



Geotechnischer Bericht

DB Engineering & Consulting GmbH
Umwelt, Geotechnik & Geodäsie
I.TPU, Bereich Süd
Büro München
Landsberger Straße 318
80687 München
Tel. 089 130849-150
Fax 089 15908-599

Bauvorhaben: Neubau Betonschaltheus RBF Nürnberg
Weichenheizung 22 am RBF Nürnberg

Leistungsphase: Entwurfsplanung

Auftraggeber: DB Netz AG
Herr Korbinian Baier
(I.NP-S-M S-(1.3))
Richelstraße 3
80634 München

Projektnummer: U-SD00021

Bearbeiter: M. Sc. Ing. – Hydrogeol. V. Manhart

Dieser geotechnische Bericht umfasst 24 Seiten und 7 Anlagen. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nicht zulässig.

München, 31.01.2018

i. A.

Dipl. – Ing. K. Besser

i. A.

M. Sc. Ing. – Hydrogeol. V. Manhart

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	3
1.1	Unterlagen	3
1.2	Vorgang / Aufgabenstellung	4
1.3	Aufschlussarbeiten / Laboruntersuchungen	5
2	Darstellung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse	6
2.1	Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	6
2.2	Geologische Situation	7
2.3	Baugrundverhältnisse: Ergebnisse der Bohrungen und Rammsondierungen	8
2.4	Baugrundmodell	9
2.5	Charakteristische Bodenrechenwerte	10
2.6	Hydrologische Verhältnisse	10
2.7	Kampfmittel	11
2.8	Erdbebenzone	11
2.9	Rammfähigkeit des Untergrundes	11
3	Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Bautechnische Empfehlungen	12
3.1	Allgemeine Angaben	12
3.2	Gründung Betonschaltheus	12
3.2.1	Gründungshorizont	13
3.2.2	Bodenaustausch	13
3.2.3	Setzungsberechnung	14
3.3	Hinterfüllungen	16
3.4	Baugrubensicherung und Wasserhaltung	16
3.5	Einfluss der Baumaßnahme auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen	17
3.6	Bautechnische Wiederverwendbarkeit von Aushubmassen	17
4	Sickerfähigkeit des Untergrundes	18
5	Abfalltechnische Untersuchungen	18
5.1	Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse	19
5.2	Verwertung und Entsorgung	19
6	Homogenbereiche	20

7 Zusammenfassung und Hinweise

21

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Abkürzungsverzeichnis	2 Blatt
Anlage 2	Lage- und Aufschlussplan	1 Blatt
Anlage 3	Bohr- und Sondierprofile	1 Blatt
Anlage 4	Bodenmechanische Laborergebnisse	31 Blatt
Anlage 5	Chemisch-analytische Laborergebnisse	2 Blatt
Anlage 6	Setzungsberechnung	1 Blatt
Anlage 7	Homogenbereiche	4 Blatt

1 Allgemeines

1.1 Unterlagen

Zur Ausarbeitung dieses Berichtes standen folgende Unterlagen zu Verfügung:

- /U 1/ Angebot ID 13618 der DB Engineering & Consulting GmbH vom 27.10.2017.
- /U 2/ Leistungsvereinbarung Nr. C5000250 zur Baumaßnahme, 15.11.2017.
- /U 3/ Schichtenverzeichnisse und Rammsondierprotokolle der Fa. Vogdt Kleinbohrtechnik, Dezember 2017.
- /U 4/ Chemisch-analytischer Prüfbericht des DB E&C Umweltservice Kirchmöser, Dezember 2017.
- /U 5/ Bodenmechanische Laborergebnisse der DB E&C, Labor Duisburg, Dezember 2017
- /U 6/ Geologische Übersichtskarte, 6523 Nürnberg, Maßstab 1:25.000, herausgegeben vom Bayerischen Geologischen Landesamt, München 1956.
- /U 7/ Informations- und Kartendienst „Überschwemmungsgefährdete Gebiete“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, abgerufen am 03.01.2018.
- /U 8/ Informations- und Kartendienst „Gewässerbewirtschaftung“ des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, abgerufen am 03.01.2018.
- /U 9/ Informationen des Geoforschungszentrums Potsdam zur Erdbebenzone und zur Untergrundklasse gemäß DIN 4149 / DIN EN 1998.
- /U 10/ VOB/C 2016, Beuth Verlag, 2016.
- /U 11/ Empfehlungen d. Arbeitskreises Baugruben EAB, 5.Auflage, Ernst & Sohn Verlag Berlin.

- /U 12/ Arbeitsblatt DWA-A 138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, April 2005.
- /U 13/ Ril 836 Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instand halten, 4. Aktualisierung, Fassung vom 01.12.2014.
- /U 14/ DIN 1054:2010-12 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, Dezember 2010.
- /U 15/ EAB: Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, 5. Auflage, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Verlag Ernst & Sohn, 2012.
- /U 16/ Grundbau-Taschenbuch, Teil 1-3, 6. Aufl., 2001.
- /U 17/ Anforderung an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen (LfVGBT), Leitfaden zu den Eckpunkten (EPP), Dez. 2005.
- /U 18/ Programm „GGU-Footing“, Berechnungen von Fundamenten nach DIN 4017 und DIN 4019 bzw. DIN 1054, Version 8.32, 27.10.2017, Copyright + Verfasser: Prof. Dr.-Ing. Johann Buß.
- /U 19/ DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, 04/2005.
- /U 20/ Grundwasserbericht 2011, Stadt Nürnberg/Umweltreferat, 2011
- /U 21/ E-Mail von Herrn Baier (DB Netz AG) an Herrn Besser (DB E & C) mit Angaben und Plänen zur Ausführung der BSH, vom 24.10.2017.

Weiter kommen die einschlägigen DIN-Normen und Richtlinien für Erd- und Grundbau zur Anwendung.

1.2 Vorgang / Aufgabenstellung

Die Weichenheizanlage (WHZ) 22 am Rangierbahnhof entspricht nicht mehr dem Stand der Technik und soll deshalb ersetzt werden. Die Weichenheizanlage soll in einem Betonschalthaus (BSH) platziert werden. Die Planung für den Neubau erfolgt durch die DB Netz AG.

Die DB Engineering & Consulting GmbH ((I.TPU(S))) wurde am 15.11.2017 von der DB Netz AG /U 2/ mit der Erkundung und geotechnischen Bewertung des Baugrundes für den Neubau des Betonschalthauses sowie der orientierenden abfalltechnischen Bewertung der im Zuge des Baus anfallenden Böden beauftragt.

Im vorliegenden geotechnischen Bericht werden die Ergebnisse der durchgeführten baugrund- und abfalltechnischen Untersuchungen für das Betonschaltheus der WHZ 22 am RBF Nürnberg dargestellt.

1.3 Aufschlussarbeiten / Laboruntersuchungen

Die Aufschlussarbeiten wurden am 6.12.2017 durch die Firma Vogdt Kleinbohrtechnik aus München ausgeführt. Zur Beurteilung der Baugrundverhältnisse in dem zu untersuchenden Bereich wurde je eine Kleinrammbohrung (KRB) und eine schwere Rammsondierungen (DPH) durchgeführt. Um einer Beschädigung etwaiger Bestandsleitungen vorzubeugen, wurde am Bohransatzpunkt ein Vorschacht bis 1,2 m unter Ansatzhöhe durchgeführt.

Die Lage der Aufschlüsse ist in Anlage 2 dargestellt. Die Baugrundprofile sind bezogen auf die Schienenoberkante in Anlage 3 aufgetragen.

Die Aufschlüsse stellen sich im Einzelnen wie folgt dar:

Tabelle 1: Lage und Aufschlusstiefen der Aufschlüsse

Aufschluss Art / Nr.	Strecke bzw. Gleis	km	Lage zum Gleis	Ansatzpunkt	Endtiefe
				[m SO]	[m u. GOK]
KRB 7	5962	0,825	51 m br	- 0,20	8,00
DPH 7	5962	0,825	50,5 m br	- 0,20	8,00

KRB ... Kleinrammbohrung, DPH ... schwere Rammsondierung; AP ... Ansatzpunkt; SO ... Schienenoberkante;

* ... vorzeitiger Abbruch

Die Ansatzpunkte wurden vor Ort auf Schienenoberkante (SO) und Gleisachse (GA) eingemessen. Die Entnahme der gestörten Bodenproben erfolgte je lfd. Meter bzw. bei Schichtwechsel.

Insgesamt wurden 7 gestörte Bodenproben aus den Kleinrammbohrungen entnommen. Die einzelnen handschriftlichen Schichtenverzeichnisse /U 3/ können bei Bedarf im Archiv der DB Engineering & Consulting GmbH eingesehen werden.

Die Bodenproben wurden nach DIN EN ISO 14688 spezifiziert.

Zur genaueren Klassifizierung der Bodenarten in Bodengruppen nach DIN 18196 wurden ausgewählte Bodenproben bodenphysikalischen Untersuchungen unterzogen. Im Einzelnen wurden durchgeführt:

- 2 x Nass-/Trockensiebungen nach DIN EN ISO 17892-4.

Die Prüfberichte zu den bodenmechanischen Laborversuchen sind der Anlage 4 zu entnehmen.

Für die abfalltechnische Bewertung der Aushubmassen wurde eine Mischprobe nach Eckpunktetapier /U 17/ untersucht.

2 Darstellung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse

2.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Der Standort des Betonschalthauses der WHZ 22 befindet sich auf dem Gelände des RBF Nürnberg. Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung waren die von der WHZ-Anlage zu versorgenden Weichen nicht bekannt.



Bild 1: Geplanter Standort für das Betonschalthaus;
Blickrichtung Südost



Bild 2: Geplanter Standort für das Betonschalthaus;
Blickrichtung Südwest

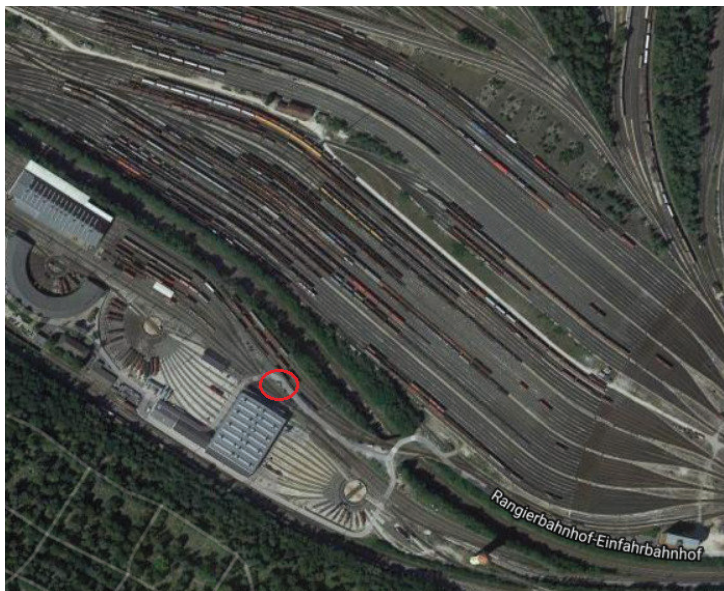


Bild 3: Lageskizze des geplanten BSH

2.2 Geologische Situation

Gemäß der geologischen Karte /U 6/ stehen im Untersuchungsgebiet in oberflächennahen Tiefen quartäre Ablagerungen in Form von äolischen Sedimenten an. Hierbei handelt es sich überwiegend um Fein- und Mittelsand sowie Schluff und Ton der vom Wind transportiert und abgelagert wurde.

Unterlagert werden die quartären Sedimente von den Gesteinen des Keuper und seinen Verwitterungsprodukten. Im Untersuchungsgebiet handelt es sich hierbei um den Unteren Burgsandstein des Mittleren Keupers. Der Mittel- bis Grobsandstein zeigt eine rotbraune bis weißgraue Färbung. Dem Sandstein sind Tonsteinlinsen zwischengeschaltet. Die Keupergesteine liegen erfahrungsgemäß in stark variierenden Verwitterungsstufen vor.

Im Bereich der Bahnanlagen ist oberflächennah mit anthropogenen Auffüllungen zu rechnen. Durch den anthropogenen Einbau von zumeist lokal vorkommenden Böden ist eine zweifelsfreie Unterscheidung zwischen aufgefülltem und gewachsenem Boden nicht immer möglich.

Die anhand der Literatur erwarteten Untergrundverhältnisse konnten durch die Aufschlussarbeiten im Wesentlichen bestätigt werden.

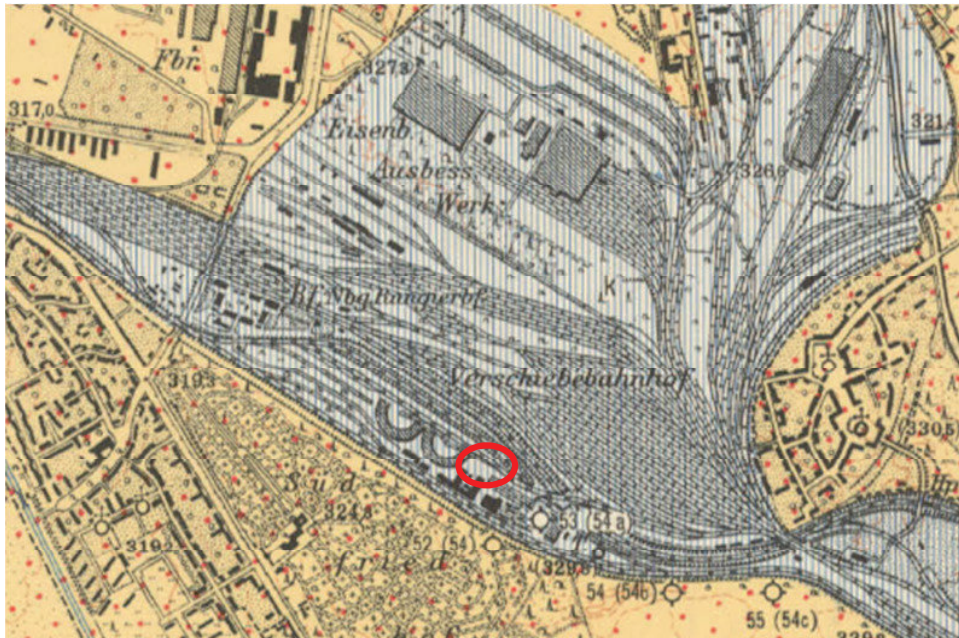


Bild 4: Ausschnitt aus der geologischen Karte, GK 25 6523 Nürnberg /U 6/ (unmaßstäblich) mit den Projektstandorten (roter Kreis).

2.3 Baugrundverhältnisse: Ergebnisse der Bohrungen und Rammsondierungen

Zur Bestimmung der anstehenden Bodenschichten und deren Lagerungsdichten bzw. Konsistenzen wurden eine Kleinrammbohrung (KRB) und eine schwere Rammsondierungen (DPH) niedergebracht.

Bei der Durchführung von schweren Rammsondierungen werden jeweils die Schläge der genormten Sonde je 10 cm Eindringtiefe gezählt. In feinkörnigen bzw. bindigen Böden wird der Rammwiderstand durch die mit der Tiefe zunehmende Mantelreibung beeinflusst. Aus diesem Grund lassen sich bei bindigen Böden keine gesicherten Angaben über die Beziehung zwischen Schlagzahl und Konsistenz treffen. Für die Bewertung der Konsistenzen bindiger Bodenschichten werden daher die Ergebnisse der Handspezifikation und der bodenmechanischen Laborversuche herangezogen.

Die nachfolgenden Absätze beschreiben die im Zuge der Baugrunderkundung aufgeschlossenen Untergrundverhältnisse (Bodenart, Lagerungsdichte/Konsistenz, Schichtmächtigkeit etc.). Für den exakten Schichtverlauf und die Tiefenangaben einzelner Horizonte wird an dieser Stelle auf die Anlage 3 des vorliegenden Berichts verwiesen.

Auffüllungen

Am geplanten Standort des BSH wurden oberflächennah Auffüllungen erkundet. Die Auffüllungen reichen von der GOK bis 1,50 m unter SO.

Bei den angetroffenen Auffüllungen handelt es sich um weit gestufte Kiese, sowie um schwach schluffige und schluffige Sande. Die aufgefüllten Erdstoffe entsprechen gemäß der Handspezifikation den Bodengruppen [GW] und [SU, SU*] nach DIN 18196.

Aufgrund der händischen Vorschachtung (bis 1,2 m u. GOK), bedingt durch die unklare Kabelage, liegen hier keine Ergebnisse aus der schweren Rammsondierung (DPH 7) vor. Erfahrungsgemäß sind aufgefüllte Böden locker bis mitteldicht gelagert.

Anstehender Boden

Unterhalb der Auffüllungen steht zunächst bis 3,20 m u. SO eine Schicht aus schwach schluffigen, mitteldicht gelagerten Sanden (SU) an, welche bis zur Endteufe bei 8,20 m u. SO von eng gestuften, mitteldicht gelagerten Sanden (SE) unterlagert werden.

Aufgrund der händischen Vorschachtung (bis 1,2 m u. GOK), bedingt durch die unklare Kabelage, liegen erst ab 1,20 m u. GOK Ergebnisse aus der schweren Rammsondierung (DPH 7)

vor. Die ermittelten Schlagzahlen N_{10} der schweren Rammsondierung entsprechen einer mitteldichten Lagerung der Sande.

2.4 Baugrundmodell

Im Ergebnis der Baugrunderkundungen und Laboruntersuchungen lässt sich für den Untersuchungsbereich ein Baugrundmodell entwickeln, welches für die Bewertung der Baugrundverhältnisse herangezogen werden kann. Dabei wurden die Böden in Schichten mit annähernd gleichen bodenphysikalischen und bodenmechanischen Eigenschaften zusammengefasst.

Zur Vereinheitlichung wurde für das Projekt Weichenheizungen am RBF Nürnberg (WHZ 8, 10, 16, 17, 18, 19, 22) ein zusammenhängendes Schichtenmodell entwickelt. In Abhängigkeit der lokal erkundeten Böden ist demzufolge nicht immer eine fortlaufende Schichtnummerierung je Teilobjekt vorhanden.

Tabelle 2: Baugrundmodell

Gruppe	Schicht	Lagerungsdichte/ Konsistenz	Klassifikation lt. DIN 18196	Beschreibung	Frostsicherheit nach ZTVE-STB	Durchlässigkeitsbeiwert nach USBR k_f [m/s]
Auffüllung	1.2.1	lo	[GW]	Auffüllung: Kies, sandig	F1	$10^{-2} \dots 10^{-5}$
	2.1.1	lo	[SU]	Auffüllung: Sand, schwach schluffig	F1/F2	$10^{-4} \dots 10^{-6}$
	2.2.1	lo	[SU*]	Auffüllung: Sand, schluffig	F3	$10^{-5} \dots 10^{-7}$
Sedimente (Quartär)	3.1.2	md	SU	Sand, schwach schluffig	F1/F2	$10^{-4} \dots 10^{-6}$
	3.2.2	md	SE	Sand, schwach kiesig	F1	$10^{-2} \dots 10^{-5}$

2.5 Charakteristische Bodenrechenwerte

Den anstehenden Schichten können für erdstatische Berechnungen folgende Bodenrechenwerte zugewiesen werden:

Tabelle 3: Bodenrechenwerte

Schicht	Lagerungs- dichte / Konsistenz	DIN 18196	Boden				
			γ_k	γ'_k	ϕ'_k	c'_k	$E_{s,k}^{1)}$
			kN/m ³	kN/m ³	°	kN/m ²	MN/m ²
1.2.1	lo	[GW]	17,0	9,5	32,5	0	15
2.1.1	lo	[SU]	16,0	8,5	30,0	0	12
2.2.1	lo	[SU*]	16,5	9,0	30,0	0	10
3.1.2	md	SU	17,0	9,5	30,0	0	40
3.2.2	md	SE	17,0	9,5	32,5	0	40

lo = locker, md = mitteldicht, d = dicht, w = weich, st = steif

1) Die Angaben für den Steifemodul $E_{s,100}$ gelten bei einer Spannung $\sigma = 100$ kN/m², die Ermittlung des spannungsabhängigen Steifemoduls $E_{s,k}$ ergibt sich nach der Gleichung:

$$E_s = E_{s,100} \left(\frac{\sigma}{100 \text{ kN/m}^2} \right)^w, \text{ wobei } w \text{ ein Parameter ist und } \sigma \text{ die betrachtete Spannung.}$$

Der Parameter w ist in Abhängigkeit der Bodenart zu wählen:

Organische Böden: $w = 0,85 - 1,0$

Tone: $w = 0,85 - 1,0$

Schluffe: $w = 0,80 - 0,95$

Sand / Kies: $w = 0,55 - 0,70$

2.6 Hydrologische Verhältnisse

Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten im Dezember 2017 wurden die angetroffenen Bodenschichten erdfeucht angetroffen. Grundwasser wurde im Zuge der aktuellen Erkundungskampagne nicht angetroffen.

Den Aquifer im Untersuchungsgebiet bilden die Sandsteine des Unteren Burgsandsteins. Es handelt sich um einen großräumig zusammenhängenden Kluftgrundwasserleiter mit z.T. schwebenden Grundwasserstockwerken, abhängig vom Vorhandensein und der Verteilung der Tonsteinzwischenschichten. Die Grundwasserfließrichtung ist Nordnordwest. Den Vorfluter bildet die Pegnitz / U 20/.

Im Grundwasserbericht der Stadt Nürnberg /U 20/ wird für den Untersuchungsbereich ein Flurabstand von 9,0 bis 10,0 m angegeben. Dementsprechend ist für das geplante Bauvorhaben nicht mit dem Einfluss von Grundwasser zu rechnen.

2.7 Kampfmittel

Im Untersuchungsbereich liegen nachweislich Kriegseinwirkungen vor. Die Ansatzpunkte der Baugrunduntersuchungen wurden deshalb vor Beginn der Arbeiten lokal vor Ort von einer gem. §20 SprengG zertifizierten Fachfirma hinsichtlich Kampfmitteln freigemessen.

Die durchgeführte Freimessung bezieht sich ausschließlich auf die Bohr- und Sondieransatzpunkte der Baugrunduntersuchung. Sie ersetzt nicht gegebenenfalls erforderliche kampfmitteltechnische Maßnahmen während der Bauausführung.

2.8 Erdbebenzone

Nürnberg (PLZ: 90469) in Bayern gehört, bezogen auf die Koordinaten der Ortsmitte, zu keiner Erdbebenzone.

2.9 Rammfähigkeit des Untergrundes

Die erkundeten Baugrundsichten bestehen aus Auffüllungen und anstehenden Lockergesteinen. Eine Klassifizierung der Böden hinsichtlich ihrer Rammfähigkeit (z.B. nach DIN-Norm) gibt es nicht. Die nachfolgende Einschätzung basiert auf Grundlage der erkundeten Bodenarten, Lagerungsdichten und Erfahrungswerten.

In der nachfolgenden Tabelle ist die Rammfähigkeit der erkundeten Bodenschichten im Untersuchungsabschnitt dargestellt:

Tabelle 4: Rammfähigkeit des Baugrundes

Schicht	Bodenart	Klassifikation lt. DIN 18196	Lagerungsdichte/ Konsistenz	Rammfähigkeit
1.2.1	Auffüllung: Kies, sandig	[GW]	lo	leicht bis mittelschwer
2.1.1	Auffüllung: Sand, schwach schluffig	[SU]	lo	leicht bis mittelschwer
2.2.1	Auffüllung: Sand, schluffig	[SU*]	lo	leicht bis mittelschwer
3.1.2	Sand, schwach schluffig	SU	md	mittelschwer bis schwer

Schicht	Bodenart	Klassifikation lt. DIN 18196	Lagerungsdichte/ Konsistenz	Rammfähigkeit
3.2.2	Sand, schwach schluffig	SE	md	mittelschwer bis schwer

In aufgefüllten Böden ist generell mit Steinen, Blöcken o.ä. zu rechnen, die die Rammfähigkeit des Untergrundes wesentlich verschlechtern können.

Generell empfehlen wir zur Festlegung der Rammtechnologie bzw. der Geräte, vor Ausführung der Rammarbeiten Proberammungen durchzuführen. Für die Rammarbeiten sind Vorbohrreinrichtungen zur Beseitigung von Rammhindernissen vorzuhalten. Wir empfehlen die Gleislage während der Rammarbeiten zu überwachen.

3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen / Bautechnische Empfehlungen

3.1 Allgemeine Angaben

Gemäß den uns vorliegenden Informationen ist der Neubau von einem Betonschaltheis für die Weichenheisanlage 22 am RBF Nürnberg geplant. Das BSH soll nach /U 21/ als große Variante nach Elh 00.05.04 ausgeführt werden. Bzgl. der Abmessungen wird von einer Länge von ca. 3,0 m und einer Breite von ca. 2,0 bis 3,0 m ausgegangen.

Das Bauwerk ist nach EC 7 der geotechnischen Kategorie GK 1 zuzuordnen.

Das Untersuchungsgebiet liegt innerhalb der Frosteinwirkungszone 2, als Frosteindringtiefe kann 1,20 m unter GOK angenommen werden.

3.2 Gründung Betonschaltheis

Das geplante BSH soll nach Angaben des Planers flach mittels Bodenplatte gegründet werden. Nach Rücksprache mit dem zuständigen Planer stand die endgültige Gründungstiefe des Bauwerks zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht fest. Deshalb wird entsprechend der Absprache mit dem Planer eine Tiefe von 0,80 m u. GOK als Gründungsniveau angenommen.

Für die Bewertung der Tragfähigkeit des Untergrundes im Gründungsniveau wird auf Grundlage von Erfahrungswerten angenommen, dass ein Bemessungswert des Sohlwiderstands von $\sigma_{R,d} = 120 \text{ kN/m}^2$ auf der OK Erdplanum für den Abtrag der Vertikalkräfte erforderlich ist.

3.2.1 Gründungshorizont

Bei einer angenommenen Gründungstiefe von 0,80 m u. GOK kommt das Fundament in der Schicht 1.2.1 [GW] zu liegen. Bei dieser Bodenschicht handelt es sich um weit gestufte Kiese in lockerer Lagerung. Die Bodenschicht wird von schluffigen Sanden in ebenfalls lockerer Lagerung unterlagert, welche bis 1,30 m u. GOK reichen.

Die angetroffenen Bodenschichten können weder als ausreichend tragfähig angesehen werden, noch erfüllen sie die Anforderungen der ZTVE-StB 17 an einen frostsicheren Boden bis in eine Tiefe von 1,2 m u. GOK.

Unter den vorliegenden Verhältnissen empfehlen wir einen Bodenaustausch auszuführen um die frostsichere Gründung des Bauwerks zu gewährleisten.

3.2.2 Bodenaustausch

Aufgrund der anzusetzenden Frosteindringtiefe im Untersuchungsgebiet muss die Unterkante des Bodenaustausches mindestens 1,20 m unter der späteren GOK liegen (unabhängig von der endgültigen Tiefenlage der Fundamentunterkante). Zur frostfreien Gründung der Betonschalhäuser sowie zur Verringerung und Vergleichmäßigung von Bauwerkssetzungen wird empfohlen, ein Kiespolster (GW, GI) mit einer Stärke von mind. 0,4 m auf das Erdplanum aufzubauen. Für die Ausführung und den Schutz des Erdplanums sind die Anforderungen der ZTVE-StB 17 Kap. 4.4 zu erfüllen.

Das Gründungspolster sollte mit einem weitgestuften Kies oder Schottergemisch beispielsweise der Körnung 0/32 mm oder 0/56 mm aus Brechkorn hergestellt werden. Hierbei ist ausschließlich güteüberwachtes und verifiziertes Material zu verwenden. Das einzubauende Material soll die Anforderungen nach der ZTVE-StB 17 an die Frostsicherheit erfüllen. Der Einbau der mineralischen Tragschicht hat lagenweise und mit einer Verdichtung der einzelnen Lagen auf $D_{Pr} \geq 100 \%$ zu erfolgen. Die zulässige Stärke der einzelnen Einbaulagen ist abhängig vom Größtkorn des Einbaumaterials und den verwendeten Gerätschaften zur Verdichtung zu wählen (siehe hierfür ZTVE-StB-09). Für Kiesmaterial sind Einbaustärken von $\leq 0,3$ m vorzusehen. Auf dem verdichteten Kiespolster ist ein E_{v2} -Wert $\geq 120 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{vd} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Beim Einbau des Kiespolsters ist zu beachten, dass dieses einen Überstand besitzen muss, der mindestens so groß wie dessen Dicke ist, da sich die Fundamentlast im Kiessand etwa unter 45° ausbreitet.

Sollten beim Aushub von der Erkundung abweichende Untergrundverhältnisse auftreten, ist ein geotechnischer Sachverständiger hinzu zu ziehen.

Für das Gründungspolster können folgende Bodenrechenwerte zum Ansatz gebracht werden:

- Wichte über Wasser $\gamma_k = 22 \text{ kN/m}^3$
- Wichte unter Auftrieb $\gamma'_k = 12 \text{ kN/m}^3$
- Reibungswinkel $\phi'_k = 35,0^\circ$
- Kohäsion $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$
- Steifemodul $E_{s,k} = 80 \text{ MN/m}^2$

3.2.3 Setzungsberechnung

Für die Bemessung einer Flachgründung sind die Bemessungswerte des Sohldruckwiderstands erforderlich. Diese müssen so gewählt werden, dass:

- a) die Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 gewährleistet ist und
- b) keine bauwerkschädlichen Setzungen bzw. Setzungsunterschiede eintreten.

Unter Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte nach EC7 und lotrecht mittiger Belastung wurden überschlägliche Grundbruch- und Setzungsberechnungen mit dem Programm GGU Footing durchgeführt /U 18/.

Für die Berechnungen zur Vorbemessung gehen wir von folgenden Annahmen aus:

Tabelle 5: Annahmen zur durchgeführten Setzungsberechnung

	BSH WHZ 22
Fundamentart:	Einzelfundament
Fundamentlänge:	a = 3,00 m
Fundamentbreite:	b = 2,0 ... 3,0 m
Gründungstiefe:	0,8 m u. GOK
Belastung:	120 kN/m ² (geschätzt)
Grundwasser:	--
Bodenprofil:	KRB 7
Vorbelastung:	16 kN/m ²

Die Ergebnisse der durchgeführten Grundbruchberechnungen und Setzungsabschätzungen sind Tabelle 6 sowie der Anlage 6 zu entnehmen.

Tabelle 6: Setzungsberechnung Flachgründung BSH WHZ 22.

Fundamentbreite [m] ¹⁾	2,0	2,5	3,0
Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei Grundbruch und	559,2	636,4	702,5
dazugehörige Setzung s [cm] nach DIN 1054: 2010-12	1,58	2,05	2,50
Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei s = 1,0 cm	377,0	342,0	320,0
Aufnehmbarer Sohldruck $\sigma_{E,k}$ [kN/m ²] bei s = 1,0 cm	264,6	240,0	224,6
Bettungsmodul k_s [MN/m ³] bei s = 1,0 cm	26,4	24,1	22,4

¹⁾ Fundamentlänge a = 3,0 m

Die Zwischenwerte bzw. Setzungen in Abhängigkeit von den Bodenpressungen und Fundamentbreiten können dem Diagramm in Anlage 6 entnommen werden.

Hinweis:

Bei den Bemessungswerten des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ ist zu beachten, dass in diesen Werten gegenüber dem aufnehmbaren Sohldruck die Teilsicherheitsbeiwerte für die ständigen Einwirkungen ($\gamma_G = 1,35$) und veränderlichen Einwirkungen ($\gamma_Q = 1,50$) berücksichtigt sind.

Um aus dem Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ den aufnehmbaren Sohldruck σ zu ermitteln, muss dieser durch die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen $\gamma_{(G, Q)}$ gemäß folgender Gleichung dividiert werden:

$$\sigma = \sigma_{R,d} / \gamma_{(G, Q)} \text{ mit } \gamma_{(G, Q)} = V \cdot \gamma_Q + (1-V) \cdot \gamma_G$$

(V = Verhältnis Veränderliche (Q) / Gesamtlasten (G+Q))

Bei einem angenommenen Verhältnis V = 0,5 ergibt sich somit:

$$\gamma_{(G, Q)} = 0,5 \cdot 1,5 + (1-0,5) \cdot 1,35 = 1,425$$

zul $\sigma = \sigma_{R,d} / 1,425$

3.3 Hinterfüllungen

Die Rückverfüllung des Aushubbereiches muss gemäß den Anforderungen der Ril 836 bzw. dem „Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke“ der FGSV ausgebildet werden. Nach Ril 836 sind die Bauwerkshinterfüllungen so auszubilden, dass Setzungen am Übergang zwischen Kunstbauwerk und Erdbauwerk infolge von:

- Konsolidierung des Untergrundes,
- Eigenverformung der Hinterfüllung und
- Verkehrsbelastung

minimiert werden.

Die Hinterfüllmaterialien sollen gemäß Ril 836, Modul 836.4106, Bild 2 /U 13/ aus wasserdurchlässigen, grobkörnigen, weit- oder intermittierend gestuften Kies-Sanden (GW, GI, SW, SI nach DIN 18196) mit einem Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 1,0$ bestehen. Um dies zu erreichen, ist das Material im erdfeuchten Zustand in Lagen von $d \leq 0,30$ m einzubauen und zu verdichten. Die Verdichtung ist im Zuge der Bauausführung kontinuierlich nachzuweisen. Das einzubauende Material ist im Vorfeld der Baumaßnahme auf seine Eignung hin zu prüfen. Zur Qualitätssicherung im Hinterfüllbereich ist der Prüfumfang gemäß Ril 836.4106, Absatz 9 einzuhalten.

3.4 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Baugruben können gemäß DIN 4124 bis 1,25 m Tiefe bzw. bis zum Erreichen des Grundwassers senkrecht ausgehoben werden. Tiefere Baugruben müssen geböscht oder verbaut werden. Unbelastete Böschungen bis 5,00 m Höhe, deren Böschungsfuß über dem Grundwasserspiegel liegt, können nach DIN 4124 in nichtbindigen Böden (Kiese/Sande) unter Einhaltung eines Böschungswinkels $\leq 45^\circ$ ohne gesonderten Nachweis hergestellt werden. In mind. steifen bindigen Böden (Tone/Schluffe) können Böschungen bis 5,00 m Höhe, deren Böschungsfuß über dem Grundwasserspiegel liegt, unter Einhaltung eines Böschungswinkels $\leq 60^\circ$ ohne gesonderten Nachweis hergestellt werden. Die Baugrubenwände dürfen nur frei geböscht angelegt werden, wenn gewährleistet ist, dass die in Abs. 4.2.5 der DIN 4124:2012-1 genannten Mindestabstände von Verkehrslasten eingehalten werden und die in Abs. 4.2.6 genannten besonderen Einflüsse nicht gegeben sind. Kommt ein Baugrubenverbau zur Anwendung, ist die Art und Dimensionierung des Verbaus in Abhängigkeit der auftretenden Lasten vom Statiker festzulegen und rechnerisch nachzuweisen.

Nach aktuellem Kenntnisstand, liegt das geplante Baufeld im Sicherungsbereich 1 nach RIL 836.4305. Dementsprechend ist keine Sicherung der Bestandsgleise notwendig. Es wird empfohlen, dies im Zuge der weiteren Planung zu überprüfen und falls notwendig die Bestandsgleise gemäß den Anforderungen und Vorgaben der RIL 836.4301, 836.4302 und 836.4304 zu sichern.

Im Zuge der Baugrunderkundung wurde kein Grundwasser angetroffen. Somit ist im Falle einer Flachgründung nicht mit dem Zutritt von Grundwasser in die Baugrube zu rechnen.

Speziell nach Niederschlagsereignissen ist mit Schicht- und Oberflächenwasser zu rechnen. Wir empfehlen zur Entwässerung der Baugrube eine offene Wasserhaltung anzuwenden. Beim Verfahren der offenen Wasserhaltung wird das, der Baugrube zufließende Oberflächenwasser in offenen Gräben oder Dränen gesammelt, dem Pumpensumpf zugeleitet und hier abgepumpt. Ausreichend starke Pumpen sind vorzuhalten.

Soll anfallendes Wasser in die Vorflut eingeleitet werden, ist hierfür eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich.

3.5 Einfluss der Baumaßnahme auf angrenzende Bebauungen / Gleisanlagen

Bei Rammarbeiten, Einsatz von Großbohrgeräten etc. sind Erschütterungen grundsätzlich nicht auszuschließen. Des Weiteren können beim lagenweisen Einbau der Widerlagerhinterfüllungen Begleitsetzungen nicht ausgeschlossen werden. Es wird daher empfohlen, insbesondere bei Rammarbeiten eine kontinuierliche Beobachtung und messtechnische Überwachung angrenzender Bebauungen bzw. Gleisanlagen durchzuführen.

3.6 Bautechnische Wiederverwendbarkeit von Aushubmassen

Die bei der Bauausführung anfallenden Böden können in Bereichen ohne besondere Anforderungen an Durchlässigkeit, Verdichtungsgrad, Frostepfindlichkeit usw. als Auffüllmaterial o.ä. eingesetzt werden. Fremdbestandteile wie Wurzeln, Bauschutt oder Schlacke sind vor einer Wiederverwendung der Böden auszusondern. Ggf. anfallende aufgeweichte bindige Böden sind vor Wiedereinbau gesondert zu behandeln (z.B. Zumischung von Grobkorn, Austrocknung mit Branntkalk).

Die v. g. Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die bautechnische Wiederverwendbarkeit von Aushubböden. Vor einer Wiederverwendung sind die Ergebnisse der abfalltechnischen Untersuchungen (siehe Kapitel 5) unbedingt zu berücksichtigen.

4 Sickerfähigkeit des Untergrundes

Nach DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ /U 19/ sind Böden für Versickerungsanlagen geeignet, deren Durchlässigkeitsbeiwerte k_f im Bereich von 10^{-3} bis 10^{-6} m/s liegen. Außerdem sollte die Mächtigkeit des Sicker-raumes (Gesteinskörper, der zum Betrachtungszeitpunkt kein Grundwasser enthält), bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei Einsatz einer Schachtversickerung sollte der Abstand zwischen Oberkante der Filterschicht und dem mittleren höchsten Grundwasserstand das Maß von 1,5 m nicht unterschreiten.

Die Durchlässigkeit von Lockergesteinen hängt überwiegend von ihrer Korngröße, Kornverteilung und Lagerungsdichte ab. Sie wird durch den Durchlässigkeitswert (k_f -Wert) ausgedrückt. Bei Lockergesteinen variiert sie im Allgemeinen zwischen 10^{-2} und 10^{-10} m/s.

Der Baugrund am untersuchten Standort ist ab einer Tiefe von ca. 3,2 m u. SO als versickerungsfähig zu betrachten. Für die hier anstehenden, eng gestuften Sande in mitteldichter Lagerung kann ein Bemessungsdurchlässigkeitsbeiwert von $2,7 \times 10^{-4}$ m/s (nach Beyer) angenommen werden. Sollte dennoch anfallendes Wasser in die Vorflut eingeleitet werden, ist hierfür eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich.

5 Abfalltechnische Untersuchungen

Für die Durchführung der abfalltechnischen Untersuchungen wurde das nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Labor der DB E&C in Kirchmöser beauftragt.

Zur abfalltechnischen Beurteilung wurden aus allen Einzelproben der Rammkernsondierungen im Bereich der Auffüllungen und des anstehenden Bodens je eine Mischprobe (MP1 EPP Anstehend und MP2 EPP Auffüllung) zusammengestellt.

Die Bodenmischproben wurden gemäß Eckpunktepapier /U 17/ chemisch analysiert und eingestuft.

Wir weisen jedoch darauf hin dass sich aus den durchgeführten abfalltechnischen Untersuchungen lediglich eine grob überschlägige Bewertung der Belastungsgrade ableiten lässt. Bei der Bauausführung ist der anfallende Erdaushub bauseits auf Haufwerken von ca. 250 m³ bis 500 m³ zwischenzulagern, gemäß den geltenden Probenahmenvorschriften (LAGA PN 98) zu beproben und den erforderlichen chemisch-analytischen Untersuchungen zuzuführen. Gegebenenfalls ist ein Verwertungs- bzw. Entsorgungskonzept zu erstellen, und mit der bodenschutzrechtlich zuständigen Behörde abzustimmen.

5.1 Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Folgende Schadstoffbelastungen wurden analysiert:

Tabelle 7: Ergebnisse der Bodenuntersuchungen nach Eckpunktepapier.

Art:	Boden	Boden
Beschreibung:	Auffüllung	Anstehend
Herkunft:	KRB 1-7	KRB 1-7
Probenahme:	0,40 - 1,30 m	0,4 - 8,0 m
Probenbezeichnung	MP2-EPP Auffüllung	MP1-EPP Anstehend
Prüfbericht-Nr:	18B00298	18B00298
Untersuchungsumfang:	Eckpunktepapier	Eckpunktepapier
Einstufung nach Eckpunktepapier:	Z 1.2	Z0
Maßgebende Parameter:	Σ PAK 6,02 mg/kg	--

Die Prüfberichte des chemisch-analytischen Labors sind der Anlage 5 zu entnehmen.

5.2 Verwertung und Entsorgung

Nach dem Ergebnis der chemischen Analyse sind die Bodenmischproben gemäß bayerischem Eckpunktepapier /U 17/ folgendermaßen zu deklarieren.

- **Z 1.2:** MP2 EPP Auffüllung
- **Z 0:** MP1 EPP Anstehend

Die Verwertung / Entsorgung der Bodensubstanz richtet sich nach den Zuordnungswerten der „Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen (LfVGBT), Leitfa- den zu den Eckpunkten (EPP), Dez. 2005 /U 17/. Hierbei sind für die untersuchten Parameter des beprobten Bodenmaterials nachfolgende Einbauklassen gültig:

uneingeschränkter Einbau Z 0

Verzicht auf den Einbau in Kinderspielflächen, Sportanlagen, Schulhöfen, gärtnerisch und landwirtschaftlich genutzte Flächen, Trickwasserschutzgebiete (Zone I+II).

eingeschränkter offener Einbau Z 1

Zuordnungswert Z 1.1:

Bei Einhaltung der entsprechenden Werte ist ein Einbau auf nutzungsunempfindlichen Flächen möglich (z.B. bergbauliche Rekultivierungsgebiete, Straßenbau und begleitende Erdbau-maßnahmen, Industrie-, Gewerbe- und Lagerflächen).

Zuordnungswert Z 1.2:

Bei Einhaltung der entsprechenden Werte ist ein Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten möglich (Grundwasserleiter wird durch ausreichend mächtige, gering durchlässige Deckschichten überlagert).

eingeschränkter Einbau mit technischen Sicherungsmaßnahmen Z 2

Bei Einhaltung der entsprechenden Werte ist ein Einbau in z.B. Straßen- und Wegebau, Lärmschutzwällen, Straßendämmen unter technischen Sicherungsmaßnahmen möglich. Recyclingbaustoffe und nicht aufbereiteter Bauschutt dieser Klasse dürfen nicht in Dränschichten oder zur Verfüllung von Leitungsgräben ohne technische Sicherungsmaßnahmen verwendet werden.

Behandlung/Deponierung >Z 2

Bodenmaterial mit Schadstoffkonzentrationen über dem Z 2-Zuordnungswert ist unter Berücksichtigung abfallrechtlicher Bestimmungen in zugelassenen Bodenbehandlungsanlagen aufzubereiten bzw. auf entsprechenden Deponien (gemäß DepV) zu entsorgen.

6 Homogenbereiche

Gemäß VOB, Teil C /U 10/ sind Boden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein begrenzter Bereich bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- bzw. Felsschichten, der für das jeweilige Baugewerk bzw. Bauverfahren vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Die Einteilung der bei der Baugrunduntersuchung angetroffenen Böden in Homogenbereiche gemäß VOB, Teil C ist in Anlage 7 dargestellt.

7 Zusammenfassung und Hinweise

Im vorliegenden geotechnischen Bericht sind die Boden- und Grundwasserverhältnisse für den geplanten Neubau eines Betonschalthauses im Bereich des Rangierbahnhofs Nürnberg dargestellt. Gegenstand der Untersuchungen ist die Beurteilung des Baugrundes für die Gründung des geplanten Betonschalthauses sowie eine abfalltechnische Beurteilung der anstehenden Böden.

Entsprechend den Ergebnissen der Baugrunderkundung stehen im Untersuchungsbereich unterhalb des Auffüllungshorizontes zunächst schwach schluffige Sande bis in eine Tiefe von 3,2 m u. SO an, welche anschließend von dicht gelagerten, eng gestuften Sanden bis zur Endteufe des Aufschlusses bei 8,2 m u. SO unterlagert werden.

Grundwasser wurde im Zuge der Baugrunderkundung nicht angetroffen.

In Kapitel 3 werden Angaben zur Gründung des Betonschalthauses gemacht. Aus geotechnischer Sicht ist bei den erkundeten Baugrundverhältnissen eine Flachgründung mit Bodenplatte möglich. Um die Frostsicherheit der Gründung zu gewährleisten, wird ein Bodenaustausch bis auf 1,2 m unter GOK empfohlen.

Bei Abbrucharbeiten, Rückverfüllung oder Verdichtungsarbeiten wird die Durchführung von Setzungsmessungen sowie einer Beweissicherung hinsichtlich eventueller Begleitsetzungen der Gleisanlagen empfohlen.

In Kapitel 5 sind die Ergebnisse der abfalltechnischen Untersuchungen dargelegt. Die aufgefüllten Böden sind als Z1.2 und die anstehenden Böden sind als Z0 nach bayerischem Eckpunktepapier einzustufen. Hinweise zur fachgerechten Separation von Aushub- und Abbruchmaterial sowie zur Haufwerksbildung während der Bauausführung sind ebenfalls dem Kapitel 5 zu entnehmen.

Gemäß VOB 2016, Teil C sind im Vorfeld der Baumaßnahme die zu erwartenden Bodenschichten in Homogenbereiche mit gleichen bzw. ähnlichen bodenphysikalischen Eigenschaften einzuteilen. Die Einteilung der bei der Baugrunduntersuchung erbohrten Bodenschichten hinsichtlich des Gewerkes Erdarbeiten (ERD, GK1) ist in der Anlage 7 dargestellt.



Die punktförmig durchgeführten Bodenuntersuchungen geben einen Überblick über die vorhandenen Untergrundverhältnisse, schließen jedoch Abweichungen in Teilbereichen nicht aus. Wir empfehlen uns einzuschalten wenn sich Abweichungen von den Untersuchungsergebnissen ergeben, bzw. wenn planungstechnische Änderungen durchgeführt werden, die Einfluss auf das Tragschichtsystem haben können.

Unsere beauftragten Leistungen für dieses Objekt sind hiermit abgeschlossen.

Aufgestellt durch:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'V. Manhart'.

M. Sc. Ing. - Hydrogeol. V. Manhart