

GUTACHTEN

Nr. 94646470

Datum:

15.01.2019

Auftraggeber:

Stadt Nürnberg
Verkehrsplanungsamt
Lorenzer Str. 30
90402 Nürnberg

Projekt:

Neue Rothenburger Straße

Auftrag vom:

29.08.2018

Inhalt des Auftrages:

Bodengutachten für das Planfeststellungsverfahren

Bearbeiter / Sachverständiger: Prof. Dr. Bayer

Telefon Nr.: +49 911 655-5584

Telefax Nr.: +49 911 655-5510

E-Mail: manfred.bayer@de.tuv.com

Dieses Gutachten umfasst 34 Textseiten und 8 Anlagen bzw.-gruppen.

Dieses Gutachten darf nur im vollen Wortlaut veröffentlicht werden.

Jede Veröffentlichung in Kürzung oder Auszug bedarf der vorherigen Genehmigung durch die TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH.

Für die Auftragsabwicklung haben wir wesentliche Daten und Ihre Anschrift gespeichert. Der Datenschutz ist gewährleistet.

TÜV Rheinland
LGA Bautechnik GmbH
Grundbau
Tillystraße 2
90431 Nürnberg

Tel +49 911 655-5584
Fax +49 911 655-5510
Mail bautechnik@de.tuv.com

Geschäftsführung

Andreas Geck

Nürnberg HRB 20586
Steuer-Nr. 241/115/90733
Ust-IdNr. DE813835574

Web www.tuv.com

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	4
2	Unterlagen.....	4
3	Bauwerksbeschreibung, Geotechnische Kategorie, Erdbebenzonen	5
4	Felduntersuchungen	7
4.1	Untersuchungskonzept, vorbereitende Maßnahmen.....	7
4.2.	Bohrungen.....	8
4.3.	Rammsondierungen	10
4.4.	Schurfaufnahmen	13
4.5.	Plattendruckversuche	14
5	Laboruntersuchungen.....	14
5.1	Bodenmechanische Untersuchungen	14
5.1.1	Kornverteilung	14
5.1.2	Konsistenzen.....	16
5.1.3	Proctorversuch	16
5.2	Chemische Untersuchungen.....	17
5.2.1	Wasseranalytik nach DIN 4030.....	17
5.2.2	Aushubdeklaration.....	17
6	Baugrundmodell	18
7	Grundwasserverhältnisse (Grund- bzw. Stauwasser)	20
7.1	Allgemeine Grundwassersituation	20
7.2	Strömungsverhältnisse	21
7.3	Grundwasserentwicklung / Pegelverlauf	22
8	Altlastenverdachtsflächen.....	23
9	Angaben zum Baugrund.....	24
9.1	Kennwerte für Boden und Fels	24
9.2	Homogenbereiche	28
10	Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung	29
10.1	Tragfähigkeit des Baugrundes und des Planums, Bodenverbesserung	29
10.2	Frostempfindlichkeit.....	31
10.3	Angaben über die Wiedereinbaubarkeit des Erdbaumaterials.....	31
10.4	Angaben zur Versickerungsfähigkeit des Baugrundes.....	32

Gutachten Nr. 94646470 vom 15.01.2019

10.5	Auswirkung auf U-Bahnbauwerke.....	32
11	Schlußbemerkung	33
	Anlagenverzeichnis.....	34

1 Veranlassung

Für das Planfeststellungsverfahren „Neuen Rothenburger Straße“ benötigt die Stadt Nürnberg ein Baugrundgutachten.

Im Zuge der Entwicklung des Baulandes „Tiefes Feld“ soll ein Lückenschluss der Rothenburger Strasse zwischen der Charles-de-Gaulles-Brücke und der Brücke über die Ringbahn erfolgen. Im „Tiefen Feld“ ist auch ein neuer Haltepunkt für die Verlängerung der U-Bahnlinie U3 Südwest vorgesehen.

Mit Schreiben vom 29.08.2018 wurde die TR LGA Bautechnik GmbH mit der Durchführung eines entsprechenden Bodengutachtens für das Planfeststellungsverfahren beauftragt. Die im Zuge der U-Bahnplanungen bereits gewonnenen Ergebnisse der Boden- / und Grundwasseruntersuchungen dürfen bei der Projektbearbeitung verwendet werden.

2 Unterlagen

Zur Projektbearbeitung lagen uns folgende Unterlagen vor:

- Stadt Nürnberg, Verkehrsplanungsamt Straßenplanung: Rothenburger Straße Lückenschluß Tiefes Feld, Lageplan Plan-Nr. 2.2076.2.7 M 1 : 1000 v. 08.03./20.03.2018.
- Stadt Nürnberg, Verkehrsplanungsamt Straßenplanung: Rothenburger Straße Lückenschluß Tiefes Feld, Längsschnitt (Vorabzug) M 1 : 1000 v. 02.03.2018.
- Stadt Nürnberg, Verkehrsplanungsamt Straßenplanung: Rothenburger Straße Lückenschluß Tiefes Feld, Achse 218, Querschnitte Station 266, Station 552, Station 830 (Vorabzug) M 1 : 1000 v. 02.03.2018.
- TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH Grundbau: U-Bahn Nürnberg U3 Südwest BA 2.2; Geotechnischer Bericht zur Ausschreibung, Teil 1 Baugrundgutachten, Az. Nr. 94606676 v. 23.07.2014

- TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH Grundbau: U-Bahn Nürnberg; U3SW BA2.2; Umweltbeeinflussung durch Bau und Bestand; Vorgutachten Schutzgüter Boden und Wasser; Vorprüfung der UVP-Pflicht vom 11.04.2012.
- LGA Institut für Umweltgeologie und Altlasten GmbH; U3 Südwest, Bauabschnitt 2.2, Streckenabschnitt Großreuth - Gebersdorf; Historische Recherche zur Ermittlung von Altlasten / Altlastenverdachtsflächen und Altlastenerkundung; IUA2007102-11 Gutachten vom 20.11.2008.
- TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH Grundbau: Langjährige Pegelraten der Grundwassermessstellen PB605, PB9/95, PB705, PB23/2012.
- Fa. Behringer+Dittmann mbH, Nürnberg: Schichtenverzeichnisse der Aufschlußbohrungen B1 und B2 im Auffüllungsbereich östlich der Charles-de-Gaulles-Brücke; Ausführungszeitraum 06.- 07.11.2017.
- Geologische Karte von Bayern Nürnberg-Fürth-Erlangen, M 1 : 50.000.
- Geologische Karte von Bayern, Blatt Nr. 6532 Nürnberg, M 1 : 25.000.

3 Bauwerksbeschreibung, Geotechnische Kategorie, Erdbebenzonen

Die Stadt Nürnberg plant den Ausbau eines ca. 1 km langen Abschnittes der Rothenburger Straße (Staatsstraße 2245) im Bereich „Tiefes Feld“.

Die geplante Straße führt in geradem Verlauf von der Charles-de-Gaulles-Brücke (Sigmundstraße) über heutige landwirtschaftliche Flächen bis zur Brücke über die Ringbahn **Anlage 1**). Die jeweiligen Anschlüsse wurden bereits vor geraumer Zeit im derzeitigen Straßennetz berücksichtigt.

Nördlich und südlich der geplanten Straße werden gleichzeitig die Bebauungspläne Nr. 4445 a und b aufgestellt. Die beiden Baugebiete werden über den neuen Abschnitt der Rothenburger Straße erschlossen. Zudem wird die U-Bahnlinie 3 Richtung Gebersdorf verlängert. Die Straßenplanung berücksichtigt die U-Bahntrasse und den zukünftigen U-Bahnhof Kleinreuth bei Schweinau.

Gutachten Nr. 94646470 vom 15.01.2019

Die neue Rothenburger Strasse teilt sich unmittelbar nach den Anschlüssen an den Bestand in einen nördlichen und einen südlich verlaufenden Fahrbahnstrang auf. Diese werden jeweils um den U-Bahnhof Kleinreuth geführt. Die südlich verlaufende Fahrbahn tangiert sowohl die Tunneleinfahrt und –ausfahrtbereiche der U3. Der Abstand zwischen der Oberkante der Trogbauwerke und der Gradienten der neuen Rothenburger Straße schwankt zwischen ca. 1,5 m im Bereich des Bahnhofs und ca. 5 m im Bereich der überquerten Tunnelstrecken (s. Querschnitte **Anlage 3.2 bis 3.4**).

Zur Gestaltung der Straßengradienten wird ein Reliefausgleich erforderlich. Die Abtrags- und Auftragsbereiche sind dem Längsschnitt der **Anlage 3.1** zu entnehmen. Demnach wird sich im Bereich der künstlichen Auffüllung östlich der Charles-de-Gaulles Brücke ein Geländeabtrag bis max. 5 m Mächtigkeit ergeben. Östlich der Auffüllung ist bis zum Anschluß an die Brücke über die Ringbahn ein Geländeauftrag in Mächtigkeiten von zwei bis drei Metern geplant.

Aufgrund der aus früheren Erkundungen für die U-Bahn im Tiefen Feld bekannten problematischen Baugrundverhältnisse, wie

- Stauwasserbildung mit oberflächennahen Vernässungen
- vorhandene künstliche Auffüllungen
- Altlastenverdachtsflächen und Kampfmittelverdacht sowie
- der zukünftig vorhandenen unterirdischen Bauwerke (Tunnelröhren, U-Bahnhöfe) im Einflußbereich der Neuen Rothenburger Straße

ist das Bauvorhaben nach EC7-2 mit DIN 4020 in die Geotechnische Kategorie 3 (höchste Stufe) einzuordnen.

Das Untersuchungsgebiet ist nach DIN EN 1998-1-NA: 2018 (vormals DIN 4149: 2005-04) keiner Erdbebenzone zuzuordnen. Im Sinne der Norm handelt es sich um ein Gebiet mit sehr geringer Seismizität. Danach kann auf den Ansatz einer Beschleunigung (Referenz-Spitzenwert der Bodenbeschleunigung a_{gR}) verzichtet werden.

Gutachten Nr. 94646470 vom 15.01.2019

Das geplante Bauvorhaben liegt außerhalb der Trinkwasserschutzgebiete der Städte Nürnberg und Fürth.

4 Felduntersuchungen

4.1 Untersuchungskonzept, vorbereitende Maßnahmen

Für die Baugrundbeurteilung im Trassenbereich der „Neuen Rothenburger Strasse“ wurden bereits bestehende und neue Baugrundaufschlüsse ausgewertet.

Die neuen Aufschlüsse ergänzen das im Tiefen Feld bereits für die U-Bahnplanung vorhandene Untersuchungsraster.

Das Untersuchungsprogramm umfasst im Einzelnen folgende Maßnahmen:

- Niederbringung von 10 Rammkernbohrungen mit einem Durchmesser < 100 mm,
- Ausbau von 5 Rammkernbohrungen zu Grundwassermessstellen (DN 50),
- Einbau von Datenloggern zur kontinuierlichen Erfassung von Grundwasserständen,
- Durchführung von 6 Schweren Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476,
- Anlegen von 10 Baggerschürfen mit dem Hydraulikbagger,
- Durchführung von 5 statischen Plattendruckversuchen nach DIN 18134.

Die lagemäßige Einmessung der Untersuchungspunkte im Gelände mittels GPS erfolgte nach Auswertung vorhandener Spartenpläne durch die TR LGA Bautechnik GmbH. Nachfolgend wurden die Punkte durch Kampfmittelsondierungen von der Fa. KaMiSo, Böblingen freigemessen.

Wegen der intensiven Bombardierung des „Tiefen Feldes“ im 2. Weltkrieg erwies sich die Überprüfung auf Kampfmittel als zwingend erforderlich.

Die Durchführung der Felduntersuchungen wurde von der TR LGA Bautechnik GmbH überwacht.

Gutachten Nr. 94646470 vom 15.01.2019

In den nachfolgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der bereits vorliegenden Boden – und Grundwasseraufschlüsse mit eingearbeitet.

Der Erkundungsumfang ist für die Beurteilung der Baubarkeit, der Abgrenzung der einzelnen Homogenbereiche und die Beurteilung der erforderlichen Bauweise ausreichend. Zudem wird mit der Verdichtung des Pegelnetzes eine wasserwirtschaftliche Beweissicherung im weiteren Umfeld erreicht.

Der Abstand der Untergundaufschlüsse im Trassenbereich liegt meist unter 100 m. Die Erkundungsdichte ist damit höher als im Eurocode EC7 und anderen Regelwerken empfohlen.

4.2. Bohrungen

Insgesamt wurden 30 trassennahe Bohrungen ausgewertet. Ihre Lage ist auf dem Lageplan **Anlage 2** dargestellt. 19 Bohrungen (z.B. Pegelbohrung PB605) entstammen früheren Erkundungskampagnen.

Von den insgesamt 30 Bohrungen wurden 13 Bohrungen zu Grundwassermessstellen ausgebaut.

Die Bohrungen sind in **Tabelle 1** mit Bohrtiefen, Gelände- und Pegelhöhen aufgelistet. Der Tabelle ist außerdem die jeweilige Tiefenlage der Unterkante der völlig entfestigten Keuperverwitterungszone (Oberkante der ersten felsartigen Lage/ Umstellen der Bohrung auf Spülbohrung) und des von der Bohrfirma eingemessenen Wasserstandes nach Abschluss der Bohrung zu entnehmen. Die Bezeichnung „PB“ steht für Pegelmessstelle, „B“ für wiederbefüllte Aufschlussbohrung, RKB für Rammkernbohrung und RP für Rammpegel (DN50).

Tabelle 1: Bohrdaten

Bohrung	Rechtswert	Hochwert	Pegel	Tiefe [m]	GOK [mNN]	POK [mNN]	ca. UK V ¹⁾ [m u. GOK]	ca. UK V ¹⁾ [mNN]	Grundwasser ²⁾ [m u. GOK]	GW [mNN]
Bohrkampagne 2018										
RKB1	4427992	5478478	-	7,00	309,67		7,0	302,67	-	-
RKB2	4428267	5478512	-	2,35	305,94		2,35	303,49	-	-
RKB4	4428354	5478525	-	2,45	305,91		2,45	303,46	-	-
RKB5	4428473	5478502	-	2,85	306,18		2,85	303,33	-	-
RKB6/RP6	4428478	5478533	DN50	2,80	305,86	306,41	2,80	303,06	-	-
RKB7/RP7	4428586	5478509	DN50	2,20	306,74	306,95	2,2	304,54	-	-
RKB8/RP8	4428631	5478512	DN50	2,75	307,28	307,90	2,75	304,53	-	-
RKB9/RP9	4428634	5478559	DN50	2,65	307,11	307,83	2,65	304,46	-	-
RKB10/ RP10	4428718	5478559	DN50	2,30	307,79	307,94	2,30	305,49		-
RKB11	4428715	5478578	-	3,85	309,11		3,85	305,26	-	-
RKB12	4428729	5478558	-	3,75	309,55		3,75	305,80	-	-
Bestandsbohrungen U-Bahn										
B3/2012	4428765	54785378	-	24,00	308,14	-	3,20	304,94	2,70	305,44
B505	4428735	5478478	-	25,80	307,98	-	1,80	306,18	2,50	305,48
RP4	4428637	5478506	DN50	2,00	307,04	307,50	-	-	0,95	306,09
B4/2012	4428611	5478520	-	18,00	306,85	-	2,60	304,25	1,30	305,55
RP3	448582	5478524	DN50	2,80	306,78	307,79	-	-	0,50	306,28
PB605	4428573	5478545	DN125	22,50	306,84	307,42	3,20	303,64	2,40	304,44
B5/2012	4428512	5478512	-	16,50	306,49	-	2,40	304,09	2,60	303,89
B6/2012	4428416	5478525	-	15,20	306,02	-	3,00	303,02	2,40	203,62
PB9/95			DN100	10,00	306,30	GOK	2,70	303,60	1,40	304,90
PB23/ 2012	4428267	5478583	DN125	16,00	306,20	306,00	2,90	303,30	4,30	301,90
PB705	4428263	5478487	DN125	11,45	305,60	GOK	3,00	302,60	1,40	304,20
(RP1)*	4428257	5478455	DN50	2,20	305,34	305,66	-	-	0,60	304,74

Bohrung	Rechtswert	Hochwert	Pegel	Tiefe [m]	GOK [mNN]	POK [mNN]	ca. UK V ¹⁾ [m u. GOK]	ca. UK V ¹⁾ [mNN]	Grundwasser ²⁾ [m u. GOK]	GW [mNN]
RP2	4428203	5478476	DN50	3,00	305,15	305,65	-	-	-	-
B8/2012	4428167	5478484	-	18,00	305,28	-	3,50	301,78	3,85	301,43
B7/2012	4428161	5478500	-	17,30	305,93	-	3,50	302,43	3,95	301,98
B9/2012	4428079	5478448	-	21,20	304,51	-	3,50	301,01	3,25	301,26
B805	4428092	5478408	-	20,00	304,20	-	2,20	302,00	1,90	302,30
B10/2012	4427985	5478415	-	24,00	304,19	-	3,30	300,89	3,90	300,29
B1/2017	4428041	5478463	-	10,00	310,42	-	>10,0	-	-	-
B2/2017	4428058	5478478	-	10,00	312,39	-	>10,0	-	-	-

¹⁾ V = Verwitterungszone des Keupergebirges (Zone oberhalb des als Fels anstehenden Keupergesteins)

²⁾ Ruhewasserstand nach Abschluss der Bohrarbeiten, möglicherweise noch nicht ungestörter Wasserspiegel

Die Felsoberkante liegt gemäß diesen Bohrungen zwischen etwa 1,80 m und >10 m unter Gelände.

Einen Überblick über die Bohrergebnisse gibt **Anlage 3.1** (vereinfachter geologischer Längsschnitt). Dort sind die Bohrprofile in den Trassenlängsschnitt projiziert.

Die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen wurden anhand des Bohrgutes vom Sachverständigen der TR LGA Bautechnik GmbH überprüft. Die Schichtenverzeichnisse der Bohrkampagnen von 2017 und 2018 liegen als **Anlage 5.1 und 5.2** bei.

4.3. Rammsondierungen

Zur Erkundung der relativen Festigkeitseigenschaften der Auffüllungsbereiche und der entfestigten Keuperzone (Keuperverwitterung) sowie der Lage der obersten felsartigen Schicht im Keupersandstein wurden insgesamt 28 Sondierungen mit der schweren Rammsonde durchgeführt (DPH nach DIN EN ISO 22476-2). 22 Rammsondierdiagramme konnten aus früheren Erkundungen übernommen werden. Die Lage der Sondierpunkte wird aus **Anlage 2** ersichtlich.

Gutachten Nr. 94646470 vom 15.01.2019

Aus dem Rammwiderstand der durchfahrenen Schichten sind Rückschlüsse auf die Lagerungsdichte der Lockergesteine und auf die Höhenlage der ersten felsartigen Schicht im Keupersandstein möglich.

Die Sondierdiagramme sind als **Anlage 5.4** beigefügt und im geologischen Längsschnitt der **Anlage 3.1** höhenrichtig eingehängt.

Die Diagramme zeigen die Anzahl der Schläge des genormten Fallgewichtes bezogen auf eine Tiefeneindringung von jeweils 10 cm. Dabei deuten Schlagzahlen von $N_{10} \leq 5$ auf lockeres bzw. (bis $N_{10} \leq 7$) auf weiches Material hin. Schlagzahlen darüber bis $N_{10} \leq 11$ repräsentieren mitteldichten bzw. steifen, höhere Schlagzahlen mindestens dichten bzw. halbfesten oder festen Boden. Die Sondierungen wurden so tief abgeteuft, bis auch unter hohen Schlagzahlen keine nennenswerte weitere Eindringung der Sonde erreichbar war.

In **Tabelle 2** sind sämtliche Sondierungen mit Ansatzhöhe und Tiefe (OK erste rammfeste Lage) aufgeführt.

Tabelle 2: Rammsondierungen

Nr.	Rechtswert	Hochwert	Ansatzhöhe [mNN]	Endtiefe (OK erste rammfeste Lage)	
				[m ab GOK]	[mNN]
Untersuchungskampagne 2018					
DPH1/2018	4427992	5478477	309,73	7,20	302,53
DPH2/2018	4428055	5478478	312,12	10,50	301,62
DPH3/2018	4428267	5478512	305,95	2,20	303,75
DPH4/2018	4428265	5478288	305,70	0,90	304,80
DPH5/2018	4428353	5478524	305,92	2,50	303,42
DPH6/2018	4428714	5478578	309,08	3,90	305,18
Bestand aus U-Bahnerkundung					
DPH113	4428739	5478529	308,11	2,19	305,92
DPH154	4428642	5478519	307,31	1,76	305,55
DPH155	4428640	5478534	307,28	1,65	305,63
DPH114	4428628	5478537	306,93	1,66	305,27
DPH157	4428620	5478518	306,83	1,25	305,58
DPH156	4428619	5478531	306,86	2,44	304,42
DPH115	4428588	5478500	306,84	2,84	304,00
DPH158	4428508	5478511	306,39	3,40	302,99
DPH159	4428411	5478523	305,90	3,80	302,10
DPH116	4428411	5478509	306,01	2,89	303,12
DPH117	4428268	5478457	305,24	2,58	302,66
DPH118	4428220	5478471	305,32	3,57	301,75
DPH119	4428204	5478443	304,65	3,47	301,18
DPH160	4428195	5478494	305,65	2,80	302,85
DPH161	4428180	5478490	305,67	3,73	301,94
DPH162	4428167	5478484	305,28	3,44	301,84
DPH163	4428162	5478500	305,90	3,02	302,88
DPH165a	4428075	5478449	304,42	3,22	301,20
DPH164	4428140	5478496	305,64	2,40	303,24
DPH113/96	k.A	k.A	304,10	2,70	301,40
DPH166	k.A	k.A	304,61	3,22	301,39
DPH167	4427986	5478417	304,14	3,40	307,74

k.A : keine Angaben

4.4. Schurfaufnahmen

Zur Verdichtung des Erkundungsrasters wurden mit dem Hydraulikbagger im geplanten Trassenbereich insgesamt 10 Baggerschürfen angelegt. Die Schürfen 1 - 4 dienten zur eingehenderen Erkundung des Aufschüttungsbereiches östlich der Charles-de-Gaulles-Brücke, die übrigen Schürfen zur oberflächennahen Erkundung des Baugrundes im restlichen Trassenbereich.

Die Schürfen sind in **Tabelle 3** mit Schurfentiefen und Geländehöhen aufgelistet.

Die Aufnahme der Schurfprofile erfolgte durch den Sachverständigen für Geotechnik. Die Schichtenverzeichnisse liegen als **Anlage 5.3** bei.

Tabelle 3: Baggerschürfen

Schurf- Nr.	Rechtswert	Hochwert	Ansatzhöhe [mNN]	Endtiefe	
				[m ab GOK]	[mNN]
Schurf 1 (Böschungprofil)	4427978	5478484	308,90	3,30	305,60
Schurf 2 (Böschungprofil)	4428031	5478481	310,65	4,68	305,97
Schurf 3 (Böschungprofil)	4428059	5478486	312,99	4,00	308,99
Schurf 4A (Böschungprofil)	4428096	5478491	312,92	4,00	308,92
Schurf 4B (Böschungprofil)	4428111	5478498	308,92	2,77	306,15
Schurf 5	4428199	5478514	305,50	2,00	303,50
Schurf 6	4428202	5478477	305,19	3,00	302,19
Schurf 7	4428421	5478510	305,98	2,65	303,33
Schurf 8	4428689	5478534	307,87	2,25	305,62
Schurf 9	4428118	5478506	305,79	2,20	303,59

Grundwasserzutritte konnten in den Schürfgruben nicht festgestellt werden.

4.5. Plattendruckversuche

Zur Bestimmung des Verformungsverhaltens und der Tragfähigkeit des zukünftigen Trassenplanums wurden insgesamt 5 statische Plattendruckversuche nach DIN durchgeführt. Die Lage der Plattendruckversuche geht aus dem Lageplan der Anlage 2 hervor.

Angaben zur Lage und Höhe sowie den ermittelten Versuchsergebnissen sind in der nachfolgenden **Tabelle 4** aufgelistet

Tabelle 4: Plattendruckversuche

Versuch - Nr.	Rechtswert	Hochwert	Ansatzhöhe [mNN]	E_{v1} MN/m ²	E_{v2} MN/m ²	E_{v2} / E_{v1}
PDV1	4427992	5478477	309,43	46,6	117,62	2,52
PDV2	4428118	5478506	305,39	50,5	74,56	1,48
PDV3	4428267	5478511	305,34	65,30	95,86	1,47
PDV4	4428421	5478510	305,58	7,72	20,51	2,66
PDV5	4428689	5478534	307,52	20,79	34,19	1,64

Die Bewertung der Ergebnisse der Plattendruckversuche erfolgt unter Kap. 10.1

5 Laboruntersuchungen

5.1 Bodenmechanische Untersuchungen

5.1.1 Kornverteilung

An insgesamt 12 tiefenhorizontiert entnommenen Proben wurde die Korngrößenverteilung nach DIN 18123 bestimmt. Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Korngrößenanalysen im Überblick.

Tabelle 5: Auswertung Kornverteilung nach DIN 18123

Bohrung Nr.	Entnahmetiefe [m]	Bodenart DIN 4020	Gruppen-symbol	Kornkenn-ziffer [TUSGX]	Schlämmanteil <63 µm [%]	Größtkorn [mm]	Tongehalt <2µm [%]	Ungleich-förmigkeitszahl U [-]
Schurf 1	0,2 – 0,9	S, u, g' (A)	SU*	03619	24	46,30	-	-
Schurf 3	0,2 – 0,9	S, u*, t', g' (A)	SU*	13510	40	81,6	9	91,88
Schurf 4A+4B	0,2 – 0,9	S,u,g (A)	SU*	02620	23	61,10	-	-
Schurf 5	0,25 – 0,9	S, u, g' (V)	SU	01810	9	29,2	-	5,09
Schurf 6	0,8 – 1,25	S,u,t' (V)	SU*	12700	32	10,4	12	-
Schurf 6	1,25 – 2,70	T,u,s',g' (V)	TL	16210	74	19,8	12	-
Schurf 7	0,4 – 1,4	T,u,s (V)	TA	26200	80	14,4	22	-
Schurf 9	0,4 – 1,5	T,u,s (V)	TA	25300	75	7,2	24	-
Bestand aus U-Bahnerkundung								
PB605	3,20	Sst, fk, mü (V) S, u, t'	SU*	12700	25	2,0	5	36,28
PB705	1,40	Sst, mk, h (V) S, g'	SE	00910	4	19,5	n. u.*	2,67
PB705	3,45	Sst, gk, mü (Sst) S, u, t'	SU*	13600	38	6,2	8	40,33
B7/2012	2,20 – 3,00	S,u,t (V)	SU*	02800	26,3 (<0,125 mm)	6,7	5	-

Die Kornkennziffer zeigt stark vereinfacht die Korngrößenabstufung. Ihre Ziffern stehen von links nach rechts für die auf volle Zehntel gerundeten Massenanteile der Fraktionen Ton, Schluff, Sand, Kies und Steine.

Weitere Probandaten und die Körnungslinien sind als **Anlage 6.2** beigelegt. Die untersuchten Sandproben aus künstlicher Auffüllung (Sch 1, 3 und 4) und Verwitterungszersatz (z.B. PB705) haben einen Schlämmanteil (< 63 µm) von max. 40 %. Die Probe aus dem tonigen Verwitterungszersatz zeigen Feinkorngehalte (< 0,63 mm) von bis zu 80 %. Die Tone treten als leicht und ausgeprägt plastische Tone auf (TA, TL).

5.1.2 Konsistenzen

An den Feinteilen < 63 µm von insgesamt 4 Proben wurden die Zustandsgrenzen zur Einordnung nach ATTERBERG bestimmt. Die Ergebnisse sind in der **Tabelle 6** zusammengestellt. Weitere Versuchsdaten sind der **Anlagengruppe 6.1** zu entnehmen.

Tabelle 6: Zustandsgrenzen Keupertone

Bohrung / Tiefe [m]	Beschreibung (Abkürzungen gem. Le- gende Anlage 3 Bodenart nach DIN 4021)	w [%]	Gruppensymbol	w _L [%]	w _P [%]	I _P [%]	I _c [-]
Schurf6 1,25 – 2,70	T,u,s',g'	11,39	TL	34,22	14,24	19,98	1,05 (halbfest)
Schurf7 0,4 – 1,40	T,u,s	16,8	TA	16,75	19,70	31,83	1,07 (halbfest)
Schurf 9 0,4 – 1,5	T,u,s	18,15	TA	55,55	18,36	37,19	0,99 (steif)
Bestand aus U-Bahnerkundung							
PB705 / 4,25	T, Q, h	9,43	TM	41,09	21,52	19,57	1,57 (halbfest)

Bei den untersuchten Proben handelt es sich um Tone aus der Keuperverwitterung. Die Tone reagieren überwiegend leicht- bis ausgeprägt plastisch (Bodengruppe TA, TM, TL). Die Konsistenz der Tone erwies sich als steif oder halbfest.

5.1.3 Proctorversuch

Zur Überprüfung der Wiedereinbaubarkeit von Aushubmassen fand im Labor der TR LGA Bautechnik GmbH an Bodenmaterial aus der Auffüllung östlich der Charles-de Gaulles Brücke die Bestimmung der Proctordichte nach DIN 18127 statt. Bei dem repräsentativ aus Schurf 2 (Entnahmetiefe 0,2 – 0,9 m) gewonnenen Material handelt es sich um schluffigen Sand mit Kies- und Steinanteilen. Bei dem durchgeführten Proctorversuch erwies sich das Auffüllmaterial aus Schurf 2 bei einem Wassergehalt von 10,7 % als optimal verdichtbar (100 % Proctordichte) (vgl. Prüfprotokolle, **Anlage 6.3**).

5.2 Chemische Untersuchungen

5.2.1 Wasseranalytik nach DIN 4030

In der Peripherie des zukünftigen Trassenbereichs wurden einige Grundwasserproben auf Betonaggressivität gemäß DIN 4030, Teil 1 untersucht. **Tabelle 7** zeigt Entnahmestelle, Entnahmejahr und Untersuchungsergebnis.

Tabelle 7: Grundwasseruntersuchung auf Betonaggressivität (Bestandsbohrungen U-Bahn)

Entnahmestelle	Entnahmezeitpunkt	Ergebnis
B4/2012	2013	nicht betonangreifend
PB405	2008 (Planfeststellungsreife)	nicht betonangreifend
PB9/95	1996 (Vorerkundung U3 Südwest = U21)	nicht betonangreifend
PB705	2008 (Planfeststellungsreife)	nicht betonangreifend
B5/2012	2013	nicht betonangreifend
B6/2012	2013	nicht betonangreifend

Die beprobten Grundwässer erwiesen sich als nicht betonaggressiv. Besondere Maßnahmen nach DIN-1045-2 sind nicht erforderlich.

5.2.2 Aushubdeklaration

Im Auffüllungsbereich östlich der Charles-de-Gaulles-Brücke erwies sich die mineralische Auffüllung in Schurf 9 oberflächennah mit Siedlungsabfällen vermengt.

Im Hinblick auf die Wiederverwertung bzw. die Entsorgung des künftigen Aushubs erfolgte vorsorglich eine Beprobung des Materials (Schurf 9) mit nachfolgender Deklarationsanalytik nach LAGA II.

Gutachten Nr. 94646470 vom 15.01.2019

Der entsprechende Prüfbericht Nr. 2820134 – 447694 der AGROLAB Labor GmbH vom 31.10.2018 liegt als **Anlage 6.4** bei.

Wie aus dem Prüfbericht hervorgeht, ist lediglich bei den Parametern Cyanide ges., Kupfer und Quecksilber in der Originalsubstanz (Feststoff) eine geringe Überschreitung des Z0 Wertes zu verzeichnen. Damit ist der Boden im Sinne der LAGA als Z1.1 Material einzu-
stufen.

D.h. das Bodenmaterial ist für den eingeschränkten offenen Einbau geeignet.

6 Baugrundmodell

Für den Baugrund im Trassenbereich ergibt sich ein 3 Schichten Modell wie folgt:

- **Zone A** Künstliche Auffüllungen, mitteldicht bis dicht gelagert
- **Zone V** Keuperverwitterungszone, sandig-bindig, locker bis dicht gelagert
- **Zone K** Keuperfels, Sandstein, mürbe bis hart

Die angetroffenen Baugrundverhältnisse sind grundsätzlich für das projektierte Bauvorhaben geeignet. Etwaige erforderliche Bodenverbesserungsmaßnahmen werden in Kap. 10.1 beschrieben.

Künstliche Auffüllungen

Künstliche Auffüllungen konnten jeweils zu Beginn und am Ende der projektierten Trasse „Neue Rothenburger Straße“ nachgewiesen werden.

Die höchsten Auffüllungsmächtigkeiten sind in der Verlängerung der Charles-de-Gaulle-Brücke beim Anschluss an die Sigmundstraße zu erwarten. Die rampenartig bis 8 m über dem jetzigen Gelände geschütteten Auffüllungen sind mit ca. 0,2 bis 0,3 m mächtigem Waldboden überdeckt. Sie bestehen im Wesentlichen aus mineralischen Bestandteilen. In den Sandabfolgen finden sich neben Schluff, Kies- und Steinanteilen oftmals größere Blöcke (Sandstein). Offensichtlich handelt es sich bei den Auffüllungen um umgelagertes Keupermaterial. Die vorhandene gleichbleibend mitteldichte bis dichte Lagerung des Materials lässt auf einen qualifizierten Einbau unter Verdichtung schließen.

Gutachten Nr. 94646470 vom 15.01.2019

Lediglich im östlichen Böschungsfußbereich erwies sich die mineralische Auffüllung in Schurf 9 oberflächennah in geringem Umfang mit Siedlungsabfällen vermengt.

Ansonsten ergaben sich weder in den Erkundungsschürfen noch in den Aufschlußbohrungen Hinweise auf bodenfremde Bestandteile.

Weitere Auffüllungen lagern im Anschlußbereich an die Brücke über die Ringbahn. Die oberhalb der Straßenböschung niedergebrachten Kleinbohrungen konnten bis max. 2,3 m u. GOK mineralische Bestandteile, i.W. Sand mit Schluff-, Kies- und Steinanteilen nachweisen. In der mineralischen Auffüllung traten vereinzelt Ziegel- und granitische Anteile auf. Der Böschungsaufbau erwies sich als mitteldicht bis dicht gelagert. Von einem qualifizierten Einbau unter Verdichtung ist auszugehen.

Entfestigte Keuperverwitterungszone

Im weiteren Trassenverlauf über die landwirtschaftlich genutzten Flächen wurde unter einer mehreren Dezimeter mächtigen Oberbodenschicht die Keuperverwitterungszone V angetroffen. Diese wird ortsüblich als „Faulfels“ bezeichnet, besitzt jedoch keine Felseigenschaften. Sie verhält sich bodenmechanisch ähnlich einem schluffig-sandigen Lockergestein mit lokal eingelagerten gröbereren Anteilen (stein- bis blockgroße, nicht oder schwach verwitterte Felsbrocken). Eingelagerte Quacken oder festere Sandsteinlagen können dadurch das Lösen des Bodens erschweren. Ebenso sind (Keuper-)Tonlagen nicht auszuschließen, die aufgeweicht sein können. Östlich des U-Bahnhofes Kleinreuth treten bis zum Anschluß an die Brücke über die Ringbahn in der Keuperverwitterungszone verstärkt Tone auf. Diese setzen bereits sehr oberflächennah ein und erreichen örtlich Mächtigkeiten von > 1 m.

Die Keuperverwitterung im westlichen Trassenbereich der Neuen Rothenburger Straße ist demgegenüber eher sandig ausgeprägt.

Die Gesamtmächtigkeit der Keuperverwitterungszone ist Schwankungen unterworfen und bewegt sich im projektierten Trassenbereich zwischen ca. 2 m und 4 m.

In der oberflächennahen Verwitterungszone tritt in der Regel eine vertikale Zunahme der Lagerungsdichte von locker bis dicht auf.

Darunter setzt der rammfeste Keuperfels ein.

Keuperfels

Wie aus den zahlreichen tieferen Baugrundaufschlußbohrungen für die Erkundung der U-Bahn-Trasse bekannt, besteht der rammfeste Keuperfels aus mürben bis harten, feinstgrobkörnigen Sandsteinserien mit eingelagerten z.T. sehr harten dolomitischen Arkosen (Quacken) und zwischengeschalteten Tonsteinlagen. Stratigraphisch handelt es sich um den sog. Blasensandstein des Mittleren Keuper.

7 Grundwasserverhältnisse (Grund- bzw. Stauwasser)

7.1 Allgemeine Grundwassersituation

Der oberflächennahe Grundwasserkörper ist im Großraum Nürnberg in die hydraulisch zusammenhängenden Grundwasserstockwerke Ia und Ib unterteilt (siehe **Abbildung 1**).

Das Grundwasserstockwerk Ia (Quartäre Terrassensande) ist im Trassenbereich der „Neuen Rothenburger Straße“ nicht ausgebildet.

Das Grundwasserstockwerk Ib umfaßt die Festgesteine des Sandsteinkeupers und des Gipskeupers.

Grundwasserbewegungen sind hier vornehmlich an das Trennflächengefüge des Keuper-sandsteines gebunden. Dieser fungiert als hydraulisch zusammenhängender Kluftgrundwasserleiter.

Östlich des geplanten U-Bahnhofes Kleinreuth ist in der Keuperverwitterung ein Tonhorizont oberflächennah und flächig vorhanden. Aufgrund seiner stauenden Wirkung ist hier gerade nach längeren Niederschlagsperioden mit erheblichen und sehr oberflächennah auftretenden Vernässungen zu rechnen.

Grundwasser-Stockwerke	Schichtfolge		
	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Mächtigkeit der Schicht [m]	
la	$k_f = 5 \cdot 10^{-2} - 10^{-3}$	0 - 30	Sande und Kiese Quartär
lb	$k_f = 10^{-4} - 10^{-5}$	ca. 50	Burgsandstein
		ca. 15	Coburger Sandstein
		ca. 25	Blasensandstein
		ca. 30	Lehrbergschichten
		4 - 30	Schlifsandstein
Grundwasserstauer	$k_f = 10^{-7} - 10^{-9}$	20 bis 30	Estherienschichten
II	$k_f = 10^{-5}$	ca. 90	Benker Sandstein

Abbildung 1: Grundwasserstockwerke und Schichtenfolge des Untergrunds von Nürnberg (Quelle: Grundwasserbericht 2011, Stadt Nürnberg)

7.2 Strömungsverhältnisse

Grundwasser (GW-Stockwerk lb) steht im projektierten Trassenbereich der Neuen Rothenburger Straße etwa zwischen 1,3 m und 4,3 m unter Gelände an (Messung vom 10.03.2014). Geringere Grundwasserflurabstände < 1 m u. GOK wurden in den Rammpegeln östlich des geplanten Bahnhofs Kleinreut (RP1, RP 3 und RP 4, RP 1) angetroffen. Diese verfiltern den Stauwasserhorizont in der Keuperverwitterung. Die Rammpegel RP6 bis RP10 erwiesen sich zum Zeitpunkt ihrer Erstellung (Oktober 2018) als trocken.

Die Grundwasseroberfläche liegt nach der Stichtagsmessung im März 2014 im Trassenbereich im Blasensandstein bzw. im Übergangsbereich zum Keuperverwitterungshorizont.

Die Grundwasserfließrichtung im Trassenbereich ist großräumig nach Nordwesten bzw. Westen in Richtung Rednitz (Vorflut) orientiert (Abb. 2).

Demnach sprachen die Datenlogger im Meßzeitraum bisher nur in RP9 an. Die Peaks korrelieren mit den Niederschlagsereignissen der ersten Dezemberhälfte 2018.

8 Altlastenverdachtsflächen

Für die projektierte Trasse der „Neuen Rothenburger Straße“ wurde im Rahmen der aktuellen Baugrunderkundungen keine systematische Altlastenerkundung mehr durchgeführt. Lediglich im Schurf 9 fanden sich Hinweise auf anthropogene Einträge (s. Kap. 5.2.2). Im Jahre 2008 erfolgten flächendeckende Altlastenerkundungen im Rahmen der Planfeststellung für die U-Bahnlinie U3 durch die LGA Institut für Umweltgeologie und Altlasten GmbH.

Hierbei wurden historische Recherchen zur Ermittlung von Altlasten und Risiken aus Kriegseinwirkungen durchgeführt. Weiterhin fand im Vorfeld des Planfeststellungsverfahrens eine Altlastenerkundung entlang des projektierten Trassenbereiches statt.

Die Ergebnisse der Recherchen und Untersuchungen sind im Detail dem als **Anlage 8** beigeordnetem Kurzgutachten des LGA Institutes für Umweltgeologie und Altlasten GmbH (AZ IUA2007102-11) vom 20.11.2008 zu entnehmen.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Luftbildüberprüfung zeigte im Trassenverlauf der „neuen Rothenburger Straße“ bereichsweise eine Häufung von Bombentrichtern. Hinweise auf Blindgänger fanden sich nicht. Bei Ansatz üblicher Blindgängerquoten pro abgeworfene Bomben besteht jedoch statistisch das Risiko eines Bombenfunds in den Lockersedimenten über dem massiven Sandstein.

Die Bombentrichter wurden nach dem Krieg vermutlich mit unbekanntem Material verfüllt. Mit dem Antreffen von Kampfmitteln und bodenfremden Bestandteilen muss beim Aushub in diesen Bereichen gerechnet werden.

Gutachten Nr. 94646470 vom 15.01.2019

Die orientierende Altlastenerkundung lieferte bezüglich der durchgeführten Bodenuntersuchungen für den unmittelbaren Bereich entlang der geplanten Trasse nur in PB705 Hinweise auf eine Altlast bzw. schädliche Bodenveränderung.

Die chemischen Grundwasseruntersuchungen ergaben für die Grundwasserproben der Pegel PB605 und PB705 durchwegs unauffällige Stoffgehalte.

Altlastenverdachtsmomente im Bereich der Bohrung PB705 erfordern im Falle von Aushubmaßnahmen eine verstärkte Aushubüberwachung.

9 Angaben zum Baugrund

Im Folgenden werden die im Untergrund anstehenden Locker- und Festgesteine unter Berücksichtigung der Erkundungs- und Versuchsergebnisse kategorisiert und unter geotechnischen Gesichtspunkten beschrieben.

9.1 Kennwerte für Boden und Fels

Überlagerung

Die Überlagerung umfasst die angetroffenen Auffüllungen sowie die größtenteils zu Lockergestein entfestigte Verwitterungszone V des Keupers.

Für erdstatische Berechnungen können die Bodenkennwerte der nachfolgenden **Tabelle 8** angesetzt werden:

Tabelle 8: Charakteristische Bodenkennwerte der Überlagerung

Bodenhorizont		Auffüllung (A)			Verwitterungszone (V)		
Wichte γ_k	[kN/m ³]	19			20		
Wichte unter Auftrieb γ'_k	[kN/m ³]	11			11		
Reibungswinkel φ'_k	[°]	32,5			35		
Kohäsion c'_k	[kN/m ²]	0-10			0-20		
		Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.
Steifemodul $E_{s,k}$	[MN/m ²]	10	25	50	10	40	80

Felsklassifizierung

Zur Klassifizierung des anstehenden Gebirges nach den bautechnischen Eigenschaften wird eine Einteilung in sechs Kategorien vorgenommen. Der Beschreibung bzw. Abgrenzung der Kategorien liegen die beschriebenen Versuchsergebnisse zugrunde.

Im Folgenden werden diese Kategorien mit A, B, C, D, und Q benannt.

Die Kategorien A, B und C beinhalten die eigentlichen Sandsteine des Keupergrundgebirges während unter D die Ton(stein)e und stark bindigen Sandsteine und unter Q die sehr harten Sandsteinbänke oder Arkosenbänke bzw. Quacken oder Steinmergel verstanden werden. Die Ton(steine) und teils bindigen Sandsteine neigen bei Wasserzutritt und mechanischer Beanspruchung zum Aufweichen.

In **Tabelle 9** sind typische Mittelwerte der wichtigsten geotechnischen Parameter der fünf Gebirgskategorien zusammengestellt. Die Werte dienen der Charakterisierung der Kategorien und können in Standsicherheitsberechnungen verwendet werden.

Mit dem Antreffen wechselnder Kategorien ist grundsätzlich zu rechnen.

Tabelle 9: Charakteristische geotechnischen Kennwerte der Keupergesteine.

Kategorie	A			B			C			D			Q		
Bezeichnung	mürber Sandstein			mittelharter Sandstein			harter Sandstein			Ton und Tonstein			sehr harter Sandstein und Quacken (Steinmergel, Arkosen, Dolomit)		
Einaxiale Druckfestigkeit q_u [MN/m ²]	≤ 0,5 - 1,5			1,5 - 5,0			5,0 - 25,0			i.A. ≤10, vereinzelt bis 25			25 bis ca. 150		
Feuchtwichte γ_k [kN/m ³]	23			23			24			23			24		
Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	13			13			14			13			14		
Winkel der inneren Reibung ϕ'_k [°]	37,5			40			45			35			45		
effektive Kohäsion c'_k [kN/m ²]	50			500			1500			10			1500		
Bandbreite*	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o	u	m	o
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	80	100	120	120	160	200	200	300	400	40	60	80	200	300	400

*u = unterer Wert; m = Mittelwert; o = oberer Wert

Für geotechnische Berechnungen können vereinfacht folgende charakteristische Bodenkennwerte für das definierte Baugrundmodell angesetzt werden:

Tabelle 10: Charakteristische Bodenkennwerte für Boden- und Felszonen

Boden- / Felszone	Wichte		Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]			
Zone A	19	11	32,5	0 - 10	10 - 50
Zone V	20	11	35	0 - 20	10 - 80
Zone K	23	13	40	500	200

Anstelle der Tabellenwerte für Kohäsion und Reibungswinkel kann mit Ersatzreibungswinkeln für die Keuperschichten gerechnet werden:

$$\phi^*_{\text{Verwitterungshorizont}} = 35^\circ \quad \phi^*_{\text{Keuperton}} = 37,5^\circ \quad \phi^*_{\text{Sandstein}} = 43^\circ$$

Bodengruppen und Bodenklassen

Bodengruppen und Bodenklassen

Die Zuordnung der Bodengruppen nach DIN 18196 erfolgte nach visueller Beurteilung und exemplarischer Laborversuche. Die Bodenschichten werden hinsichtlich ihrer Lösbarkeit bei Erdarbeiten (DIN 18300) und Bohrarbeiten (DIN 18301) klassifiziert.

Die Angabe der Boden- und Felsklassen nach der VOB 2012 (nicht mehr gültig) erfolgt informativ. Die entsprechende Einteilung in Bodengruppen und Bodenklassen ist nachfolgender **Tabelle 11** zu entnehmen.

Tabelle 11: Bodenklassen, Bodengruppen

Zone/Kategorie	Bodenzone	Bodengruppe DIN 18196	Bodenklassen DIN 18300 (alt)	Bodenklassen DIN 18301(alt)	Frostempfindlichkeit
Zone A	Sandige Auffüllung,	[SE], [SI], [SU], [SW], [GE], [GI], [GW], [ST], [SU*], [ST*], [TL], [UL], [X], [Y]	vergleichbar 3, 4, 5 bezüglich Lös- barkeit,	BN1, BN2, (BB2- BB3), BO1, (BS1, BS2, BS3, BS4)	F1 – F3
Zone V	Verwitterung	SU, SU*, UL, UM,UA, TL, TM, TA, evtl. SE	3-6	(BN1), BN2, BB2, BB3, BB4, BS1, BS3, FV1	F1 - F3
Kategorie A,B,C	Keuperfels Sandstein, mürbe bis hart		6, 7	FV1-FV6, FD1, FD2, (FD3)	F1 – F3 (für entfestigte Bereiche)
Kategorie Q	Quacken		7	FV2-FV6, FD2, FD3	
Kategorie D	Tone, Schluff weich bis fest	TL, TM, TA, UL, UM	4, 5, 6	BB1, BB2, BB3, BB4	
	Tonstein, mürbe bis hart		6,7	FV1-FV6, FD1, FD2;	

Festgesteine der Felsklassen FD3 und FD4 sind nicht zu erwarten, können jedoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Gleiches gilt für eingelagerte Hindernisse in den Auffüllungsbereichen.

10 Hinweise und Empfehlungen zur Bauausführung

10.1 Tragfähigkeit des Baugrundes und des Planums, Bodenverbesserung

Nach den uns vorliegenden planlichen Unterlagen, ist zur Gestaltung der Straßengradiente ein Reliefausgleich vorgesehen. Die Abtrags- und Auftragsbereiche sind dem Längsschnitt der **Anlage 3.1** zu entnehmen.

Demnach wird im Bereich der rampenartigen Auffüllung östlich der Charles-de-Gaulles Brücke ein Geländeabtrag bis max. 5 m Mächtigkeit erforderlich.

Auf dem Erdplanum der Auffüllung soll dann der Oberbau der Verkehrsflächen nach RSTO erfolgen.

Wie die durchgeführten Rammsondierungen DPH1 und DPH2 sowie der Plattendruckversuch PDV 1 zeigen, ist die mineralisch zusammengesetzte Auffüllung mitteldicht bis dicht gelagert und ausreichend tragfähig um die wirkenden Lasten aufzunehmen. Eine Nachverdichtung des Planums wird empfohlen. Bodenaustauschmaßnahmen sind dann voraussichtlich nicht erforderlich.

Im restlichen Trassenbereich, also zwischen der verbleibenden Auffüllung und der Anbindung an die Brücke über die Ringbahn ist eine Geländeauffüllung in ca. 2 - 3 m Mächtigkeit vorgesehen. Diese Auffüllung erstreckt sich größtenteils auf das Urgelände, im Bereich der U-Bahnlinie U3 werden die fertiggestellten Trogbauwerke für den Bahnhof Kleinreuth und die anschließenden Tunnelstrecken vom Geländeauftrag für den Strassenneubau berührt. Da der Bau und die Überdeckung der Trogbauwerke vor dem Strassenneubau abgeschlossen sein wird, ist davon auszugehen, dass bei qualifiziertem Materialeinbau über den Trogbauwerken auch eine ausreichenden Verdichtung des Erdplanums bis auf GOK erreicht wird. Eine darauffolgende Geländeauffüllung für den Straßenneubau ist dann ohne zusätzliche Maßnahmen möglich. Bei der Überbauung der Trogbauwerke ist auf den Einbau ausreichend mächtiger Lastverteilungsschichten zu achten, um Setzungsdifferenzen zu vermeiden. Ggfs sind zur Bemessung der Ausgleichsschicht noch erdstatistische Nachweise erforderlich.

Im angrenzenden Urgelände (i.W. landwirtschaftliche Flächen) ist nach Abtrag des Oberbodens mit unterschiedlichen Tragfähigkeitsverhältnissen zu rechnen.

Wie die Ergebnisse der Plattendruckversuche zeigen, liegen die Tragfähigkeitsbeiwerte für das Erdplanum bei den Plattendruckversuchen PDV 4 und PDV 5 deutlich unter dem nach der ZTVE –StB 17 geforderten Wert von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$. Die Versuche repräsentieren den ca. 300 m langen Trassenabschnitt zwischen dem U-Bahnhof Kleinreuth und dem Anschlußbereich zur Anfahrtrampe über die Ringbahnbrücke (Bau-km 0 + 600 und Bau-km 0+900).

Wie bereits erwähnt ist hier in der Keuperverwitterung ein Tonhorizont oberflächennah und flächig vorhanden. Aufgrund seiner stauenden Wirkung ist gerade nach längeren Niederschlagsperioden mit erheblichen und sehr oberflächennah auftretenden Vernässungen zu rechnen.

Um das Erdplanum nachhaltig zu stabilisieren und die Befahrbarkeit auch bei ungünstigen Witterungsperioden zu gewährleisten, wäre zunächst eine Lage (ca. 0,5 m statisch eingewalzt) von grobkörnigem Material einzubringen (Körnung abgestuft, Durchmesser bis 200 mm oder grösser). Auch der Einbau von größerem Recyclingmaterial wäre denkbar, wenn dessen wasserwirtschaftliche Unbedenklichkeit sichergestellt ist. Auf der Lastverteilungsschicht kann dann der weitere lagenweise Einbau von geeignetem verdichtungsfähigem kornabgestuftem Material erfolgen.

Die Einbauanforderungen an das Planum ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) sind erdbaubegleitend zu überprüfen. Der Einsatz einer flächendeckenden dynamischen Verdichtungskontrolle wird empfohlen, die üblichen Kontrollen (Dichteprüfungen, Plattendruckversuche, Anlegen von Versuchsfeldern) sind grundsätzlich erforderlich.

Der vom Planer vorgeschlagene Oberbau gemäß RStO kann auf dem ordnungsgemäß verdichteten Auffüllungsbereich aufgebaut werden.

Zwischen dem Bau km 0+260 und Bau km 0 + 600 verbessern sich die Tragfähigkeitseigenschaften des Baugrundes. Die mit den Plattendruckversuchen PDV 2 und PDV 3 erreichten Tragfähigkeitsbeiwerte liegen deutlich über dem nach der ZTVE –StB 17 geforderten Wert von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$.

Der lagenweise Einbau von geeignetem verdichtungsfähigem kornabgestuftem Material bis zur Sollhöhe kann hier ohne zusätzliche Maßnahmen erfolgen.

Entsprechende Verdichtungskontrollen sind erdbaubegleitend durchzuführen.

In den Anschlußbereichen der Aufschüttungen an bestehende Böschungen ist auf eine ausreichende Verzahnung der Materialien zu achten.

10.2 Frostepfindlichkeit

Zur Bemessung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus nach RSTO empfehlen wir die Frostepfindlichkeitsklassen gemäß Tabelle 10 anzusetzen. Aufgrund der Heterogenität des zu überbauenden Auffüllungsbereiches im westlichen Trassenbereich ist hier vorsorglich die Frostepfindlichkeitsklasse F3 zu Grunde zu legen. In den Auftragsbereichen ist die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus von der Frostepfindlichkeitsklasse des einzubauenden Materials abhängig.

Nach Mitteilung der Belastungsklasse kann die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus unter Berücksichtigung der Frostepfindlichkeit des Untergrundes vorgenommen werden.

10.3 Angaben über die Wiedereinbaubarkeit des Erdbaumaterials

Zur Überprüfung der Wiedereinbaubarkeit des Auffüllungsbereiches östlich der Charles-de-Gaulles Brücke wurde an einer Mischprobe aus der Schurfgrube 2 ein Proctorversuch durchgeführt. Bei dem aus der Böschung entnommenen Bodenmaterial handelt es sich um Sand mit Schluff-, Kies- und Steinanteilen.

Bei dem durchgeführten Proctorversuch lag die optimale Proctordichte (100 %) nach Korrektur für den Einfluß des Überkornanteils bei $2,0 \text{ g / cm}^3$. Der Zugehörige Wassergehalt w_{Pr} wurde mit 10,7 % bestimmt.

Detaillierte Angaben zur Versuchsdurchführung und den Versuchsergebnissen sind dem Versuchsprotokoll der **Anlage 6.3** zu entnehmen.

Wie die Versuchsergebnisse zeigen, ist das mineralische Auffüllungsmaterial verdichtbar und grundsätzlich als Einbaumaterial für die vorgesehenen Geländeaufschüttungen geeignet.

10.4 Angaben zur Versickerungsfähigkeit des Baugrundes

Die Versickerung von Niederschlagswasser im projektierten Trassenbereich ist aufgrund der gegebenen Baugrundverhältnisse nur bedingt möglich. Dies gilt insbesondere für den Trassenabschnitt östlich des U-Bahnhofes Kleinreuth (km 0 + 600 bis km 0 + 900). Die Durchlässigkeit der hier überwiegend tonig ausgebildeten Keuperverwitterung ist sehr gering und liegt außerhalb des entwässerungstechnischen Bereiches ($< 1 \times 10^{-6}$ m/s) (siehe Arbeitsblatt DWA-A 138 von 2005).

In den anderen, überwiegend sandig ausgebildeten Keuperverwitterungsbereichen wäre die Versickerung von Niederschlagswasser zwar theoretisch möglich, wegen der zur Tiefe hinzunehmend dichten Lagerung des Materials ist jedoch mit einem langen Einstau der Versickerungsanlagen zu rechnen.

10.5 Auswirkung auf U-Bahnbauwerke

Im Bereich der U-Bahnlinie U3 tangiert die Trasse der neuen Rothenburger Strasse die fertiggestellten Trogbauwerke für den Bahnhof Kleinreuth und die anschließenden Tunnelstrecken. Bei den statischen Nachweisen für die Trogbauwerke sind die zukünftig einwirkenden Lasten aus dem Geländeauftrag für den Neubau der Rothenburger Straße sowie die zu erwartenden Verkehrslasten zu berücksichtigen.

11 Schlußbemerkung

Der vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse der Baugrunderkundung für das Bauvorhaben „Neue Rothenburger Straße“ im Bereich Tiefes Feld anhand sämtlicher und aktualisierter, den Baugrund betreffenden Untersuchungsergebnisse, Erkenntnisse und Bewertungen. Dabei wurden vorhandene Gutachten der Erkundung der U-Bahnlinie U3 eingearbeitet.

Sämtliche durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse werden beschrieben und ausgewertet. Weiter erfolgt eine Beurteilung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse nach aktuellem Kenntnisstand. Homogenbereiche gemäß VOB 2016 werden beschrieben und Empfehlungen für die Zusammenfassung von Homogenbereichen werden mitgeteilt.

Es werden Folgerungen, Hinweise und Empfehlungen für die Herstellung der Strassen-trasse während der Bauzeit mitgeteilt. Die möglichen Auswirkungen der Baumaßnahmen auf das Umfeld (U-Bahn Bauwerke) werden beschrieben.

Erhebliche Auswirkungen der Maßnahme auf die Nutzung und Gestaltung von Natur und Umwelt sowie auf Dritte sind nicht zu erwarten.

Für weitere Auskünfte zu geotechnischen Fragestellungen im Zuge der weiteren Planung und Ausschreibung stehen wir zur Verfügung.

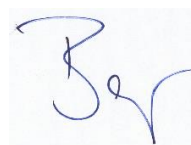
Sollten im Zuge der Ausführungsphase Abweichungen von den dargestellten Verhältnissen auftreten, bitten wir um Benachrichtigung.

TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH
Grundbau



Dieter Straußberger (FH)
Geschäftsfeldleiter

Bearbeiter:



Prof. Dr. Manfred Bayer

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1** **Übersichtslageplan M 1 : 25.000**
- Anlage 2** **Lageplan mit Untersuchungspunkten M 1 : 1000**
- Anlage 3** **Schnitte**
- Anlage 3.1** **Geologischer Längsschnitt**
- Anlage 3.2** **Querschnitt Station 266 Achse 218**
- Anlage 3.3** **Querschnitt Station 552 Achse 218**
- Anlage 3.4** **Querschnitt Station 830 Achse 218**
- Anlage 4** **Grundwasserstandsganglinien**
- Anlage 4.1** **Wasserstandsganglinien der Gw-Pegel PB9/95, PB605, PB705, PB23/2012**
- Anlage 4.2** **Wasserstandsganglinien Rammpegel RP6, RP7, RP8, RP9, RP10**
- Anlage 5** **Felduntersuchungen**
- Anlage 5.1** **Schichtenverzeichnisse der Aufschlußbohrungen B1 (2017) und B2 (2017)**
- Anlage 5.2** **Schichtenverzeichnisse der Rammkernbohrungen RKB 1 bis RKB12**
- Anlage 5.3** **Schichtenverzeichnisse der Schurfauftnahmen SCH 1 bis SCH 9**
- Anlage 5.4** **Rammdiagramme der Schweren Rammsondierungen DPH 1 bis DPH6**
- Anlage 5.5.** **Plattendruckversuche PDV 1 bis PDV 5**
- Anlage 6** **Laborversuche**
- Anlage 6.1** **Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen**
- Anlage 6.2** **Bestimmung der Korngrößenverteilungen**
- Anlage 6.3** **Bestimmung der Proctordichte**
- Anlage 6.4** **Deklarationsanalytik nach LAGA II. – Prüfbericht der AGROLAB v. 31.10.2018**
- Anlage 7** **Homogenbereiche**
- Anlage 7.1** **Empfehlungen für die Zusammenfassung von Boden- und Felsschichten zu Homogenbereichen**
- Anlage 7.2.** **Kennwerte/Eigenschaften der Homogenbereiche im Lockergestein**
- Anlage 7.3.** **Kennwerte/Eigenschaften der Homogenbereiche im Fels**
- Anlage 7.4** **Körnungsbänder der Homogenbereiche A und V**
- Anlage 8** **U3-Südwest, Bauabschnitt 2.2, Streckenabschnitt Großreuth – Gebersdorf; Historische Recherche zur Ermittlung von Altlasten / Altlastenverdachtsflächen und Altlastenerkundung, Bericht der LGA Institut für Umweltgeologie und Altlasten GmbH vom 20.11.2008 (AZ: IUA2007102-11).**