

Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg

Regierungspräsidium Tübingen

Bundestraße B 27

von NK 7520 060 n NK 7420 003 Stat. 048 bis NK 7420 003 n NK 7420 062 Stat. 0 696

B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28, Schindhaubasistunnel

PROJIS-Nr.: 08 91 8082 00

Feststellungsentwurf

UNTERLAGE 20.5

Geotechnisches Streckengutachten Süd

Aufgestellt:
Regierungspräsidium Tübingen
Abt. 4 - Mobilität, Verkehr, Straßen
Ref. 44 - Planung

Tübingen, den 28.06.2024

GUTACHTEN

Nr. 20G00185/StrS

Datum: 20.10.2023

Auftraggeber: Regierungspräsidium Tübingen
Referat 42
Konrad-Adenauer-Str. 20
72072 Tübingen

Projekt: B 27 Tübingen (Bläsibad) - B28, Schindhaubasisstunnel

Auftrag vom: 15.05.2020

Inhalt des Auftrages: **Geotechnischer Bericht**
Streckenanschluss südlich des Tunnels

Bearbeiter / Sachverständiger: Dipl.-Ing. (FH) Ernst Stapff

Telefon Nr.: +49 911 81771 408

Telefax Nr.: +49 911 81771 439

E-Mail: ernst.stapff@lga.de

Dieses Gutachten umfasst 29 Seiten und 9 Anlagengruppen.

Dieser Gutachten darf nur im vollen Wortlaut veröffentlicht werden.
Jede Veröffentlichung in Kürzung oder Auszug bedarf der vorherigen Genehmigung durch die LGA Bautechnik GmbH.

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

B27 Sued_Strecke_Geotechnischer Bericht.docx

LGA Bautechnik GmbH
Tillystraße 2
90431 Nürnberg
Tel. +49 911 81771-400
Fax +49 911 81771-419
Mail verkehrswegebau@lga.de

Geschäftsführung
Hans-Peter Trinkl
AG Nürnberg HRB 20586

Ein Unternehmen der
LGA Landesgewerbeanstalt Bayern
Körperschaft des öffentlichen Rechts

www.lga.de

Inhaltsverzeichnis

Anlagenverzeichnis	3
1 Veranlassung	4
2 Unterlagen	4
3 Baugrunderkundung, Feld- und Laboruntersuchungen	5
3.1 Baugrundaufschlüsse	5
3.1.1 Erkundungsbohrungen 2020	5
3.1.2 Frühere Baugrunderkundungen	5
3.1.3 Schwere Rammsondierungen und Rammkernsondierungen.....	6
3.2 Boden- und felsmechanische Laboruntersuchungen	6
3.3 Grundwasseranalysen	7
4 Geologie	7
5 Baugrund und Grundwasserverhältnisse.....	8
5.1 Allgemein.....	8
5.2 Oberbau	8
5.3 Oberboden	8
5.4 Baugrundverhältnisse	9
5.4.1 B 27 Dammstrecke, Bau-km 0+500 bis Bau-km 0+780, mit GVS	9
5.4.2 B 27 Einschnitt, Bau-km 0+780 bis Bau-km 0+814,9 (Ost) / 0+831 (West)	10
5.5 Grundwasserverhältnisse	11
6 Folgerungen.....	12
6.1 Geotechnische Kategorie.....	12
6.2 Erdbebenzone	12
6.3 Homogenbereiche für Erdbau, DIN 18300	13
6.3.1 Allgemein	13
6.3.2 Homogenbereich B1, Hang- und Schwemmlehm.....	13
6.3.3 Homogenbereich B2, Junge Talfüllungen (verlehmter Kies).....	14
6.3.4 Homogenbereich X1, Ausgelaugte Untere Bunte Mergel und Obere Bunte Mergel..	15
6.3.5 Homogenbereich X2, Kieselsandstein und Schilfsandstein	16
6.4 Homogenbereiche für Landschaftsbauarbeiten, DIN 18320.....	18
6.4.1 Homogenbereich O1 – Oberboden Feldbereich	18
6.4.2 Homogenbereich O2 – Oberboden neben befestigten Flächen und Bankettmaterial	19
6.5 Charakteristische Bodenkennwerte	19
6.6 Charakteristische Kennwerte, neue Schüttungen	21
7 Empfehlungen für den Streckenbau	23
7.1 Böschungsneigungen	23
7.2 Oberbaubemessung	23
7.3 Felsgestaltung	24
7.4 Wiederverwendung des Aushubmaterials	24
7.5 Entwässerungen.....	25
7.6 Wasserschutzgebiete	25
7.7 Dammaufstandsflächen	25
7.8 Bodenverbesserungen.....	26
7.9 Dammverbreiterungen	26
7.10 Herstellung des Planums	27
7.11 Qualifizierte Bodenverbesserung	27
7.12 Oberflächenerosion	28
7.13 Oberboden	28
7.14 Eigenüberwachung.....	28
8 Schlussbemerkung	29

Anlagenverzeichnis

1	Anlagengruppe 1	Lageplan
2	Anlagengruppe 2	Geotechnische Schnitte
3	Anlagengruppe 3	Baugrundaufschlüsse
4	Anlagengruppe 4	entfallen
5	Anlagengruppe 5	Geotechnische Laborversuche
6	Anlagengruppe 6	Grundwasseruntersuchungen DIN 4030
7	Anlagengruppe 7	entfallen
8	Anlagengruppe 8	Kennwerte
	8.1	Charakteristische Kennwerte
	8.2	Kennwerte der Homogenbereiche
9	Anlagengruppe 9	Niederschläge, Wetterstation Kusterdingen

1 Veranlassung

Im Zuge des 4-streifigen Ausbaus der B27 wird vom Regierungspräsidium Tübingen eine östliche Umgehung von Tübingen geplant. Zwischen dem Bereich Bläsibad im Süden und dem Tübinger Kreuz (B27 / B28) im Norden ist hierfür als zentrales Bauwerk der ca. 2,3 km lange Schindhaubasistunnel geplant, der den Höhenrücken des Schindhau unterfährt.

Im Zuge der Maßnahme sind zudem die Anschlussbereiche im Norden und Süden des Tunnels herzustellen.

Die LGA Bautechnik GmbH wurde mit Datum vom 15.05.2020 durch das Regierungspräsidium Tübingen mit der Erstellung eines Geotechnischen Berichts für die Beurteilung der Geotechnischen Maßnahmen für den Streckenbau der Anschlussbereiche südlich des Tunnels beauftragt.

2 Unterlagen

- [1] B27 Tübingen (Bläsibad) – B28; Schindhaubasistunnel, RE-Vorentwurf, Bau-km 0+195,578 bis Bau-km 3+840, Teil A bis Teil D, Regierungspräsidium Tübingen, 05.07.2019 (digital)
- [2] Digitales Geländemodell, 1 m DGM UTM, Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung
- [3] B27 Tübinger Kreuz – Bläsibad, Langer Schindhaubasistunnel, Baugrund- und Gründungsgutachten Bauabschnitte Nord und Süd, Oberirdische Strecken und Brückenbauwerke, Prof. Dr.-Ing. W. Wittke, Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau GmbH, Aachen, 20.12.2006 (digital)
- [4] Abfrage Bohrdatenbank (Baugrundaufschlüsse im Umfeld des Schindhaubasistunnels), Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, 06.02.2019 (digital)
- [5] Geologische Karte von Baden-Württemberg, M 1 : 25.000, Blatt 7420 Tübingen mit Erläuterungen, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
- [6] Geologische Karte von Baden-Württemberg, M 1 : 25.000, Blatt 7520 Mössingen mit Erläuterungen
- [7] Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, M 1:350 000, 1. Auflage 2005, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

3 Baugrunderkundung, Feld- und Laboruntersuchungen

3.1 Baugrundaufschlüsse

3.1.1 Erkundungsbohrungen 2020

Es wurden in der Erkundungskampagne 2020 insgesamt 56 Bohrungen für das Tunnelbauwerk einschließlich der südlichen und nördlichen Anschlussbereiche zur geotechnischen und hydrologischen Beurteilung ausgeführt. Im Bereich des südlichen Anschlussbereichs liegen die Bohrungen KB 48 bis 56. Die Bohrungen KB 48 und KB 53 wurden zu 5" Grundwassermessstellen ausgebaut.

Die Bohrungen wurden durch das Bohrunternehmen Baugrund Süd GmbH, Bad Wurzach ausgeführt. Die Betreuung der Aufschlüsse sowie die geologische und geotechnische Aufnahme der Bohrungen erfolgten vor Ort durch die LGA Bautechnik GmbH.

Eine Zusammenstellung aller Vermessungsdaten der Aufschlüsse (Erkundungskampagne 2020) liegt in **Anlagengruppe 3.1** bei. Die Einmessung der Bohrungen und Grundwassermessstellen erfolgte durch das Ingenieurbüro Helle aus Tübingen.

Die Lagen der Aufschlüsse können dem Lageplan der **Anlagengruppe 1** entnommen werden. Die Baugrundschnitte mit Darstellung von ausgewählten Aufschlüssen und Schichtverläufen können der **Anlagengruppe 2** entnommen werden.

Zur Definition und Erläuterung der in den Bohrsäulen verwendeten Bezeichnungen des Trennflächengefüges, der Gesteinhärte, sowie der über Buchstaben definierten Kernform (KF) und Festigkeit (F) ist eine Legende in **Anlagengruppe 3.2** beigegeben.

In **Anlagengruppe 3.3** sind die Bohrsäulen der einzelnen Aufschlüsse der Bohrkampagne 2020 im Detail dargestellt.

3.1.2 Frühere Baugrunderkundungen

Für den Tunnel und die Anschlussbereiche wurden im Jahr 2006 bereits Erkundungsbohrungen, Schürfen und schwere Rammsondierungen ausgeführt.

Diese Aufschlüsse wurden durch das Geologische Landesamt Baden-Württemberg sowie durch Prof. Dr.-Ing. W. Wittke Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau GmbH, Aachen, aufgenommen.

Die Vermessungsdaten der südlich des Tunnels ausgeführten Aufschlüsse aus der Bohrkampagne von 2006 sind in **Anlagengruppe 3.1** zusammengestellt.

Die Aufzeichnungen zu den Archivaufschlüssen liegen in **Anlagengruppe 3.4** bei.

3.1.3 Schwere Rammsondierungen und Rammkernsondierungen

Für das Bauwerk wurden zudem schwere Rammsondierungen DPH und Rammkernsondierungen mit der Bohrkampagne 2020 ausgeführt. Die Ausführung erfolgte durch die Firma Geologie VEITH aus Wilburgstetten.

Die Vermessungsdaten der südlich des Tunnels ausgeführten Aufschlüsse sind in **Anlagengruppe 3.1** zusammengestellt.

Die Rammkernsondierungen wurden unverrohrt bis zu einer Tiefe von meist 3 m, teilweise 5 m ausgeführt, um die oberen Schichten des Baugrunds in Bereichen zu erkunden, in denen die Baumaßnahme nur oberflächlich in den Untergrund eingreift.

Die Rammprotokolle der schweren Rammsondierungen liegen als **Anlagengruppe 3.5**, die Säulenprofile der Rammkernsondierungen als **Anlagengruppe 3.6** dem Gutachten bei.

3.2 Boden- und felsmechanische Laboruntersuchungen

An den Lockerböden und Festgesteinen der im Untersuchungsabschnitt anstehenden Böden wurden boden- und felsmechanische Laborversuche durchgeführt.

Die Auswertung der Laborversuche sowie die Versuchsprotokolle der einzelnen Laboruntersuchung für die angetroffenen Baugrundsichten werden im Geotechnischen Gutachten für das Tunnelbauwerk detailliert beschrieben.

Anhand der Beurteilung der Laborergebnisse der einzelnen Baugrundsichten unter Berücksichtigung der detaillierten Ergebnisse im Bauwerksbereich, zusammen mit den vorliegenden Erfahrungen wurden die charakteristischen Kennwerte des Geotechnischen Berichts abgeleitet.

Die Versuchsergebnisse an Proben der gründungsrelevanten Homogenbereiche sind in **Anlagengruppe 5** zusammengestellt.

3.3 Grundwasseranalysen

Aus den neu errichteten Grundwassermessstellen wurden am Ende des Klarpumpens Grundwasserproben gewonnen und anschließend von der Agrolab Labor GmbH auf den Parameterumfang gemäß DIN 4030 zur Bestimmung der Betonaggressivität untersucht.

Die Grundwassermessstellen zeigen alle im Quartär ein nicht betonangreifendes Grundwasser.

Für die ausschließlich ins Quartär eingreifenden Baumaßnahmen des Streckenbaus einschließlich der Streckenentwässerung kann entsprechend von nicht betonangreifendem Grundwasser ausgegangen werden.

Die Ergebnisse der südseitig des Tunnels ausgeführten Grundwasseruntersuchungen nach DIN 4030 sind in **Anlagengruppe 6.1** beigegeben.

4 Geologie

Das Südportal des Schindhaubasistunnels liegt am Anstieg auf den Schindhau-Höhenrücken. Die Zuführung von Südens erfolgt von der bestehenden B 27 im Steinlachtal in niedriger Dammlage über ein großes Feld. Hier flacht das Gelände gegenüber dem steilen Hanganstieg des Schindhauhöhenrückens ab. Erst kurz vor der offenen Bauweise des Tunnels geht die B 27 in Einschnittslage über.

Anthropogene Auffüllungen (Dammschüttungen, Geländemodellierungen, etc.) sind nur am südseitigen Baubeginn im Anschluss an den Bestand vorhanden.

Unter der neuen B 27 stehen im Bereich des Feldes Hang- und Schwemmlerme der umliegenden Hänge aus umgelagerten bindigen Sedimenten an.

Unterlagert werden diese von jungen Talfüllungen, vor allem aus dem Taleinschnitt des Bläsiachs an. Diese bestehen aus verlehmtten Kiesen.

Unter den quartären Ablagerungen folgen die Gesteine der Unteren Bunten Mergel (Steigerwald-Formation) des mittleren Keupers. Diese sind hier ausgelaugt und weisen keinen Gips auf.

Teilweise erreichen die Aufschlüsse noch den im Liegenden anstehenden Schilfsandstein (Stuttgart-Formation).

Im Bereich des Übergangs zum Tunnel stehen unter dem Hanglehm noch Reste der Oberen Bunten Mergel sowie der Kieselsandstein an. Darunter folgen wieder die Gesteine der ausgeaugten Unteren Mergel und des Schilfsandsteins, die vom Gipskeuper unterlagert werden.

Eine ausführliche Beschreibung der geologischen Situation kann dem Geotechnischen Gutachten für den Tunnel entnommen werden.

5 Baugrund und Grundwasserverhältnisse

5.1 Allgemein

Das Baugrundmodell für den nördlichen und südlichen Anschlussbereich wurde, wie für den Tunnel, als digitales 3D-Baugrundmodell entwickelt. Aus diesem Modell können die detaillierten Schichtverläufe aller relevanten Baugrundsichten entnommen werden.

Die Schichtenverläufe für den im gegenwärtigen Gutachten behandelten Anschlussbereich Süd sind zudem für ausgewählte Schnitte in der **Anlagengruppe 2** dargestellt.

5.2 Oberbau

Der detaillierte Schichtaufbau der bestehenden Straßen ist in einem separaten Gutachten zum Oberbau beschrieben.

Eine Definition und Beschreibung der Homogenbereiche für den Rückbau der bestehenden Straßen und befestigten Flächen erfolgt ebenfalls ausschließlich im Gutachten für den Oberbau.

5.3 Oberboden

Für den Oberboden wurde ein separates Bodenschutzkonzept von der Gruppe für Ökologische Gutachten erstellt.

5.4 Baugrundverhältnisse

5.4.1 B 27 Dammstrecke, Bau-km 0+500 bis Bau-km 0+780, mit GVS

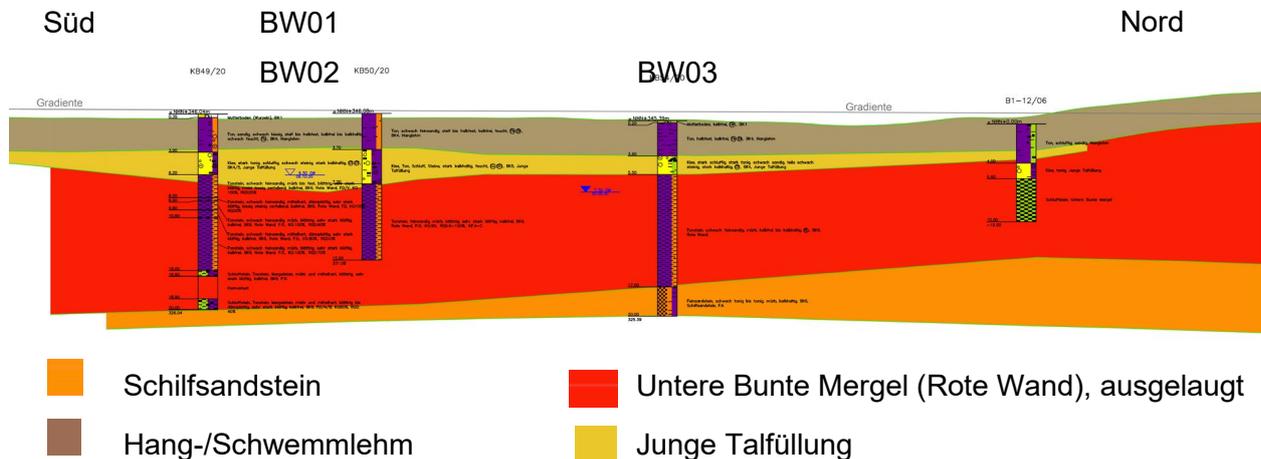


Bild 5-1: Schichtenfolge entlang B 27, Dammlage (Auszug aus Anlage 2.1)

Die nachfolgend beschriebenen Baugrundverhältnisse stehen großflächig unter dem Feld im südlichen Zulauf zum Tunnelportal unter der neuen B 27 vom Bauanfang bis ca. km 0+780 an. Hier verläuft die B 27 in Dammlage.

Die Untergrundverhältnisse stehen zudem unter der bei BW 03 in Dammlage überführten Gemeindefstraße nach Wankheim an.

Der Oberboden ist im Feldbereich ca. 30 cm dick.

Darunter folgen Hang- und Schwemmlehme aus schwach sandigen bis sandigen, steifen und halbfesten Tonen. Diese weisen meist Dicken von 2 – 4 m auf. Hierbei handelt es sich um Hang- und Schwemmlehme (quartäre Umlagerungen).

Bei den darunter folgenden Jungen Talfüllungen handelt es sich ebenfalls um quartäre Umlagerungen mit Mächtigkeiten von meist 1,5 – 3,5 m. In Bohrung KB 51 erreichen sie ihre größte erkundete Dicke von 5,5 m. Sie bestehen aus meist kantigen, teilweise kantengerundeten, häufig stark kalkhaltigen, schluffigen, tonigen Kiesen. Der Schlämmkornanteil kleiner 0,063 mm liegt dabei meist zwischen 20 – 40% Masse-%. Teilweise gehen die Kiese in stark kiesige Tone weicher bis halbfester Konsistenz über. Die Konsistenz des Tonanteils hängt stark von lokalen Schichtwasserführungen in der insgesamt kiesigen Schicht der jungen Talsedimente ab.

Ab meist 6 – 7 m unter Gelände (maximal ab ca. 5 m bzw. 8 m unter Gelände) folgen die Gesteine der Unteren Bunten Mergel. Diese sind ausgelaugt und weisen keinen Gips mehr auf. Sie bestehen aus im Übergang festen Tonen und Schluffen, darunter aus sehr mürben und mürben, mit zunehmender Tiefe mürben und mittelharten, blättrigen bis plattigen, sehr stark klüftigen bis klüftigen Tonsteinen und Schluffsteinen.

Nur in den Bohrung KB 52/20 und KB 54/20 wurde im Endbereich der Aufschlüsse noch Schilfsandstein angeschnitten. Der Schilfsandstein wurde hier als feinkörniger, mürber, meist bankiger, schwach klüftiger Sandstein erkundet.

Die Baugrundverhältnisse sind detailliert in den Längsschnitten der B27 sowie der GVS nach Wankheim in der **Anlagen 2.1** (B 27, km 0+500 – 0+800) und der **Anlage 2.2 (GVS)** dargestellt.

5.4.2 B 27 Einschnitt, Bau-km 0+780 bis Bau-km 0+814,9 (Ost) / 0+831 (West)

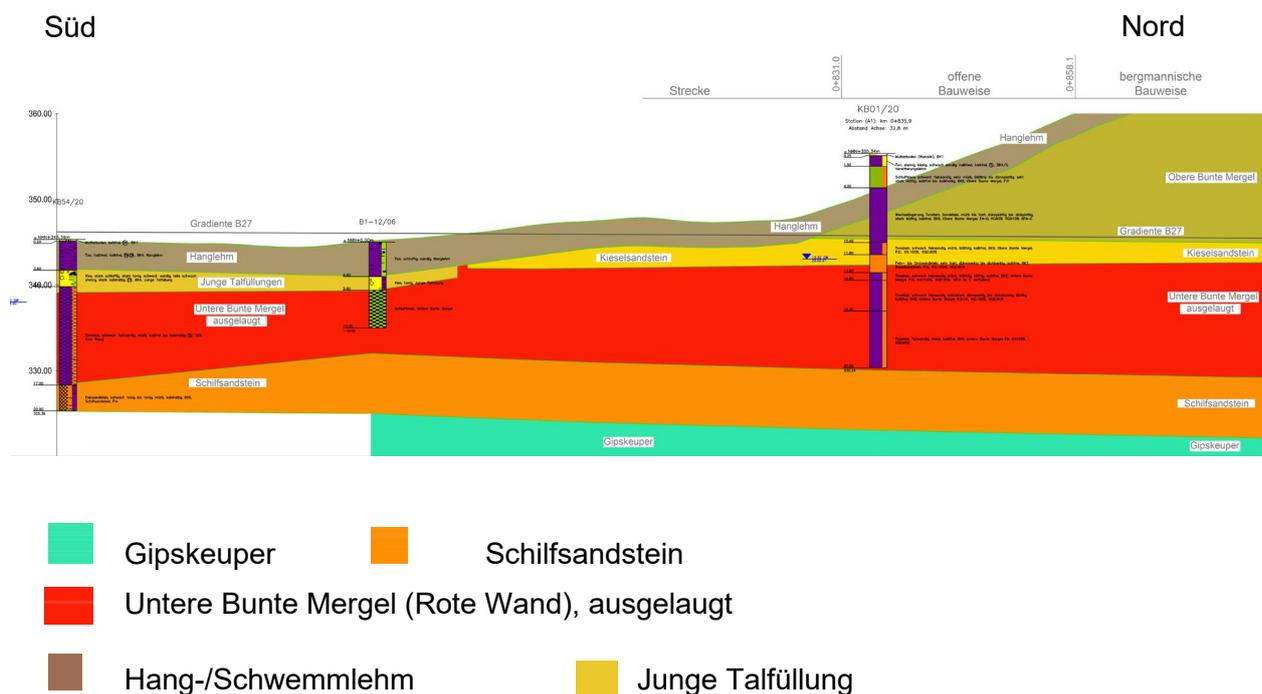


Bild 5-2: Schichtenfolge entlang B 27, Übergang zum Tunnel (Auszug aus Anlage 2.3)

Ab ca. Bau-km 0+780 bis zum in offener Bauweise hergestellten Tunnelbauwerk bei ca. Bau-km 0+814,9 (Ostseite) bzw. bei ca. Bau-km 0+831,0 (Westseite) verläuft die B 27 in niedriger Einschnittslage.

Der Einschnitt kommt dabei zum großen Teil in den Hanglehmen zu liegen. Diese bestehen aus steifen und halbfesten, schwach sandigen bis sandigen Tonen und Schluffen.

Unterlagert werden diese insbesondere unter der östlichen Fahrbahn (Achse A12) noch von Resten der Oberen Bunten Mergel aus festen Tonen und mürben bis mittelharten, blättrigen bis plattigen, stark klüftigen Tonsteinen mit einzelnen Mergelsteinlagen. Das Erdplanum kann hier noch teilweise harte, plattige bis bankige, klüftige bis kompakte Sandsteine des Kieselsandsteins im Liegenden erreichen.

Darunter folgen wieder wie unter dem Dammbereich die ausgelaugten Unteren Bunten Mergel und der Schilfsandstein.

Für die beiden Fahrbahnen der B 27 sind die Schichtverläufe in den Längsschnitten der **Anlagen 2.3 und 2.4** dargestellt.

5.5 Grundwasserverhältnisse

Grundsätzlich stellen die Unteren Bunten Mergel einen Grundwasserstauer dar. Sie sind gering durchlässig. Mit einer echten Grundwasserführung ist in den im Liegenden anstehenden Sandsteinen des Schilfsandsteins zu rechnen. Die ausgeführten Erkundungsbohrungen südseitig des Tunnels schneiden diesen jedoch nur oberflächlich an.

Die am WL Ost des Bauwerks BW 03 liegende Grundwassermessstelle KB 53/20 zeigt einen Wasserstand am 05.07.2021 von 1,8 m unter Gelände auf 344,3 m NN. Die Filterstrecke der Grundwassermessstelle liegt bei 7,5 – 10,2 m Tiefe. In Verbindung mit den Wasserstand des Bläsibachs sowie der vorhandenen Gräben muss deshalb in allen Tiefenlagen mit geringen Schicht- und Kluftwasserführungen bei den insgesamt gering durchlässigen Böden gerechnet werden. Verstärkt treten die Wasserführungen in den verlehmtten Kiesen der jungen Talfüllungen auf.

Erst im Talbereich des Steinlachtals bildet sich ein durchgehendes Grundwasserstockwerk aus. Dessen Wasserstand wird mit der Grundwasserstelle in Bohrung KB 48/20 seit 05.07.2021 gemessen. Die Filterstrecke der Grundwassermessstelle beginnt in den jungen Talfüllungen bei 3,7 m Tiefe und reicht bis in die ausgelaugten Unteren Bunten Mergel bis 8,7 m unter Gelände. Der höchste Grundwasserstand wurde am 22.02.2022 mit 4,13 m unter Gelände auf 340,41 m NN festgestellt.

Für die Grundwassermessstelle GWM KB 53/20 wurde am 05.07.21, nach intensiven Regenfällen (siehe Daten Wetterstation Kusterdingen, Anlage 9), der bisher höchste GW-Stand gemessen. Für die GWM KB 48 liegt der Messwert aus Juli 21 ca. 1 m über dem höchsten Messwert aus Mai 22. Die Grundwasserstandsmessung bei KB 53/20 erfolgte 6 Tage nach Ende der letzten starken Regenfälle (28. + 29. Juni, 77mm in 2 Tagen), so dass der tatsächliche GW-Höchststand bei GWM KB 53/20 eventuell gar nicht erfasst wurde.

Die GWM KB 48/20 wurde erst im Februar 2022 hergestellt, so dass für Juli 2021 keine Messwerte vorliegen. Hier muss deshalb auch mit einem über dem höchsten GW-Stand der Messreihe liegenden maximalen GW-Höchststand gerechnet werden.

Der Ausbauplan der Grundwassermessstelle sowie die Grundwasserganglinie liegen **in Anlagegruppe 7** dem Gutachten bei. Die Grundwassermessstellen werden weiterhin durch das RP Tübingen gemessen.

6 Folgerungen

6.1 Geotechnische Kategorie

Der südseitige Streckenbau ist gemäß DIN EN 1997-1 in die geotechnische Kategorie 2 einzustufen.

6.2 Erdbebenzone

Die Maßnahme liegt nach der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklasse für Baden-Württemberg in der Erdbebenzone 3, Untergrundklasse R.

Bei der Erdbebenzone 3 handelt es sich um ein Gebiet, in dem gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus rechnerisch die Intensitäten 7,5 und größer zu erwarten sind.

Die ausgewiesene Untergrundklasse R trifft für das Gebiet der Maßnahme mit überwiegend felsigem Untergrund zu.

Aufgrund der erkundeten Baugrundverhältnisse aus Lockerboden und überwiegend entfestigten, verwitterten bis stark verwitterten Fels ist der Untergrund in die Baugrundklasse C einzustufen.

6.3 Homogenbereiche für Erdbau, DIN 18300

6.3.1 Allgemein

Die erkundeten Baugrundsichten stellen für die Bauwerke gleichzeitig Homogenbereiche mit in sich ähnlichen Eigenschaften dar. Dies trifft dabei sowohl für die Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300 als auch für Homogenbereiche für Bohrarbeiten nach DIN 18301 zu.

Die nachfolgende Beschreibung der Homogenbereiche bildet einen Überblick über die zu erwartenden Gesteine, deren Trennflächengefüge und Festigkeit für jeden Homogenbereich. Sie ist immer zusammen mit der Beschreibung der einzelnen Schichten (vgl. Kap. 5) zu sehen.

Die genauen Schichtverläufe = Homogenbereichsgrenzen können dem Schnitt der **Anlagengruppe 2** sowie digital flächig dem 3-dimensionalen Schichtmodell entnommen werden, wobei die Dunklen Mergel und der Schilfsandstein eine Baugrundsicht bzw. einen Homogenbereich bilden.

In den Schnitten sind zudem die Bohrsäulen mit der detaillierten Baugrundaufnahme dargestellt. Diese geben die zu erwartenden Baugrundverhältnisse im Aufschlusspunkt wieder.

Der Gesamtumfang der Kennwerte in tabellarischer Form für Homogenbereiche nach DIN 18300 „Erdarbeiten“ und DIN 18301 „Bohrarbeiten“ können für die einzelnen Homogenbereiche der **Anlagengruppe 8.2** entnommen werden.

6.3.2 Homogenbereich B1, Hang- und Schwemmlehm

6.3.2.1 Allgemeine Beschreibung

Der Homogenbereich B1, Hang und Schwemmlehm umfasst den am Südportal erkundeten Hang- und Schwemmlehm. Dem Homogenbereich können zudem die lokal vorhandenen Auffüllungen (z.B. Straßendämme am Baubeginn) zugerechnet werden.

Die Hang- und Schwemmlehm besteht aus schwach feinsandigen bis feinsandigen, teilweise schwach kiesigen bis kiesigen, steifen und halbfesten Tonen und Schluffen. Diese sind meist leicht bis mittelplastisch, untergeordnet ausgeprägt plastisch. Teilweise sind organische Beimengungen enthalten.

6.3.2.2 Bodengruppen DIN 18196

Der Hang- und Schwemmlehm ist den Bodengruppen nach DIN 18196 TL, TM, untergeordnet der Bodengruppe TA zuzuordnen. Vereinzelt können die Bodengruppe SU*/ST* (bindige Sande) auftreten.

Der Hang- und Schwemmlehm ist wasserempfindlich und ändert seine Konsistenz in Trocken- bzw. Feuchtperioden. Er ist insgesamt sehr frostempfindlich und in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 einzustufen.

6.3.2.3 Bodenklassen (informativ)

Informativ wären die Böden nach DIN 18300, Erdarbeiten und DIN 18301, Bohrarbeiten, jeweils Ausgabe 2010, in die Bodenklassen 4 und 5 für Erdarbeiten und in die Bodenklassen BN2, BB2, BB3, bei Steinanteilen zudem in die Zusatzklasse BS1 einzustufen.

6.3.3 Homogenbereich B2, Junge Talfüllungen (verlehmt Kies)

6.3.3.1 Allgemeine Beschreibung

Der Homogenbereich B2 der jungen Talfüllungen unterlagert die Hang- und Schwemmlahme unter dem südlichen Trassenanschluss.

Die jungen Talfüllungen bestehen aus schluffigen/tonigen bis stark schluffigen/tonigen, schwach sandigen bis sandigen, untergeordnet steinigen Kiesen. Diese sind kalkhaltig bis stark kalkhaltig. Teilweise gehen diese bei zunehmenden Schlämmkornanteil in kiesige bis stark kiesige, feinsandige Tone und Schluffe steifer und halbfester Konsistenz über.

6.3.3.2 Bodengruppen DIN 18196

Die jungen Talfüllungen sind überwiegend den Bodengruppen nach DIN 18196 GU*/GT*, untergeordnet den Bodengruppen TL, TM zuzuordnen. Vereinzelt können die Bodengruppe SU*/ST* (bindige Sande) auftreten.

Die Jungen Talfüllungen sind aufgrund des hohen Schlämmkornanteils wasserempfindlich. Sie sind sehr frostempfindlich und in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 einzustufen.

6.3.3.3 Bodenklassen (informativ)

Informativ wären die Böden nach DIN 18300, Erdarbeiten und DIN 18301, Bohrarbeiten, jeweils Ausgabe 2010, in die Bodenklassen 4 und 5 für Erdarbeiten und in die Bodenklassen BN2, BB2, BB3, bei Steinanteilen zudem in die Zusatzklasse BS1, BS2 einzustufen.

6.3.4 Homogenbereich X1, Ausgelaugte Untere Bunte Mergel und Obere Bunte Mergel

6.3.4.1 Allgemeine Beschreibung

Die ausgelaugten Unteren Bunten Mergel bilden den Untergrund unter den quartären Ablagerungen der Homogenbereiche B1 und B2 im südlichen Streckenanschluss an den Tunnel.

Die ausgelaugten Unteren Bunten Mergel weisen in den Bohrungen keinen Gips auf. Durch die starke Auslaugung, teilweise in Verbindung mit geringer Überdeckung, sind die Gesteine stark entfestigt, teilweise zersetzt.

Direkt vor der offenen Bauweise des Tunnels kommt die Trasse noch in Einschnittslage in den Resten der Oberen Bunten Mergel zu liegen. Diese sind ebenfalls aufgrund der geringen Überdeckung stark entfestigt bis zersetzt und entsprechen in ihren bautechnischen Eigenschaften den ausgelaugten Unteren Bunten Mergeln.

Beide geologischen Schichten bestehen überwiegend aus festen Tone und Schluffen sowie sehr mürben und mürben, blättrigen bis plattigen, sehr stark klüftigen bis klüftigen Tonsteinen und Schluffsteinen.

Mit zunehmender Tiefe treten auch bankige, klüftige bis kompakte, mittelharte und harte Tonsteinen und Schluffsteine auf. Im Übergang zum Kieselsandstein sind einzelne harte Fein- bis Grobsandsteinbänke eingeschaltet.

In den Unteren Bunten Mergeln treten zudem einzelne harte Steinmergel- und Dolomitsteinlagen auf.

6.3.4.2 Gestein

Hauptgestein ist sehr mürber und mürber Tonstein und Schluffstein; trotz Auslaugung sind Bereiche mit mittelharten und harten Tonsteinen, Schluffsteinen, Mergelsteinen vorhanden;

Gips ist ausgelaugt und in den Bohrungen nicht mehr vorhanden.

Tonsteine, Schluffsteine:

Schwach feinsandig bis feinsandig, meist sehr schlechte bis mäßige Kornbindung, überwiegender Mineralanteil: Illit. Quarzanteil < 20%. Bei Verwitterung/Zermahlen überwiegend Bodengruppen nach DIN 18196: TL, TM, TA. Schwach abrasiv.

Sandstein, Dolomitstein, Steinmergel:

In dünnen Lagen eingeschaltet, meist mittelhart und hart, plattig – dünnbankig (5 – 15 cm).

6.3.4.3 Druckfestigkeit

Sehr mürbe und mürbe Tonsteine, Schluffsteine	0,5 – 5 MN/m ²
Mittelharte und harte Tonsteine, Schluffsteine, Mergelsteine	5 – 15 MN/m ²

6.3.4.4 Schichtung, Klüftung

Insgesamt söhlige Lagerung mit großflächigem Einfallen entsprechend der Schichtgrenzen.

Schichtung überwiegend blättrig bis plattig, (1 – 10 cm), selten bankig (bis 60 cm).

Klüftung überwiegend sehr stark klüftig bis stark klüftig (1 – 10 cm), teilweise schwach klüftig (bis 60 cm).

Klüfte fast immer geschlossen, offene Klüfte möglich. Offene Klüfte können im Einzelfall Wasser führen.

6.3.4.5 Wasserempfindlichkeit

Der Hauptanteil aus Tonstein ist stark wasserempfindlich. Bei mechanischer Beanspruchung neigt der Tonstein zur völligen Zersetzung zu Ton (Bodengruppen meist TL, TM, TA) und damit zu starker Schlamm Bildung.

6.3.5 Homogenbereich X2, Kieselsandstein und Schilfsandstein

6.3.5.1 Allgemeine Beschreibung

Der Homogenbereich X2 fasst die Gesteine des Kieselsandsteins und des Schilfsandsteins zusammen.

Die Gesteine des Kieselsandsteins stehen in der Einschnittslage im Übergang zum Tunnel noch teilweise im Niveau des Erdplanums oder knapp darunter an. Sie sind bei der Herstellung des Planums in diesem Bereich zu berücksichtigen.

Der Schilfsandsteins umfasst die im Tunnel als Dunklen Mergel beschriebenen Schichtfolgen aus Tonsteinen und Mergelsteinen mit Sandsteinlagen sowie den eigentlichen Schilfsandstein aus feinkörnigen Sandsteinen. Sie wurden nur mit zwei Erkundungsbohrungen im südlichen Ausbaubereich in den untersten Metern der Erkundungsbohrungen angeschnitten. Aufgrund ihrer Tiefenlage sind sie für den Streckenbau nicht relevant.

Bei den Gesteinen handelt es sich um harte und sehr harte, bankige bis massige, klüftige bis kompakte Sandsteine. Diese sind überwiegend fein- bis mittelkörnig, lokal um grobkörnig. Teilweise treten zwischen den harten und sehr harten Sandsteinlagen dünne, blättrige bis bankige, sehr stark klüftige bis klüftige, mürbe und mittelharte Tonstein- und Schluffsteinlagen bzw. entfestigte, mürbe und mittelharte, klüftige und stark klüftige Sandsteinlagen auf.

6.3.5.2 Gestein

Hauptgestein ist Sandstein. Untergeordnet treten bei Mächtigkeiten des Kieselsandsteins von über 2 m verstärkt Tonstein- und Schluffsteinlagen auf.

Sandstein:

meist hart und sehr hart, teilweise mittelhart, selten mürb (z.B. oberflächennah im Blaulachbereich); gute bis sehr gute Kornbindung, gering entfestigt bis unverwittert; meist feinkörnig, selten mittel- bis grobkörnig (Feinsandfraktion), überwiegend kantig, meist hoher Quarzanteil > 60%, dolomitische, calzitische und quarzitische Bindung. Häufig stark abrasiv.

Tonsteine, Schluffsteine:

wie Tonsteine, Schluffsteine der Oberen Bunten Mergel

6.3.5.3 Druckfestigkeit

Mürb bis mittelharte Sandsteine:	< 25 MN/m ²
Harte Sandsteine:	25 – 50 MN/m ²
Sehr harte Sandsteine:	50 - 120 MN/m ²
Tonsteine, Schluffsteine	0,5 – 5 MN/m ²

Gebirgsdruckfestigkeit (Rechenwert für Homogenbereich): 30 MN/m²

6.3.5.4 Schichtung, Klüftung

Insgesamt söhlige Lagerung mit großflächigem Einfallen entsprechend der Schichtgrenzen.

Schichtung dünnbankig bis massig, (10 cm bis > 60 cm), Klüftung meist kompakt (> 60 cm), teilweise stark klüftig und klüftig; Offene Klüfte sind selten, können aber im Einzelfall stark Wasser führen.

6.3.5.5 Gewinnbarkeit

Maschinell schwer lösbar. Löst sich entlang von Kluft- und Schichtflächen. Verursacht hohen Werkzeugverschleiß.

6.3.5.6 Wasserempfindlichkeit

Der harte und sehr harte Sandstein ist nicht wasserempfindlich. Für mürbe Bereiche sowie Tonsteine und Schluffsteine gelten die Hinweise entsprechend der Unteren Bunten Mergel (Homogenbereich X1).

6.4 Homogenbereiche für Landschaftsbauarbeiten, DIN 18320

6.4.1 Homogenbereich O1 – Oberboden Feldbereich

Beim Homogenbereich O1, Oberboden aus dem Feldbereich der Maßnahme handelt sich um sandige, teilweise kiesige, weiche bis halbfeste Tone und Schluffe. Diese weisen organische Anteile auf. Während Feuchtperioden zeigt der Oberboden weiche Konsistenz, in Trockenphasen halbfeste Konsistenz.

Der Oberboden ist im Feldbereich ca. 30 cm dick (Bandbreite ca. 20 – 40 cm).

Die Kennwerte nach DIN 18320 des Homogenbereichs O1 sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 6-1: Kennwerte der Homogenbereiche, O1 – Oberboden aus Böschungsfanken

Nr.	Kennwert / Parameter	Norm	B1, Frostschutzmaterial
1	Bodengruppe	DIN 18196	TL, TM, SU*, ST*, OU, OT, OH
2	Bodengruppe	DIN 18915	6, 7, 8
3	Massenanteil an Steinen (D>63mm) und Blöcken (D>200mm)	DIN EN ISO 14688-1	Steine: bis 5 Masse-%, keine Blöcke

6.4.2 Homogenbereich O2 – Oberboden neben befestigten Flächen und Bankettmaterial

Der Homogenbereich O2 beschreibt den Oberboden und das Bankettmaterial neben den befestigten Flächen am Baubeginn der Maßnahme. Das Bankettmaterial entspricht dabei in seiner Art und Zusammensetzung dem Oberboden neben den sonstigen befestigten Flächen.

Das Material besteht aus kiesigen, steifen und halbfesten, schwach sandigen bis sandigen Tonen und Schluffen mit organischen Beimengungen.

Die Untersuchungen auf umweltrelevante Inhaltsstoffe sind im separaten Bodenschutzkonzept dokumentiert.

Der Oberboden und das Bankettmaterial sind in der Regel mit einer ca. 3 – 5 cm dicken Grasnarbe bewachsen und durchwurzelt, so dass organische Anteile vorhanden sind.

Die Kennwerte nach DIN 18320 des Homogenbereichs O2, sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 6-2: Kennwerte Homogenbereich O2

Nr.	Kennwert / Parameter	Norm	B1, Frostschutzmaterial
1	Bodengruppe	DIN 18196	TL, TM, GT*, GU*, GT, GU, OT, OH
2	Bodengruppe	DIN 18915	5, 7, 9
3	Massenanteil an Steinen (D>63mm) und Blöcken (D>200mm)	DIN EN ISO 14688-1	Steine: 5 - 15 Masse-%, keine Blöcke

6.5 Charakteristische Bodenkennwerte

Nachfolgende charakteristische boden- und felsmechanische Kennwerte der einzelnen Baugrundsichten bzw. Homogenbereiche können für erdstatische Bemessungen angesetzt werden.

Die charakteristischen Kennwerte des Geotechnischen Berichts wurden anhand der vorliegenden Feld- und der Laboruntersuchungen, zusammen mit Erfahrungen aus gleichen geologischen Verhältnissen, abgeleitet.

Tabelle 6-1: Charakteristische Bodenkennwerte

Baugrund Kennwerte		B1 Hanglehm / Schwemmlehm	B2 Junge Talfüllungen
Feuchtwichte ¹⁾	γ [kN/m ³]	19 (18 – 21)	19 (18 – 21)
Reibungswinkel ¹⁾	φ' [°]	27,5 (22,5 – 30,0)	30,0 (27,5 – 32,5)
Kohäsion ¹⁾	c' [kN/m ²]	5 (3 – 15)	3 (1 – 10)
Steifemodul ¹⁾	E_s [MN/m ²]	20 (10 – 40)	30 (15 – 60)
Querdehnungszahl ¹⁾	ν [-]	0,3	0,3
Durchlässigkeit ¹⁾	k_f [m/s]	$1 \cdot 10^{-6}$ ($10^{-5} - 10^{-8}$)	$5 \cdot 10^{-6}$ ($10^{-5} - 10^{-7}$)

¹⁾ Mittelwert, oberer und unterer Grenzwert in der Klammer

Tabelle 6-1: Charakteristische Bodenkennwerte (Fortsetzung)

Baugrund Kennwerte		X1, Obere und Untere Bunte Mergel, ausge- laugt	X2, Kieselsandstein, Schilfsandstein
Feuchtwichte ¹⁾	γ [kN/m ³]	23 (22 – 24)	23,5 (22 – 25)
Reibungswinkel ¹⁾	φ' [°]	27,5 (22 – 30)	30,0 (22 – 35)
Kohäsion ¹⁾	c' [kN/m ²]	40 (10 – 100)	50 (20 – 150)
Steifemodul ¹⁾	E_s [MN/m ²]	150 (60 - 1000)	150 (80 – 1000)
Querdehnungszahl ¹⁾	ν [-]	0,25	0,2
Durchlässigkeit ¹⁾	k_f [m/s]	$5 \cdot 10^{-7}$ ($10^{-6} - 10^{-8}$)	$5 \cdot 10^{-6}$ ($10^{-5} - 10^{-7}$)

¹⁾ Mittelwert, oberer und unterer Grenzwert in der Klammer

Die charakteristischen Kennwerte sind Ersatzkennwerte für das Gebirge (Gesteinskörper und Trennflächen).

Bei kleinräumigen Betrachtungen können lokale Einflüsse, z.B. offenen bzw. lehmgefüllten Klüfte und Schichtfugen den Reibungswinkel reduzieren und die Kohäsion aufheben.

Kompakte Gesteinskörper ohne Trennflächen weisen dagegen höhere Festigkeiten und Steifemodule auf, als diese dem Gebirge als Ganzes zugeordnet werden können.

Die Durchlässigkeit spiegelt die im Gebirge zu erwartenden Durchlässigkeiten wider. Entlang von offenen Klüften sind weitaus größere Durchlässigkeiten, abhängig von der Öffnungsweite der Klüfte anzutreffen. Dies ist insbesondere in den gespannten Grundwasserleitern des Schilfsandsteins sowie des Kieselsandsteins zu erwarten.

Für die Bemessung der Portalbaugruben sind i.d.R. die ungünstigen, unteren Grenzwerte der Bandbreiten der Homogenbereiche anzusetzen.

Die charakteristischen Kennwerte sind nochmals in einer Gesamttabelle für alle Baugrundsichten in **Anlagengruppe 8.1** zusammengestellt.

Der Gesamtumfang der Kennwerte in tabellarischer Form für Homogenbereiche nach DIN 18300 „Erdarbeiten“, DIN 18301 „Bohrarbeiten“ und DIN 18312 „Untertagebauarbeiten“ können für die einzelnen Homogenbereiche der **Anlagengruppe 8.2** entnommen werden.

6.6 Charakteristische Kennwerte, neue Schüttungen

Die Kennwerte der neu einzubauenden Böden hängen vom gewählten Material ab. Die charakteristischen Bodenkennwerte der einzubauenden Böden sind vor Baubeginn zu überprüfen. Für Vorbemessungen können nachfolgende Kennwerte angesetzt werden.

Tabelle 6-3: Charakteristische Bodenkennwerte neu einzubauender Böden

Schicht	γ_k / γ_k' [kN/m ³]	φ_k' [°]	c_k' [kN/m ²]	$E_{s,k}$ [MN/m ²]
Entwässerungsschicht: gebrochenes Kies-Sand-Gemisch (z.B. Frostschutzmaterial)	20,5 / 10,5	35,0	0	60 - 100
Qualifiziert verbesserte Dammschüttung: Ton, kiesig, sandig, mit mind. 3% Bindemittel verbessert	21,0 / 11,0	30,0	10	50 – 80
Neue Dammschüttung (ohne Bindemittel): Ton, sandig, kiesig, halbfest	21,0 / 11,0	27,5	5 – 10	20 - 40

Die Kennwerte der qualifizierten Bodenverbesserung sind im Zuge der Eignungsprüfungen nachzuweisen, sofern diese für Dammstandsicherheiten erforderlich sind.

7 Empfehlungen für den Streckenbau

7.1 Böschungsneigungen

Die Böschungen der Damm- und Einschnittsbereiche sind mit der Regelböschungsneigung von 1:1,5 geplant.

Die Dammböschungen können bis 5 m Höhe aus den Abtragböden sowie aus allen Felsmaterialien, einschließlich des zwischengelagerten Tunnelausbruchs hergestellt werden.

Dämme mit einer Höhe über 5 m sind aus den oben genannten Böden mit qualifizierter Bodenverbesserung nach ZTV E-StB 17 herzustellen. Hierfür können nur Böden ohne Gipsanteile verwendet werden. Dies sind alle Böden der Anschlussbereiche. Der Tunnelausbruch ist entsprechend auf unterschiedliche Haufwerke zu legen (vgl. Gutachten zum Massenkonzept).

Die Einschnitte können in den anstehenden Böden mit der geplanten Böschungsneigung von 1:1,5 hergestellt werden. In Bereichen von Schichtwasseraustritten können lokal Auflastfilter erforderlich werden (vgl. Kap. 7.5 Entwässerung).

Auf die Einschaltung von Bermen in den Einschnittsböschungen kann aus geotechnischer Sicht verzichtet werden. Bermen sind ggf. zum Einschnitt hin zu neigen, so dass das Wasser großflächig über die Flanke abfließen kann.

7.2 Oberbaubemessung

Die angetroffenen Böden aller für den Streckenbau maßgeblicher Homogenbereiche der Lockerböden und des Felses sind in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 einzustufen.

Die erkundeten Grundwasserverhältnisse sind in Kapitel 5 beschrieben. Aufgrund der kapillar aufsteigenden Feuchtigkeit und der in allen Tiefenlagen auftretenden Schichtwasserführungen sind die Grundwasserverhältnisse ungünstig. Auch in den Übergangsbereichen zum Tunnel sollte von ungünstigen Wasserverhältnissen aufgrund der Schichtwasserführungen ausgegangen werden.

Durch die vorgesehene qualifizierte Bodenverbesserung des Erdplanums kann dieses nach ZTV E-StB 17 in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 eingestuft werden.

Wir empfehlen aus bautechnischen Gesichtspunkten den Oberbau über weite Strecken mit einer einheitlichen Dicke auszubilden und Dickenänderungen auf ein sinnvolles Mindestmaß zu reduzieren.

7.3 Felsgestaltung

Der anstehende Fels ist witterungsempfindlich. Felsgestaltungen sind nicht möglich.

7.4 Wiederverwendung des Aushubmaterials

Die Wiederverwendung der Aushubmaterialien des Tunnelausbruchs ist umfassend im Gutachten zum Massenkonzept beschrieben. Nachfolgend werden die wesentlichen bautechnischen Maßnahmen für die Wiederverwendung der Aushubmaterialien wiedergegeben.

Zusätzlich zu den bautechnischen Aspekten sind die umwelttechnischen Vorgaben zur Verwertung des Tunnelausbruchs (insb. hinsichtlich Sulfat) aus dem Massenverwertungskonzept zu beachten.

Die anfallenden Böden sind als Erdbaumaterial nach ZTV E-StB 17 geeignet.

Die anstehenden festen Tone und Tonsteine/Schluffsteine sowie Mergelsteine (frische und zwischengelagerte Aushubmaterialien des Tunnelausbruchs) sind veränderlich festes Gestein. Ausnahmen bilden nur die harten und sehr harten Sandsteine des Schilfsandsteins und des Kieselsandsteins (Homogenbereiche X3 und X6 des Tunnelgutachtens).

Alle veränderlich festen Gesteine sind für den Wiedereinbau zu fein- und gemischtkörnigen Böden aufzubereiten.

Der Luftporengehalt n_a der zu fein- und gemischtkörnigen Böden aufbereiteten, veränderlich festen Felsgesteine (Bodengruppen nach Aufbereitung: GU*, GT*, SU*, ST*, U, T) ist auf weniger als 8 Vol.-% zu begrenzen. Für die Verdichtung ist eine Wasserzugabe erforderlich. Die Anforderung an den Luftporengehalt ist auch bei einer qualifizierten Bodenverbesserung einzuhalten.

Die für die Aufbereitung erforderlichen Maßnahmen sind im Gutachten zum Massenkonzept beschrieben.

Die harten und sehr harten Sandsteine des Schilfsandsteins und des Kieselsandsteins sollten auf ein Größtkorn < 63 mm zerkleinert werden. Sie werden nach Aufbereitung teilweise bei einem Schlammkornanteil $< 0,063$ mm von < 15 Masse-% der Bodengruppe GU/GT bzw. SU/ST zuzurechnen sein.

In diesem Fall kann bei einer Verdichtung auf 98% bzw. 100% der einfachen Proctordichte entsprechend den Anforderungen nach ZTV E-StB 17 auf eine Begrenzung des Luftporenanteils verzichtet werden.

Die im südlichen Anschlussbereich anfallenden Böden des Homogenbereichs B1, Hang- und Schwemmlerme weisen für den Wiedereinbau häufig einen zu hohen Wassergehalt auf. Sie sind dann qualifiziert zu verbessern.

7.5 Entwässerungen

In den Einschnittsböschungen vor dem Südportal können lokal Schicht- und Kluftwasseraustritte vorkommen. An den Stellen der Wasseraustritte bzw. der Feuchtstellen in der Böschung ist ein 0,5 m dicker Auflastfilter aus grobkörnigem Material (Steinschüttung) einzubauen, um Oberflächenrutschungen zu vermeiden. Diese Bereiche sind vor Ort während der Bauausführung festzulegen.

Werden bestehende Dränagen bei der Bauausführung beschädigt, so sind diese wieder funktionsfähig anzuschließen.

7.6 Wasserschutzgebiete

Beim südlichen Ausbau der B 27 tritt am Bauanfang nur ein Überschwemmungsgebiet auf. Wasserschutzgebiete werden im südlichen Ausbaubereich nicht mit der Maßnahme berührt.

7.7 Dammaufstandsflächen

Die Dammaufstandsflächen sind in einer Dicke von 0,4 m qualifiziert zu verbessern. Darüber ist bei Dämmen die Dammschüttung bis 1 m Höhe ebenfalls qualifiziert verbessert herzustellen, um eine kapillare Durchfeuchtung der Dämme auszuschließen.

Auf ein Vlies in der Sohle der Dammaufstandsflächen kann bei einer qualifizierten Bodenverbesserung verzichtet werden.

7.8 Bodenverbesserungen

Die für die Dämme erforderlichen Bodenverbesserungsmaßnahmen sind im Kap. 7.7, Dammaufstandsflächen, beschrieben. Sie können im Zuge der Herrichtung der Dammaufstandsflächen mit ausgeführt werden.

Über diese Maßnahmen hinausgehende Baugrundverbesserungen werden im südlichen Ausbaubereich der B 27 nicht erforderlich.

7.9 Dammverbreiterungen

Dammverbreiterungen ergeben sich nur in geringen Umfang am südseitigen Beginn der Baumaßnahme.

An den bestehenden Böschungen beträgt die Mutterbodenstärke ca. 0,2 m. Darunter folgen im Mittel bis ca. 0,5 m unter die Böschungsflanke sandige, je nach Witterung weiche bis halfeste, durchwurzelte Tone und Schluffe. Diese Bodenschichten müssen vor dem Abtreppen des bestehenden Dammkörpers abgetragen werden. Sie können nach Aufbereitung nur bedingt als Dammstoff weiterverwendet werden.

Auch in den bestehenden Dammfußbereichen treten in Abhängigkeit des Bauwetters teilweise bis ca. 0,5 m Tiefe aufgeweichte und durchwurzelte Böden auf. Sie müssen ebenfalls vor dem Anbau des neuen Dammes entfernt werden und eignen sich nach Aufbereitung nur bedingt als Dammbaustoff.

Bestehende Dämme sind mit Abtreppungsstufen in geeigneter Höhe (ca. 0,6 m - 1,5 m) mit der neuen Dammschüttung zu verzahnen.

Bei den schleifenden Böschungsschnitten mit Verbreiterungsbreiten kleiner als 4 m müssen die Arbeitsgeräte und Arbeitsanweisungen den beengten Platzverhältnissen angepasst werden. Auf die Einhaltung der Verdichtungsanforderungen entsprechend ZTV E-StB 17 auf der gesamten Verbreiterung bis zur Dammflanke ist zu achten.

Es sind Probefelder zur Festlegung der Arbeitsweise (Erstellung der Arbeitsanweisung für die Verdichtung des Dammflankenbereichs) herzustellen, wenn keine entsprechenden Erfahrungen und Probefelder aus dem nördlichen Ausbaubereichs vorliegen.

7.10 Herstellung des Planums

Bei den vorhandenen Böden und Schüttmaterialien weist das Erdplanum dauerhaft keine ausreichende Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf.

Es ist aufgrund der witterungsempfindlichen Böden ein dichtes Erdplanum erforderlich. Um ein durchgehend gleichmäßiges, dauerhaft tragfähiges Erdplanum zu erzielen, ist dieses über die gesamte Trasse, einschließlich des im Einschnitt liegenden Zulaufs zum Tunnelportal sowie der obersten Dammlage (falls der Damm nicht aufgrund zu hohen Wassergehalts der Böden bereits qualifiziert verbessert wurde) auf eine Tiefe von ca. 30 cm durch Einfräsen von hydraulischen Bindemitteln qualifiziert zu verbessern.

Der vorhandene Kies- und Steinanteil sowie einzelne mittelharte und harte Mergellagen in den ausgelaugten Unteren und Oberen Bunten Mergeln sind bei der Ausführung der qualifizierten Bodenverbesserung zu berücksichtigen.

Zudem ist mit hohem Fräsverschleiß bei den im Zulauf zum Portal (insbesondere östliche Fahrbahn) anstehenden Kieselsteinen im Erdplanum zu rechnen. Zu fräsende harte Sandsteinlagen sind hier bei der Geräteauswahl zu berücksichtigen.

7.11 Qualifizierte Bodenverbesserung

Für die qualifizierte Bodenverbesserung sind 3 – 5 % Bindemittel in das Erdplanum einzufräsen. Hierzu ist eine Wasserzugabe erforderlich.

Für die qualifizierte Bodenverbesserung empfehlen wir ein Mischbindemittel 30/70 mit einem Zementanteil von 70% vorzusehen. Das Mischbindemittel kann für alle qualifizierten Bodenverbesserungen verwendet werden.

Bei sehr hohen Wassergehalten in den Schwemmlahmen des Homogenbereichs B1 kann für die qualifizierte Verbesserung der Dammaufstandsfläche (Einfräsen in den Untergrund) ein Bindemittel mit einem Kalkanteil von 50% (Zementanteil mind. 50%) verwendet werden.

Zur Ermittlung der genauen Bindemittelart und Bindemittelmenge sowie der erforderlichen Wasserzugabe ist eine Eignungsprüfung für jede qualifiziert zu verbessernde Boden- und Felsart zu erstellen.

In der Eignungsprüfung muss entsprechend ZTVE-StB 17, Kap. 12.4.3 für die qualifizierte Bodenverbesserung eine Druckfestigkeit von 0,5 N/mm² nach 28 Tagen Lagerung sowie ein Festigkeitsabfall nach 24h Wasserlagerung kleiner 50% nachgewiesen werden.

Aufgrund der teilweise im Tunnelausbruch gipshaltigen Böden und dem im Gipskeuper stark angreifenden Grundwasser aufgrund von Sulfat empfehlen wir, das Quellverhalten (Volumenkonstanz) in der Eignungsprüfung mit zu untersuchen.

7.12 Oberflächenerosion

Freiliegende, nicht bewachsene Erdplanien neigen bei Starkregenereignissen zur Oberflächenerosion. Die Böschungen sind deshalb möglichst frühzeitig zu begrünen.

An den Einschnittschultern müssen bis zur Begrünung der Böschung konstruktive Maßnahmen zum Sammeln und gezielten Ableiten von Oberflächenwasser vorgesehen werden. Hierzu können z.B. ca. 10 cm hohe Bretter entlang der Einschnittschulter aufgestellt werden. In Abständen von ca. 20 m sollte das Wasser über Sickerstränge zum Entwässerungsgraben geleitet werden. Bei hohen Böschungen ist eine weitere Bretterreihe in Böschungsmitte vorzusehen.

Nachdem die Böschung begrünt und durchwurzelt ist, kann das Oberflächenwasser großflächig über die Böschung abfließen.

7.13 Oberboden

Der Oberboden kann in einer maximalen Stärke von 10 – 15 cm auf die Böschungen aufgebracht werden. Vor dem Aufbringen des Oberbodens sind zur besseren Verzahnung des Oberbodens mit dem Damm die Böschungen aufzurauen. Der Oberboden ist zur Vermeidung von Oberflächenerosionen anschließend sofort zu begrünen.

7.14 Eigenüberwachung

Der Erdbau der Maßnahme ist entsprechend der Methode 3 der ZTVE-StB 17 zu prüfen. Hierzu sind Arbeitsanweisungen entsprechend der TP BF - StB, E 3 zu erstellen und Probefelder anzulegen.

Die Verdichtung ist durch Prüfungen mit dem Umfang entsprechend Tabelle 9 der ZTVE-StB 17 zu überwachen. Die in der Tabelle 9 genannte Mindestanzahl bezieht sich auf jede eingebaute Lage. Der Luftporenanteil ist zu bestimmen.

Bei der Erstellung der Proctorkurve sind die im Straßenbau üblichen 3 Punkte auszuführen. Die Dichte ist mit dem Bodenersatzverfahren Bentonit zu bestimmen.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind dem Auftraggeber einschließlich der zur Nachprüfung erforderlichen Einzelangaben vorzulegen. Die Eigenüberwachung muss über ein Feldlabor auf der Baustelle verfügen und während der Bauphasen ständig präsent sein.

8 Schlussbemerkung

Weitere geotechnische Beratungen und Berechnungen sowie Beurteilung von Ausführungsvarianten, etc. können im Zuge der weiteren Planung und Ausschreibung bei Bedarf erfolgen.

Die bei den Baumaßnahmen aufgeschlossenen Böden sind mit den im Gutachten beschriebenen Schichten zu vergleichen. Bei Abweichungen ist der Baugrundgutachter zu verständigen.

Für die Beantwortung möglicher ergänzender geotechnischer Fragestellungen stehen wir Ihnen gern zur Verfügung.

LGA Bautechnik GmbH
Verkehrswegebau

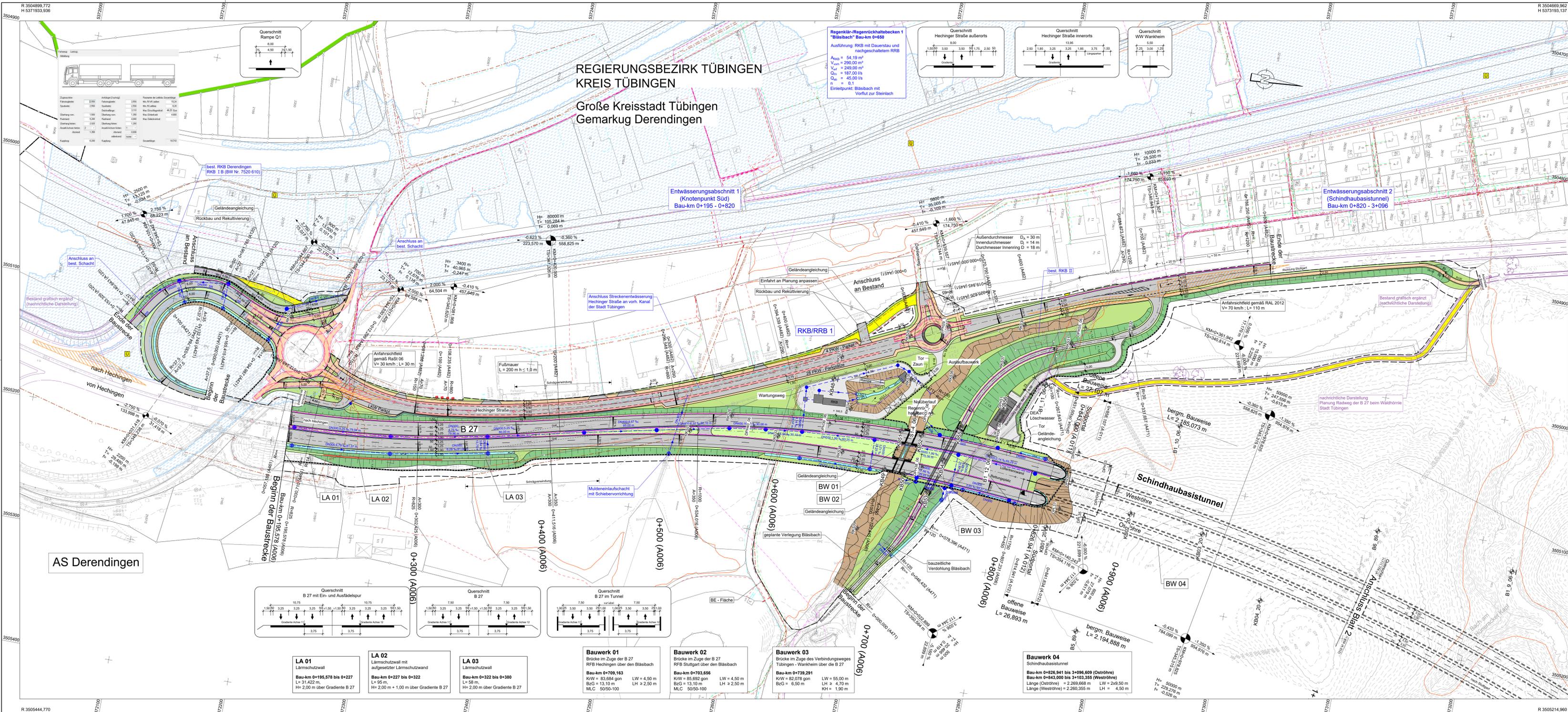


Dipl.-Ing. (FH) Dieter Straußberger
Abteilungsleiter

Sachverständiger



Dipl.-Ing. (FH) Ernst Stapff



LEGENDE

LGA Bautechnik GmbH

Tillystraße 2
90431 Nürnberg
Tel. 0911 4471-0
www.lga.de

Datum	Name
gezeichnet Okt. 2021	Sta
geprüft Okt. 2021	Sta

1 2 3 4

BUNG Ingenieure AG

Büro 08 Heidelberg, Englerstraße 4
69004 Heidelberg, Postfach 101420
Tel. 06221 136-200
www.bung.de
Heidelberg, den 24.05.2019, gez. gez. Zimmermann

Datum	Name
gezeichnet Mai 2019	kd / hg
geprüft Mai 2019	kes
freigegeben 23.05.2019	Kern

Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg
Regierungspräsidium Tübingen

Datum	Name
bearbeitet Okt. 2021	Sta

Nr.	Art der Änderung	Datum	Name
1	Eintragung von Bohrpunkten	Okt. 2021	Sta

von Netzknoten	nach Netzknoten	Station
7 5 2 0 0 1 6 0	7 4 2 0 0 0 3	0 0 4 8
Endstation	7 4 2 0 0 0 3	7 4 2 0 0 6 2

Lagesystem: GK UTM Stand Kataster: 12 / 2017
 Höhensystem: NN NNH Bestandsvermessung: 12 / 2018

VORENTWURF

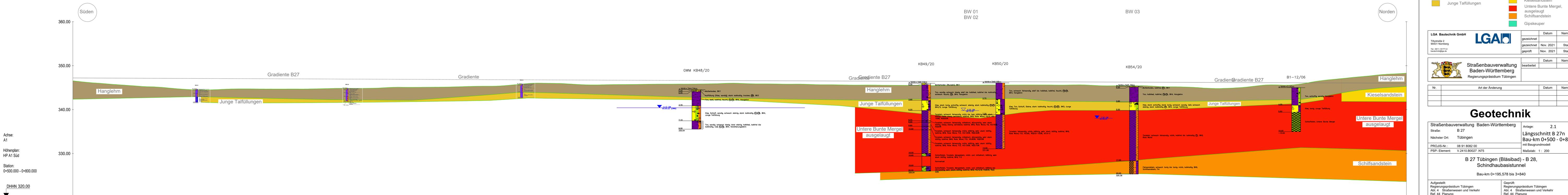
Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg
 Straße: B 27
 Nächster Ort: Tübingen
 PROJIS-Nr.: 08 91 8082 00
 PSP-Element: V.2410.B0027.N75

Unterlage: 5.2
 Blatt-Nr.: 1
Lageplan
 Knotenpunkt Süd
 Bau-km 0+195,578 - 1+100
 Maßstab: 1:1.000

B 27 Tübingen (Bläsibad) - B 28, Schindhaubasistunnel
 Bau-km 0+195,578 bis 3+840

Aufgestellt: Regierungspräsidium Tübingen
 Abt. 4 Straßenwesen und Verkehr
 Ref. 44 Planung
 Tübingen, den 31.05.2019

Geprüft: Regierungspräsidium Tübingen
 Abt. 4 Straßenwesen und Verkehr
 Ref. 44 Planung
 Tübingen, den



Achse:
A1

Höhenplan:
HP A1 Süd

Station:
0+500.000 - 0+800.000

Geländehöhe	346.544	345.056	344.709	344.838	345.091	345.707	345.683	345.822	345.794	345.579	345.585	345.584	345.425	344.863	345.470	345.282
Stationierung	0+500.000	0+520.000	0+540.000	0+560.000	0+580.000	0+600.000	0+620.000	0+640.000	0+660.000	0+680.000	0+700.000	0+720.000	0+740.000	0+760.000	0+780.000	0+800.000

Homogenbereiche

- Hanglehm
- Junge Talfüllungen
- Obere Bunte Mergel
- Kieselsandstein
- Untere Bunte Mergel, ausgelaugt
- Schiffsandstein
- Gipskeuper

LGA Bautechnik GmbH Tillystraße 2 90431 Nürnberg Tel.: 0911 / 81771-0 bautechnik@lga.de	LGA	gezeichnet	Datum	Name
		gezeichnet	Nov. 2021	Sta
		geprüft	Nov. 2021	Sta
		geprüft	Nov. 2021	Sta

 Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg Regierungspräsidium Tübingen	bearbeitet	Datum	Name

Nr.	Art der Änderung	Datum	Name

Geotechnik

Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg		Anlage:	2.1
Straße: B 27		Längsschnitt B 27n	
Nächster Ort: Tübingen		Bau-km 0+500 - 0+800	
PROJIS-Nr.: 08 91 8082 00		mit Baugrundmodell	
PSP-Element: V.2410.B0027_N75		Maßstab: 1 : 200	

B 27 Tübingen (Bläsibad) - B 28, Schindhaubasistunnel

Bau-km 0+195,578 bis 3+840

Aufgestellt: Regierungspräsidium Tübingen Abt. 4 Straßenwesen und Verkehr Ref. 44 Planung Tübingen, den	Geprüft: Regierungspräsidium Tübingen Abt. 4 Straßenwesen und Verkehr Ref. 44 Planung Tübingen, den
---	---



Achse:
A471 - GVS

Höhenplan:
HP A471 - GVS

Station:
0+050.000 - 0+350.000

DHNN 320.00

Geländehöhe	0+050.000	346.019	0+060.000	346.533	0+080.000	346.972	0+100.000	346.319	0+120.000	345.647	0+140.000	345.256	0+160.000	344.655	0+180.000	344.025	0+200.000	343.408	0+220.000	342.672	0+240.000	342.091	0+260.000	341.675	0+280.000	341.562	0+300.000	341.039	0+320.000	340.740	0+340.000	340.610	0+350.000	340.403
Stationierung	0+050.000		0+060.000		0+080.000		0+100.000		0+120.000		0+140.000		0+160.000		0+180.000		0+200.000		0+220.000		0+240.000		0+260.000		0+280.000		0+300.000		0+320.000		0+340.000		0+350.000	

Homogenbereiche

- Hanglehm
- Junge Talfüllungen
- Untere Bunte Mergel, ausgelaugt
- Schilfsandstein

LGA Bautechnik GmbH Tillystraße 2 90431 Nürnberg Tel.: 0911 / 81771-0 bautechnik@lga.de	LGA	gezeichnet	Datum	Name
		gezeichnet	Nov. 2021	Sta
		geprüft	Nov. 2021	Sta
		geprüft	Nov. 2021	Sta

Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg Regierungspräsidium Tübingen	bearbeitet	Datum	Name

Nr.	Art der Änderung	Datum	Name

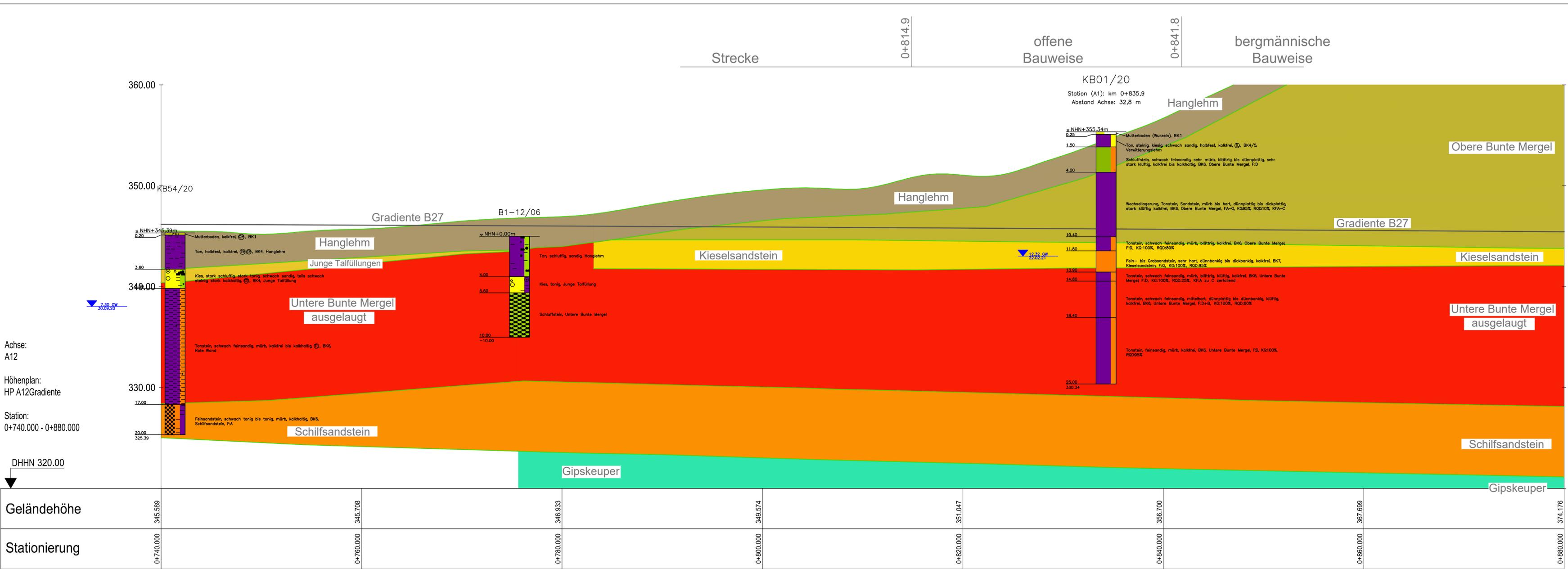
Geotechnik

Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg	Anlage: 2.2
Straße: B 27	Längsschnitt GVS
Nächster Ort: Tübingen	Bau-km 0+050 - 0+350
PROJIS-Nr.: 08 91 8082 00	mit Baugrundmodell
PSP-Element: V.2410.B0027.N75	Maßstab: 1 : 200

B 27 Tübingen (Bläsibad) - B 28, Schindhaubasistunnel

Bau-km 0+195,578 bis 3+840

Aufgestellt: Regierungspräsidium Tübingen Abt. 4 Straßenwesen und Verkehr Ref. 44 Planung Tübingen, den	Geprüft: Regierungspräsidium Tübingen Abt. 4 Straßenwesen und Verkehr Ref. 44 Planung Tübingen, den
---	---



Homogenbereiche

	Hanglehm		Obere Bunte Mergel
	Junge Talfüllungen		Kieselsandstein
			Untere Bunte Mergel, ausgelaut
			Schilfsandstein
			Gipskeuper

LGA Bautechnik GmbH Tillystraße 2 90431 Nürnberg Tel.: 0911 / 81771-0 bautechnik@lga.de		Datum	Name	
		gezeichnet		
		gezeichnet	Nov. 2021	Sta
		geprüft	Nov. 2021	Sta

 Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg Regierungspräsidium Tübingen	Datum	Name
	bearbeitet	

Nr.	Art der Änderung	Datum	Name

Geotechnik

Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg		Anlage:	2.4
Straße:	B 27	Längsschnitt A12 (Ost) Bau-km 0+740 - 0+880 mit Baugrundmodell	
Nächster Ort:	Tübingen	Maßstab:	1 : 200
PROJIS-Nr.:	08 91 8082 00		
PSP- Element:	V.2410.B0027 .N75		

B 27 Tübingen (Bläisbad) - B 28, Schindhaubasistunnel
 Bau-km 0+195,578 bis 3+840

Aufgestellt: Regierungspräsidium Tübingen Abt. 4 Straßenwesens und Verkehr Ref. 44 Planung Tübingen, den	Geprüft: Regierungspräsidium Tübingen Abt. 4 Straßenwesens und Verkehr Ref. 44 Planung Tübingen, den
--	--

Vermessungsdaten

Aufschlüsse Süd

Bohrung	Gauss-Krüger GK3		Höhe m NN	POK m NN	Station Bau-km	Abstand Achse A1 (m)	Bohrtiefe (m)
	X-Wert	Y-Wert					
Südseite							
KB48	3505066.589	5372648.506	344.540	345.320	0+640.9	-49.3	9.0
KB49	3505131.738	5372702.64	346.040		0+691.9	17.7	20.0
KB50	3505132.598	5372719.196	346.080		0+708.8	18.5	15.0
KB51	3505098.484	5372710.923	345.030		0+700.4	-15.5	15.0
KB52	3505098.934	5372727.97	345.060		0+717.2	-15.2	20.0
KB53	3505143.065	5372740.888	346.065	346.920	0+731.2	28.6	15.0
KB54	3505115.711	5372749.278	345.390		0+738.8	1.0	20.0
KB55	3505086.849	5372758.662	344.420		0+746.9	-28.2	15.0
KB56	3505068.742	5372790.905	343.220		0+777.2	-48.1	6.0
DPH31	3505068.742	5372790.905	343.220		0+777.2	-48.1	3.7
RKS23	3505097.24	5372198.482	344.184		vor Achsen-Anfang		3.0
RKS25	3505129.427	5372539.188	344.636		0+527.7	0.4	3.0
RKS26	3505110.924	5372570.908	344.815		0+561.7	-12.9	3.0
RKS27	3505047.758	5372651.928	344.528		0+645.2	-67.9	3.0
RKS28	3505020.744	5372704.624	343.723		0+694.7	-93.3	3.0
RKS29	3505007.343	5372733.878	343.423		0+721.2	-106.9	3.0
DPH29_1	3505007.343	5372733.878	343.423		0+721.2	-106.9	3.9
RKS30	3504995.127	5372795.698	341.860		0+776.9	-121.9	3.0
RKS31	3505002.764	5372836.253	342.120		0+815.1	-117.6	3.0
RKS32	3504980.669	5372884.65	340.559		0+857.7	-144.6	3.0
RKS33	3505120.973	5372611.722	345.837		0+600.8	1.9	3.0
RKS34	3505087.837	5372666.522	345.086		0+657.2	-27.2	3.0
RKS35	3505055.643	5372711.48	343.801		0+701.0	-58.4	3.0
RKS36	3505046.988	5372746.087	343.471		0+733.4	-67.6	3.0
RKS37	3505027.915	5372785.478	342.628		0+769.5	-88.5	3.0
RKS38	3505124.101	5372666.071	346.080		0+655.1	9.0	3.0
RKS39	3505183.402	5372689.201	348.278		0+677.0	69.1	3.0
Aufschlüsse 2006, Prof. Dr. Wittke							
B1_11_06	3505039.946	5372821.514	342.443	342.870	0+804.3	-79.2	10.0
B1_12_06	3505104.576	5372786.487	344.980		0+775.2	-12.1	10.0
S1-4_06	3505082.506	5372720.292	344.558		0+709.5	-31.6	3.0
DPH34_06	3505068.071	5372850.805	344.425		0+835.0	-54.0	3.9
DPH35_06	3504988.558	5372844.96	341.279		0+821.9	-132.5	4.7
DPH36_06	3505074.21	5372790.326	343.488		0+777.0	-42.6	5.5
DPH37_06	3505079.944	5372732.608	344.471		0+721.4	-34.3	5.5
DPH38_06	3505124.735	5372732.594	345.860		0+722.3	10.5	6.0
DPH39_06	3505103.454	5372651.113	345.480		0+641.3	-12.4	5.7
DPH40_06	3505117.284	5372589.765	345.003		0+579.4	-4.2	6.0

Anlage 3.2: Legende zur Felsansprache

Die in den Bohrsäulen verwendeten Bezeichnungen und Abkürzungen werden nachfolgend erläutert und deren Bandbreiten definiert.

Abkürzungen

RQD	Rock-Quality-Designation	nach DIN EN ISO14689
KF	Kernform	Buchstabe nach Tabelle A-3-2-1
F	Gesteinsfestigkeit	Buchstabe nach Tabelle A-3-2-2
KG	Kerngewinn	entspricht TCR (Total-Core-Recovery) nach DIN EN ISO 14689

Trennflächengefüge

Die für die Aufnahme des Trennflächengefüges verwendeten Begriffe mit den zugeordneten Trennflächenabständen in cm sind in Tabelle A-3-2-3 zusammengestellt.

Tabelle A-3-2-1: Definition der Kernform

Buchstabe	B1 Auffüllung und Verwitterung
A	Kern vollständig, Mantelfläche vollständig erhalten
B	Kern vollständig, Mantelfläche nicht mehr vollständig erhalten, Mantelfläche teilweise ausgebrochen
C	Kern zerbrochen, kann wieder zum Kern zusammengesetzt werden
D	Kern zerbrochen bis zerfallen, nicht mehr rekonstruierbar

Tabelle A-3-2-2: Gesteinsfestigkeit

Buchstabe	Bezeichnung	Kornbindung / Erscheinungsbild	Druckfestigkeit q_u [MN/m ²]	Bemerkung
V	sehr mürbe	kaum völlig entfestigt	< 1	
A	mürbe	schlecht stark entfestigt	1 - 5	
B	mittelhart	mäßig mäßig entfestigt	5 - 25	
C	hart	gut gering entfestigt	25 - 50	
Q	sehr hart	sehr gut unverwittert	> 50	
D	sehr mürb, mürb mittelhart, hart	völlig bis mäßig entf. gering entfestigt	sehr mürb, mürb: < 5 mittelhart, hart: < 15	für Tonstein, Schluffstein

Tabelle A-3-2-3: Trennflächenabstände

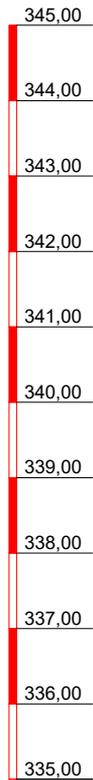
Abstand [cm]	Schichtung	Klüftung
> 60	massig	kompakt
30 - 60	dickbankig	schwach klüftig
10 - 30	dünnbankig	klüftig
5 - 10	dickplattig	stark klüftig
1 - 5	dünnplattig	sehr stark klüftig
< 1	blättrig	

Schichtung: Abstand der horizontalen Trennflächen / Schichtflächenabstände

Klüftung: Abstand der vertikale Trennflächen / Kluffflächenabstände

KB48/20

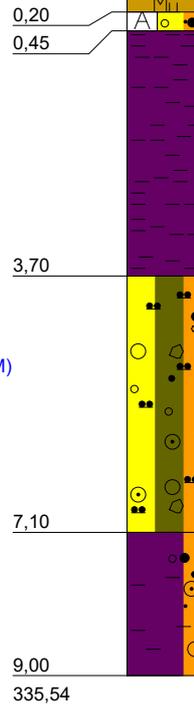
NHN+m



4,70 GW
02.08.21 (GWM)

8,50 GW
08.10.20

▽NHN+344,54m



Mutterboden, BK1

Auffüllung (Kies, sandig), stark kalkhaltig, trocken, (GW), BK3

Ton, steif, kalkfrei, feucht, (TL, TM), BK4, Hanglehm

Kies, Schluff, sandig, schwach steinig, stark kalkhaltig, (GU, GW), BK4, Junge Talfüllung

Ton, sandig, schwach kiesig, lokal steinig, halbfest, kalkfrei bis kalkhaltig, naß, (TL, TM), BK4, Verwitterungslehm

LGA Bautechnik GmbH

Tillystraße 2
90431 Nürnberg

B27 Schindhaubasisstunnel

Bohrprofil

Anlage:

Projekt-Nr: 20G200185

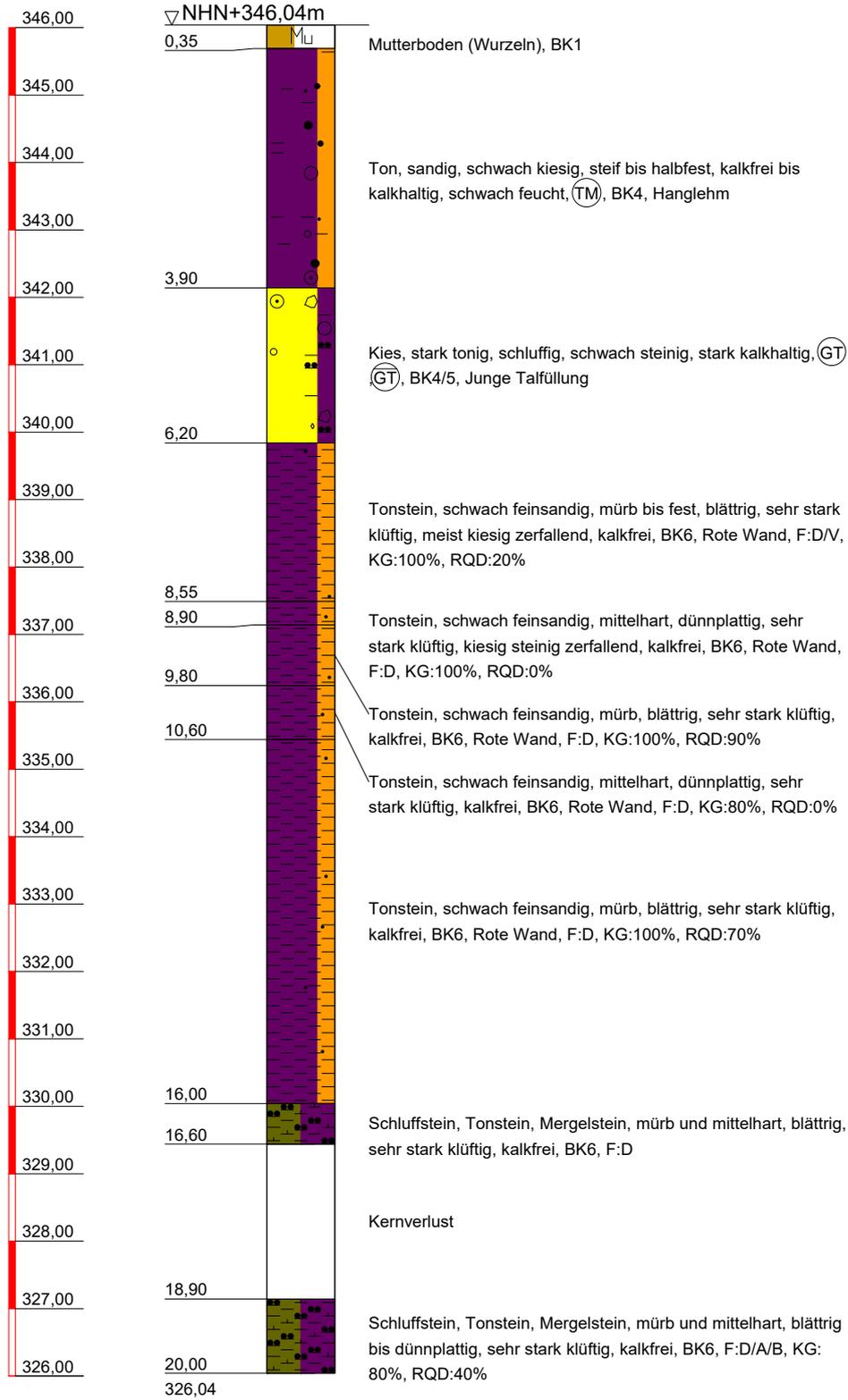
Datum:

Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: Stapff

KB49/20

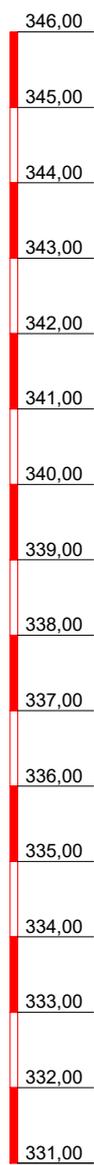
NHN+m



<p>LGA Bautechnik GmbH</p> <p>Tillystraße 2 90431 Nürnberg</p>	<p>B27 Schindhaubasisstunnel</p> <p>Bohrprofil</p>	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

KB50/20

NHN+m



▽ 6,30 GW
06.10.20

▽NHN+346,08m



Ton, schwach feinsandig, steif bis halbfest, kalkfrei, feucht, (TM),
(TA), BK4, Hanglehm

Kies, Ton, Schluff, Steine, stark kalkhaltig, feucht, (GU)(GU),
BK5, Junge Talfüllung

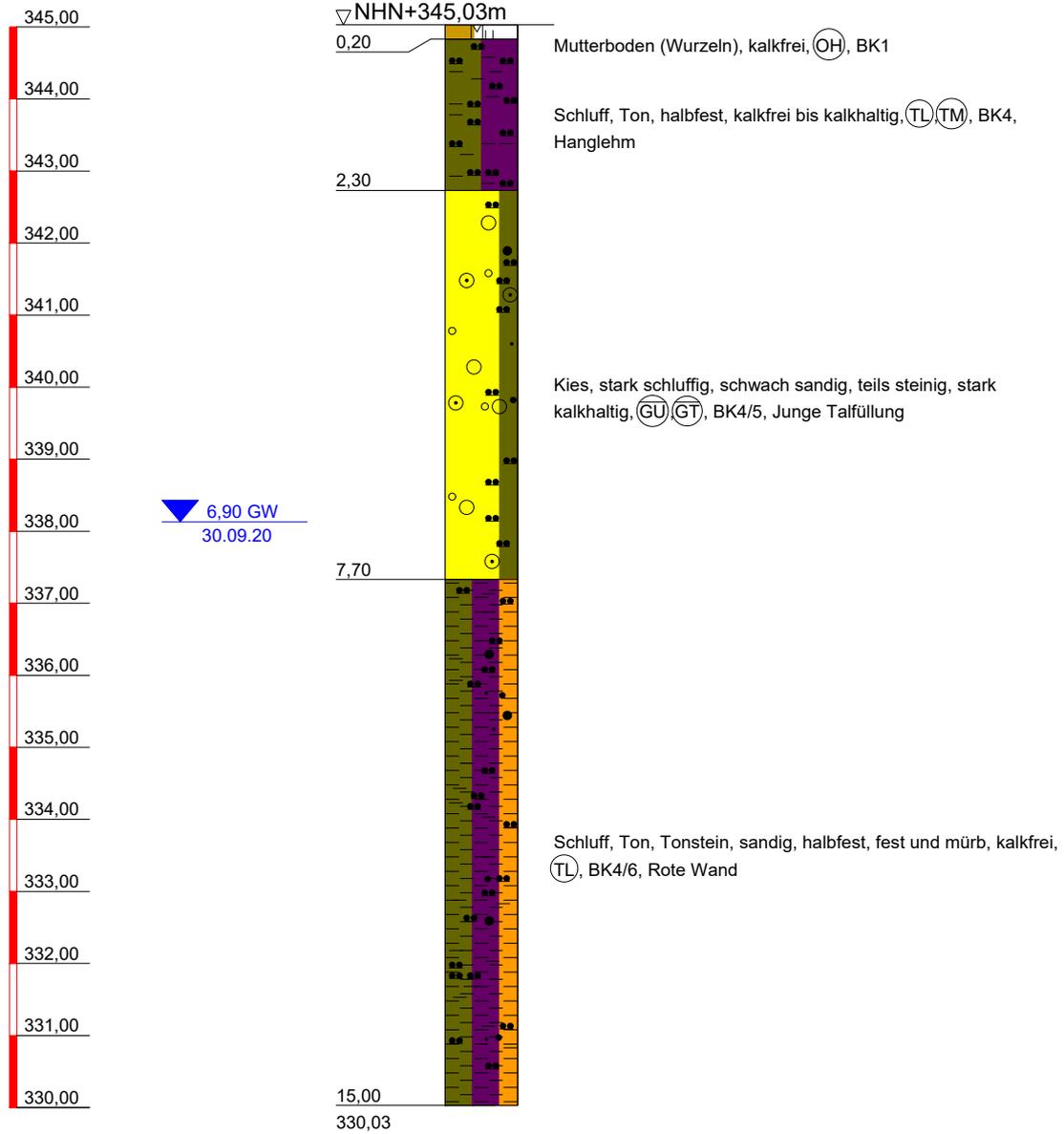
Tonstein, feinsandig, mürb, blättrig, sehr stark klüftig, kalkfrei,
BK6, Rote Wand, F:D, KG:95, RQD:0-100%, KF:A-C

331,08

<p>LGA Bautechnik GmbH</p> <p>Tillystraße 2 90431 Nürnberg</p>	<p>B27 Schindhaubasisstunnel</p> <p>Bohrprofil</p>	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

KB51/20

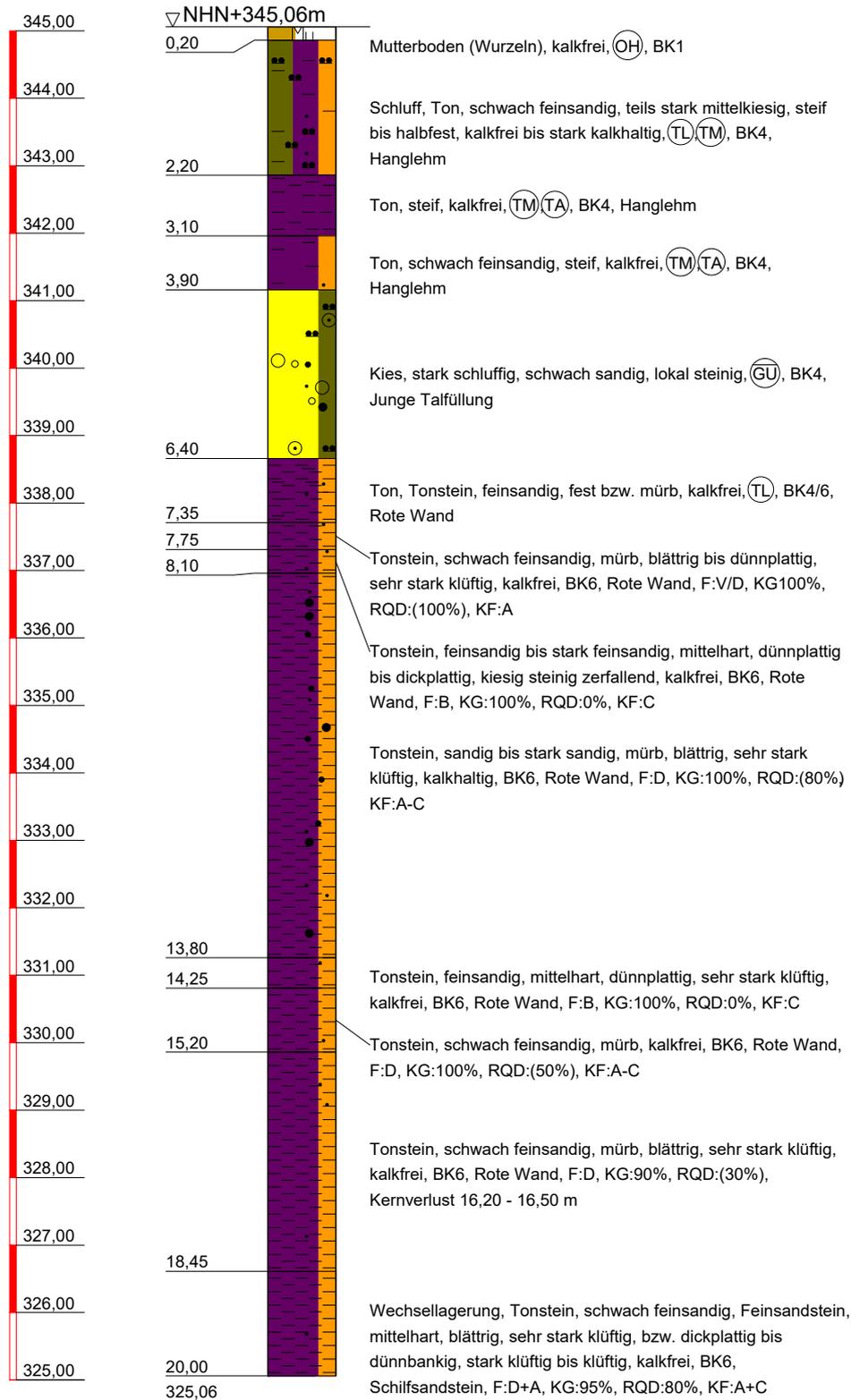
NHN+m



<p>LGA Bautechnik GmbH</p> <p>Tillystraße 2 90431 Nürnberg</p>	<p>B27 Schindhaubasisstunnel</p> <p>Bohrprofil</p>	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

KB52/20

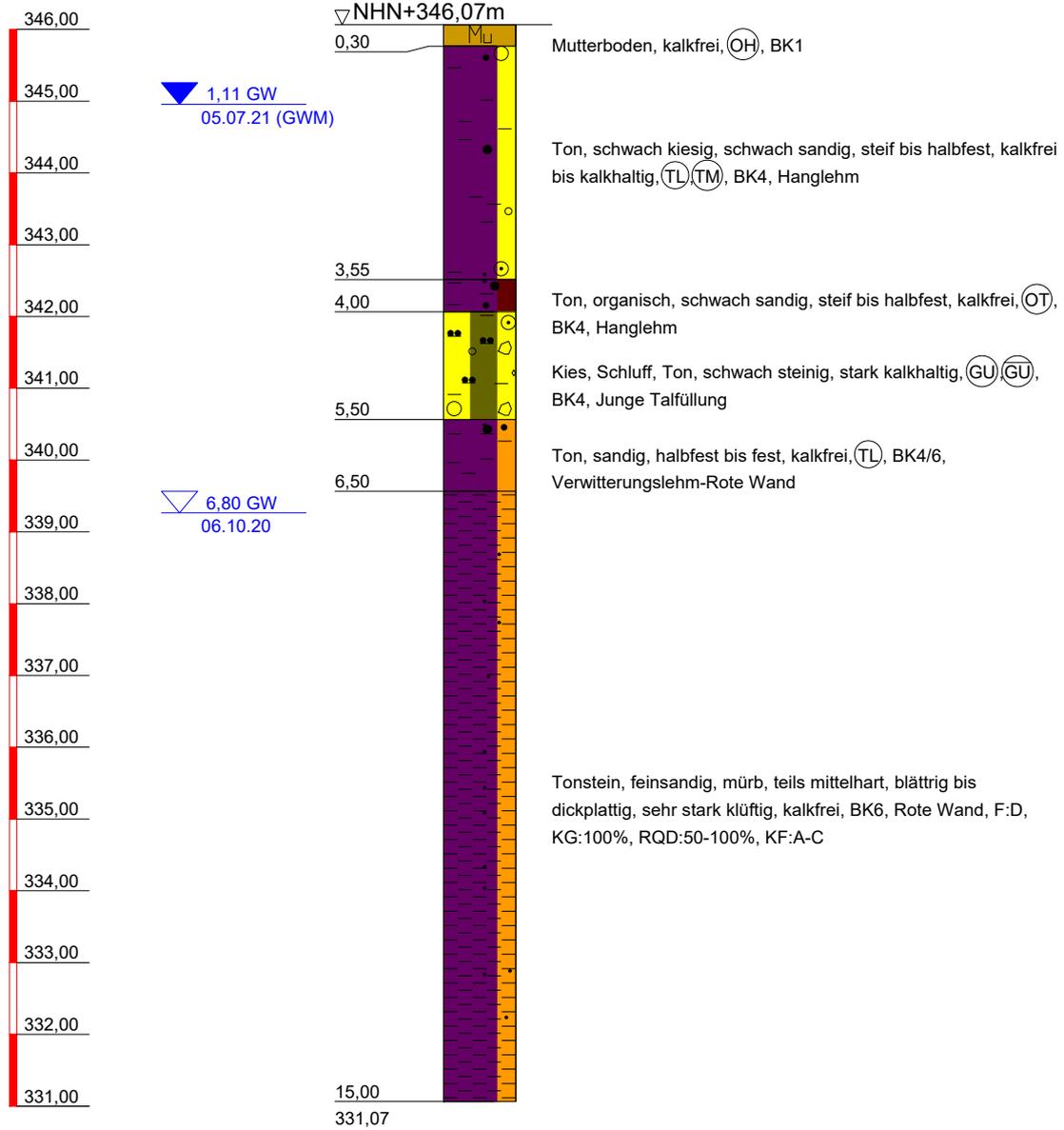
NHN+m



<p>LGA Bautechnik GmbH</p> <p>Tillystraße 2 90431 Nürnberg</p>	<p>B27 Schindhaubasisstunnel</p> <p>Bohrprofil</p>	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

KB53/20

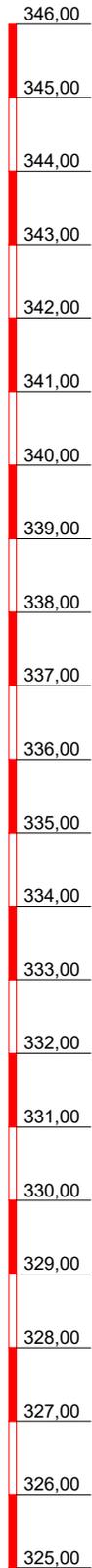
NHN+m



<p>LGA Bautechnik GmbH</p> <p>Tillystraße 2 90431 Nürnberg</p>	<p>B27 Schindhaubasisstunnel</p> <p>Bohrprofil</p>	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

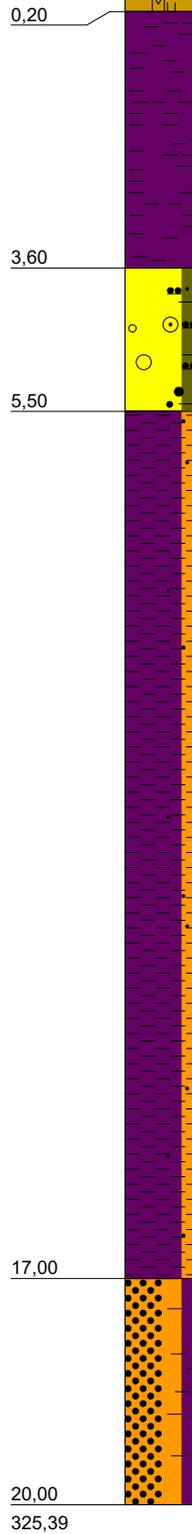
KB54/20

NHN+m



▼ 7,30 GW
30.09.20

▽NHN+345,39m



Mutterboden, kalkfrei, (OH), BK1

Ton, halbfest, kalkfrei, (TM)(TA), BK4, Hanglehm

Kies, stark schluffig, stark tonig, schwach sandig, teils schwach steinig, stark kalkhaltig, (GT), BK4, Junge Talfüllung

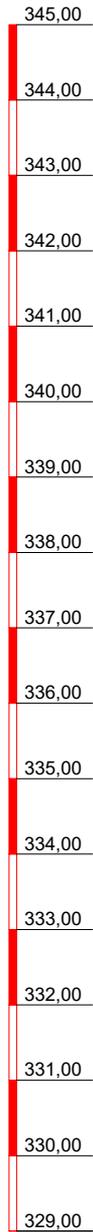
Tonstein, schwach feinsandig, mürb, kalkfrei bis kalkhaltig, (TL), BK6, Rote Wand

Feinsandstein, schwach tonig bis tonig, mürb, kalkhaltig, BK6, Schilfsandstein, F:A

LGA Bautechnik GmbH Tillystraße 2 90431 Nürnberg	B27 Schindhaubasisstunnel Bohrprofil	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

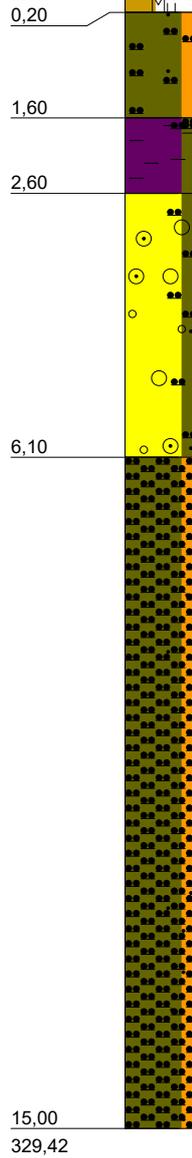
KB55/20

NHN+m



▼ 6,90 GW
29.09.20

▽NHN+344,42m



Mutterboden (durchwurzelt), kalkfrei, (OH), BK1

Schluff, schwach feinsandig, lokal feinkiesig, halbfest, kalkfrei bis kalkhaltig, (UL)(TL), BK4, Hanglehm

Ton, schwach schluffig, steif bis halbfest, kalkfrei, (TL), BK4, Hanglehm

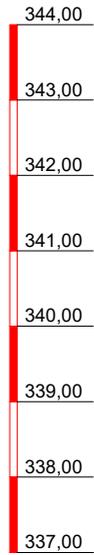
Kies, stark schluffig, schwach feinsandig, teils steinig, stark kalkhaltig, (GU)(GT), BK4/5, Junge Talfüllung

Schluffstein, feinsandig, mürb, blättrig, sehr stark klüftig, kalkfrei bis kalkhaltig, (TL), BK6, Rote Wand

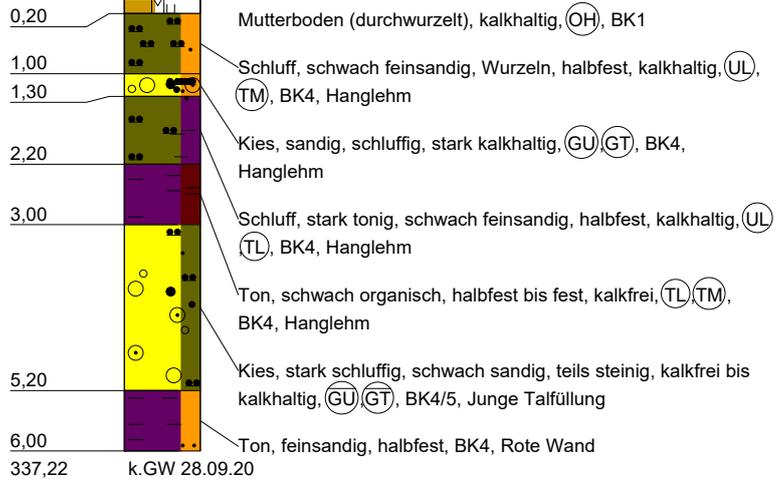
LGA Bautechnik GmbH Tillystraße 2 90431 Nürnberg	B27 Schindhaubasisstunnel Bohrprofil	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

KB56/20

NHN+m



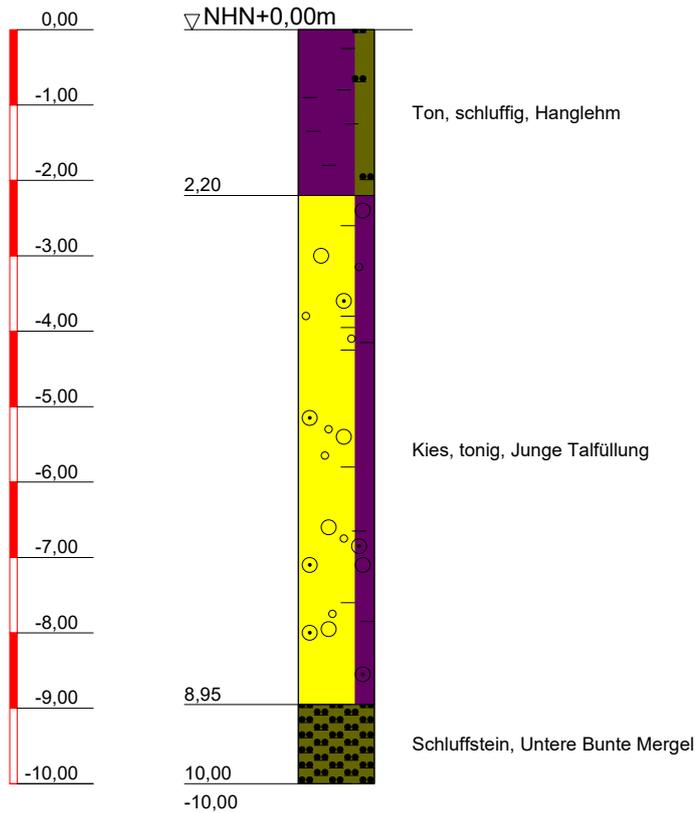
▽NHN+343,22m



<p>LGA Bautechnik GmbH</p> <p>Tillystraße 2 90431 Nürnberg</p>	<p>B27 Schindhaubasisstunnel</p> <p>Bohrprofil</p>	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

NHN+m

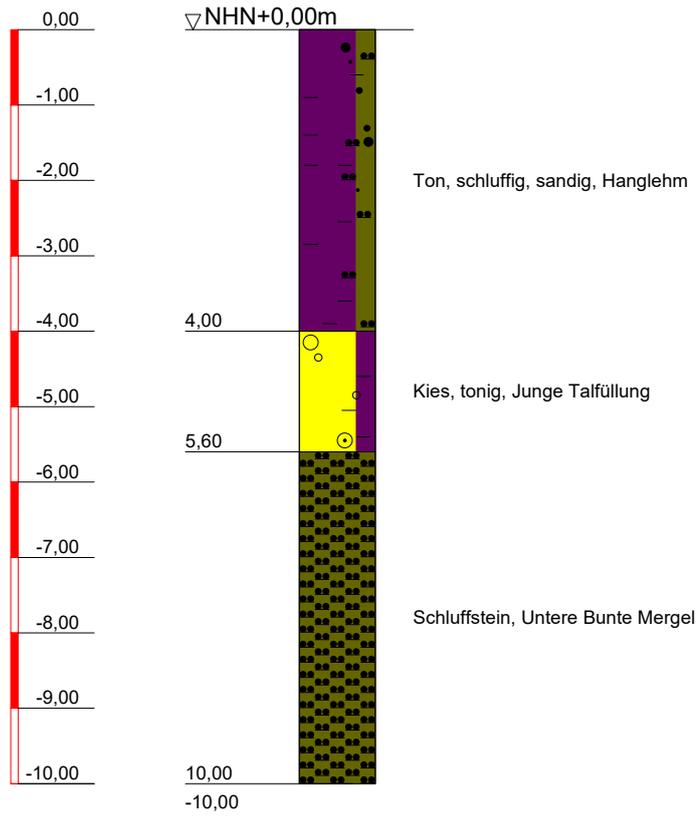
B1-11/06



LGA Bautechnik GmbH Tillystraße 2 90431 Nürnberg	B27 Schindhaubasisstunnel Bohrprofil Prof. Dr. Wittke, 2006	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter:

NHN+m

B1-12/06



LGA Bautechnik GmbH

Tillystraße 2
90431 Nürnberg

B27 Schindhaubasisstunnel

Bohrprofil
Prof. Dr. Wittke, 2006

Anlage:

Projekt-Nr: 20G200185

Datum:

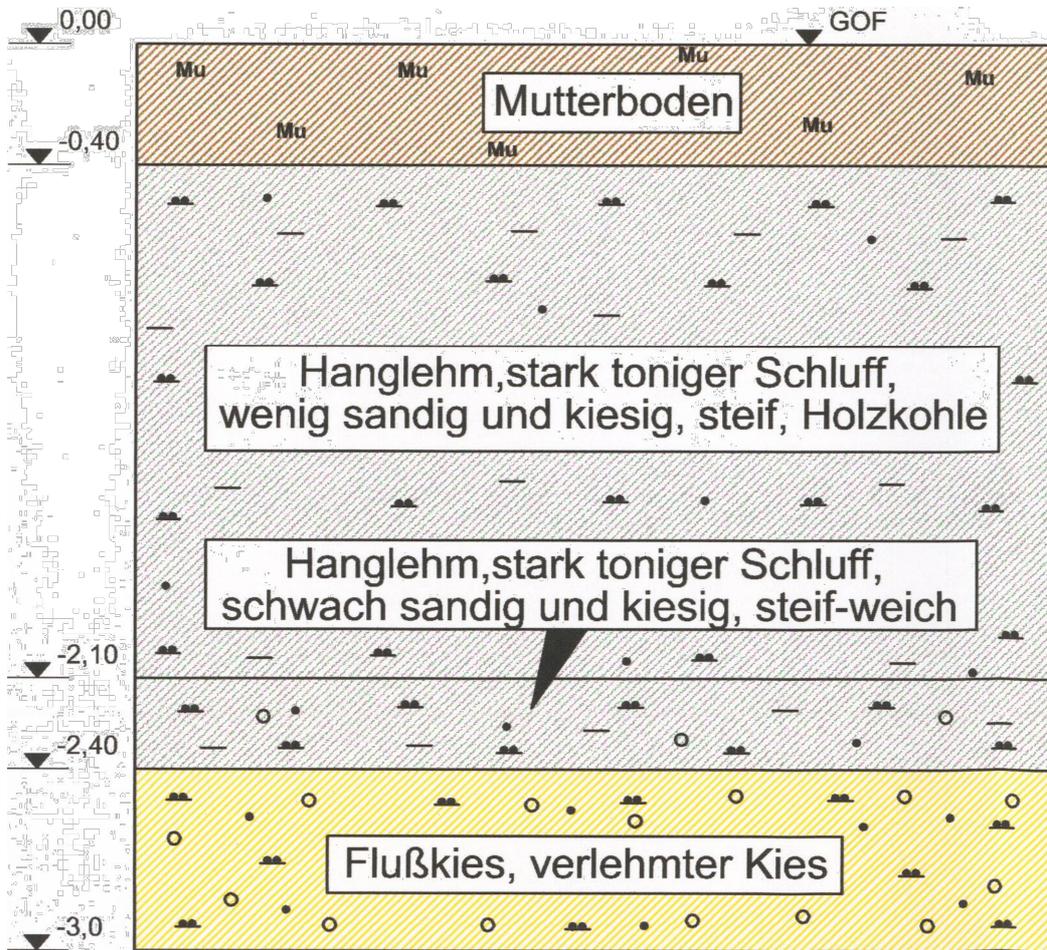
Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter:

		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage:		
						Seite: 1		
Projekt:						Bohrzeit:		
Bohrung: 7520-00912						342,42m		
von: 21.04.2007			bis: 21.04.2007					
1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt				
2,20	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) Hanglehm (Fließerde)	h)	i)				
8,95	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) Junge Talfüllungen	h)	i)				
10,00	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g) Steigerwald-Formation	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

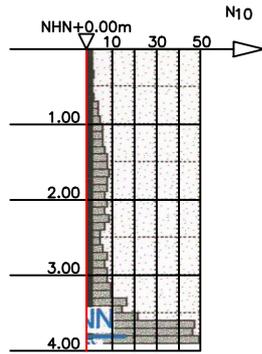
		Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben				Anlage:				
						Seite: 1				
Projekt:					Bohrzeit:					
Bohrung: 7520-00913					344,98m					
1		2			3					
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges		Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkungen						Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut		d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe						
	f) Übliche Benennung		g) Geologische Benennung	h) Gruppe			i) Kalk- gehalt			
0,30	a)									
	b)									
	c)		d)	e)						
	f)		g) Holozäne Bodenbildung	h)						i)
4,00	a)									
	b)									
	c)		d)	e)						
	f)		g) Hanglehm (Fließerde)	h)						i)
5,60	a)									
	b)									
	c)		d)	e)						
	f)		g) Junge Talfüllungen	h)						i)
10,00	a)									
	b)									
	c)		d)	e)						
	f)		g) Steigerwald-Formation	h)						i)
	a)									
	b)									
	c)		d)	e)						
	f)		g)	h)						i)

Schürfe S1-4



LGA Bautechnik GmbH Tillystraße 2 90431 Nürnberg	B27 Schindhaubasistunnel Schürfen Gutachten Prof. Dr. Wittke, 2006	Anlage: 3
		Projekt-Nr:
		Datum:
		Maßstab: 1 : 25
		Bearbeiter: Stapff

DPH34_06



LGA Bautechnik GmbH

Tillystraße 2
90431 Nürnberg

B27 Schindhaubasistunnel
Schwere Rammsondierungen
Gutachten Prof. Dr. Wittke, 2006

Anlage: 3

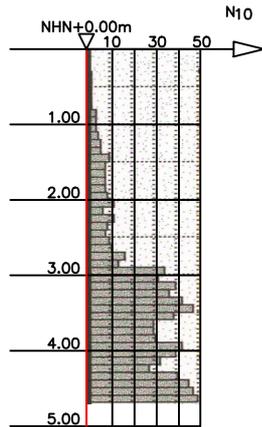
Projekt-Nr:

Datum:

Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: Stapff

DPH35_06



LGA Bautechnik GmbH

Tillystraße 2
90431 Nürnberg

B27 Schindhaubasistunnel
Schwere Rammsondierungen
Gutachten Prof. Dr. Wittke, 2006

Anlage: 3

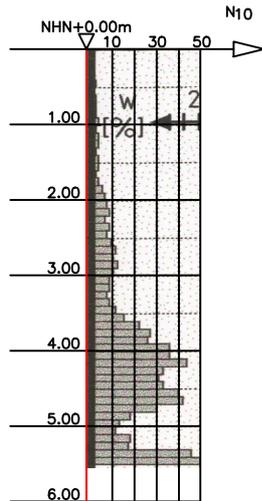
Projekt-Nr:

Datum:

Maßstab: 1 : 100

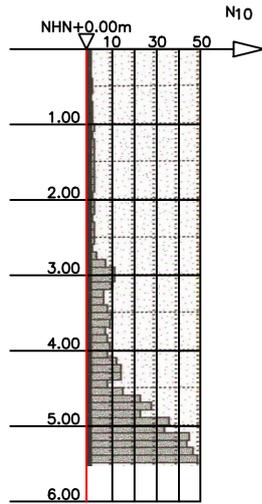
Bearbeiter: Stapff

DPH36_06



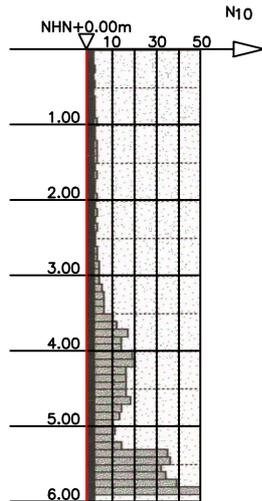
<p>LGA Bautechnik GmbH</p> <p>Tillystraße 2 90431 Nürnberg</p>	<p>B27 Schindhaubasistunnel Schwere Rammsondierungen Gutachten Prof. Dr. Wittke, 2006</p>	Anlage: 3
		Projekt-Nr:
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

DPH37_06



<p>LGA Bautechnik GmbH</p> <p>Tillystraße 2 90431 Nürnberg</p>	<p>B27 Schindhaubasistunnel Schwere Rammsondierungen Gutachten Prof. Dr. Wittke, 2006</p>	Anlage: 3
		Projekt-Nr:
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

DPH38_06



LGA Bautechnik GmbH

Tillystraße 2
90431 Nürnberg

B27 Schindhaubasistunnel
Schwere Rammsondierungen
Gutachten Prof. Dr. Wittke, 2006

Anlage: 3

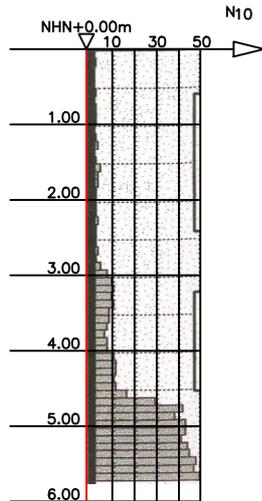
Projekt-Nr:

Datum:

Maßstab: 1 : 100

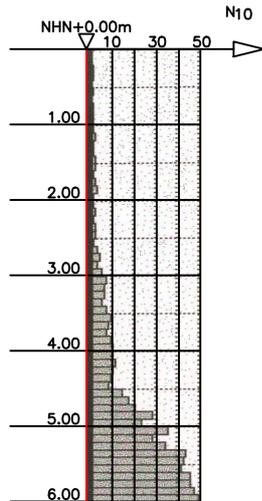
Bearbeiter: Stapff

DPH39_06



LGA Bautechnik GmbH Tillystraße 2 90431 Nürnberg	B27 Schindhaubassistunnel Schwere Rammsondierungen Gutachten Prof. Dr. Wittke, 2006	Anlage: 3
		Projekt-Nr:
		Datum:
		Maßstab: 1 : 100
		Bearbeiter: Stapff

DPH40_06



LGA Bautechnik GmbH

Tillystraße 2
90431 Nürnberg

B27 Schindhaubasistunnel
Schwere Rammsondierungen
Gutachten Prof. Dr. Wittke, 2006

Anlage: 3

Projekt-Nr:

Datum:

Maßstab: 1 : 100

Bearbeiter: Stapff

Baugrund Süd

Gesellschaft für Geothermie mbH

Maybachstraße 5

88410 Bad Wurzach

Projekt : 72072 Tübingen

Projektnr.: AZA2105019

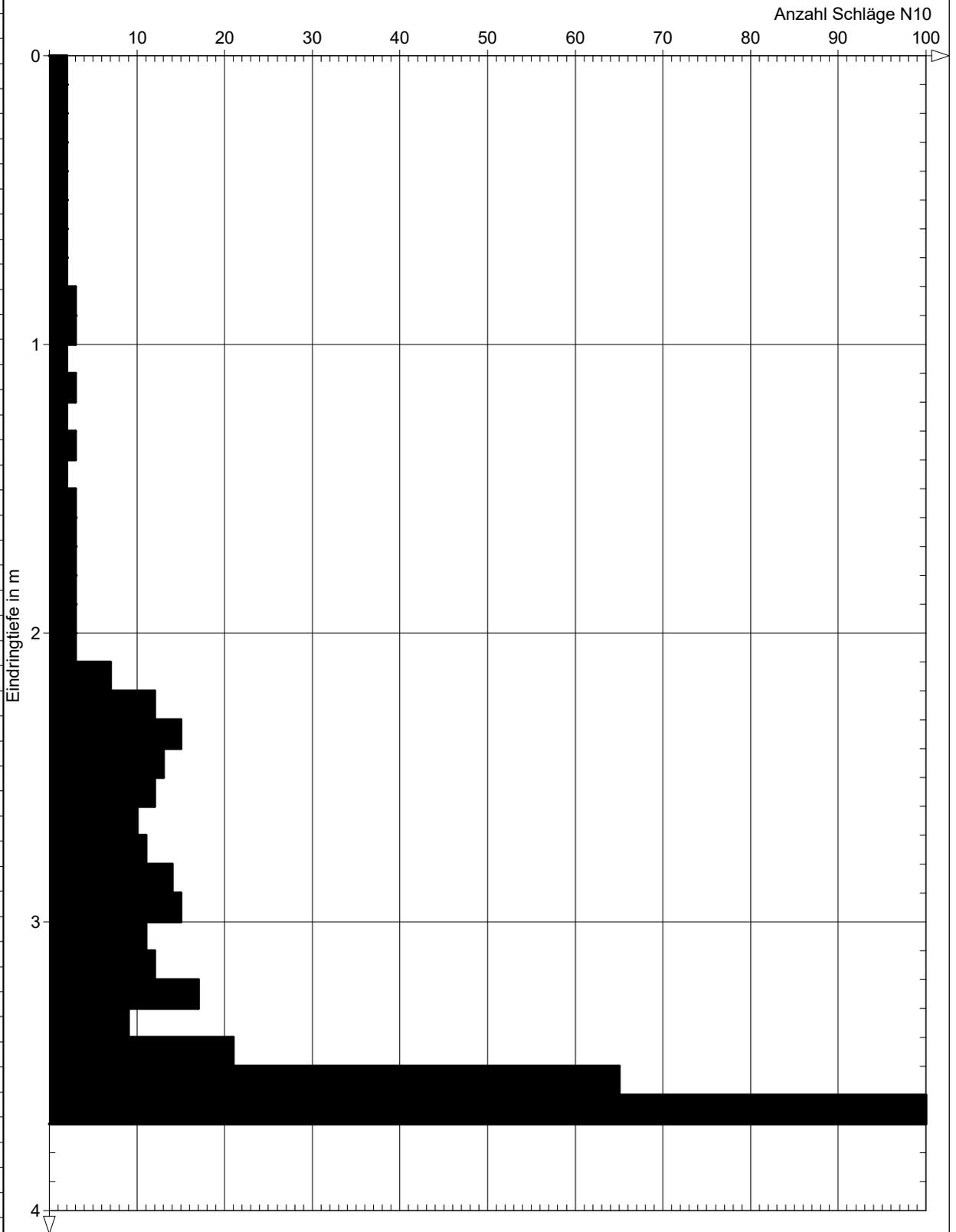
Anlage :

Maßstab : 1: 20

DPH31 am 20.08.2021

Ansatzpunkt:GOK

Tiefe	N ₁₀
0.10	2
0.20	2
0.30	2
0.40	2
0.50	2
0.60	2
0.70	2
0.80	2
0.90	3
1.00	3
1.10	2
1.20	3
1.30	2
1.40	3
1.50	2
1.60	3
1.70	3
1.80	3
1.90	3
2.00	3
2.10	3
2.20	7
2.30	12
2.40	15
2.50	13
2.60	12
2.70	10
2.80	11
2.90	14
3.00	15
3.10	11
3.20	12
3.30	17
3.40	9
3.50	21
3.60	65
3.70	100





Geologie VEITH

Dipl. Geologe Armin Veith
Waldweg 13
91634 Wilburgstetten

Telefon: 09853/ 389097-0
Fax: 09853/389097-97
E-Mail: info@geologie-veith.de
Internet: www.geologie-veith.de

Projekt: LGA Bautechnik GmbH, südlich von
Tübingen, 72072 Tübingen

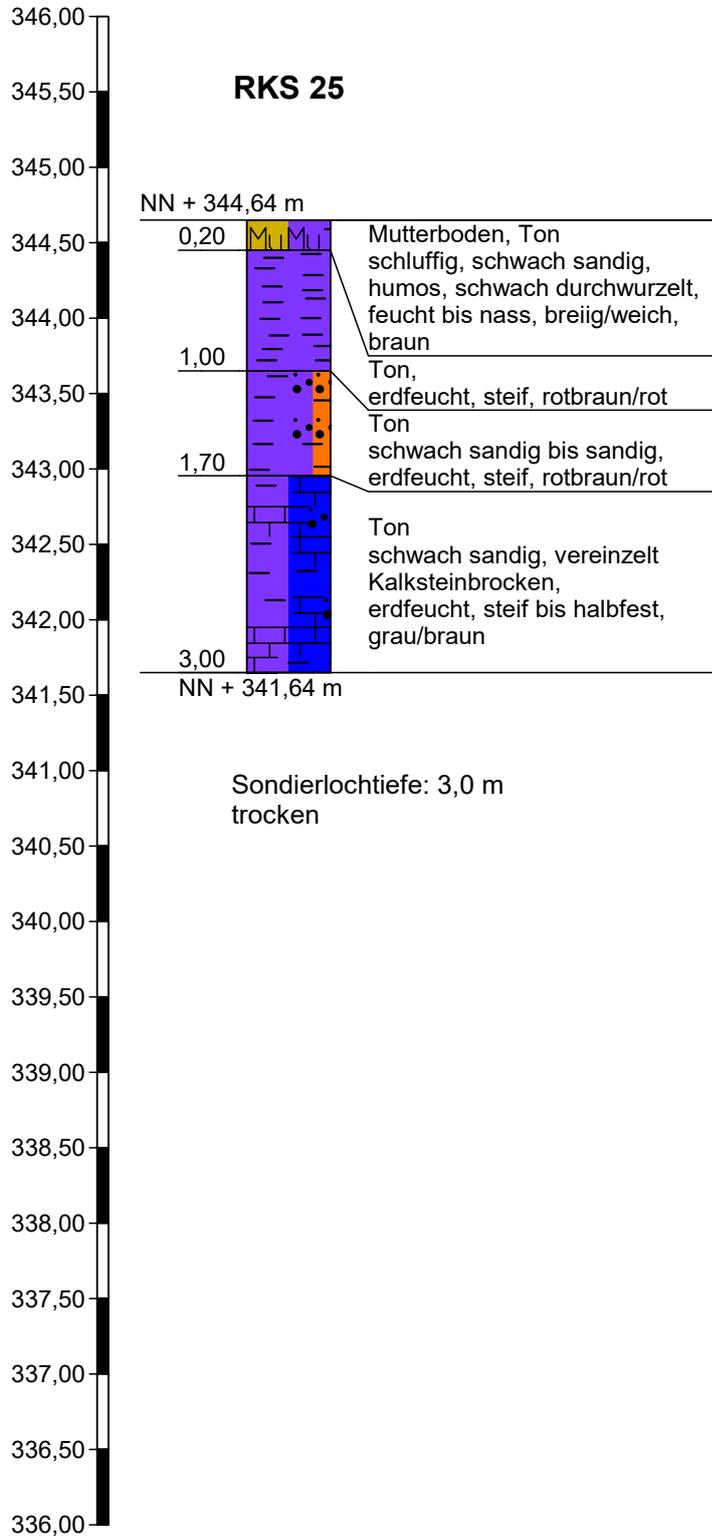
Anlage 4.40

Datum: 08.-17.02.2021

Auftraggeber: LGA Bautechnik GmbH,
Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Bearb.: LS

Bohrprofile nach DIN 4023





Geologie VEITH

Dipl. Geologe Armin Veith
Waldweg 13
91634 Wilburgstetten

Telefon: 09863/ 389097-0
Fax: 09863/389097-97
E-Mail: info@geologie-veith.de
Internet: www.geologie-veith.de

Projekt: LGA Bautechnik GmbH, südlich von
Tübingen, 72072 Tübingen

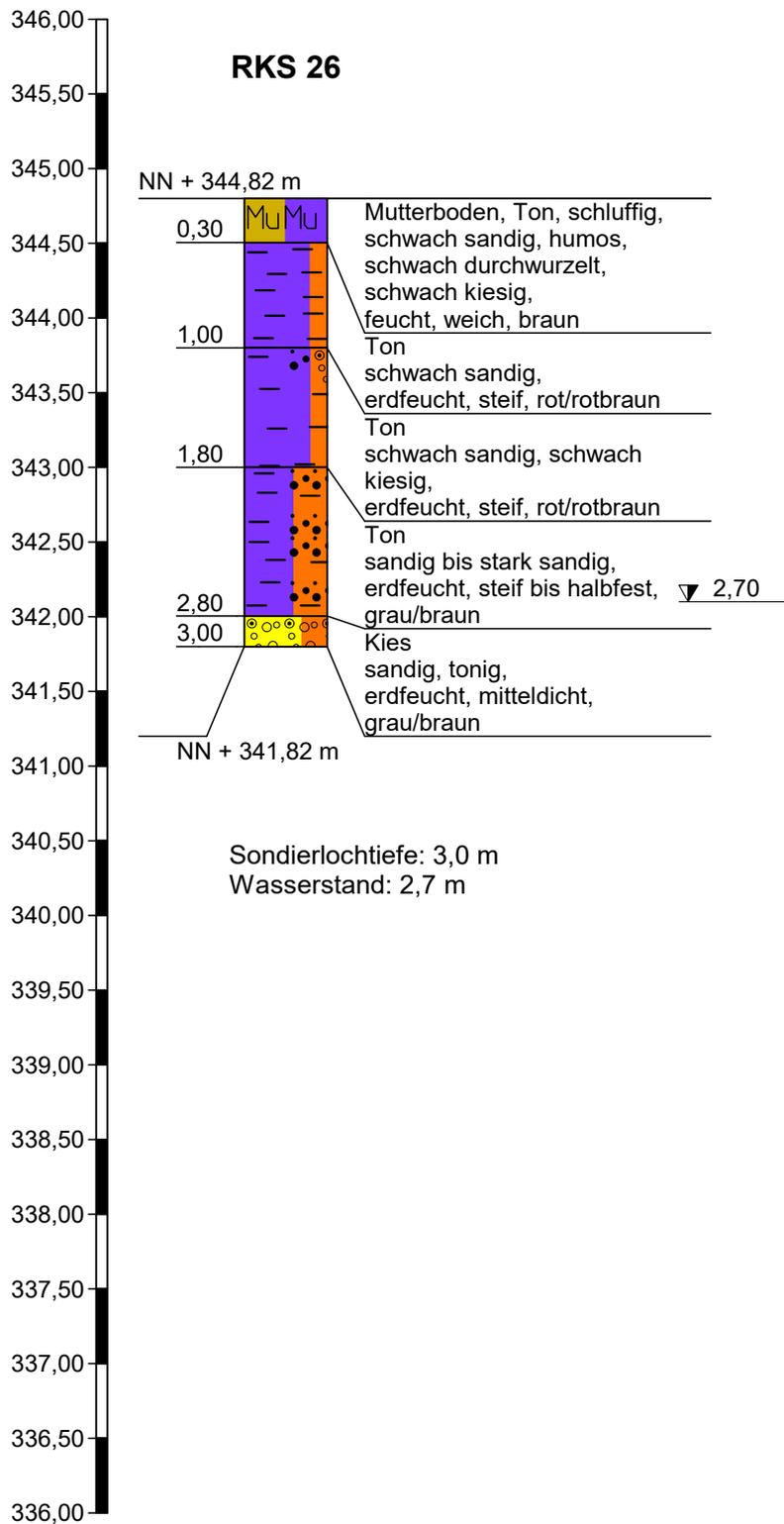
Anlage 4.41

Datum: 08.-17.02.2021

Auftraggeber: LGA Bautechnik GmbH,
Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Bearb.: LS

Bohrprofile nach DIN 4023





Geologie VEITH

Dipl. Geologe Armin Veith
Waldweg 13
91634 Wilburgstetten

Telefon: 089 63/ 389097-0
Fax: 089 63/389097-97
E-Mail: info@geologie-veith.de
Internet: www.geologie-veith.de

Projekt: LGA Bautechnik GmbH, südlich von
Tübingen, 72072 Tübingen

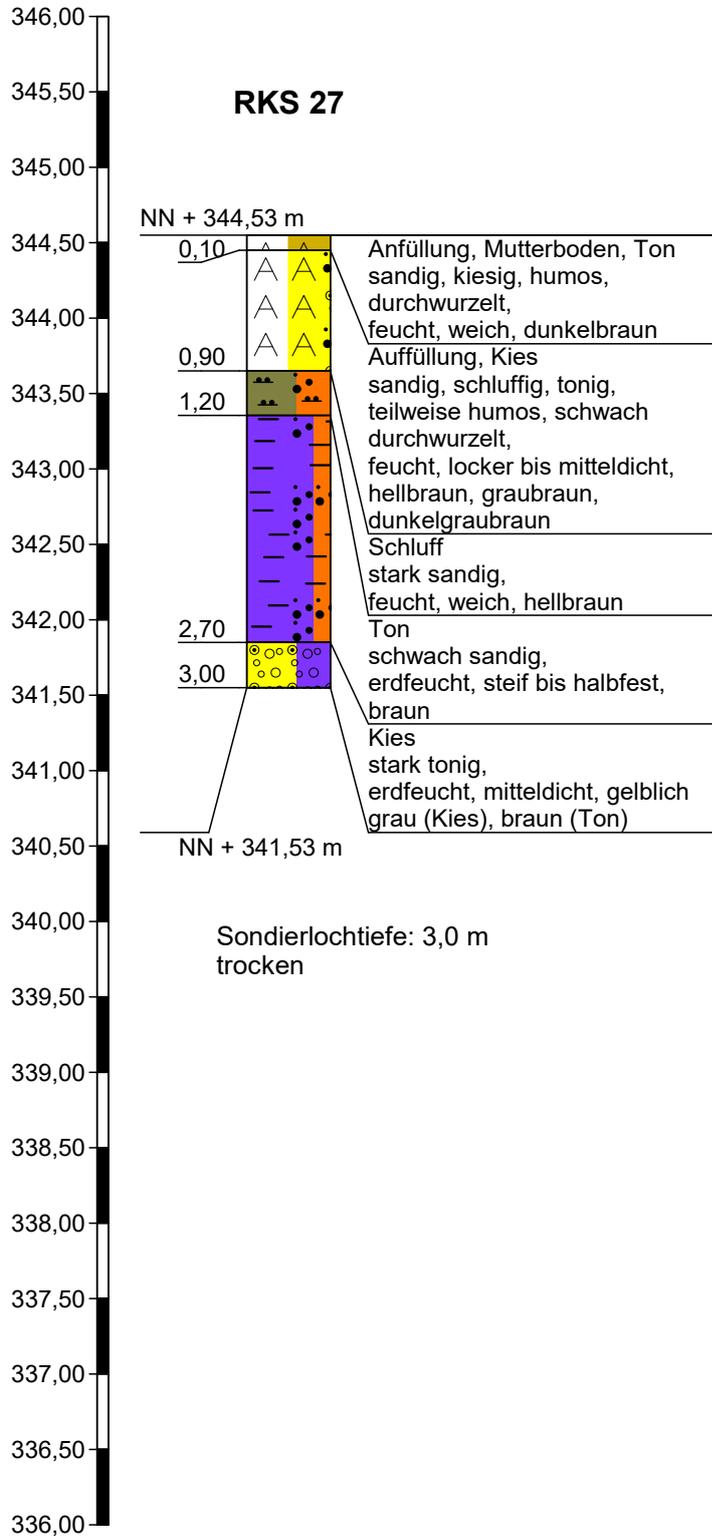
Anlage 4.42

Datum: 08.-17.02.2021

Auftraggeber: LGA Bautechnik GmbH,
Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Bearb.: LS

Bohrprofile nach DIN 4023





Geologie VEITH

Dipl. Geologe Armin Veith
Waldweg 13
91634 Wilburgstetten

Telefon: 09853/ 389097-0
Fax: 09853/389097-97
E-Mail: info@geologie-veith.de
Internet: www.geologie-veith.de

Projekt: LGA Bautechnik GmbH, südlich von
Tübingen, 72072 Tübingen

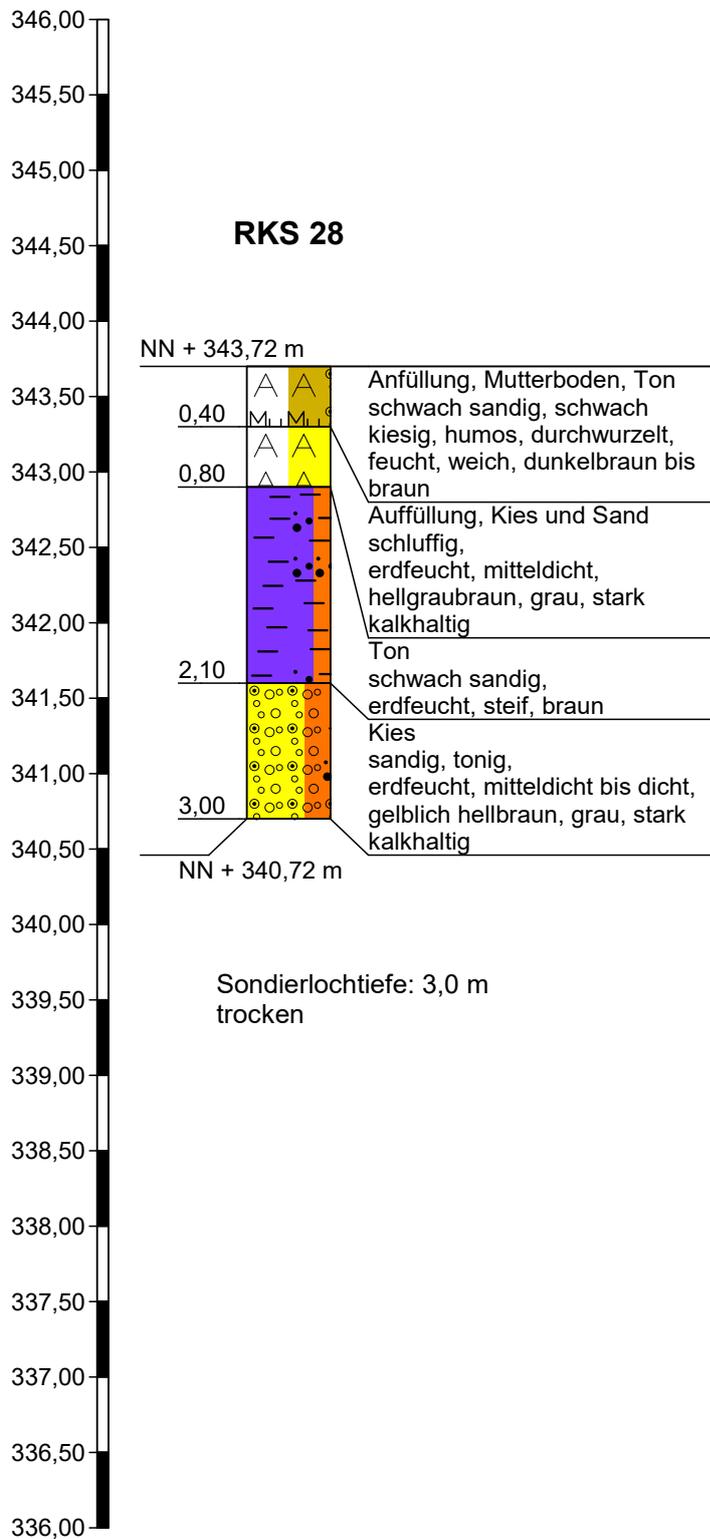
Anlage 4.43

Datum: 08.-17.02.2021

Auftraggeber: LGA Bautechnik GmbH,
Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Bearb.: LS

Bohrprofile nach DIN 4023





Geologie VEITH

Dipl. Geologe Armin Veith
Waldweg 13
91634 Wilburgstetten

Telefon: 09863/ 389097-0
Fax: 09863/389097-97
E-Mail: info@geologie-veith.de
Internet: www.geologie-veith.de

Projekt: LGA Bautechnik GmbH, südlich von
Tübingen, 72072 Tübingen

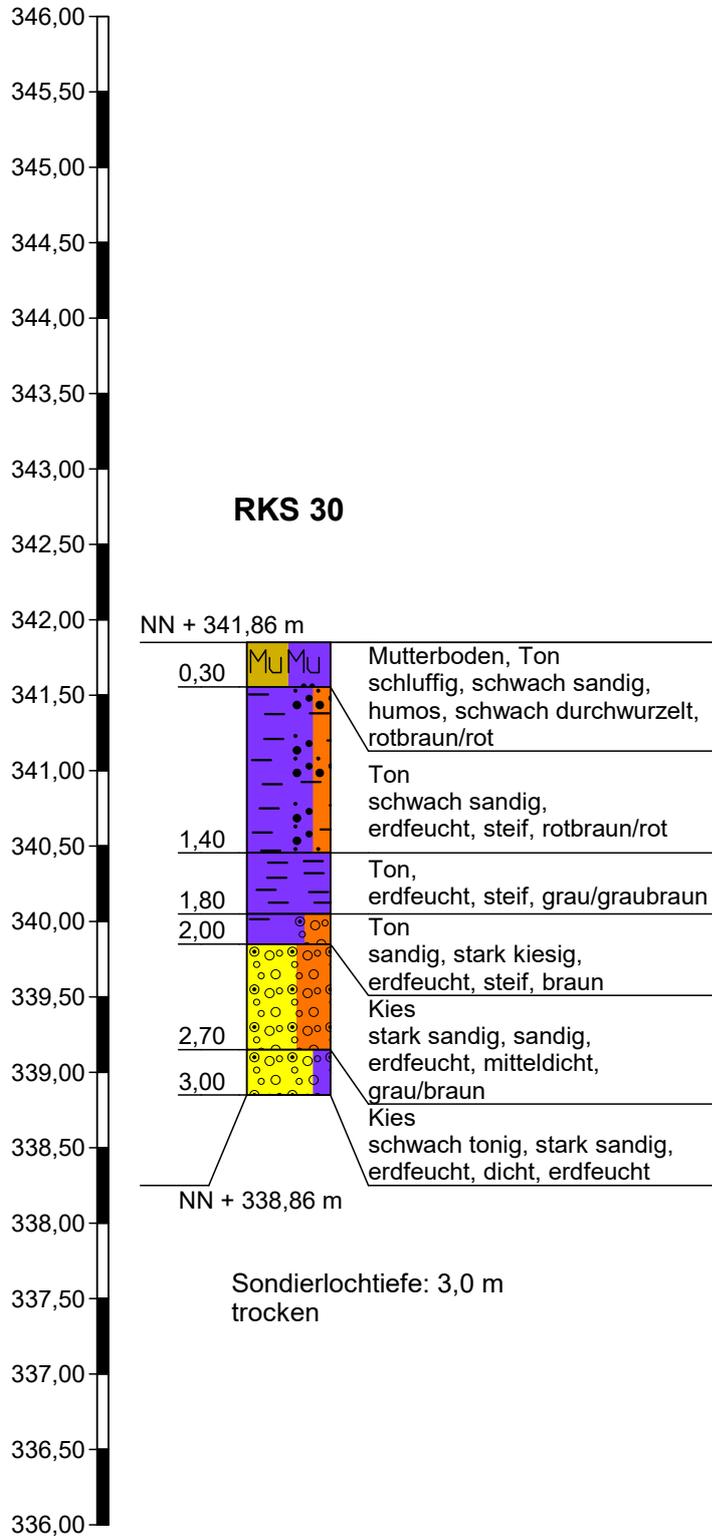
Anlage 4.45

Datum: 08.-17.02.2021

Auftraggeber: LGA Bautechnik GmbH,
Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Bearb.: LS

Bohrprofile nach DIN 4023





Geologie VEITH

Dipl. Geologe Armin Veith
Waldweg 13
91634 Wilburgstetten

Telefon: 09853/ 389097-0
Fax: 09853/389097-97
E-Mail: info@geologie-veith.de
Internet: www.geologie-veith.de

Projekt: LGA Bautechnik GmbH, südlich von
Tübingen, 72072 Tübingen

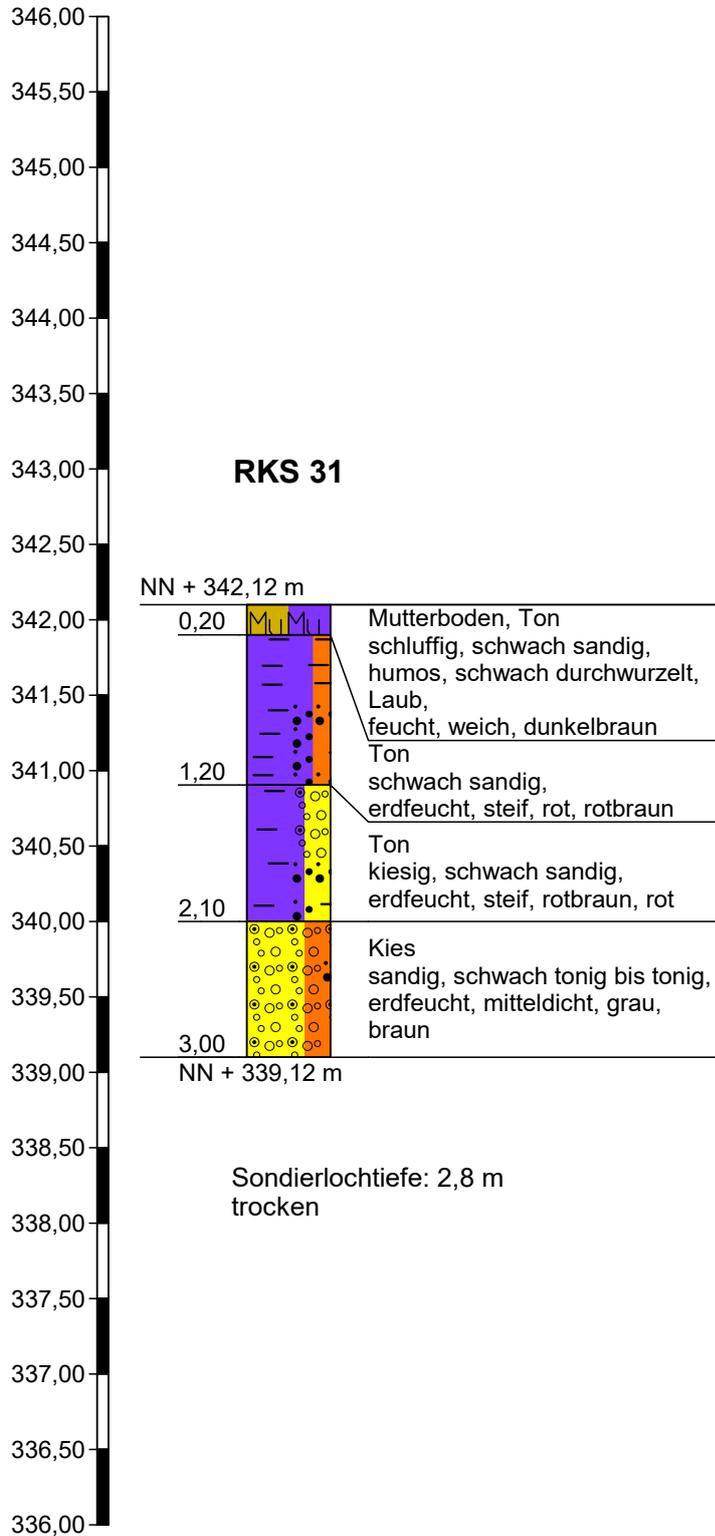
Anlage 4.46

Datum: 08.-17.02.2021

Auftraggeber: LGA Bautechnik GmbH,
Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Bearb.: LS

Bohrprofile nach DIN 4023





Geologie VEITH

Dipl. Geologe Armin Veith
Waldweg 13
91634 Wilburgstetten

Telefon: 09853/389097-0
Fax: 09853/389097-97
E-Mail: info@geologie-veith.de
Internet: www.geologie-veith.de

Projekt: LGA Bautechnik GmbH, südlich von
Tübingen, 72072 Tübingen

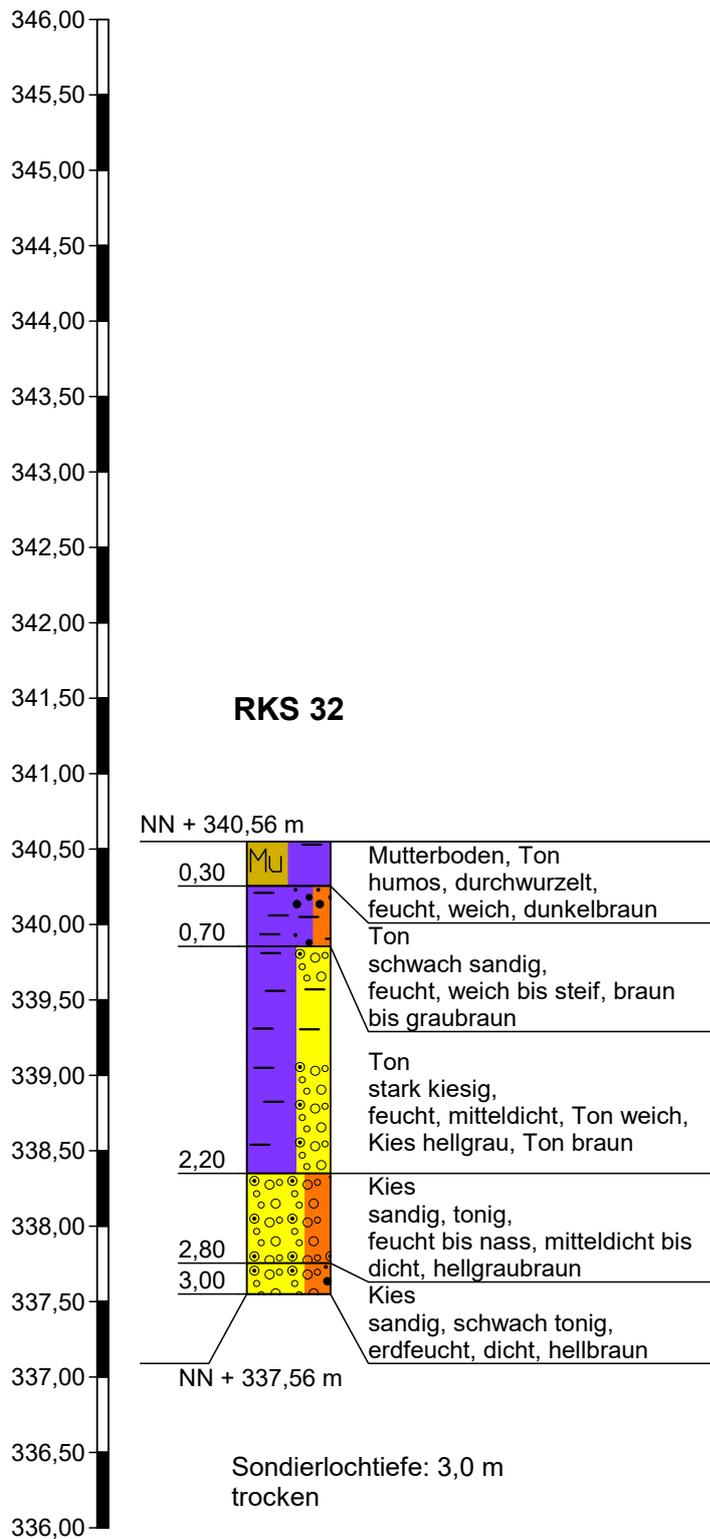
Anlage 4.47

Datum: 08.-17.02.2021

Auftraggeber: LGA Bautechnik GmbH,
Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Bearb.: LS

Bohrprofile nach DIN 4023





Geologie VEITH

Dipl. Geologe Armin Veith
Waldweg 13
91634 Wilburgstetten

Telefon: 09853/ 389097-0
Fax: 09853/389097-97
E-Mail: info@geologie-veith.de
Internet: www.geologie-veith.de

Projekt: LGA Bautechnik GmbH, südlich von
Tübingen, 72072 Tübingen

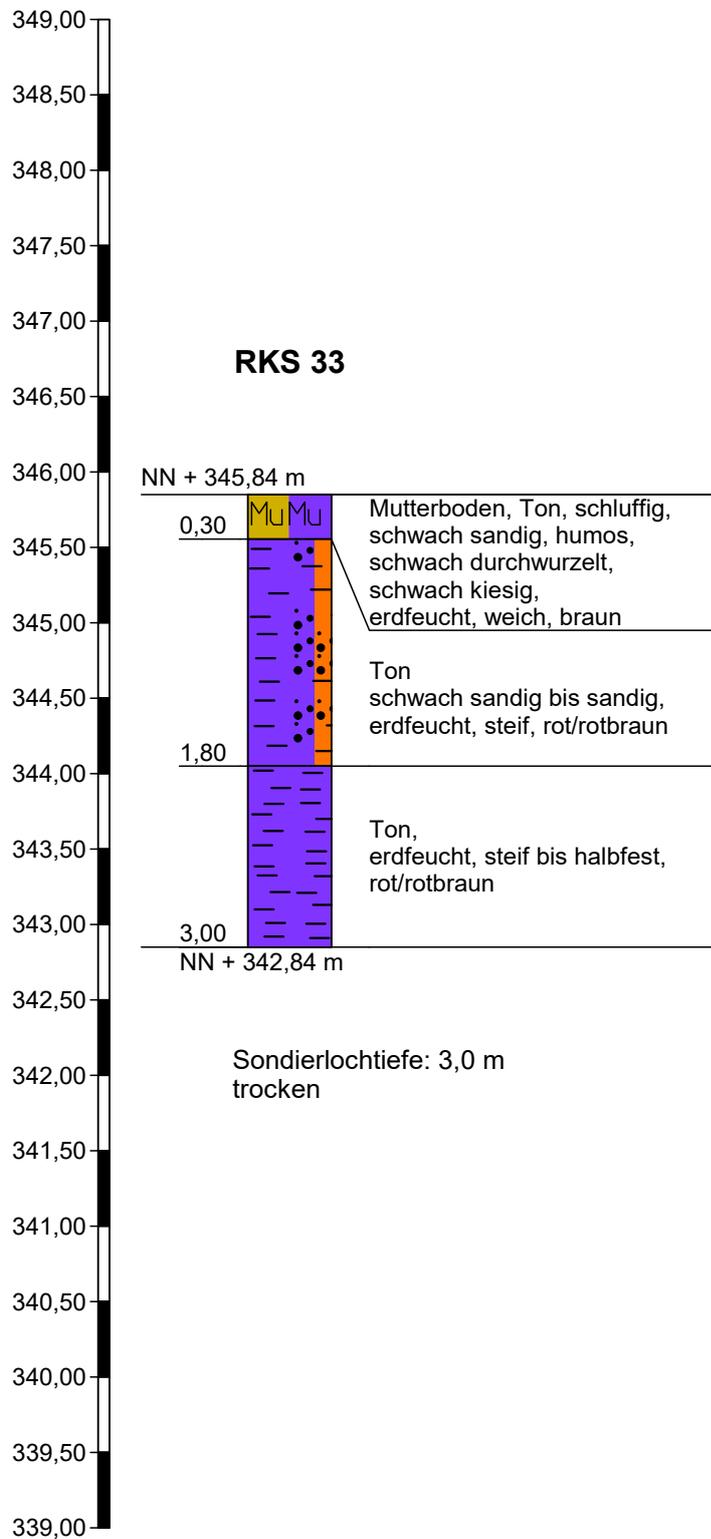
Anlage 4.48

Datum: 08.-17.02.2021

Auftraggeber: LGA Bautechnik GmbH,
Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Bearb.: LS

Bohrprofile nach DIN 4023



Zusammenstellung der boden- und felsmechanischen Laborversuche

Auftraggeber: Regierungspräsidium Tübingen Referat 42 Konrad-Adenauer-Str. 20 72072 Tübingen			Geologie	Bodenart	Festigkeit (visuell)	Wassergehalt und Dichte				Siebung und Sedimentation			Fließ- und Ausrollgrenze				Proctor		Gührverlust	Dreiaxialer Druckversuch Boden und Fels			Druckfestigkeit DGGT Empf. 1	Punktlastversuch	CAI, Abrasivität	Spaltzugversuch	Quelldehnung	Verwitterungstest, Zerfallsbeständigkeit
Auftrags-Nr.	Probe	Tiefe				w %	σ g/cm³	σ _d g/cm³	Korndichte g/cm³	<0,002 %	<0,06 %	<2,0 %	wL %	wp %	Ip %	Ic %	Kons. -	Gruppe		σPr g/cm³	wPr %	V _{gl} %						
Quartär (Q)					Mittelwerte	13.8																						
28587	KB 48/20	3,00	Q	T, s		25.31					63.7	19.5	44.2	0.83	steif	TA												
28602	KB 50/20	1,00	Q	T		21.49					60	17.8	42.1	0.91	steif	TA												
28608	KB 50/20	7,00	Q	G, x*, s', u'		5.35																						
28611	KB 51/20	3,00	Q	G, t', u', s'		15.13																						
28651	KB 54/20	12,00	Q	S, g*, u, t'		9.16																						
28663	KB 55/20	3,00	Q	G, t', u', s'		7.84																						
28677	KB 56/20	2,00	Q	T, g, s		12.23																						
Gipskeuper (km1)					Mittelwerte	9.2	2.3	2.2														2.9	13.0					
MP GK	divers	divers	km1								- / -	4 / 1,3	30,6 / 36,0				2.07	11.0										
29588	KB 17/20	23,65-23,80	km1	Tst/Mst	B,D																		8.5					
29589	KB 17/20	29,00-29,20	km1	Tst	B,D																			0.5	schwach abrasiv			
29591	KB 17/20	29,85-30,00	km1	Tst	B,D																		6.5					
29592	KB 17/20	32,05-32,20	km1	Gips	D																		57.8					
29593	KB 17/20	33,40-33,55	km1	Tst	C,D																		17.3					
28986	KB 17/20 B5	28,60-28,70	km1	T, s, g', o'		21.14					15	73	89	37.8	18.1	19.7	0.66	weich	TM									
28984	KB 17/20 K10	23,80-24,00	km1	Tst	D	4.7		2.475															2.6					
28987	KB 17/20 K12	29,60-29,80	km1	Tst, o'	D/B	4.6		2.476															5.4					
29600	KB 19/20	54,70-54,80	km1	Gipskeuper	A+C																			1.8				
29602	KB 19/20	55,65-55,95	km1	Gipskeuper	A	13,11 (Gl)	2.269	2.011											3.49	Mehr-	-							
29603	KB 19/20	56,60-56,75	km1	Gipskeuper	A																				0.6	schwach abrasiv		
29604	KB 19/20	56,80-56,90	km1	Gipskeuper	B+C																			9.4				
29013	KB 19/20 K15	50,20-50,35	km1	Tst/Mst	C+A																				0.7	schwach abrasiv		
29041	KB 21/20 B1	24,90-25,00	km1	S, g*, u, t'		14.9					6	25	69															
29049	KB 22/20 K6	17,40-17,75	km1	Tst/Gipskeup	B	12.7		1.807															0.7	2.7				
29050	KB 22/20 K7	17,75-18,00	km1	Gipskeuper	A/D																			2.2				
29052	KB 22/20 K9	24,40-24,60	km1	Tst	D																			10.7				
Schilfsandstein (km3S), mit dunklen Mergeln (km3M)					Mittelwerte	7.4	2.5	2.2														21.6	16.2					
MP SCH	divers	divers	km2S								- / -	2 / 2,7	21,6 / 29,1															
28543	KB 13/20	72,40-72,60	km2M	Sst/Tst	D	4.3		2.443															15.0					
28561	KB 15/20	57,75-57,95	km2M	Sst	D																			11.8				
29068	KB 16/20 K11	26,00-26,30	km2M	Sst		4.1		2.39																				
29066	KB 16/20 K9	24,00-24,20	km2M	T/Tst	D																			0.9				
28978	KB 17/20 K5	16,40-16,55	km2M	Tst	D																			1.5				
29009	KB 19/20 K11	42,60-42,75	km2M	Tst		14.3		1.951																				
29020	KB 20/20 K5	18,00-18,25	km2M	T / Tst		15.3		1.917																				
28544	KB 13/20	75,00-75,25	km2S	Sst	Q	1.5		2.453															55.4	58.0				
29069	KB 16/20 K12	28,00-28,25	km2S	Sst	D/B																			21.6				
29586	KB 17/20	23,10-23,20	km2S	Sst	B,C																			28.8				
29587	KB 17/20	23,30-23,50	km2S	Sst																					1.4	abrasiv		
28981	KB 17/20 B4	19,50-19,60	km2S	G, s, u'		10.41					4	13	40															
28979	KB 17/20 K6	18,20-18,40	km2S	Tst	B																			12.1				
28980	KB 17/20 K7	18,65-18,80	km2S	Sst	B																			17.0				
28982	KB 17/20 K8	20,40-20,60	km2S	Sst	B	3.9	2.515	2,432 (EA)															8.0			1.1		
28983	KB 17/20 K9	21,60-21,80	km2S	Sst	B																			21.4				
29597	KB 19/20	47,10-47,30	km2S	Schilfsst	C																			53.4				
29599	KB 19/20	49,45-49,55	km2S	Schilfsst	A+C																			2.3				
29010	KB 19/20 K12	44,30-44,60	km2S	Sst/Tst	B																			2.4	0.6	schwach abrasiv		
29011	KB 19/20 K13	46,15-46,40	km2S	Sst	B																			6.6				
29012	KB 19/20 K14	46,45-46,60	km2S	Tst	B																			3.5				
29021	KB 20/20 K6	21,00-21,30	km2S	Sst	B																			21.4				
29022	KB 20/20 K7	23,70-23,85	km2S	Sst	B/C																			7.5				
29047	KB 22/20 K4	11,40-11,70	km2S	Tst	D	5.3		2.331																7.9	2.9			
29048	KB 22/20 K5	14,40-14,65	km2S	Sst	A+C																			8.5				
28580	KB 23/20 K1	13,60-13,85	km2S	Sst	B/C																			26.7				
28751	KB 19/20	46,40-46,43	km2S/Kluft	T, s'	B+C	28.38																						

Auftraggeber: Regierungspräsidium Tübingen Referat 42 Konrad-Adenauer-Str. 20 72072 Tübingen			Geologie	Bodenart	Festigkeit (visuell)	Wassergehalt und Dichte			Siebung und Sedimentation			Fließ- und Ausrollgrenze					Proctor		Glühverlust	Dreiaxialer Druckversuch Boden und Fels		Druckfestigkeit DGGT Empf. 1	Punktlastversuch	CAI, Abrasivität	Spaltzugversuch	Quelldehnung	Verwitterungstest, Zerfallsbeständigkeit
Auftrags-Nr.:	Probe	Tiefe				w %	σ g/cm³	σ _d g/cm³	Korndichte g/cm³	<0,002 %	<0,06 %	<2,0 %	wL %	wp %	Ip %	Ic -	Kons. -	Gruppe -		σPr g/cm³	wPr %						
20G00185																											
Untere Bunte Mergel, Rote Wand (km3U)				Mittelwerte		10.6	2.1	2.3														7.6	10.9				
MP RW	divers	divers	km3U						- / -	4 / 1,8	25,5 / 25,6					2.12	10.2										
28449	KB 03/20	42,20-42,40	km3U	Tst	D																		1.5				
28450	KB 03/20	46,20-46,40	km3U	Tst	D																		7.9				
28460	KB 04/20 K10	59,75-59,90	km3U	Sst	D,B																		14.9				
28461	KB 04/20 K11	61,00-61,35	km3U	Tst	D,B	6.2		2.321														5.7	7.4				
28472	KB 06/20 K11	44,35-44,70	km3U	Sst	D,B																		6.8				
28473	KB 06/20 K12	45,70-46,00	km3U	Tst	D,B																		12.2				
28484	KB 08/20 K10	56,75-57,00	km3U	Sst	B,C,D																		9.4				
28494	KB 10/20	62,70-62,90	km3U	Sst	D																		8.1				
28495	KB 10/20	65,80-66,00	km3U	Tst	D																		6.3				
28496	KB 10/20	67,70-68,00	km3U	Mergel	D																		9.0				
28497	KB 10/20	69,80-70,00	km3U	Tst	D																		11.1				
28506	KB 11/20	62,75-62,95	km3U	Tst	D																		4.1				
28509	KB 11/20	76,70-77,00	km3U	Gipskeuper	C,D																		28.8				
29578	KB 12/20	64,20-64,40	km3U	Tst	C																		15.9				
28524	KB 12/20 K14	55,00-55,20	km3U	Sst	Q	4.7		2.43											Mehr	43.3	1.3						
28526	KB 12/20 K16	59,00-59,20	km3U	Tst	C																		30.9				
28527	KB 12/20 K17	61,00-61,25	km3U	Tst	C																		14.2				
28528	KB 12/20 K18	63,15-63,50	km3U	Sst/Tst	C																		15.7	1.1	abrasiv		
28537	KB 13/20	53,60-53,80	km3U	Tst	D																		11.2				
28538	KB 13/20	59,75-59,95	km3U	Sst/Mg	C,D																		8.9				
28539	KB 13/20	61,40-61,65	km3U	Tst	C,D	5.9		2.29											Mehr	45.1	1.6						
28540	KB 13/20	65,40-65,60	km3U	Sst	C,D																		14.8				
28541	KB 13/20	67,80-68,00	km3U	Gips	C																		32.7				
28542	KB 13/20	69,20-69,40	km3U	Gips	C																		38.6				
28966	KB 14/20 K11	56,40-56,75	km3U	Mst	B,C	4.3		2.386														9.6					
28970	KB 14/20 K15	64,30-64,60	km3U	Gips	C	3.3		2.248															-	24.3			
28964	KB 14/20 K8	52,00-52,25	km3U	Tst	D	5.4		2.443															-				
28556	KB 15/20	47,10-47,35	km3U	Sst	D																		3.2				
28557	KB 15/20	49,00-49,35	km3U	Tst/Sst/Ust	D	4.1	2,468 (SZ)	2,345 (EA)															7.5	8.9		1.3	
28558	KB 15/20	50,00-50,25	km3U	Tst/Gips	D																		15.1				
28559	KB 15/20	53,75-54,00	km3U	Tst	D																		1.0	0.4	kaum abrasiv		
28560	KB 15/20	56,00-56,15	km3U	Tst	D																		0.8				
29064	KB 16/20 E7	21,20-21,40	km3U	G, s, u' (Tst)	D	12.76			3	14	37																
29059	KB 16/20 K2	14,05-14,15	km3U	T	D																		0.9				
29062	KB 16/20 K5	18,50-18,75	km3U	G, s*, u, t' (Tst)	D	12.93	2,265 (TX)	2,034 (TX)	5	26	59	28.8	15.7	13.1	1.21	halbfest	TL										
28971	KB 17/20 E1	5,00-6,00	km3U	T, g*, s (Tst)	D	14.76			13	44	67	33	14.9	18.1	1.01	halbfest	TL										
28973	KB 17/20 K2	7,75-7,90	km3U	Tst	D																		1.5				
28975	KB 17/20 K3	11,20-11,35	km3U	G, s, u, t' (Tst)	D	13.54			7	27	58	26.7	14.6	12.2	1.09	halbfest	TL										
28976	KB 17/20 K4	12,65-12,80	km3U	Tst	D																		1.2				
29008	KB 19/20 K10	40,10-40,30	km3U	T, Tst	A, B																		1.4				
29003	KB 19/20 K5	28,40-28,55	km3U	T/Tst	D	12.06																	1.1				
29007	KB 19/20 K9	36,60-36,85	km3U	Mst/Tst/Gips	D	12.42	2.119																	0.4	kaum	0.2	
29017	KB 20/20 K2	4,60-4,70	km3U	Tst	D																		1.0				
29018	KB 20/20 K3	8,20-8,40	km3U	Tst	D	10.9		2.076																			
28577	KB 23/20 B6	7,90-8,00	km3U	G, s*, u (Tst)	D	11.02			5	22	54	29.8	15.6	14.2	1.32	halbfest	TL										
28750	KB 14/20 E2	55,60-55,90	km3U/Kluft	T, s', g'	D	27.31			6	81	91	42.4	19.8	22.6	0.5	weich	TM										
29033	KB 21/20 E3	8,50-9,00	km3U/V	T, s*, g (Tst)	D	17.97			7	48	81	28	15.9	12.1	0.83	steif	TL										

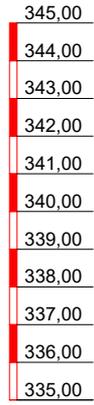
Legende Geologie	
km1	Gipskeuper
km2S	Schilfsandstein
km2M	Dunkle Mergel
km3U	Untere Bunte Mergel
Q	Quartär

Grundwasseranalysen nach DIN 4030

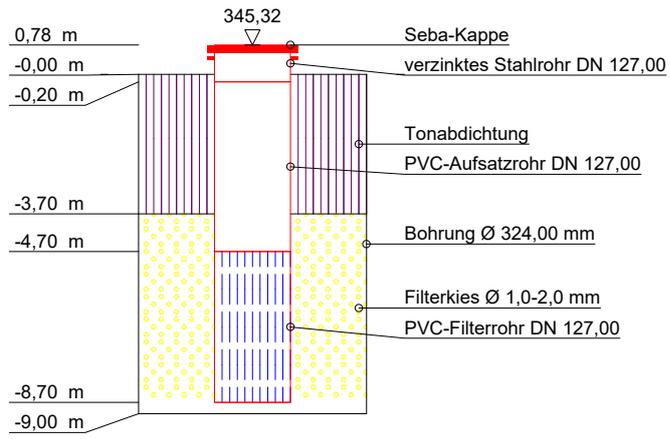
		AufNr	3080142	3080142
		AnalyNr	523428	523429
		Probe	KB48/20	KB53/20
Parameter	Einheit	Methode / GW-Leiter	Quartär	Quartär
Färbung (Labor)		DIN EN ISO 7887 : 1994-12	weiß	farblos
Trübung (Labor)		visuell	schwach getrübt	fast klar
Geruch (Labor)		DEV B 1/2 : 1971	ohne	ohne
pH-Wert (Labor)		DIN EN ISO 10523 : 2012-04	7.1	7.4
Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor)	µS/cm	Berechnung	788	742
Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm	DIN EN 27888 : 1993-11	879	828
Ammonium (NH ₄)	mg/l	DIN ISO 15923-1 : 2014-07	<0,030	<0,030
Calcium (Ca)	mg/l	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02	140	110
Magnesium (Mg)	mg/l	DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02	26	37
Chlorid (Cl)	mg/l	DIN ISO 15923-1 : 2014-07	25	23
Nitrat (NO ₃)	mg/l	DIN ISO 15923-1 : 2014-07	5.3	<1,0
Sulfat (SO ₄)	mg/l	DIN ISO 15923-1 : 2014-07	23	55
Sulfid leicht freisetzbar	mg/l	DIN 38405-27 : 1992-07	<0,050	<0,050
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	DIN 38409-7-2 : 2005-12	8.6	7.26
Säurek. nach Marmorlöse-V.	mmol/l	DIN 38409-7-1: 2004-03	8.63	7.05
Carbonathärte	°dH	Berechnung	24.1	20.3
Carbonathärte	mg/l CaO	Berechnung	241	203
Nichtcarbonathärte	°dH	Berechnung	1.5	3.6
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	Berechnung	14.6	35.8
Gesamthärte	°dH	Berechnung	25.5	23.9
Kalkl. Kohlensäure	mg/l	DIN 4030-2 : 2008-06	<1	<1
Gesamthärte	mg/l CaO	Berechnung	255	239
Gesamthärte (Summe Erdalkalie	mmol/l	Berechnung	4.56	4.27
Oxidierbarkeit (KMnO ₄ -Verbrauch	mg/l	DIN EN ISO 8467 : 1995-05	21	65
KMnO ₄ -Index (als O ₂)	mg/l	DIN EN ISO 8467 : 1995-05	5.3	16
Betonaggressivität (Angriffsgrad DIN 4030)		DIN 4030-1 : 2008-06	nicht angreifend	nicht angreifend

KB 48/20

m NN



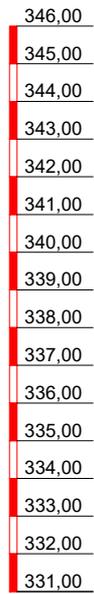
▼ 4,13 GW
05.05.2022



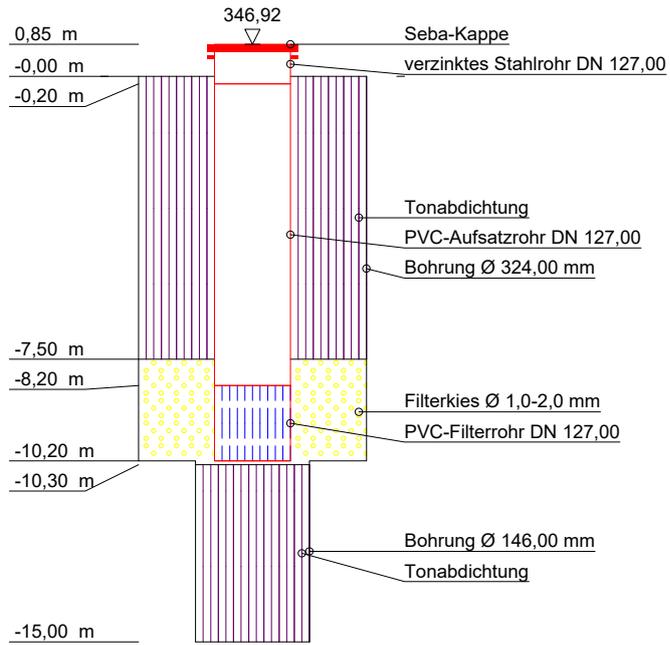
<p>LGA Bautechnik GmbH</p> <p>Tillystraße 2 90431 Nürnberg</p>	<p>B27 Schindhaubasisstunnel</p> <p>Bohrprofil</p>	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 200
		Bearbeiter:

KB 53/20

m NN



▼ 1,79 GW
05.07.2021



LGA Bautechnik GmbH Tillystraße 2 90431 Nürnberg	B27 Schindhaubasisstunnel Bohrprofil	Anlage:
		Projekt-Nr: 20G200185
		Datum:
		Maßstab: 1 : 200
		Bearbeiter:

Anlage 8.1: Charakteristische Kennwerte

Tabelle A-8-1: Charakteristische Kennwerte

Baugrund Kennwerte		B1 Hanglehm / Schwemmlehm	B2 Junge Talfüllungen	X1, Obere und Untere Bunte Mergel, ausgelaugt	X2, Kieselsandstein, Schilfsandstein
Feuchtwichte ¹⁾	γ [kN/m ³]	19 (18 – 21)	19 (18 – 21)	23 (22 – 24)	23,5 (22 – 25)
Reibungs- winkel ¹⁾	φ' [°]	27,5 (22,5 – 30,0)	30,0 (27,5 – 32,5)	27,5 (22 – 30)	30,0 (22 – 35)
Kohäsion ¹⁾	c' [kN/m ²]	5 (3 – 15)	3 (1 – 10)	40 (10 – 100)	50 (20 – 150)
Steifemodul ¹⁾	E_s [MN/m ²]	20 (10 – 40)	30 (15 – 60)	150 (60 - 1000)	150 (80 – 1000)
Querdeh- nungszahl ¹⁾	ν [-]	0,3	0,3	0,25	0,2
Durchlässig- keit ¹⁾	k_f [m/s]	$1 \cdot 10^{-6}$ ($10^{-5} - 10^{-8}$)	$5 \cdot 10^{-6}$ ($10^{-5} - 10^{-7}$)	$5 \cdot 10^{-7}$ ($10^{-6} - 10^{-8}$)	$5 \cdot 10^{-6}$ ($10^{-5} - 10^{-7}$)

¹⁾ Mittelwert, Oberer- und Unterer Grenzwert in der Klammer

Anlage 8.2: Kennwerte für Homogenbereiche

Detaillierte Angaben und Erläuterungen zu den tabellarischen Werten können den Bauwerksgutachten entnommen werden.

Tabelle A-8-2-1.1: Kennwerte der Homogenbereiche, Boden

Nr.	Kennwert / Parameter	Norm	B1 Hang- / Schwemmlehm
0	Ortsübliche Bezeichnung	-	Lehm, Ton, Auffüllung
1	Korngrößenverteilung	DIN 18123	T,s' – T,s,g,x - S,t,g,x'
2	Massenanteil an Steinen (D>63mm) und Blöcken (D>200mm)	DIN EN ISO 14688-1	geringer – mittlerer, lokal hoher Stein- und Blockanteil
3	Mineralogische Zusammensetzung der Steine & Blöcke	DIN EN ISO 14689-1	Sandstein (hart)
4	Feuchtdichte	DIN 18125 -2 / DIN EN ISO 17892-2	1,7 - 2,2 t/m ³
5	Undrainierte Scherfestigkeit	DIN 4094-4 / DIN 18136 / DIN 18137-2	60 – 200 k/m ²
6	Sensitivität	DIN 4094-4	< 8
7	Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	10 - 40 %
8	Konsistenzgrenzen	DIN 18122-1	weich, steif, halbfest
9	Plastizität	DIN 18122-1	leicht – mittel - ausgeprägt
10	Durchlässigkeit	DIN 18130	1*10 ⁻⁶ - 1*10 ⁻⁸ m/s
11	Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2 / DIN 18126	Locker, mitteldicht
12	Kalkgehalt	DIN 18129	kalkfrei bis kalkhaltig
13	Organischer Anteil	DIN 18128	nicht organisch
14	Benennung organischer Böden	DIN EN ISO 14688-1	-
15	Abrasivität	NP P18-579	nicht abrasiv bis abrasiv
16	Bodengruppe	DIN 18196	TL, TM, TA, SU*, ST*

Tabelle A-8-2-1.2: Kennwerte der Homogenbereiche, Boden

Nr.	Kennwert / Parameter	Norm	B2 Junge Talfüllungen
0	Ortsübliche Bezeichnung	-	Verlehmt Kies, Schwemmkies
1	Korngrößenverteilung	DIN 18123	G,s,u,x' – T,u,g,x' – S,g,t,u,x'
2	Massenanteil an Steinen (D>63mm) und Blöcken (D>200mm)	DIN EN ISO 14688-1	geringer – mittlerer, lokal hoher Stein- und Blockanteil
3	Mineralogische Zusammensetzung der Steine & Blöcke	DIN EN ISO 14689-1	Sandstein (hart)
4	Feuchtdichte	DIN 18125 -2 / DIN EN ISO 17892-2	1,8 - 2,2 t/m ³
5	Undrainierte Scherfestigkeit	DIN 4094-4/ DIN 18136 / DIN 18137-2	60 - 200
6	Sensitivität	DIN 4094-4	< 8
7	Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	10 - 40 %
8	Konsistenzgrenzen	DIN 18122-1	weich, steif, halbfest
9	Plastizität	DIN 18122-1	leicht, mittel
10	Durchlässigkeit	DIN 18130	1*10 ⁻² - 1*10 ⁻⁶ m/s
11	Lagerungsdichte	DIN EN ISO 14688-2 / DIN 18126	Locker, mitteldicht, dicht
12	Kalkgehalt	DIN 18129	kalkhaltig bis stark kalkhaltig
13	Organischer Anteil	DIN 18128	nicht organisch
14	Benennung organischer Böden	DIN EN ISO 14688-1	-
15	Abrasivität	NP P18-579	schwach abrasiv bis abrasiv
16	Bodengruppe	DIN 18196	GU*, GT*, TL, TM, SU*, ST*

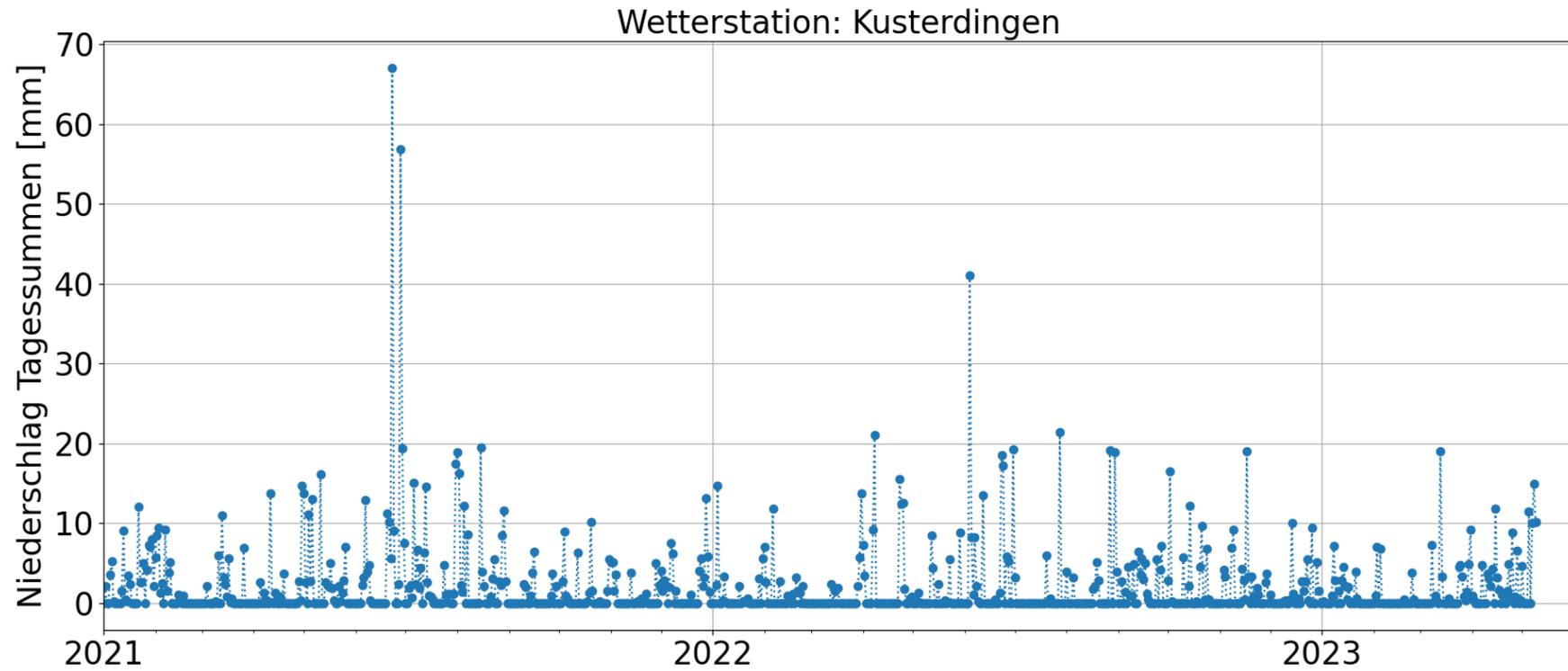
Tabelle A-8-2-2.1: Kennwerte der Homogenbereiche, Fels

Nr.	Kennwert / Parameter	Norm	X1 Obere Bunte Mergel und Untere Bunte Mergel, ausgelaut
1	Petrographische Bezeichnung	DIN EN ISO 14689-1	Tonstein, Schluffstein, mit Sandstein, Dolomitstein, Kalkstein, Steinmergel
2	Feuchtdichte	DIN 18125-2	2,1 – 2,5 t/m ³
3	Verwitterung	DIN EN ISO 14689-1	schwach bis mäßig, teilweise stark verwittert
4	Verwitterung, Veränderlichkeit	DIN EN ISO 14689-1	überwiegend stark veränderlich (für Wiedereinbau veränderlich festes Gestein)
5	Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	DGGT E1	Sehr mürbe und mürbe Tonsteine, Schluffsteine 0,5 – 5 MN/m ² Mittelharte und harte Tonsteine, Schluffsteine, Mergelsteine 5 – 15 MN/m ²
6	Trennflächenabstand	nach Anlage 3.2	Schichtung überwiegend bankig, (10 – 60 cm), teilweise plattig bzw. massig; Klüftung überwiegend klüftig bis schwach klüftig (10 – 60 cm), teilweise stark klüftig bzw. kompakt. Klüfte fast immer geschlossen, offene Klüfte möglich.
7	Gesteinskörperform	DIN EN ISO 14689-1	prismatische Gesteinskörper
8	Abrasivität	NP P18-579	schwach abrasiv – sehr stark abrasiv
9	Plastizität	DIN 18122-1	leicht - mittel - ausgeprägt
10	Durchlässigkeit	DIN 18130	1*10 ⁻⁵ - 1*10 ⁻⁸ m/s

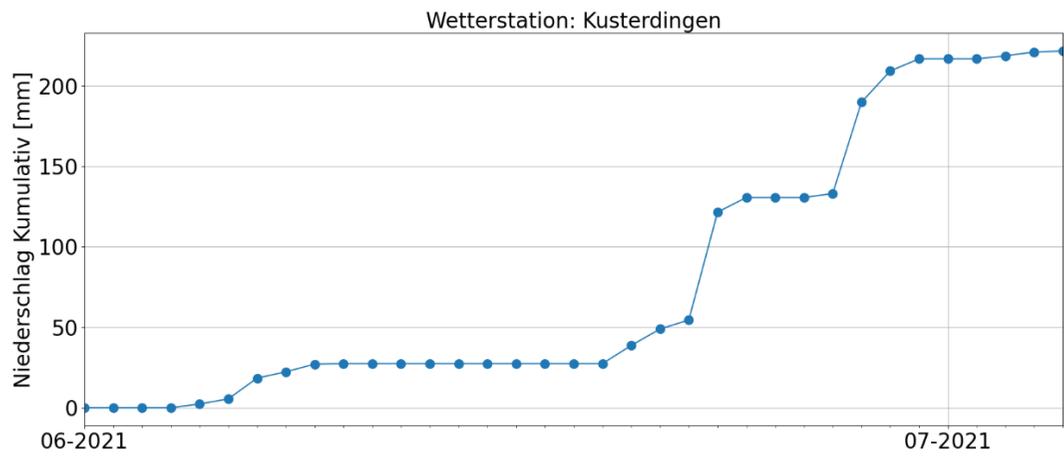
Tabelle A-8-2-2.2: Kennwerte der Homogenbereiche, Fels

Nr.	Kennwert / Parameter	Norm	X2 Kieselsandstein, Schilfsandstein, (mit Dunklen Mergeln)
1	Petrographische Bezeichnung	DIN EN ISO 14689-1	Sandstein, Tonstein, Schluffstein, mit Mergelsteinen
2	Feuchtdichte	DIN 18125-2	2,1 – 2,5 t/m ³
3	Verwitterung	DIN EN ISO 14689-1	schwach bis mäßig, teilweise stark verwittert
4	Verwitterung, Veränderlichkeit	DIN EN ISO 14689-1	überwiegend stark veränderlich (für Wiedereinbau veränderlich festes Gestein)
5	Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m ²]	DGGT E1	Mürb bis mittelharte Sandstein: < 25 MN/m ² Harte Sandsteine: 25 – 50 MN/m ² Sehr harte Sandsteine: 50 - 120 MN/m ² Sehr mürbe und mürbe Tonsteine, Schluffsteine 0,5 – 5 MN/m ² Mittelharte und harte Tonsteine, Schluffsteine, Mergelsteine 5 – 15 MN/m ²
6	Trennflächenabstand	nach Anlage 3.2	Schichtung überwiegend bankig, (10 – 60 cm), teilweise plattig bzw. massig; Klüftung überwiegend klüftig bis schwach klüftig (10 – 60 cm), teilweise stark klüftig bzw. kompakt. Klüfte fast immer geschlossen, offene Klüfte möglich.
7	Gesteinskörperform	DIN EN ISO 14689-1	prismatische Gesteinskörper
8	Abrasivität	NP P18-579	schwach abrasiv – stark abrasiv
9	Plastizität	DIN 18122-1	leicht - mittel - ausgeprägt
10	Durchlässigkeit	DIN 18130	5*10 ⁻⁵ - 1*10 ⁻⁸ m/s

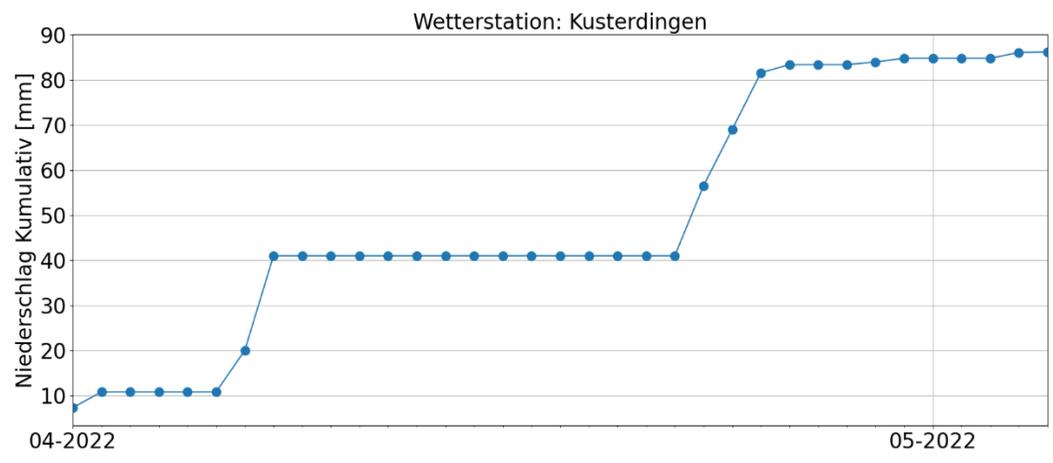
Anlage 9: Niederschläge Wetterstation Kusterdingen



Darstellung der Tagessummen 2021 – 2023



Niederschlag Kumulativ, Zeitraum 06-2021 – 07-2021



Niederschlag Kumulativ, Zeitraum 04-2022 – 05-2022