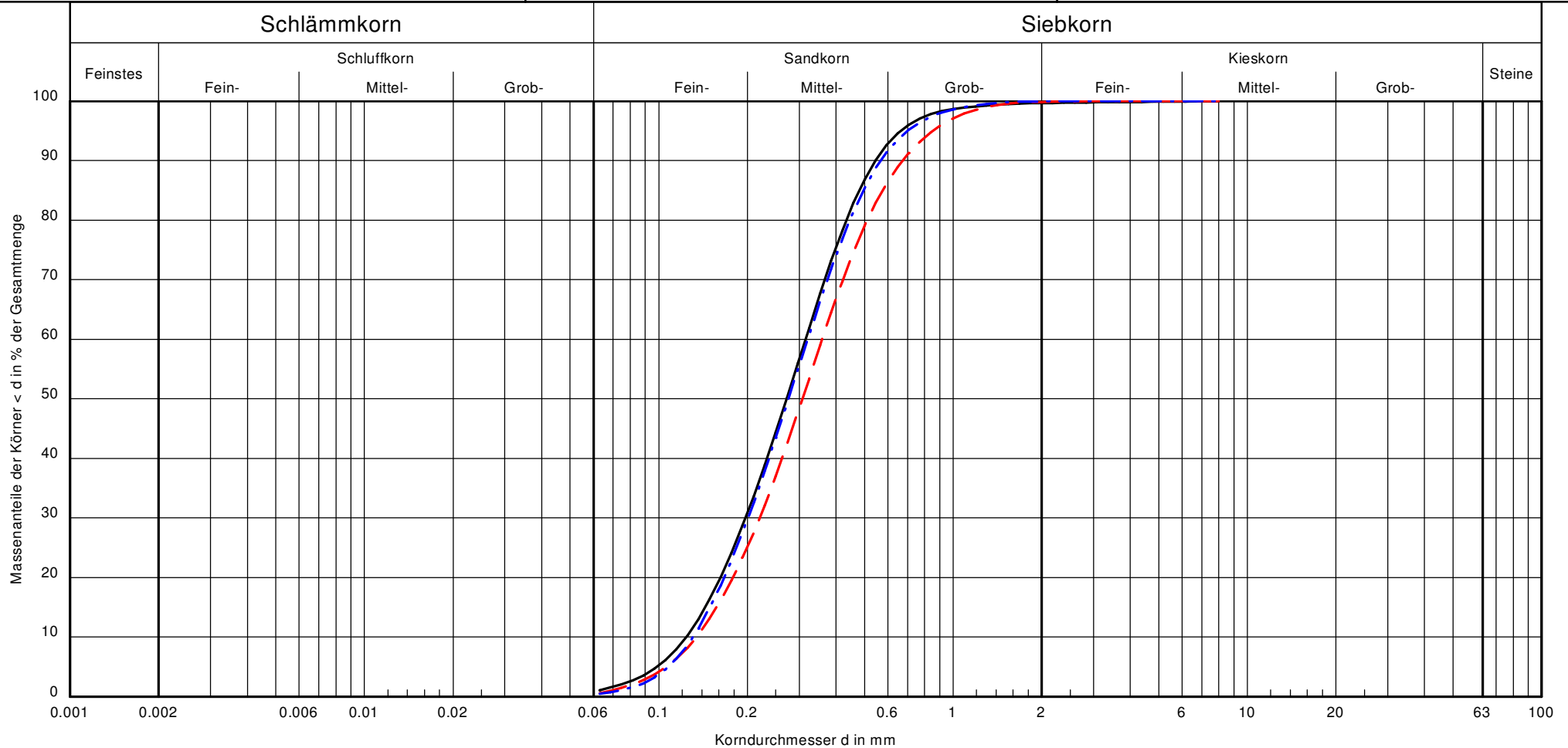
Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände.



Eickhoff und Partner
Beratende Ingenieure für Geotechnik
Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen

Körnungslinien

Erweiterung Schulzentrum Nord
Moorbekstraße 15
22846 Norderstedt



Signatur:	—————	-----	- . - . -	Bemerkungen:	Anlage: 18078/6
Entnahmestelle:	BS 3	BS 5	BS 9		
Tiefe:	3,6 - 8,0 m	2,5 - 8,0 m	2,5 - 3,5 m		
Bodenart:	Mittelsand, fs, gs'	Mittelsand, fs, gs'	Mittelsand, fs, gs'		
k [m/s] (Beyer):	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$1.8 \cdot 10^{-4}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$		
U/Cc:	2.5/1.0	2.7/1.0	2.5/1.0		
Klassifikation:	SE	SE	SE		
Versuchsart:	Trockensiebung	Trockensiebung	Trockensiebung	Bearbeiter: Ga Datum: 24.06.2019	

Projekt-Nr. 18078

**Erweiterung Schulzentrum Nord
Moorbekstraße 15, 22846 Norderstedt**

**2. Bericht vom 09.09.2021
Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung**

**Auftraggeber:
Stadt Norderstedt
Die Oberbürgermeisterin
Amt für Gebäudewirtschaft
Rathausallee 50
22846 Norderstedt**



EICKHOFF und PARTNER mbB
Beratende Ingenieure für Geotechnik

Eickhoff und Partner mbB · Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen

Stadt Norderstedt
Die Oberbürgermeisterin
Amt für Gebäudewirtschaft
Rathausallee 50
22846 Norderstedt

Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen
Fon: 04101 / 54 20 0
Fax: 04101 / 54 20 20
Mail: info@eickhoffundpartner.de
Web: www.eickhoffundpartner.de

Grundbau Bodenmechanik
Baugrundgutachten Erdbaulabor
Beweissicherung

Datum: 09.09.2021
Projektbearbeiter: Ganter

Projekt-Nr. 18078

Betrifft: **Erweiterung des Schulzentrum Nord
Moorbekstraße 15, 22846 Norderstedt**

hier: ergänzende Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung

Bezug: Auftrag vom 14.06.2021; Auftrag-Nr. 408; Produkt 217000/218000; Konto 091001

Anlagen: 18078/7 - 10

2. Bericht

1. Veranlassung

Auf dem Grundstück des Schulzentrum Nord, Moorbekstraße 15 in 22846 Norderstedt ist ein Erweiterungsneubau sowie der Bau eines Eisspeichers geplant.

Diesbezüglich wurde von uns mit unserem 1. Bericht vom 24.06.2019 eine Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung erstellt. Diesen Bericht setzten wir als bekannt voraus. Nicht explizit im vorliegenden Bericht geänderte / angepasste Angaben behalten ihre Gültigkeit.

Entsprechend unseren Empfehlungen in unserem o.g. Bericht wurden wir beauftragt, für den südlich des Bestandes geplanten Schulneubau eine Bewertung von Spitzendrucksondierungen sowie zusätzlich für einen geplanten Eisspeicher eine ergänzende Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung abzugeben.

2. Planunterlagen

Zusätzlich zu den bereits im 1. Bericht vom 24.06.2019 genannten wurden für die Bearbeitung folgende weitere Planunterlagen verwendet:

2.1 erhalten von der Stadt Norderstedt

- Lageplan, M 1:500, erstellt vom Vermessungsbüro Patzelt - Rieffel, Stand 31.03.2021
- Schnitt 44, M 1:100, Plannr. SZN-NB-03_ARC-SCH-S44-30101-xA, Stand 20.05.2021
- Schalplan mit Erdaushub zum BV. „Viessmann Deutschland GmbH - Umlandstraße 21, 71638 Ludwigsburg“, M 1:50, Plannr. 1c, erstellt von der Wolf System GmbH, Stand 25.05.2016

2.2 erhalten von der FUGRO Germany Land GmbH

- Schichtenverzeichnisse und 27 gestörte Bodenproben von 2 Kleinrammbohrungen BS 13 + BS 14, ausgeführt am 14.07.2021
- Ergebnisse von 3 Spitzendrucksondierungen (CPT 1 - CPT 3), ausgeführt am 14.07.2021

3. Baugelände

Die Lage der hier betrachteten Neubauten (Erweiterungsgebäude und Eisspeicher), des Bestandes (grau/rot) und der Baugrundaufschlüsse (neue Aufschlüsse in Rot) ist aus Abb. 1 und Anl. 18078/7 ersichtlich.

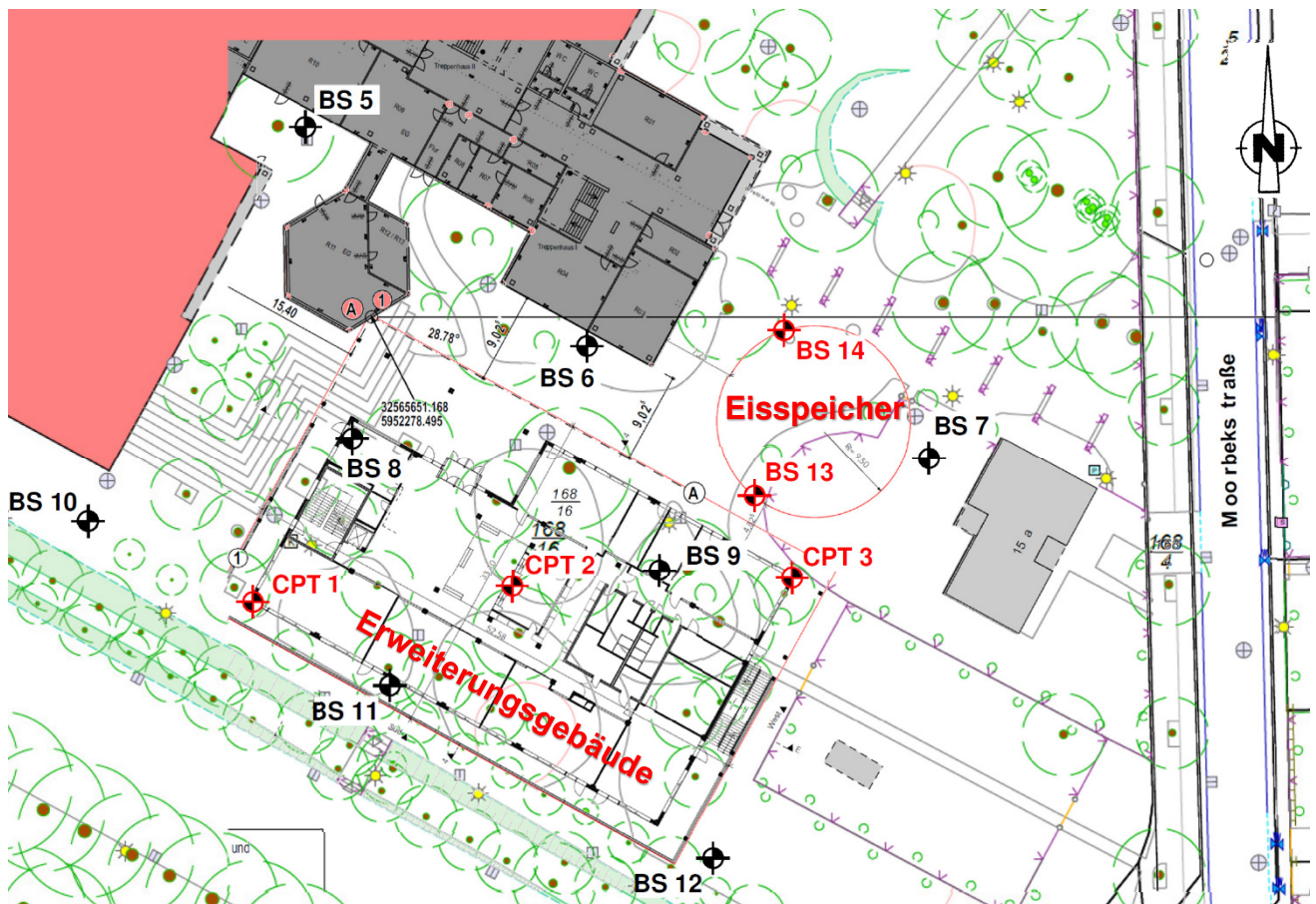


Abb. 1: Lageplan, M 1:750

Die Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse wurden vom Bohrunternehmen lage- und höhenmäßig eingemessen. Hiernach betragen die Geländehöhen an den Ansatzpunkten der Baugrundaufschlüsse zwischen ca. NN + 31,6 m (BS 10) und ca. NN + 34,4 m (BS 7), s. ergänzend auch Anl. 18078/8 + 9. Insgesamt sind im Baubereich zwischen den Ansatzpunkten der Baugrundaufschlüsse Höhenunterschiede von maximal bis zu ca. $\Delta h = 2,8$ m vorhanden.

Weitere Angaben zum/zur derzeitigen Zustand/Beschaffenheit des Baubereichs sind unserem 1. Bericht zu entnehmen.

4. Bauwerke

4.1 Südöstlicher Erweiterungsbau

Südöstlich des bestehenden Schulzentrum Nord ist ein Erweiterungsbau geplant, dessen Abmessungen nach den aktuellen Planunterlagen ca. 52 x 33 [m] betragen. Der Neubau mit insgesamt 4 Geschossen (UG, EG, 1.+2. OG) soll gemäß unseren Empfehlungen auf Pfählen tiefgegründet werden.

Die Bauwerkshöhen können der nachfolgenden Abbildung zusammen mit einem exemplarisch höhengerecht dazu eingetragenen Bodenprofil entnommen werden.

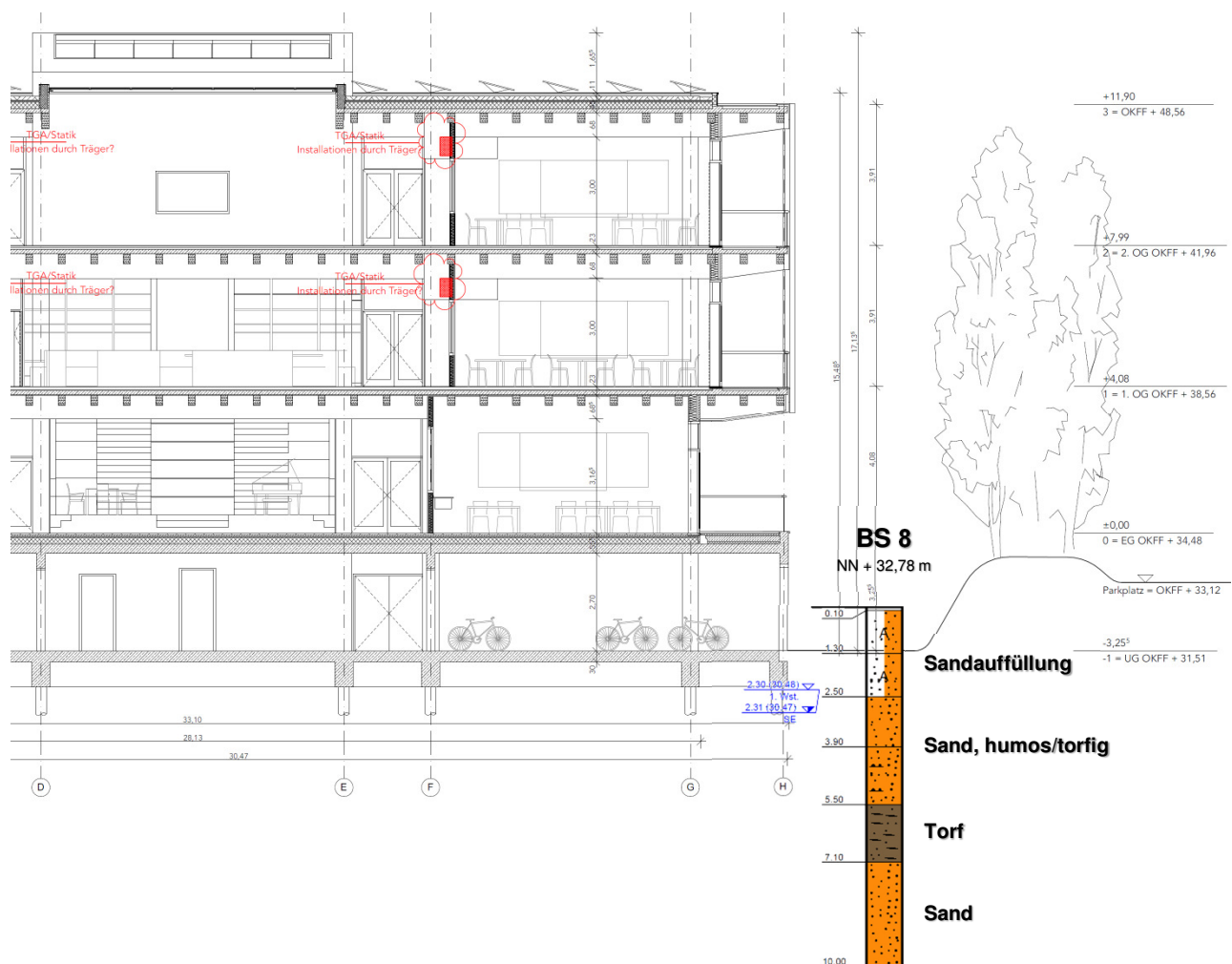


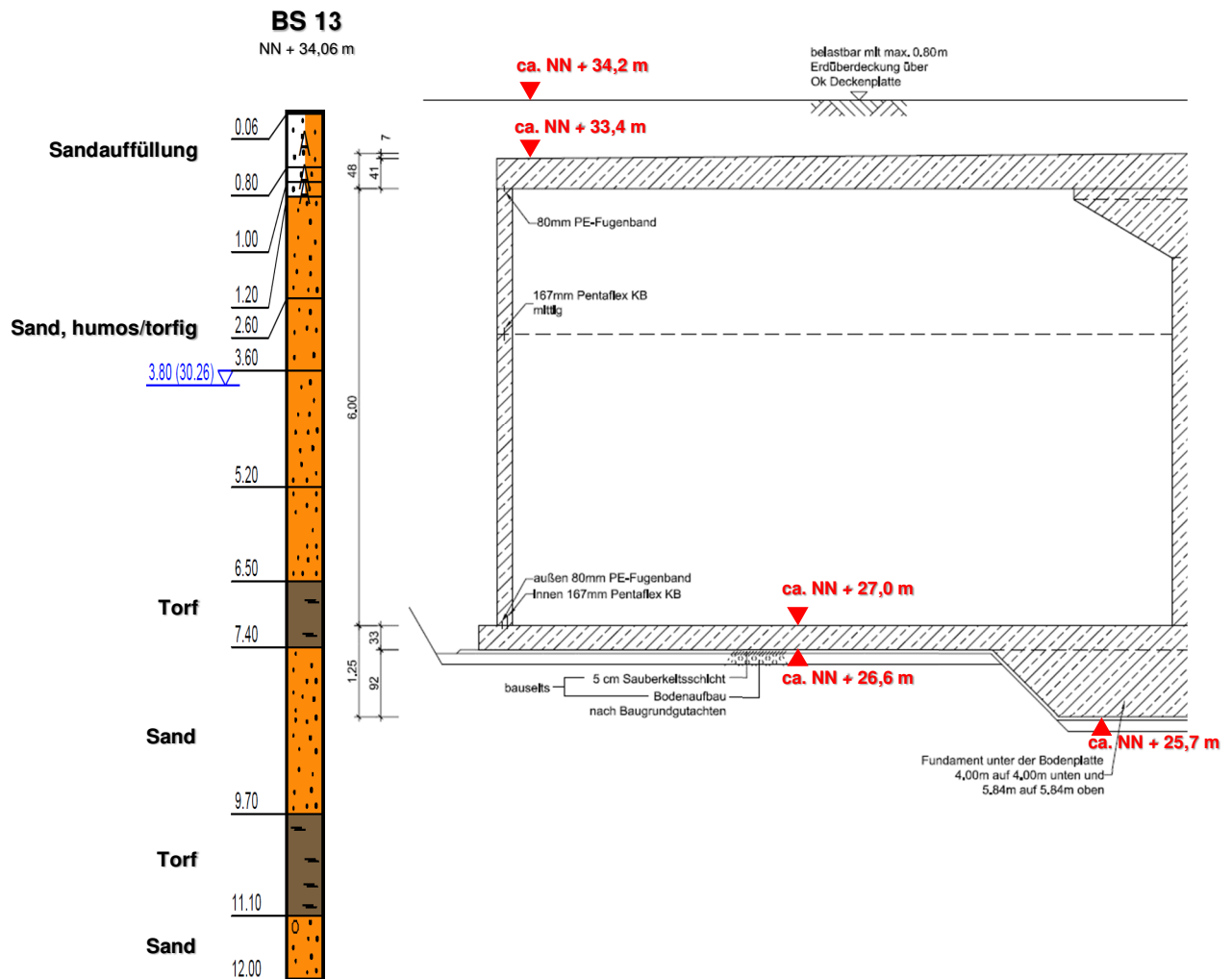
Abb. 2: Teilschnitt, M 1:200

4.2 Eisspeicher

Zusätzlich zu den uns bislang geplanten Bauwerken soll im Bereich der Kleinrammbohrungen BS 7, BS 13 + BS 14 ein Eisspeicher eingebaut werden. Dieser soll mit einem Innendurchmesser von $\varnothing = 19\text{ m}$ und einer Bauteilhöhe von maximal ca. 7,7 m auf einer allgemein $d = 0,3\text{ m}$ bzw. maximal ca. $d = 1,25\text{ m}$ dicken Sohlplatte flachgegründet werden.

Unter Berücksichtigung einer maximal zulässigen Bodenüberdeckung von $d = 0,8\text{ m}$ und einer mittleren Geländehöhe im Baubereich von ca. NN + 34,2 m sind die Gründungssohlen des Eisspeichers etwa bei NN + 26,6 m bzw. NN + 25,7 m zu erwarten. Diese Annahme ist unverbindlich und zu überprüfen.

Die Bauwerkshöhen können der nachfolgenden Abbildung zusammen mit einem exemplarisch höhengerecht dazu eingetragenen Bodenprofil entnommen werden.



bauwerksbezogene NN-Höhen unverbindlich

Abb. 3: Teilschnitt Eisspeicher, M 1:100

5. Baugrund

5.1 Allgemeines

Der Baugrund wurde im Baubereich bereits am 15.+16.04.2019 mittels der Kleinrammbohrungen BS 5 - BS 12 mit Tiefen von $6,0 \leq t \leq 11,0$ [m] unter Gelände erkundet.

Aufgrund der hierbei festgestellten Bodenschichtung mit organischen Weichschichten aus Torf und humosen/torfigen Sanden wurde für den Erweiterungsbau in unserem 1. Bericht eine Tiefgründung auf Pfählen sowie diesbezüglich die Nachholung von Spitzendrucksondierungen zur Erkundung des ausreichend tragfähigen Baugrundes empfohlen. Diese wurden am 14.07.2021 von der FUGRO Germany Land GmbH bis in eine maximale Tiefe von $t = 25,0$ m unter Gelände ausgeführt.

Weiterhin wurden zur Feststellung der tieferen Bodenschichtung im Bereich des geplanten Eisspeichers auftragsgemäß zwei ergänzende Kleinrammbohrungen (BS 13 + BS 14) mit Tiefen von $t = 12,0$ m unter Gelände abgeteuft.

Nach unserer kornanalytischen Probenbewertung und den Schichtenverzeichnissen wurde die Bodenschichtung der Kleinrammbohrungen BS 13 + BS 14 in Form von höhengerecht dargestellten Bodenprofilen zusammen mit den Ergebnissen der Spitzendrucksondierungen CPT 1 - CPT 3 auf Anl. 18078/8 + 9 aufgetragen. Die Bodenschichtung der Kleinrammbohrungen BS 5 - BS 12 ist unserem 1. Bericht zu entnehmen.

Die Lage der Baugrundaufschlüsse ist Anl. 18078/7 sowie Abb. 1 zu entnehmen.

5.2 Bodenschichtung nach BS 13 + BS 14

Unterhalb einer Oberflächenbefestigung aus Pflastersteinen wurde zunächst eine $1,0$ (BS 13) $\leq d \leq 1,5$ (BS 14) [m] dicker Auffüllungshorizont angetroffen, der sich überwiegend aus Sanden mit humosen Beimengungen und lokal enthaltenen Ziegelresten zusammensetzt.

Unterhalb der Auffüllungen folgen dann bis zu den Endteufen von $t = 12,0$ m unter Gelände überwiegend gewachsene Sande, die lokal humose Schlieren / Verfärbungen und Humus-/ Torfstreifen aufweisen. Nur bei BS 13 sind in einer Tiefe von $t = 6,5 - 7,4$ [m] unter Gelände und $t = 9,7 - 11,1$ [m] unter Gelände Torfschichten eingelagert. Bei BS 14 sind in diesen Tiefenbereichen zwei Schichten aus torfigem Sand vorhanden

5.3 Bodenschichtung nach den Spitzendrucksondierungen

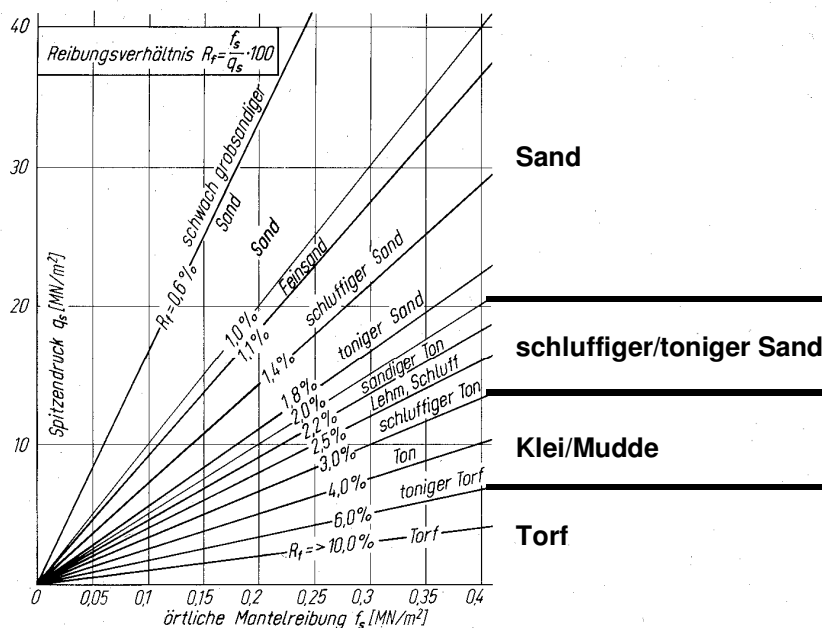
5.3.1 Allgemeines

Zur Planung/Ausführung einer Tiefgründung auf Pfählen ist die Kenntnis der Lagerungsdichte der Sande sowie des Baugrundaufbaus im tieferen Untergrund notwendig, um den Beginn des „ausreichend tragfähigen“ Baugrundes für eine Pfahlgründung festlegen zu können. Am 14.07.2021 wurden daher die Spitzendrucksondierungen CPT 1 - CPT 3 ausgeführt. Bezüglich der Lagerungsdichte von schlufffreien Sanden gelten:

Lagerungsdichte	Drucksonde (CPT) q_c [MN/m ²]
sehr locker	< 2,5
locker	2,5 - 7,5
mitteldicht	7,5 - 15,0
dicht	15,0 - 25,0
sehr dicht	> 25,0

Tab. 1: Beziehung zwischen Spitzendruck und Lagerungsdichte für Sand (SE)

Die Zuordnung der Bodenschichten nach den Spitzendrucksondierungen erfolgte anhand des nachfolgend eingefügten Diagramms.



Beziehung zwischen Spitzendruck und örtlicher Mantelreibung (Reibungsverhältnis)
 in typischen Bodenarten; nach Messungen der Firma Fugro, Holland.

Abb. 4: Beziehung zwischen Spitzendruck und örtlicher Mantelreibung (Reibungsverhältnis)

5.3.2 Ergebnisse der Spitzendrucksondierungen

Unterhalb der jeweils $t = 2,0$ m tiefen Vorschachtung wurden zunächst bis in Tiefen von ca. $9,3$ (CPT 1) $\leq t \leq 11,7$ (CPT 2) [m] unter Gelände die zu erwartenden Sande mit humosen/torfigen Einlagerungen und Torfschichten angetroffen, die sich durch die überwiegend lockeren Lagerungen (Spitzenwiderstände $q_c \leq 7,5$ MN/m²) und im Bereich von Torfschichten hohe Reibungsverhältnisse abzeichnen.

Darunter wurden nach den Spitzendrucksondierungen ausschließlich Sande erkundet, die mit Spitzenwiderständen von im Mittel $q_c = 15$ MN/m² eine mitteldichte bis dichte Lagerung aufweisen.

5.4 Wasser

Die Grundwasserstände wurden im Baubereich bei den bereits im April 2019 ausgeführten Kleinrammbohrungen zwischen ca. NN + 30,3 m (BS 12) $\leq t \leq$ NN + 30,7 m gemessen.

Diese Wasserstände können nach den Wasserstandmessung in den Kleinrammbohrungen BS 13 + BS 14 am 14.07.2021 mit ca. NN + 30,3 m bestätigt werden. Die Ergebnisse der Wasserstandsmessungen am 14.07.2021 sind nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen links neben den Bodenprofilen auf Anl. 18078/9 eingetragen.

Zum Bemessungswasserstand (NN + 31,5 m) sowie zur Betonaggressivität (XA 1) verweisen wir auf unseren 1. Bericht.

6. Bodenmechanische Laborversuche / Kennwerte

6.1 Bodenmechanische Laborversuche

Zur Bestimmung/Bestätigung der bodenmechanischen Kennwerte wurden ergänzend die nachfolgend aufgeführten bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt.

6.1.1 Wassergehalte

Aus typischen Proben der organischen Böden aus Torf (BS 13) und torfigen Sande (BS 14) wurden die Wassergehalte bestimmt. Sie dienen als Grundlage zur Abschätzung der Zusammendrückbarkeit und der Scherfestigkeit sowie zur vergleichenden Bewertung der Bodenproben untereinander. Sie sind rechts neben den Bodensignaturen auf Anl. 18078/9 eingetragen und ergeben sich wie folgt:

Bodenart	Anzahl der Versuche	Wassergehalt		mittl. Wassergehalt w [%]
		min w [%]	max w [%]	
Torf	2	134,6	148,8	141,7
torfige Sande	2	55,5	87,1	71,3

Tab. 2: Wassergehalte

6.1.2 Kornzusammensetzung

Von drei typischen Proben der Sande bei BS 13 und BS 14 wurde die Kornzusammensetzung ermittelt. Die Ergebnisse sind als Körnungslinien auf der Anl. 18078/10 dargestellt. Im Einzelnen ergibt sich:

Aufschluss	Tiefe [m u. Gel.]	Bezeichnung	Klassifikation nach DIN 18196
BS 13	3,6 - 5,2	Mittelsand, stark feinsandig, schwach grobsandig	SE
BS 13	7,4 - 9,7	Mittelsand, stark feinsandig, schwach grobsandig	SE
BS 14	4,7 - 7,8	Fein- und Mittelsand, schwach schluffig	SU

Tab. 3: Kornzusammensetzungen

6.1.3 Glühverlust

Von zwei Proben der torfigen Sande bei BS 14 wurden Glühversuche durchgeführt, um die Anteile an organischen Substanzen zu ermitteln.

Aufschluss	Tiefe [m u. Gel.]	Glühverlust V_{gl} [%]	Humusgehalt
BS 14	7,8 - 8,5	28,3	sehr stark humos
BS 14	10,3 - 11,0	17,4	sehr stark humos

Tab. 4: Glühverluste

7. Charakteristische bodenmechanische Kennwerte und Baugrundbeurteilung

Aus den ergänzend ausgeführten Baugrundaufschlüssen und bodenmechanischen Laborversuchen ergeben sich keine Änderungen, sodass die in unserem 1. Bericht genannten bodenmechanischen Kennwerte ihr Gültigkeit behalten.

8. Ergänzende Gründungsberatung

8.1 Südöstlicher Erweiterungsbau

8.1.1 Allgemeines

Für den südöstlichen Erweiterungsbau wird eine Tiefgründung auf Pfählen empfohlen.

8.1.2 Ausreichend tragfähiger Baugrund

Der Beginn des ausreichend tragfähigen Baugrundes für Tiefgründungen ist i.Allg. wie folgt definiert:

- bei nichtbindigen Böden je nach Pfahlsystem bei einer wenigstens mitteldichten Lagerung mit Spitzenwiderständen von ca. $7,5 \leq q_c \leq 15,0$ [MN/m²]. Die Pfahlfußebene sollte in Bereichen mit einem Spitzenwiderstand von mindestens ca. $q_c > 10,0$ MN/m² liegen.
- bei bindigen Böden mit einer undränierten Scherfestigkeit von $c_{u,k} \geq 100$ KN/m² (annähernd halbfeste Konsistenz).

Nach den Ergebnissen der Spitzendrucksondierungen liegt der Beginn der ausreichend tragfähigen Sande für eine Tiefgründung bei:

NN + 23,8 m (CPT 1)
NN + 21,7 m (CPT 2)
NN + 23,1 m (CPT 3)

Ab diesen Tiefen kann u.E. für die Bemessung der Pfähle ein Sondierspitzenwiderstand von im Mittel $q_c = 15$ MN/m² angesetzt werden.

8.1.3 Pfahlsysteme

Für eine Tiefgründung kommen bei den zu erwartenden Lasten u.E. folgende Pfahlsysteme in Betracht:

- Schraubpfähle

Schraubpfähle bzw. Vollverdrängungsbohrpfähle nach DIN EN 12699, z. B. Atlaspfahl oder Fundexpfahl, weisen relativ große Tragfähigkeiten auf und sind hier geeignet.

- Bohrpfähle

Bohrpfähle nach DIN EN 1236 mit Durchmessern von mindestens $\geq \varnothing 30$ [cm] mit können mit durchgehendem Bohrrohr und unverroht als Schneckenbohrpfahl oder als Teilverdrängungsbohrpfahl eingebracht werden. Sie tragen bei gleichen Abmessungen weniger als die vorgenannten Schraubpfähle. Bei entsprechenden Durchmessern als sog. Großbohrpfähle, weisen sie jedoch relativ große Tragfähigkeiten auf.

- Mikropfähle

Mikropfähle nach DIN EN 14199 mit Durchmessern von weniger als $< \varnothing 30$ [cm] werden i. Allg. als Stabverpresspfahl, z. B. „GEWI-Pfahl“ hergestellt und können auch bei beengten räumlichen Verhältnissen ausgeführt werden. Sie müssen zur Erzielung einer ausreichenden Tragkraft länger ausgeführt werden als die vorgenannten Pfähle. Hier sind diese ggf. als Zugpfähle geeignet.

Alle Pfähle sind nach DIN 1054 mit den entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerten zu bemessen.

8.1.4 Pfahltragfähigkeiten

Die Tragfähigkeiten der Pfähle sind vom gewählten System sowie den Pfahldurchmessern und -längen abhängig.

Zur Berechnung und Bemessung von Pfählen wird in der DIN 1054:2010-12 auf die „EA-Pfähle“ verwiesen.

Sofern keine Pfahlprobelastungen und keine Erfahrungen aus unmittelbar vergleichbaren Probelastungen vorliegen, darf der axiale Pfahlwiderstand mit Hilfe von Erfahrungswerten ermittelt werden. Richtwerte für die charakteristischen axialen Pfahlwiderstände können der EA-Pfähle entnommen werden.

Wir empfehlen, die in der EA-Pfähle genannten Bruchwerte (Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ und Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$) auf Grundlage folgender Sondierspitzenwiderstände anzunehmen:

- für Auffüllungen, locker gelagerte Sande und organische Weichschichten: kein Ansatz
- für nichtbindige Böden: mittlerer Spitzenwiderstand von $q_{s,k} = 15,0 \text{ MN/m}^2$

Alle Pfähle können höher als nach EA-Pfähle belastet werden, wenn vom Hersteller entsprechende Nachweise zur inneren und äußeren Tragfähigkeit geführt werden. Der Nachweis der äußeren Pfahltragfähigkeit muss dabei entweder durch Probelastungen oder durch Probelastungsergebnisse unter vergleichbaren Bedingungen hinsichtlich des Baugrundes und der Pfähle erbracht werden.

8.1.5 Verformungen

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist die Pfahlsetzung zu bewerten.

Die Verformungen des Baugrundes und der o.g. Pfähle sind bei üblichen Gebrauchslasten von voraussichtlich $Q \leq 800 - 1200$ [kN] pro Pfahl etwa wie folgt zu erwarten:

$$\text{Pfahlsetzung infolge Gebrauchslast:} \quad 0,5 \leq s \leq 1,0 \text{ [cm]}$$

Die tatsächlichen Setzungen können Widerstands-Setzungen-Linien entnommen werden.

Die Setzungsdifferenzen zwischen benachbarten Pfählen dürften erfahrungsgemäß $\Delta s = 0,5$ cm nicht überschreiten. Die Gebrauchstauglichkeit ist i.Allg. bei den o.g. Setzungen gewährleistet.

8.1.6 Negative Mantelreibung

Unter negativer Mantelreibung versteht man, dass infolge der Relativbewegung zwischen Pfahlschaft und dem umgebenden Boden Reibungskräfte wirken, die neben den Bauwerkslasten als zusätzliche äußere Belastung auf die Pfähle anzusetzen sind. Die negative Mantelreibung tritt nicht ausschließlich am Pfahlschaft, sondern auch an darüber liegenden Bauwerksteilen wie Pfahlköpfen und Wänden auf.

Bei großflächigen Auffüllungen, z.B. falls keine Keller vorgesehen werden, muss die negative Mantelreibung berücksichtigt werden, da die Weichschichten nach Herstellung der Pfähle nennenswert - nach DIN 1054 genügen bereits Relativverschiebungen zwischen Pfahl und Boden von wenigen Millimetern - zusammengedrückt werden.

8.1.7 Seitendruck

Unter Seitendruck auf Pfähle versteht man, dass durch äußere Einflüsse, wie z.B. durch ungleichmäßige seitliche Aufschüttungen oder im Bereich von Geländesprüngen, in weichen bindigen Böden horizontale Verformungen auftreten, die zu einer zusätzlichen Biegebeanspruchung der Pfähle führen. Hier ist u.E. kein Seitendruck auf Pfähle anzusetzen.

8.2 Eisspeicher

8.2.1 Allgemeines - zulässige Sohlnormalspannung

Nach den Planunterlagen ist für den Eisspeicher eine Flachgründung auf einer wenigstens $d = 0,33$ m dicken, statisch bemessenen Sohlplatte geplant.

Die zulässige Sohlnormalspannung ist keine bodenspezifische Kenngröße, sondern eine Funktion des Verformungsverhaltens und der Grundbruchsicherheit der Fundierung. Zu beiden Randbedingungen wird nachfolgend Stellung genommen.

8.2.2 Grundbruchsicherheit

Für die Gründung auf einer statisch bemessenen Sohlplatte ist eine ausreichende Grundbruchsicherheit gegeben, ohne dass es eines rechnerischen Nachweises bedürfte. Die zulässige Sohlnormalspannung ergibt sich hier somit ausschließlich aus den zulässigen Setzungen/Verschiebungen.

8.2.3 Verformungsverhalten

Für den Einbau des Eisspeichers werden erhebliche Erdbewegungen erforderlich, wodurch bei der Bewertung des Verformungsverhaltens eine entsprechende Aushubentlastung berücksichtigt werden muss.

Bei einem planmäßigen mittleren Aushub von geschätzt ca. 8 m unter Gelände und einer mittleren Bodenwichte von ca. 17 kN/m^3 ergibt sich eine Aushubentlastung von überschlägig ca. 136 kN/m^2 .

Der Eisspeicher wird inkl. Wasserfüllung überschlägig eine charakteristische Bodenpressung von ca. $100 - 105 \text{ [kN/m}^2\text{]}$ und somit deutlich geringere Lasten erzeugen, als die o.g. Aushubentlastung.

Baugrundverformungen in Form von Hebungen und Setzungen (abhängig vom Füllstand) sind somit auch ohne genauere Berechnungen nicht bzw. in einer vernachlässigbaren Größenordnung von wenigen Millimetern zu erwarten.

8.2.4 Bettungsmodul

Grundsätzlich ist der Bettungsmodul k_s keine bodenmechanische Kenngröße, sondern ergibt sich als Quotient aus den vorhandenen Bauwerkslasten bzw. den hieraus resultierenden Bodenpressungen σ und den zugehörigen Baugrundverformungen s zu $k_s = \sigma/s \text{ [MN/m}^3\text{]}$.

Eine detaillierte Verformungsberechnung mit Ermittlung der für eine statische Bemessung der Sohlplatten erforderlichen Bettungsmoduln ist derzeit nicht Gegenstand unserer Beauftragung und kann bei Bedarf nach Vorlage eines Lastenplans erfolgen. Für eine statisch zu bemessende

Sohlplatte kann vorbehaltlich dieser Berechnung zunächst ein mittlerer Bettungsmodul von $k_s = 10,0 \text{ MN/m}^3$ angenommen werden.

8.2.5 Auftriebssicherheit

Der Bemessungswasserstand für Bauwerke liegt mit NN + 31,5 m (vgl. 1. Bericht) deutlich oberhalb der zu erwartenden Tiefenlage der Sohle des Eisspeichers. Der Eisspeicher ist daher entsprechend gegen Auftrieb und ggf. auch Wasserdruck zu bemessen. Sofern insbesondere keine ausreichende Sicherheit gegen Auftrieb (z.B. durch dickere Sohlen und/oder Erdauflast) nachgewiesen werden kann, wären ergänzende Maßnahmen (z.B. Zugpfähle) durchzuführen.

Ergänzend zu Abschnitt 8.1.2 empfehlen wir, für den Eisspeicher den Beginn der ausreichend tragfähigen Sande ganzflächig bei NN + 21,0 m sowie den Spitzenwiderstand ebenfalls mit $q_c = 15,0 \text{ MN/m}^2$ anzusetzen.

9. Trockenhaltungsmaßnahmen

Ergänzend zu den Erläuterungen im 1. Bericht, Abs. 10.1, ist für den Baubereich des Eisspeichers eine aufwändige Grundwasserabsenkung mit einer Absenktiefe von maximal ca. 5 m erforderlich. Hierfür eignen sich u.E. nur Tiefbrunnen, die von Spezialunternehmen entsprechend bemessen werden müssen.

Wir halten eine Beeinflussung benachbarter Bauwerke infolge dieser Grundwasserabsenkung nicht für ausgeschlossen, insbesondere wenn sich unter diesen ebenfalls stark zusammendrückbare Torfschichten befinden sollten. Entsprechend ist eine behördliche Genehmigung einzuholen sowie ggf. eine Beweissicherung an benachbarten Gebäuden ratsam.

Alternativ kann u.E. der Eisspeicher auch wasserdicht umpundet und eine tiefliegende Dichtsohle eingebaut werden.

10. Zusammenfassung

- **Bauvorhaben**

- Neubau eines Erweiterungsbaus / Abmessungen ca. 52 x 33 / insgesamt 4 Geschosse
- Neubau eines Eisspeichers / \varnothing 19,0 m / Seitenwandhöhe ca. 6 m

- **Baugelände**

s. Angaben in unserem 1. Bericht vom 24.06.2019

- **Bodenschichtung nach BS 13 + BS 14**

bis in Tiefen von	Bodenschichtung
$0,8 \leq t \leq 1,5 \text{ [m]}$ u. Gel.	Auffüllungen aus schwach humosen bis humosen Sanden
$t \leq 12,0 \text{ [m]}$ u. Gel.	Sande und lokal eingelagerte organische Weichschichten aus Torf und torfigen Sanden)

Nach den Spitzendrucksondierungen sind bis in Tiefen von ca. $9,3 \leq t \leq 11,7 \text{ [m]}$ unter Gelände überwiegend lockeren Lagerungen der Sande vorhanden. Darunter sind die Sande mitteldicht bis dicht gelagert.

- **Wasser**

Bemessungswasserstand NN + 31,5 m

- **bodenmechanische Kennwerte und Baugrundbeurteilung**

s. Angaben in unserem 1 Bericht vom 24.06.2019

- **Gründungsberatung**

Erweiterungsbau:

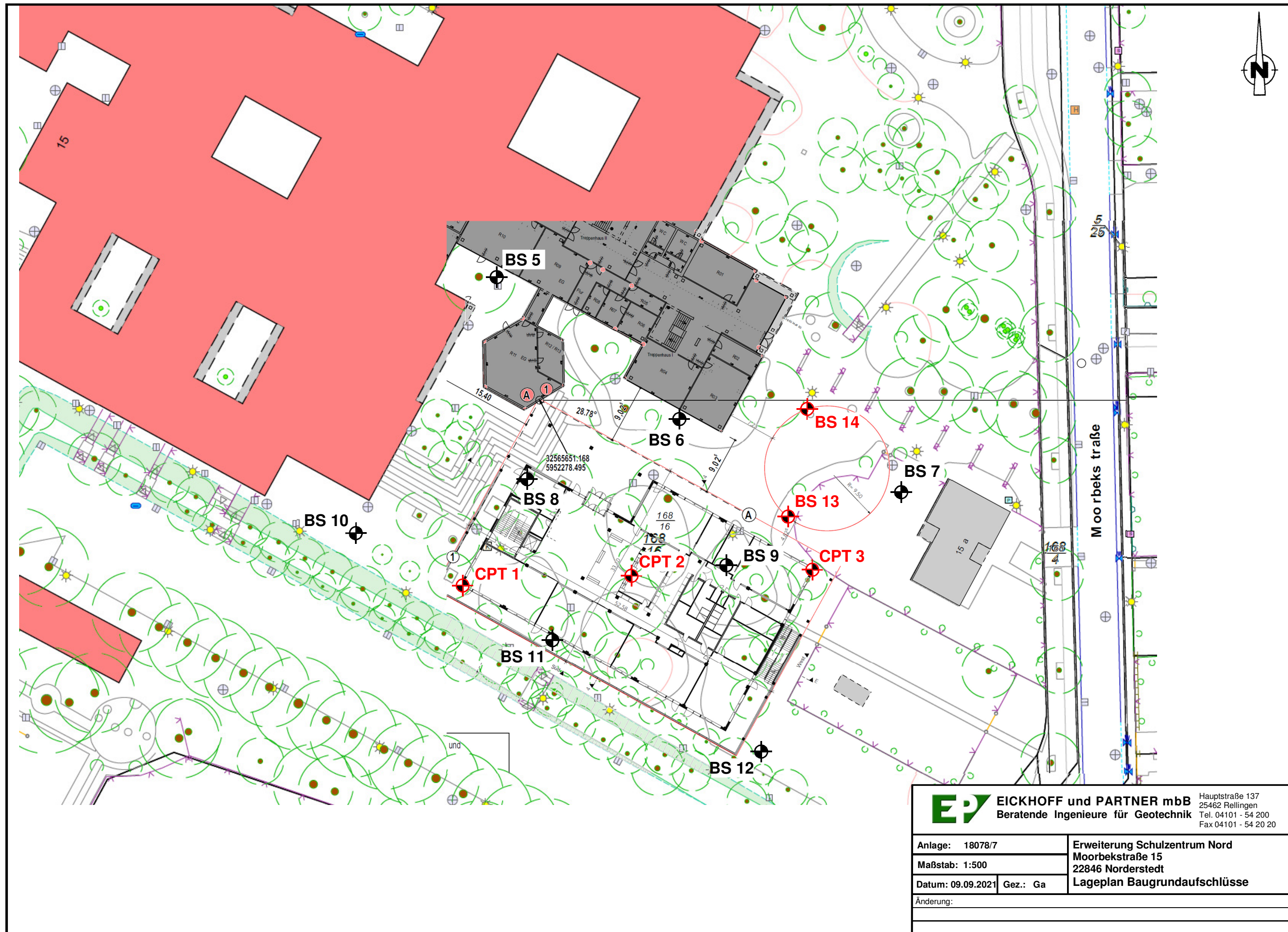
- Für den südöstlichen Erweiterungsbau wird eine Tiefgründung auf Pfählen ausgeführt.
- Der Beginn des ausreichend tragfähigen Baugrundes kann in Tiefen zwischen NN + 21,7 m und NN + 23,8 m angenommen werden. Ab diesen Tiefen kann für die Bemessung der Pfähle ein Sondierspitzenwiderstand von im Mittel $q_c = 15 \text{ MN/m}^2$ angesetzt werden.
- Weitere Angaben zur Tiefgründung sind den Abschnitten 8.1.3 ff zu entnehmen.

Eisspeicher:

- Für den Eisspeicher ist eine Flachgründung auf einer statisch bemessenen Sohlplatte vorgesehen. Diesbezüglich bestehen unsererseits keine Einwände.
- Aufgrund der im Verhältnis zu den ungefähr zu erwartenden Neubaulasten höheren Aushubentlastung ist nicht mit signifikanten Baugrundverformungen zu rechnen.
- Bettungsmodul zur Bemessung der Sohlplatte: $k_s = 10,0 \text{ MN/m}^3$
- Im Hinblick auf den Bemessungswasserstand ist die Auftriebssicherheit zu betrachten.

Eickhoff und Partner mbB
Beratende Ingenieure für Geotechnik

Frank *Plambeck*
(Ganter) (Plambeck)



E **EICKHOFF und PARTNER mbB** Hauptstraße 137
Beratende Ingenieure für Geotechnik 25462 Rellingen
Tel. 04101 - 54 200
Fax 04101 - 54 20 20

Anlage: 18078/7	Erweiterung Schulzentrum Nord Moorbekstraße 15 22846 Norderstedt Lageplan Baugrundaufschlüsse
Maßstab: 1:500	
Datum: 09.09.2021	Gez.: Ga

Änderung:

CPT 1
(14.07.2021)

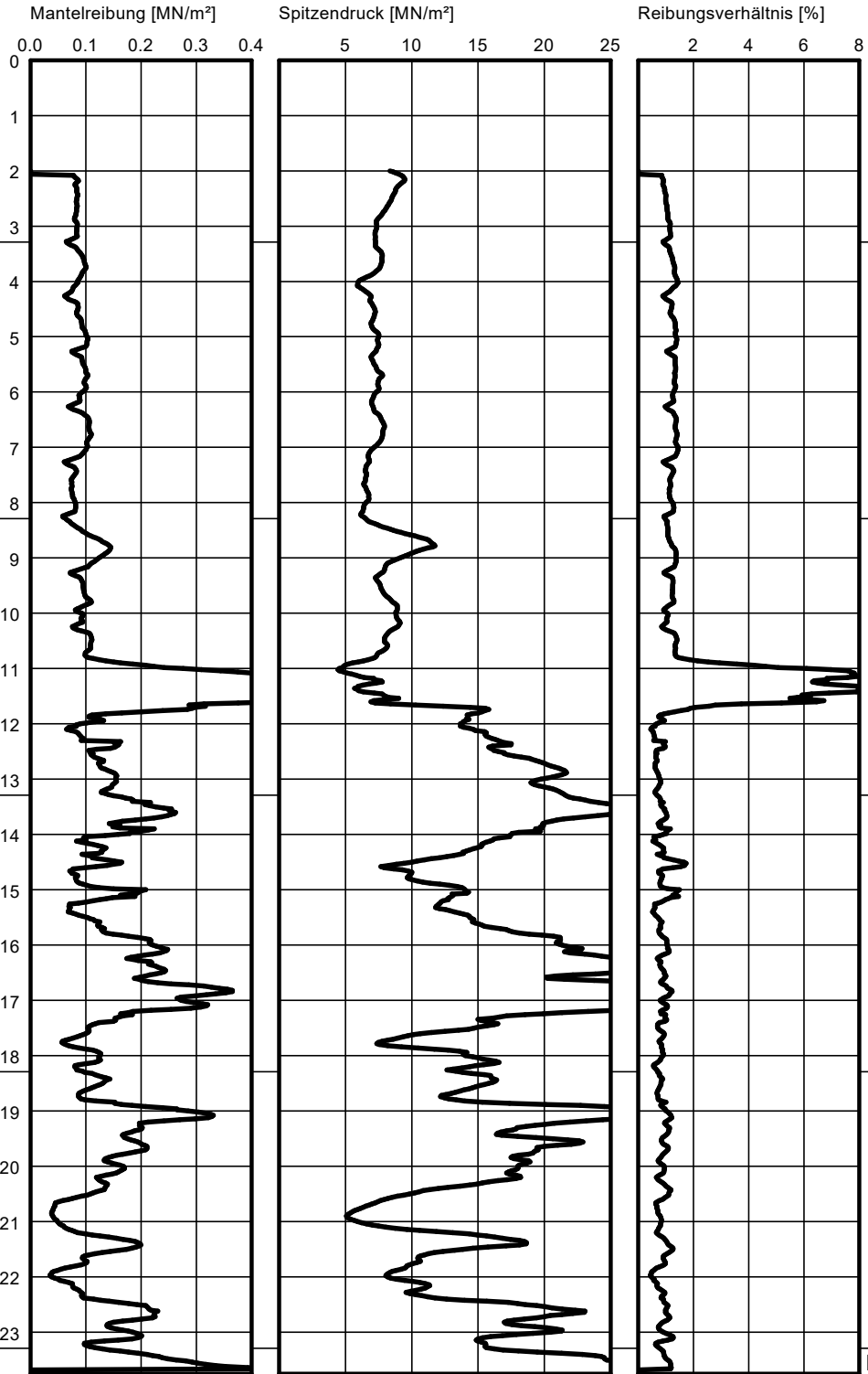
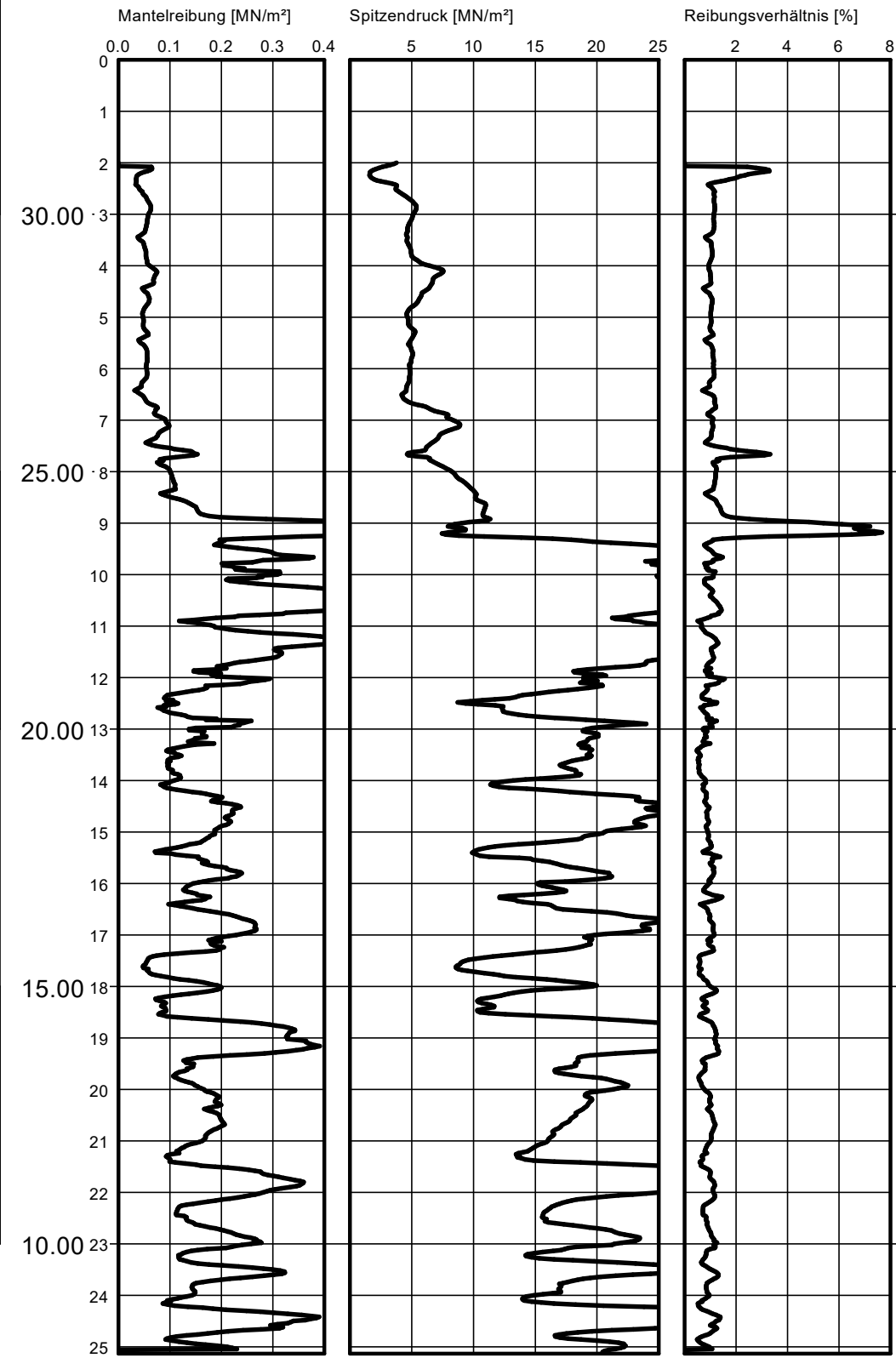
CPT 2
(14.07.2021)

NN (m)


35.00

NN +33,00 m

NN +33,29 m



Lageplan der Baugrundaufschlüsse siehe Anl. 18078/7
Erläuterung zur zeichnerischen Darstellung siehe beiliegende Legende

 EICKHOFF und PARTNER mbB Beratende Ingenieure für Geotechnik <small>Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen · Tel.: 04101 / 54 200 Fax: 04101 / 54 20 20 www.eickhoffundpartner.de</small>	
Anl. 18078/8	Erweiterung Schulzentrum Nord Moorbekstraße 15 22846 Norderstedt
Maßstab: 1 : 125	
gez.: 09.09.2021	gepr.: CPT 1 + CPT 2

CPT 3
(14.07.2021)

BS 13
(14.07.2021)

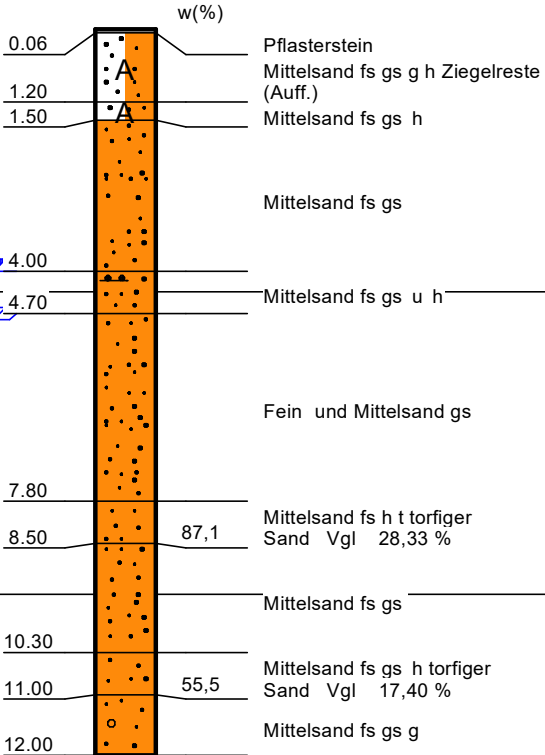
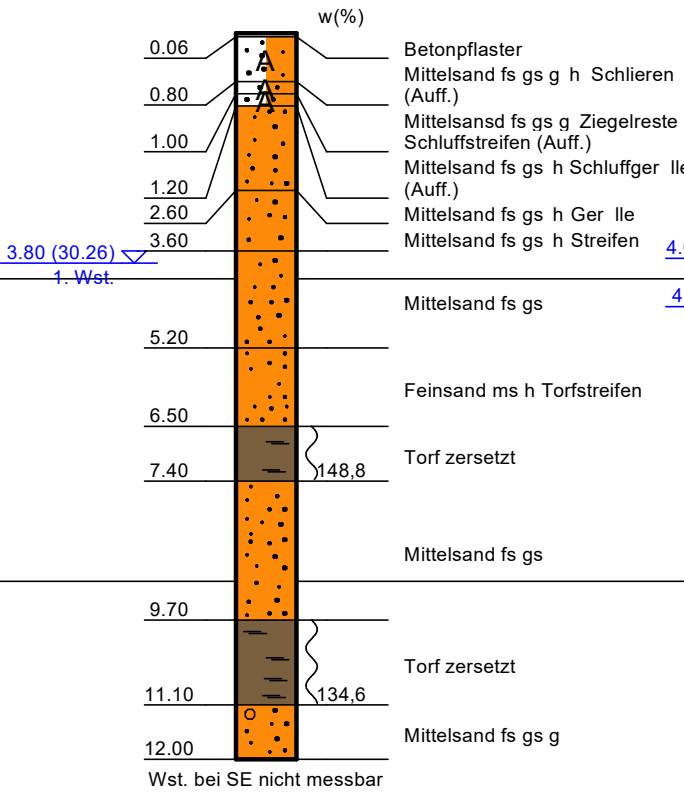
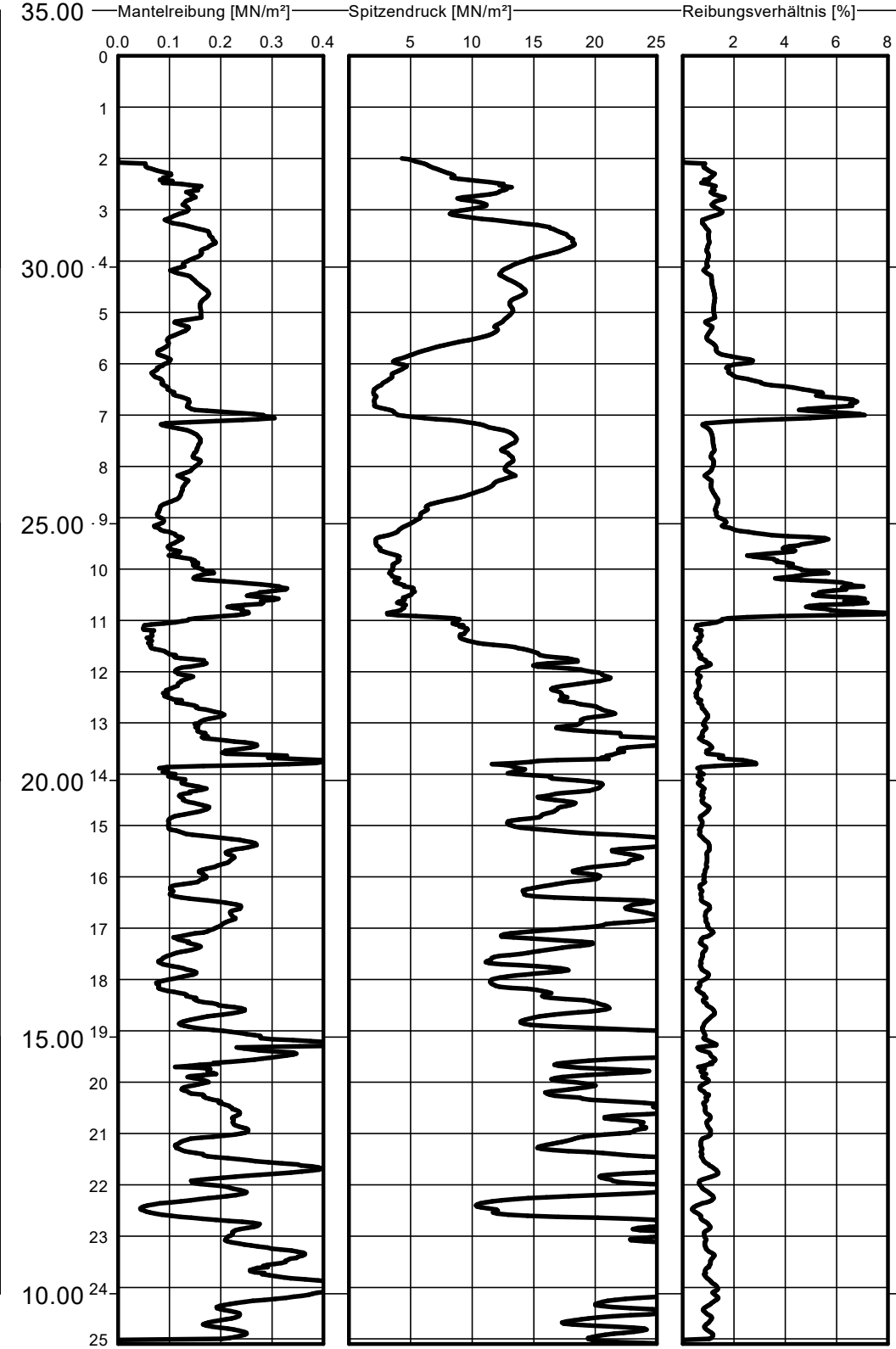
BS 14
(14.07.2021)

NN (m)

NN +34,12 m

NN +34,06 m

NN +34,34 m



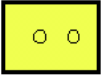

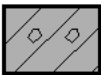



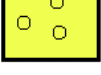

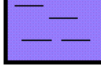





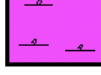



Lageplan der Baugrundaufschlüsse siehe Anl. 18078/7
Erläuterung zur zeichnerischen Darstellung siehe beiliegende Legende

EP EICKHOFF und PARTNER mbB Beratende Ingenieure für Geotechnik <small>Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen · Tel.: 04101 / 54 200 Fax: 04101 / 54 20 20 www.eickhoffundpartner.de</small>	
Anl. 18078/9	Erweiterung Schulzentrum Nord Moorbekstraße 15 22846 Norderstedt
Maßstab: 1 : 125	
gez.: 09.09.2021	gepr.: CPT 3, BS 13 + BS 14

Legende zur zeichnerischen Darstellung der Bodenprofile

Bodenarten - Zeichen/Farbkennzeichnung nach DIN 4022

	Oberboden		Auffüllung		
	Kies		Sand		Geschiebelehm
	Feinkies		Feinsand		Geschiebemergel
	Mittelkies		Mittelsand		Ton
	Grobkies		Grobsand		Schluff
	Steine				
	Torf, Humus		Mudde		Klei, Schlick

Bohrverfahren - Zeichen nach DIN 4023 -

B 3 = Bohrung Nr. 3
BS 3 = Sondierbohrung Nr. 3

weitere siehe DIN 4023

Wasserstände/Datum

2,45	▽	Wasser angebohrt
30.04.98		
2,45	▽	Wasserstand nach Beendigung der Sondierung oder Bohrung
30.04.98		
2,45	▽	Ruhewasserstand, z. B. im ausgebauten Bohrloch
30.04.98		
2,45	△	Wasserstand angestiegen
30.04.98		
2,45		Wasser versickert
30.04.98	▽	









Bodenarten - Kurzzeichen DIN 4022 - Kurzzeichen Haupt- /Nebenbestandteil

G	g	Kies	kiesig
gG	gg	Grobkies	grobkiesig
mG	mg	Mittelkies	mittelkiesig
fG	fg	Feinkies	feinkiesig
S	s	Sand	sandig
gS	gs	Grobsand	grobsandig
mS	ms	Mittelsand	mittelsandig
fs	fs	Feinsand	feinsandig
U	u	Schluff	schluffig
T	t	Ton	tonig
H	h	Torf/Humus	torfig/humos
	o	organische Beimengung	
A		Auffüllung	
Mu		Oberboden (Mutterboden)	
X	x	Steine	steinig
	(+)		kalkhaltig

fs / fs*	starker Nebenanteil	>30%
fs'	schwacher Nebenanteil	<15%

1. Wst.	1. Wasserstand
SE/ BE	Sondierende/ Bohrende
SW	Sickerwasser

Konsistenzbezeichnung

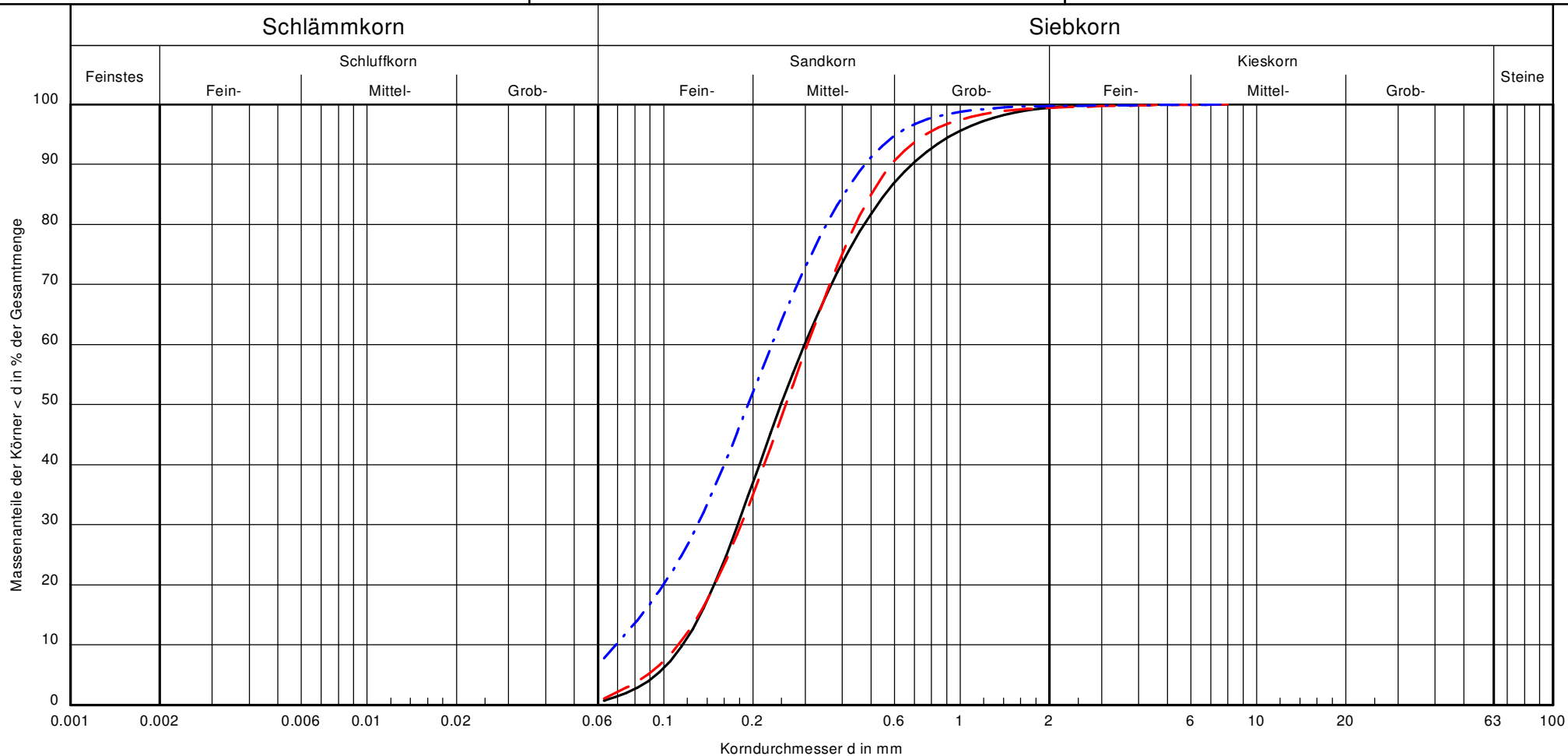
	breiig
	weich
	steif
	halbfest
	fest
	wechselnd, z. B. weich und steif
	nass /
	Vernässungszone



Eickhoff und Partner mbB
Beratende Ingenieure für Geotechnik
Hauptstraße 137 · 25462 Rellingen

Körnungslinien

Erweiterung Schulzentrum Nord
Moorbekstraße 15
22846 Norderstedt



Signatur:	—	---	-.-.-
Entnahmestelle:	BS 13	BS 13	BS 14
Tiefe [m u. Gel.]:	3,6 - 5,2	7,4 - 9,7	4,7 - 7,8
Bodenart:	Mittelsand, fs, gs'	Mittelsand, fs, gs'	Fein- und Mittelsand, u'
k [m/s] (Beyer):	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$
U/Cc:	2,6/0,9	2,7/1,0	3,4/1,1
Klassifikation:	SE	SE	SU
Versuchsart:	Trockensiebung	Trockensiebung	Trockensiebung

Bemerkungen:

Bearbeiter: Ga
Datum: 09.09.2021

Anlage:
18078/10