

Landratsamt Zollernalbkreis
Hirschbergstraße 29
72336 Balingen

Baugrunduntersuchung und Gründungsgutachten für ein Klinikum

BV Neubau Zollernalb Klinikum

Gewann Firstäcker, Flurstücke 3818 - 3853
72336 Balingen-Dürrwangen

Projektnummer: B 24 05 03

Bearbeiter: Dipl. Geol. H. Terton

Ausfertigungen: 1-fach / 1 digital (pdf-Version)

Ausfertigungsdatum: 19.02.2026 (Version 5 / v5)

Inhaltsverzeichnis

1	Vorbemerkung	1
2	Durchgeführte Untersuchungen	2
3	Untergrundverhältnisse	3
3.1	Lage des Untersuchungsgebietes / Geologischer Überblick	3
3.2	Ingenieurgeologische Gefahren	3
3.3	Ergebnisse aus den Bohrungen	4
3.4	Ergebnisse aus den Rammsondierungen	5
3.5	Ergebnisse aus der Bohrdatenbank des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau.....	5
3.6	Ergebnisse aus den bodenmechanischen Laboruntersuchungen	6
3.7	Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen / Frostepfindlichkeit	6
4	Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09.....	8
5	Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09.....	9
6	Hydrogeologie.....	10
6.1	Angetroffene Verhältnisse	10
6.1.1	Ergebnisse aus der kontinuierlichen Aufzeichnung der Wasserstände	11
6.1.2	Ergebnisse aus den Stichtagsmessungen / nach Beendigung der Bohrarbeiten	13
6.2	Bemessungswasserstand.....	13
6.3	Oberflächenentwässerung.....	15
6.4	Betonaggressivität im Grundwasser	15
7	Versickerungsfähigkeit.....	15
8	Schutz von Bauwerken gegen Durchfeuchtung	15
8.1	Unterkellerte Gebäude bzw. erdberührte Bauteile	16
8.1.1	Gewährleistete, kontrollierte Ableitung von Wasser zum Schutz der Bauwerke.....	16
8.1.2	Keine kontrollierte Ableitung von Wasser zum Schutz des Bauwerkes	17
8.2	Nicht unterkellerte Bauwerke.....	18
9	Erdbebenzone	18
10	Gründungsberatung.....	19
10.1	Bauwerksspezifische Voraussetzungen / Gründungshorizont	19
10.1.1	Erdbebenbedingte Anforderungen an den Gründungshorizont	19
10.1.2	Baugrund-Bauwerks-Interaktion und Gründung im Erdbebenfall.....	19
10.1.3	Klinikum und Wirtschaftshof	20
10.1.4	Gesundheitszentrum	21
10.1.5	Allgemeiner Hinweis zu den Profilschnitten	21
10.2	Streifen- und Einzelfundamentgründung	21
10.2.1	Klinikum	22
10.2.2	Folgerungen Klinikum.....	24
10.2.3	Wirtschaftshof Stützwände	25

10.2.4	Gesundheitszentrum	25
10.2.5	Folgerungen Gesundheitszentrum	25
10.3	Alternative Gründungsverfahren	26
10.3.1	Brunnengründung	26
10.3.2	Duktile Gusspfähle	26
10.3.3	Pfahlgründung	27
10.3.4	Tiefgründige Bodenverbesserung	27
10.4	Setzungsdifferenzen	27
10.5	Ergänzende Angaben	28
11	Ausführungshinweise	28
11.1	Allgemeine Angaben zu Erdbau	28
11.2	Böschungen / Baugruben / Verbau	29
11.2.1	Freie Baugrubenböschungen	29
11.2.2	Verbaute Baugrubenwände	31
11.3	Wasserhaltung	32
11.4	Auftriebssicherung während der Baumaßnahme	33
11.5	Erdplanum	33
11.6	Tragschicht unter Bodenplatten	33
11.7	Hinterfüllung von Bauwerken	34
11.8	Fahr- und Parkflächen	34
12	Verwertung von Aushubmaterial	35
12.1	Umweltchemische Einstufung	36
12.1.1	Grundlagen	36
12.1.2	Untersuchungsergebnisse und Bewertung	37
12.1.3	Bauphysikalische Eignung und Hinweise zur Arbeitsraumverfüllung	39
13	Abschließende Bemerkungen	40
Anlagen	41

Tabellen:

- Tab. 1: Bodenmechanische Kennwerte und Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 17
- Tab. 2: Bodenmechanische Kennwerte von Arbeitsraumverfüllungen
- Tab. 3: Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09
- Tab. 4: Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09
- Tab. 5: Kennwerte der Erdbebeneinwirkung gemäß DIN EN 1998-1/NA:2023-11
- Tab. 6: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen Klinikum / Streifenfundament talseitig / 1,25 m Einbindung / Gründung in bergfrischen Tonsteinen
- Tab. 7: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen Klinikum / Streifenfundament NW / 1,25 m Einbindung / Gründung in Kiesen
- Tab. 8: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen Klinikum / Einzelfundament / 1,25 m Einbindung / Gründung in bergfrischen Tonsteinen
- Tab. 9: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen Klinikum / Einzelfundament / 1,25 m Einbindung / Gründung in Kies
- Tab. 10: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen / Brunnengründung / Gründung auf bergfrischen Tonsteinen
- Tab. 11: Bauwerksbezogene zulässige Setzungsunterschiede (Prinz 2018, Auszug)
- Tab. 12: Böschungswinkel
- Tab. 13: Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus (aus RStO 12/24)
- Tab. 14: Ergebnisse aus den Laboruntersuchungen
- Tab. 15: Höchstwasserstände in den Aufschlüssen

Abbildungen:

- Abb. 1: Grundwasserganglinie in der Messstelle RKB 7 / GWM 2
- Abb. 2: System artesisch gespanntes Grundwasser, aus www.geothermieconsulting.de
- Abb. 3: Grundwasserganglinie in der Messstelle RKB 7 / GWM 2
- Abb. 4: Grundwasserganglinie in der Messstelle RKB 10 / GWM 3
- Abb. 5: Grundwasserganglinie in der Messstelle B 1 / GWM 5
- Abb. 6: Grundwasserganglinie in der Messstelle B 2 / GWM 6
- Abb. 7: Grundwasserganglinie in der Messstelle B 4 / GWM 7

Anlagen:

- Anl. 1: Geografische Lage des Untersuchungsgebietes
- Anl. 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten und Profilschnitten
- Anl. 3: Grafische Darstellung der Aufschlusspunkte
- Anl. 4: Geotechnische Profilschnitte (schematisch)

Anl. 5: LGRB-Bohrdatenbank

Anl. 6: Laborprüfberichte

Anl. 7: Grundwasserganglinien aus Datenloggeraufzeichnungen

Anl. 8: Grundwasserstichtagsmessungen

Anl. 9: Erdstatische Berechnungen

1 Vorbemerkung

Das Landratsamt Zollernalbkreis plant den Neubau des Zollernalb Klinikums auf dem Gewinn Firstäcker im Balingen Stadtteil Dürrwangen (Flurstücke 3818 - 3853).

Durch die Lage des Grundstücks in der Erdbebenzone 3 sind die Bauwerke der geotechnischen Kategorie GK 2 nach DIN 4020 zuzuordnen. Gebäude dieser Kategorie erfordern eine ingenieurgeologische Beurteilung der Baugrundverhältnisse.

Nach einer ingenieurgeologischen Vorerkundung des Standortes im Jahr 2022 wurde unser Büro vom Landratsamt mit der detaillierten Untersuchung des Untergrundes sowie mit der Beurteilung der Gründungsverhältnisse für das Zollernalb Klinikum (Klinikum mit Wirtschaftshof, Gesundheitszentrum) auf dem projektierten Baugelände beauftragt. Grundlage der Beauftragung war das Angebot B 23-174 vom 21.12.2023.

Ausführungen zum Parkhaus sind nicht Bestandteil dieses Gutachtens.

Als Arbeitsgrundlagen standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Geologische Karte von Baden-Württemberg, Blatt 7719 Balingen, Maßstab 1 : 25 000, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg 2000;
- Online-Planauskunft des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Stand 15.07.2024;
- Ergebnisse der Bohrdatenbank des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Baden-Württemberg, Stand 06.11. bis 21.11.2000;
- Lageplan, Grundriss und Schnitte, Leistungsphase 3-Entwurf, Nickl & Partner Architekten, München, Stand 22. und 23.05.2024;
- Höhenlage der Bauwerke, Aktennotiz der Nickl & Partner Architekten vom 02.07.2024;
- Machbarkeitsuntersuchung „Verbauten Neubau Zollernalb Klinikum“, angefertigt durch das Ingenieurbüro für Grundbau Theiss, Hochdorf, Berechnungen Stand 30.03.2025 und E-Mail-Angaben vom 16.09.2025;
- Ingenieurgeologische Risikobewertung zur Rutschgefährdung, BV Neubau Zollernalb Klinikum, GeoTerton, Stand 22.09.2025;
- Bodenschutzkonzept, BV Neubau Zollernalb Klinikum, GeoTerton, Stand 23.09.2025;
- Gründungsentwurf, Vorabzug, Version 1, Fundamentplan, R&F Ruppert Ingenieurgesellschaft mbH, Koblenz, Stand 17.12.2025;
- Baugrube Erdbau Drainageplan, Planstatt Senner, Überlingen, Stand 17.12.2025;
- Erkundungsergebnisse aus acht großkalibrigen Bohrungen;

- Erkundungsergebnisse aus zweiundzwanzig Kleinbohrungen (RKB 1 bis RKB 22) und elf Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 11);
- Ergebnisse aus Wasserstandsaufzeichnungen über Datenlogger;
- Ergebnisse aus bodenmechanischen Laboruntersuchungen;
- Zitierte Literatur, E-Mails, Protokolle etc..

2 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Rahmen von drei Erkundungskampagnen im Zeitraum vom 09.05.2022 bis zum 13.01.2024 zweiundzwanzig Kleinbohrungen (RKB 1 bis RKB 22) im Baufenster abgeteuft. Die Kleinbohrungen wurden auf Tiefen von 2,6 bis 7,0 m unter Geländeoberkante (m u. GOK) niedergebracht. Ergänzend wurden zur flächendeckenden Erkundung gemäß DIN 4020 elf schwere Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 11) auf 1,9 bis 8,0 m u. GOK abgeteuft.

Das Erkundungsraster wurde zum Zeitpunkt des ursprünglichen Planungsstandes erarbeitet. Zwischenzeitlich hat sich jedoch eine Verschiebung der Gebäude ergeben, sodass Teile des Aufschlussrasters nicht optimal positioniert sind.

Zur Erkundung der tieferen Untergrundverhältnisse wurden bei der zweiten Kampagne im Zeitraum vom 22.04. bis 06.05.2024 vier großkalibrige Bohrungen durch die Firma Goller Bohrtechnik auf Tiefen von 10,2 bis 14,5 m u. GOK abgeteuft. Drei der Bohrungen wurden zu Grundwassermessstellen ausgebaut. In diesen Messstellen wurden Datenlogger zur kontinuierlichen Dokumentation des Grundwasserstandes eingesetzt.

Bei der dritten Erkundungskampagne am 12. und 13.01.2026 wurden vier weitere großkalibrige Bohrungen durch die Firma Stumpf Bohrtechnik abgeteuft. Die Bohrungen dienten einerseits der Verdichtung der Erkundungsergebnisse im hangseitigen Bereich, in dem die zukünftigen Verbaumaßnahmen vorgesehen sind, sowie andererseits der vertieften Erkundung der Untergrundverhältnisse im Bereich einer zuvor nachgewiesenen Rinnenstruktur im westlichen Bereich des Klinikums.

Die aufgeschlossenen Bodenschichten wurden ingenieurgeologisch aufgenommen sowie hinsichtlich möglicher Verunreinigungen geruchlich und visuell begutachtet. Aus den Bohrungen erfolgte die Entnahme von Bodenmaterial. Ausgewählte Proben wurden bodenmechanischen und umweltchemischen Laboranalysen zugeführt, während die übrigen Bodenproben rückgestellt wurden. Eine sinnvolle Probenrückstellung ohne chemische Veränderung der Proben, z. B. durch Oxidation, ist auf maximal drei Monate ab Probenahme begrenzt. Aus diesem Grund wurden die Proben aus den ersten beiden Erkundungskampagnen zwischenzeitlich verworfen.

Aus der Bohrung B 2 wurde zur Untersuchung der Betonaggressivität eine Grundwasserprobe entnommen und einer umweltchemischen Laboranalyse zugeführt.

Die Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Als Höhenbezug diente die Höhe eines Kanaldeckels in der Ebinger Straße / Ecke Heckäckerstraße (583,00 m ü. NN). Die Einmessung unsererseits weist keine Vermesserqualität auf, da die Höhenaufnahme klassisch mit einem Nivelliergerät erfolgte. Da lediglich eine Referenzhöhe zur Verfügung stand und das Nivelliergerät mehrfach umgesetzt werden musste, können Messungenauigkeiten nicht ausgeschlossen werden.

Die von uns ermittelten Höhenangaben wurden anhand der Höhenlinien im zur Verfügung gestellten Lageplan auf Plausibilität überprüft. Sämtliche Höhenangaben verstehen sich als Angaben in m ü. NN, bezogen auf den genannten Referenzpunkt. Sofern ein anderes Höhensystem verwendet wird, bitten wir um entsprechende Angabe mit Bezug auf unseren Referenzpunkt.

Die Lage des Baufensters ist der Anlage 1, die Lage der Aufschlusspunkte der Anlage 2 zu entnehmen. Die grafischen Darstellungen der Aufschlüsse gemäß DIN 4023 sind in der Anlage 3 einzusehen.

3 Untergrundverhältnisse

3.1 Lage des Untersuchungsgebietes / Geologischer Überblick

Das zur Bebauung vorgesehene Areal liegt südöstlich des Balingen Stadtteils Dürrwangen. Die zu überbauende Fläche ist von Westen über die Ebinger Straße zugänglich.

Das Gelände fällt im Baufenster von Nordosten nach Südwesten ein. Der Höhenversatz im Baufeld beträgt nach den aufgenommenen Ansatzhöhen der Aufschlüsse bis zu 15,8 m.

Gemäß der geologischen Karte ist im Untersuchungsgebiet mit quartären Verwitterungs- und Umlagerungsbildungen zu rechnen. Diese bestehen aus Kiesen, Sanden, Schluffen und Tonen. Nach Interpretation der geologischen Karte folgen zur Tiefe Tonsteine der Opalinuston-Formation.

3.2 Ingenieurgeologische Gefahren

Gemäß den Ausführungen in *Ingenieurgeologische Gefahren Baden-Württemberg* (LGRB, 2005) ist die Opalinuston-Formation für flachgründige und hangparallele Rutschungen bekannt. In der geologischen, Online - Gefahrenkarte des LGRB sind im Nordwesten des Baufeldes Rutschgebiete (digitales Geländemodell) ausgewiesen. Hangbewegungen sind auch anhand der Schrägstellung des aktuellen Baumbewuchses ersichtlich.

Es wurde eine Risikobewertung (Stand 22.09.2025) des Standortes der Rutschgefährdung im Kontext zur genannten Baumaßnahme durchgeführt, die im Zuge der weiteren Planungen zu beachten ist. Das Ergebnis der Risikoanalyse lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Zur Beherrschung der Risiken sind eine statisch bemessene, dauerhafte Hangsicherung sowie eine kontrollierte Ableitung von Oberflächenwasser vorgesehen. Die geplanten Maßnahmen, insbesondere die

Dauerbodenvernagelung und das Regenwassermanagement, sind grundsätzlich geeignet, die Hang- und Böschungstabilität sowohl im Bauzustand als auch im Endzustand sicherzustellen.

Unter der Voraussetzung einer fachgerechten Planung, Bemessung und Ausführung sowie der Fortschreibung der zugrunde liegenden Fachgutachten erscheint aus ingenieurgeologischer Sicht eine standsichere und dauerhaft stabile Realisierung des Bauvorhabens möglich.

Aufgrund der Geländemorphologie und des oben genannten Geländeeinfalles ist mit einem jahreszeitlich beeinflussten, erhöhten Hangwasserzustrom zu rechnen. Das gilt insbesondere nach Starkregenereignissen sowie nach der Schneeschmelze. Nach unserem Kenntnisstand ist eine entsprechende schadlose Ableitung bereits in der Prüfung durch das beauftragte Ingenieurbüro für Umwelt- und Landschaftsplanung.

3.3 Ergebnisse aus den Bohrungen

Die in den Bohrungen aufgenommenen Bodenschichten werden nachfolgend vereinfacht beschrieben. Eine detaillierte Darstellung ist in Anlage 3 enthalten, in der die grafischen Darstellungen der aufgenommenen Schichtprofile wiedergegeben sind. Weiterhin sind die angetroffenen Schichten in fünf exemplarischen, schematischen Profilschnitten (A bis E, siehe Anlage 4) dargestellt.

Anmerkung: Der Schnitt E liegt im Bereich des zukünftigen Parkhauses im Nordwesten. Das Parkhaus ist nicht Bestandteil des vorliegenden Gutachtens. Die Darstellung erfolgt ergänzend zur ingenieurgeologischen Einordnung der Untergrundverhältnisse in dieser Richtung.

An der Geländeoberfläche wurde durchgehend ein etwa 0,1 bis 0,2 m mächtiger Mutter- bzw. Ackerboden angetroffen. Hierbei handelte es sich um einen schluffigen, lokal kiesigen Ton mit humosen Anteilen und Durchwurzelung in weicher bis steifer Konsistenz.

Unterhalb des Mutterbodens folgten tonige Verwitterungs- und Umlagerungsbildungen mit variierenden Anteilen an Schluff und Kies. Die Tone wiesen im oberflächennahen Bereich überwiegend steife Konsistenzen auf. Mit zunehmender Tiefe wurden im Südosten sowie im Zentralbereich, insbesondere in kiesführenden Horizonten, auch weiche und vereinzelt breiige Konsistenzen festgestellt. Die kiesigen Gemengteile bestanden überwiegend aus Tonsteinbruchstücken, Sandsteinstücken sowie Eisenkonkretionen. Die Mächtigkeit dieser tonigen Horizonte variierte stark und betrug zwischen etwa 0,2 m und maximal 7,4 m. In den talseitigen Bereichen waren die Tone überwiegend geringmächtig ausgebildet, während ihre Mächtigkeit in hangseitiger Richtung deutlich zunahm. Lokal traten innerhalb der tonigen Abfolge auch schluffdominierte Zwischenlagen auf.

Unterhalb der tonigen Umlagerungsbildungen wurden in vierundzwanzig der dreißig Bohrungen stark schluffige, tonige und sandige Kiese angetroffen. Die Kiese bestanden überwiegend aus kantengerundeten Kalksteinbruchstücken. Die feinkörnige Matrix zeigte überwiegend eine weiche, lokal auch breiige Konsistenz. Das Bohrgut war bereichsweise feucht bis nass. Die kiesigen Horizonte erreichten vorwiegend in den

talseitigen Bereichen größere Mächtigkeiten und sind als Umlagerungsbildungen innerhalb einer ehemaligen Rinnenstruktur zu interpretieren.

Anmerkung: Lediglich in der außerhalb des geplanten Klinikneubaus gelegenen Bohrung RKB 4 wurde zwischen den tonigen Umlagerungsbildungen und den kiesigen Horizonten in einer Tiefe von etwa 4,0 m eine 1,6 m mächtige Lage feinsandiger, toniger Schluffe in weicher Konsistenz angetroffen.

In einzelnen Bohrungen wurden die Kiese bis zur jeweiligen Endteufe nicht vollständig durchteuft oder fehlten vollständig, was die laterale Inhomogenität der Umlagerungsbildungen belegte.

Die vorgenannten tonigen und kiesigen Horizonte wurden als Verwitterungs- und Umlagerungsbildungen über dem anstehenden Festgestein interpretiert.

Unterhalb dieser Umlagerungsbildungen folgten tonige Verwitterungshorizonte sowie plastifizierte Tonsteine der Opalinuston-Formation. Diese wiesen im oberflächennahen Bereich mürbe bis zerreibbare Gefüge mit schiefriger Struktur auf und gingen mit zunehmender Tiefe in verwitterte, mäßig harte sowie schließlich mäßig harte bis harte Tonsteine über. Die Verwitterungsintensität nahm dabei mit zunehmender Tiefe deutlich ab.

In den großkalibrigen Bohrungen wurden unterhalb der Verwitterungshorizonte mäßig harte bis harte, schiefrige Tonsteine sowie lokal Tonmergelsteine mit stückigem bis grobstückigem Bruch aufgeschlossen. Lokal stärker verwitterte oder kiesig aufgelöste Horizonte ließen auf eine bereichsweise Wasserführung innerhalb des Festgesteins schließen.

3.4 Ergebnisse aus den Rammsondierungen

Ergänzend zu den Bohrungen wurden zur Beurteilung tragfähiger Horizonte elf Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 abgeteuft. Die Schlagzahlen N_{10} werden in Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe angegeben. Anhand der Schlagzahl wird die Zustandsform im Vergleich mit den Untergrundverhältnissen in benachbarten Bohrungen überschlägig abgeleitet.

Die Rammsondierungen zeichnen die Untergrundverhältnisse in den jeweils nächstgelegenen Bohrungen in weiten Bereichen nach, was in den Profilschnitten der Anlage 4 gut nachvollziehbar ist.

Die Rammprofile finden sich in der Anlage 3.

3.5 Ergebnisse aus der Bohrdatenbank des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau

Ergänzend zu den durchgeführten Kleinbohrungen wurden Daten zu großkalibrigen Bohrungen aus der Bohrdatenbank des Landesamtes für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) ausgewertet. Die betreffenden Bohrungen befinden sich südlich des Baufensters im Bereich der Bundesstraße sowie der Einmündung in die Ebinger Straße und damit außerhalb des unmittelbaren Untersuchungsbereichs.

Die in der LGRB-Datenbank dokumentierten Untergrundverhältnisse zeigen eine grundsätzlich vergleichbare Schichtenabfolge wie die in den talseitigen Bereichen des Untersuchungsgebiets durchgeführten Aufschlüsse unseres Büros. Im oberflächennahen Bereich wurden Umlagerungsbildungen in Form von tonigen Schluffen, Schluff-Tonen sowie lokal kiesführenden Horizonten in variierender Mächtigkeit beschrieben.

Unterhalb dieser Umlagerungsbildungen wurden bis zur jeweiligen Endteufe Festgesteine der Opalinuston-Formation erbohrt. Die in der Datenbank teilweise als Schlufftonsteine bezeichneten Festgesteine sind nach regionalgeologischer Einordnung und auf Grundlage der im Untersuchungsgebiet aufgeschlossenen Verhältnisse der Opalinuston-Formation zuzuordnen und als Tonsteine bzw. Tonmergelsteine anzusprechen.

Die ausgewerteten Fremddaten bestätigen somit grundsätzlich die im Untersuchungsgebiet ermittelte Schichtenfolge und können zur ergänzenden ingenieurgeologischen Einordnung der regionalen Untergrundverhältnisse herangezogen werden.

3.6 Ergebnisse aus den bodenmechanischen Laboruntersuchungen

Zur Ermittlung der Bodengruppe wurde an vier Proben die Korngrößenverteilung nach DIN 17892-4 bestimmt. Weiterhin wurden die Zustandsgrenzen (Konsistenz) nach DIN 17892-12 an weiteren vier Proben untersucht. Da die Konsistenz im direkten Zusammenhang mit dem Wassergehalt steht, wurden an zwölf Proben die Wassergehalte nach DIN 17892-1 ermittelt. Ein Vergleich der Wassergehalte erlaubt eine tendenzielle Ableitung der Konsistenz.

Ergänzend wurden Punklastversuche am Festgestein zur Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit durchgeführt.

Für die Analyse wurden Proben herangezogen, die aufgrund ihrer bodenmechanischen Eigenschaften einen Einfluss auf die Gründung, auf die zu erwartenden Setzungen und auf die Böschungsgestaltung haben.

Die Ergebnisse sind in den Aufschlussprofilen berücksichtigt. Die Laborprüfberichte sowie eine tabellarische Aufstellung der Ergebnisse finden sich in der Anlage 6.

3.7 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen / Frostepfindlichkeit

Für die in Kapitel 3 beschriebenen Bodenarten können die nachfolgenden Werte für erdstatische Berechnungen in Ansatz gebracht werden. Die angeführten Kennwerte sind als charakteristische Werte im Sinne der DIN EN 1997-1/NA (Eurocode 7) zu verstehen.

Grundlage für die Ermittlung der Kennwerte sind die Ergebnisse der Geländeuntersuchungen, die Laborergebnisse und Erfahrungswerte. Wichte, Reibungswinkel und Kohäsion der Lockergesteine entstammen Erfahrungswerten vergleichbarer Maßnahmen und den Angaben der DIN 1055-2, die Steifemoduln für Setzungsberechnungen sind der Literatur entnommen (z. B. H. TÜRKE, 1999).

Die Einteilung der Bodenarten in Frostepfindlichkeitsklassen erfolgt nach der ZTVE-StB 17.

Der Mutterboden wird nachfolgend nicht berücksichtigt, da dieser für erdstatische Berechnungen nicht relevant ist.

Tab. 1: Bodenmechanische Kennwerte und Frostepfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 17

Bodengruppe / Bezeichnung	Wichte γ / γ' [kN/m ³]	Reibungs- winkel ϕ' [°]	Kohäsion c' / c_u [kN/m ²]		Steifemodul E_s [MN/m ²]	Frostepfind- lichkeit
Ton, schluffig/kiesig						
weich	18 / 8	15 - 17,5	5	10	2 - 4	F 3
steif	19 / 9	15 - 17,5	10	30	4 - 8	F 3
halbfest	20 / 10	15 - 17,5	15	65	8 - 12	F 3
Kies, stark feinkornhaltig						
weich	20,5 / 10,5	22,5 - 27,5	0	20	20 - 30	F 3
steif	21 / 11	22,5 - 27,5	3,5	50	30 - 50	F 3
Schluff, sandig, tonig, weich	16,5 / 8,5	22,5	0	5	3 - 5	F 3
Tonstein / Tonmergelstein						
plastifiziert (steif)	18,5 / 8,5	15,0	10	10	4 - 8	F 3
plastifiziert (halbfest)	20 / 10	15,0 - 17,5	15	20	8 - 12	F 3
stark verwittert	21 / 11	22,5 - 27,5	15 - 20	40 - 60	12 - 25	F 3
gering verwittert	23 / 13	27,5 - 35 [#]	25 - 50 [#]	-	25 - 50 [#]	F 2

[#] Schwankt in Abhängigkeit des Trennflächengefüges, der lokalen Beschaffenheit und der Beanspruchung in weiten Grenzen.
Bei größeren zusammenhängenden Gesteinsformationen wird der genannte Mindestwert nicht unterschritten.

Frostepfindlichkeitsklassen gemäß ZTVE-StB 17:

F 1 = nicht frostepfindlich / **F 2** = gering bis mittel frostepfindlich / **F 3** = sehr frostepfindlich

Für Erddruckermittlungen im Bereich verfüllter Arbeitsräume können die Kennwerte des Füllmaterials in Ansatz gebracht werden:

Tab. 2: Bodenmechanische Kennwerte von Arbeitsraumverfüllungen

Material	Wichte γ [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ' [°]
Schottergemisch	20	35
Kiesgemisch und Siebschutt	20	27,5 - 32,5
Bindiges Aushubmaterial (Frostsicherheit beachten, siehe Kap. 11.9.2!)	siehe Tab. 1	siehe Tab. 1

Bei einer setzungsarmen Verdichtung des Arbeitsraumes wird auf den Verdichtungserddruck e_{vh} gemäß DIN 4085 hingewiesen.

4 Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09

Die im Folgenden angegebenen Bodenklassen dienen lediglich zur Orientierung. Seit 2015 sind diese nicht mehr gültig. Gemäß VOB (Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen) sind zur Ausschreibung Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 heranzuziehen. Diese finden sich im folgenden Kapitel 5.

Nach DIN 18300:2012-09 (alt) sind die in den Untersuchungspunkten angetroffenen Horizonte hinsichtlich ihrer Lösbarkeit in bestimmte Bodenklassen einzuordnen. Die Einstufung erfolgt anhand der Ansprache im Gelände.

Tab. 3: Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09

Boden- / Festgesteinsmaterial	Bodenklasse
Mutterboden	1
Tone, schluffig, kiesig / Tonsteine plastifiziert	4 - 5
Kies, stark schluffig und tonig	2 - 4
Schluff, feinsandig bis tonig	2 - 4
Tonstein, stark bis gering verwittert	5 - 6
Ton- /Tonmergelstein, gering verwittert bis bergfrisch	6 - 7

Anmerkung: DIN 18300:2012-09 (Erdarbeiten), Auszug

- Klasse 1: **Oberboden** / Oberboden ist die oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z. B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemische, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.
- Klasse 2: **Fließende Bodenarten** / Organische Böden (Torf und Mudde), feinkörnige Böden sowie organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen und einer breiigen oder flüssigen Konsistenz. Gemischtkörnige Böden mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von mehr als 15 Gew.-%, die eine breiige oder flüssige Konsistenz haben.
- Klasse 4: **Mittelschwer lösbare Bodenarten** / Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15 % der Korngröße < 0,06 mm. Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind und höchstens 30 % Steine von über 63 mm Korngröße bis 0,01 m³ Rauminhalt enthalten.
- Klasse 5: **Schwer lösbare Bodenarten** / Bodenarten nach der Klasse 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 % Steinen von über 63 mm Korngröße bis 0,01 m³ Rauminhalt. Nichtbindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 % Steinen über 0,01 m³ Korngröße bis 0,10 m³ Rauminhalt. Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind.
- Klasse 6: **Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten** / Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige und nichtbindige Bodenarten, z. B. durch Austrocknung, Gefrieren, chemische Bindungen. Nichtbindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 % Steinen von über 0,01 m³ Korngröße bis 0,10 m³ Rauminhalt.
- Klasse 7: **Schwer lösbarer Fels** / Felsarten, die einen inneren mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügesteifigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde der Hüttenwerke und dgl. Steine von über 0,10 m³ Rauminhalt. Werden solche Felsarten oder verfestigte Materialien durch Reißgeräte gelöst, ändert sich die Einstufung nicht.

Sollte es zwischen Bauherrschaft und Auftragnehmer zu unterschiedlichen Auffassungen bei der Einstufung des Untergrundes in die Bodenklassen kommen, kann der Gutachter zur Klärung offener Fragen hinzugezogen werden.

5 Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09

Seit 2015 gelten statt der Bodenklassen nach DIN 18300 (Erdarbeiten), DIN 18301 (Bohrarbeiten) und DIN 18319 (Rohrvortriebsarbeiten) sogenannte Homogenbereiche. Ein Homogenbereich als Bereich von Boden oder Fels, dessen Eigenschaften eine definierte Streuung aufweisen und sich von den Eigenschaften der abgegrenzten Bereiche abheben, definiert.

Nach der DIN 18300:2019-09 sind die angetroffenen Böden im Hinblick auf Erdarbeiten in vier Homogenbereiche (HB) zu unterteilen.

- Homogenbereich A) Mutterboden / Ackerboden (organischer Oberboden)
- Homogenbereich B) fein- bis gemischtkörnige Böden (Tone, Schluffe, plastifizierte Tonsteine)
- Homogenbereich C) grob- bis gemischtkörnige Böden (Kiese)
- Homogenbereich D) Festgesteine (Tonsteine, gering bis stark verwittert)

In der nachfolgenden Tabelle finden sich die entsprechenden Angaben zu den Bereichen:

Tab. 4: Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09

Nr.	Parameter	Homogenbereiche			
		Mutterboden	fein- / gemischt- körnige Böden	grob- / gemischt- körnige Böden	Festgesteine
		HB A	HB B	HB C	HB D
1	Bodengruppe nach DIN 18196 und Kurzbezeichnung für Fels nach DIN 4022	OT'	TA - TM - UA - UM - Tst, plast.	GT* - GU*	Tst
2	Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4 und DIN EN ISO 14688-2	n. b.	n. b.	n. b.	-
3	Stein- und Blockanteile nach DIN EN ISO 14688-2	keine	keine	gering < 5 %	gering (< 5 %)
4	mineralische Zusammensetzung der Blöcke nach DIN EN ISO 14689-1	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.
5	Dichte ρ [kg/m³] nach DIN 18125-2 oder DIN EN ISO 17892-2	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
6	Wichte γ / γ' [kN/m³] nach DIN 18125-1/-2 (gemittelt)	14 / 4'	19 / 9	20,5 / 10,5	21 / 11
7	Kohäsion c' [kN/m²] nach DIN 18137 Teil 2 bis 3	0'	0 - 15	0	15 - 50
8	undrained Scherfestigkeit c_u [kN/m²] nach DIN 18137-2 oder DIN EN ISO 17892-6 oder DIN 4094-4	10'	5 - 65	5	stark verwittert: 40 - 60 gering verwittert: -
9	Sensitivität S_t nach DIN 4094-4	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.
10	Wassergehalt W_n [%] nach DIN EN ISO 17892-1	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.
11	Konsistenz C nach DIN EN ISO 14688-1 oder DIN EN ISO 17892-12	weich bis steif	weich bis halbfest	feinkörnige Matrix: breiig bis weich	-
12	Konsistenzzahl I_c nach DIN EN ISO 17892-12	n. e.	0,85 bis 1,17	n. b.	-
13	Plastizität P DIN EN ISO 14688-1 o. DIN EN ISO 17892-12	n. e.	ausgeprägt bis mittel	n. b.	-

Nr.	Parameter	Homogenbereiche			
		Mutterboden	fein- / gemischt-körnige Böden	grob- / gemischt-körnige Böden	Festgesteine
		HB A	HB B	HB C	HB D
14	Plastizitätszahl I_p nach DIN EN ISO 18122-1 oder DIN EN ISO 17892-12	n. e.	0,22 bis 0,37	n. b.	-
15	Lagerungsdichte D nach DIN 18126, DIN EN ISO 18126 oder DIN 4094-1	-	-	-	-
16	Kalkgehalt V_{Ca} [%] nach DIN 18129	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.
17	Sulfatgehalt V_s [%] nach DIN EN 1997-2	n. e.	n. e.	n. e.	n. e.
18	Durchlässigkeit k_f [m/s] nach DIN 17892-11	≤ 1 x 10 ⁻⁶ '	≤ 1 x 10 ⁻⁶ '	1 x 10 ⁻⁴ - 1 x 10 ⁻⁵ '	< 1 x 10 ⁻⁶ '
19	organischer Anteil (Glühverlust) [%] nach DIN 18128	3 - 6'	1 - 3'	0 - 1'	0 - 1'
20	Genetische Einheit und geologische Struktur nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	sedimentär geschichtet
21	Mineralogische Zusammensetzung nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	Tonminerale untergeordnet: Karbonate, Quarz, Feldspäte, Silikate
22	Verwitterung, Veränderung und Veränderlichkeit nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	stark bis mäßig, verfärbt, veränderlich
23	Druckfestigkeit nach DGGT Empfehlung Nr. 1) oder DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	1 - 12,5 MPa'
24	Trennflächenrichtung, -flächenabstand und Gesteinskörperform nach DIN EN ISO 14689-1	-	-	-	horizontal und vertikal, eng- bis mittelständig, sehr klein bis mittel
25	Abrasivität nach NF P18-579	nicht	nicht bis kaum	nicht bis kaum	schwach
26	ortsübliche Bezeichnung	Humus	Lehm	Leberkies	Schiefer

- : nicht vorhanden; n. b.: nicht bestimmt; n. e.: nicht erforderlich; ' : überschlägige Angaben

6 Hydrogeologie

6.1 Angetroffene Verhältnisse

Während der Erkundung konnten Wasserzutritte in den Aufschlüssen gemessen werden.

Bei dem im Baufeld vorliegenden Grundwasserleiter handelt es sich im oberflächennahen Bereich (Lehme und Kiese) um einen Porengrundwasserleiter. Durch die zur Tiefe anstehenden, tendenziell stauenden Tonsteine ist ein Abfluss zur Tiefe unterbunden. In Zeiten erhöhter Grundwasserneubildungsereignisse, wie z. B. Starkregen oder bei der Schneeschmelze, führt dies zu einem Aufstau im Porengrundwasserleiter, sodass mit größeren Grundwasserschwankungen und einer raschen Reaktion des Grundwasserleiters auf solche Ereignisse zu rechnen ist.

Ungeachtet dessen zeigen die Tonsteine lokale Kluftwasserführungen in unterschiedlichen Tiefenlagen. Da sich diese räumlich nicht korrelieren lassen, sind weitere lokale Wasserwegsamkeiten innerhalb der Tonsteine im zukünftigen Baugrubeneinschnitt nicht auszuschließen.

Zur Aufzeichnung von Grundwasserständen wurden die Bohrungen RKB 4, RKB 7, RKB 10 und RKB 11 zu festen Grundwassermessstellen (GWM 1 bis GWM 4), die Bohrungen RKB 1, RKB 6, RKB 8, RKB 13 und RKB 15 als Einfachmessstellen ausgebaut.

In die Messstellen der Bohrungen RKB 7 und RKB 10 wurden im Rahmen der Vorerkundung Datenlogger zur kontinuierlichen Aufzeichnung der Wasserstände eingebracht. Nur mit solchen kontinuierlichen Aufzeichnungen ist das Verhalten eines Grundwasserleiters mit rascher Veränderung zu erfassen.

In der zweiten Erkundungskampagne wurden kontinuierliche Wasserstandaufzeichnungen in den drei ausgebauten großkalibrigen Bohrungen (B1, B2 und B4) vorgenommen.

Ergänzend wurden an allen Messstellen Stichtagsmessungen mit einem Lichtlot durchgeführt.

6.1.1 Ergebnisse aus der kontinuierlichen Aufzeichnung der Wasserstände

Alle Messstellen zeigten eine temporär rasche Zunahme, welche sich bzgl. Grundwasserneubildungsereignissen mit jeweils starken Regenfällen korrelieren lässt. Diese Ergebnisse aus der Vorerkundung konnten bei der zweiten Messkampagne nicht nur für den oberflächennahen Porengrundwasserleiter, sondern auch für die Wasserführungen im Kluftgrundwasserleiter bestätigt werden.

Exemplarisch hierfür ist die folgende Abbildung der Grundwassermessstelle RKB 7 / GWM 2 dargestellt. Die übrigen aufgezeichneten Grundwasserganglinien finden sich in der Anlage 7.

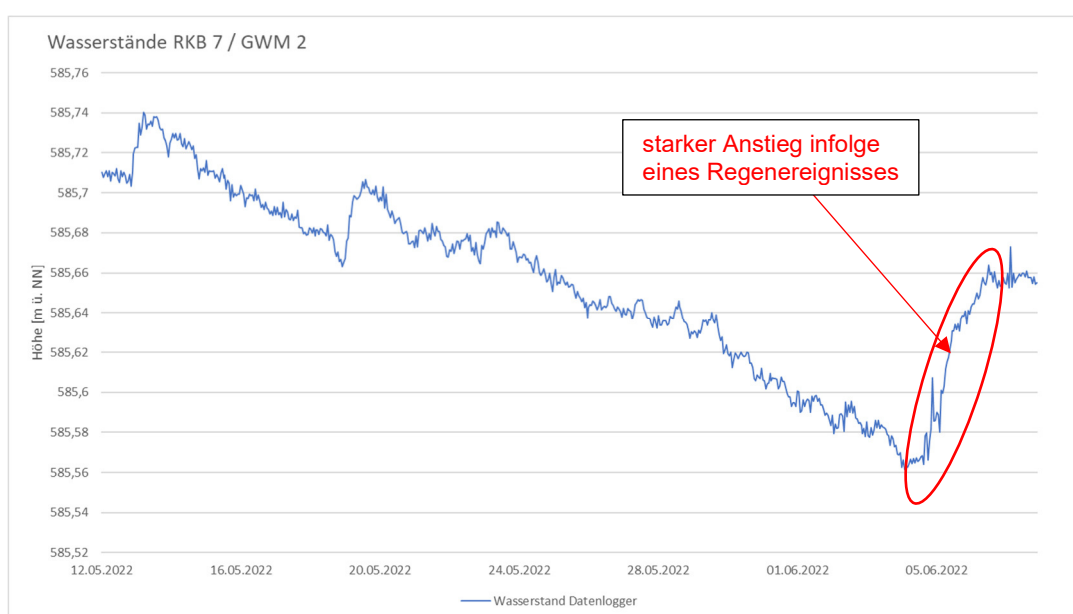


Abb. 1: Grundwasserganglinie in der Messstelle RKB 7 / GWM 2

Zu beachten sind die in den Schichtprofilen (siehe Anl. 3) dargestellten höchsten Wasserstände, die zum Teil über der Geländeoberkante liegen.

Wasserstände über der Geländeoberkante wurden in den ausgebauten Messstellen aufgenommen, deren Messstellenabschlussrohr über die Geländeoberkante reicht. Wasserstände, die über der Geländeoberkante liegen, werden als „artesisch gespannt“ bezeichnet.

Artesische Verhältnisse treten in Bereichen auf, in denen geringdurchlässige Schichten über grundwasserleitenden Schichten liegen und bei denen die Grundwasserdruckfläche (hydraulisches Potenzial des Grundwassers) über der Erdoberfläche liegt. Werden die geringdurchlässigen Schichten z. B. mit einer Bohrung durchstoßen, steigt das Wasser im Bohrloch gemäß seinem hydrostatischen Druck, wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist, über die Oberfläche an.

Dabei ist das hydraulische Potenzial nicht konstant. Einfluss darauf haben unterschiedliche Wasserhaushaltsgrößen, wie die Grundwasserneubildung oder eine Grundwasserförderung. Die laterale Ausdehnung von Gebieten mit artesischen Verhältnissen kann sich über die Zeit stark verändern.

Auch wurden lokal Vernässungen sowie temporäre Quellaustritte innerhalb des Untersuchungsbereiches festgestellt.

Nach vorgenannten Ausführungen ist von mindestens zwei Grundwasserstockwerken im Baugebiet auszugehen.

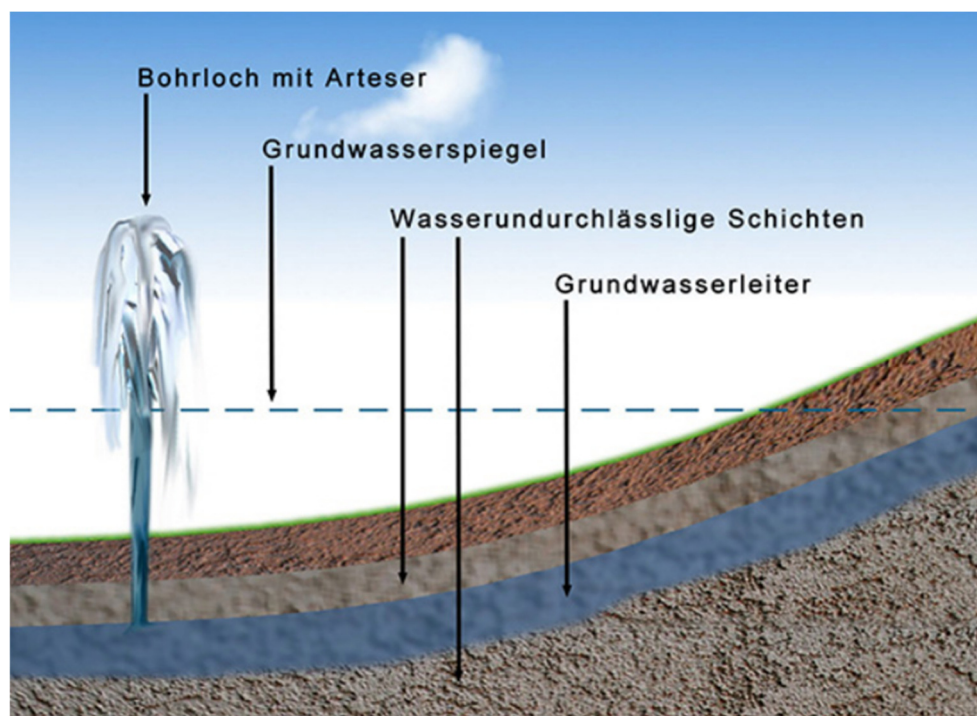


Abb. 2: System artesisch gespanntes Grundwasser, aus www.geothermieconsulting.de

6.1.2 Ergebnisse aus den Stichtagsmessungen / nach Beendigung der Bohrarbeiten

Mit Ausnahme einer Bohrung (RKB 22) sowie einer verstürzten Rammsondierung (DPH 3) wurden in allen Aufschlüssen Wasserstände aufgenommen (siehe Anlage 8).

In der Tabelle 20 (siehe Anl. 8) sind die jeweils höchsten gemessenen Wasserstände der Aufschlüsse dargestellt. Weiterhin finden sich dort auch Wasserstände aus der LGRB-Bohrdatenbank.

In den Aufschlussprofilen sind die jeweils höchsten gemessenen Wasserstände als Ruhewasserstand sowie die angebohrten Wasserstände am Tag der Geländeerkundung eingetragen.

Die Grundwasserfließrichtung kann aus den Wasserstandsmessungen mit einer Fließrichtung nach Südwesten abgeleitet werden.

6.2 Bemessungswasserstand

Der Bemessungswasserstand (BW) definiert den höchsten Wasserstand bzw. das höchste Wasserpotenzial, das im Bereich der geplanten Bauwerke dauerhaft oder temporär auftreten und auf die erdberührten Bauteile einwirken kann. Er ist maßgebend für die Bemessung der Bauwerksabdichtung, der Auftriebssicherheit sowie der bauzeitlichen und dauerhaften Entwässerungsmaßnahmen.

Auf Grundlage der durchgeführten Baugrundaufschlüsse sowie der kontinuierlichen und stichtagsbezogenen Wasserstandsmessungen ist im Untersuchungsgebiet von oberflächennahen Poren- und Schichtwasserführungen in den quartären Umlagerungsbildungen sowie von lokal wasserführenden Trennflächen im Bereich der Ton- und Tonmergelsteine der Opalinuston-Formation auszugehen. Die Messungen zeigen eine deutliche Reaktion der Wasserstände auf Niederschlagsereignisse sowie lokal gespannte Verhältnisse. Zusätzlich wurden im Gelände Vernässungen und temporäre Wasseraustritte festgestellt. Insgesamt ist daher von zeitweise erhöhten Wasserpotenzialen im Baugebiet auszugehen.

Die südwestlich des Baufeldes verlaufende Eyach liegt topografisch deutlich unterhalb des Baugebiets. Ein Einfluss von Hochwasserständen (HHW) der Eyach auf das Bauvorhaben ist daher aufgrund der Höhenlage des Baugebiets auszuschließen und für die Festlegung des Bemessungswasserstandes nicht relevant.

Ohne Berücksichtigung der geplanten Geländemodellierung und Entwässerungsmaßnahmen ist davon auszugehen, dass das Wasserpotenzial im Untersuchungsgebiet bereichsweise bis in Höhe der bestehenden Geländeoberkante ansteigen kann. Liegen keine langfristigen Messreihen über mehrere Jahre vor, sind gemäß DIN EN 1997-1 sowie einschlägiger Literatur (z. B. Prinz, 2018; BWK-Merkblatt M 8) Sicherheitszuschläge auf die gemessenen Wasserstände anzusetzen, um den ungünstigsten natürlichen Wasserstand konservativ abzubilden. Die im Untersuchungsgebiet beobachteten Vernässungen sowie lokal gespannten Wasserverhältnisse bestätigen, dass ohne Berücksichtigung der geplanten Geländemodellierung ein Anstieg des Wasserpotenzials bis in Höhe der bestehenden Geländeoberkante möglich ist. Dieser Zustand entspricht dem natürlichen, unbeeinflussten höchsten Wasserstand (BW_{nat}).

Im Zuge der geplanten Baumaßnahme erfolgt ein Hangeinschnitt mit Ausbildung einer dauerhaft wirksamen Entwässerungsbasis am talseitigen Rand des Baugebiets. Gemäß dem aktuellen Planungsstand (Baustellenentwässerungsplan, Planstatt Senner, Stand 17.12.2025) liegt die maßgebende niedrigste Entwässerungshöhe am talseitigen Rand der Baugrube bei ca. 587,05 m bis 587,10 m ü. NN. Auf dieser Höhe wird ein freier und dauerhaft rückstaufreier Abfluss aus dem Einschnittbereich ermöglicht.

Durch den Hangeinschnitt werden die im Untergrund vorhandenen Poren-, Schicht- und Kluftwasserführungen angeschnitten und hydraulisch entlastet. Entsprechend dem natürlichen hydraulischen Gefälle erfolgt eine Ableitung des Wassers in Richtung des talseitigen Einschnitts. Zur gezielten Fassung und kontrollierten Ableitung der Wasserzutritte werden ergänzend Dränleitungen vorgesehen, die in Retentionsanlagen mit geregelter und dauerhaft rückstaufreiem Abfluss entwässern.

Hierbei handelt es sich nicht um eine künstliche Grundwasserabsenkung im klassischen Sinne, sondern um eine kontrollierte Ableitung der angeschnittenen Wasserführungen infolge der geänderten Geländesituation.

Das gefasste Wasser wird über die Retentionsanlagen wieder dem natürlichen Wasserkreislauf zugeführt, sodass dem regionalen Grundwasserhaushalt kein Wasser dauerhaft entzogen wird.

Unter der Voraussetzung, dass

- die talseitige Entwässerungsbasis dauerhaft erhalten bleibt,
- die vorgesehenen Entwässerungseinrichtungen fachgerecht hergestellt werden,
- die hydraulische Leistungsfähigkeit der Entwässerungseinrichtungen und Retentionsanlagen ausreichend bemessen ist, und
- ein dauerhaft rückstaufreier Abfluss gewährleistet ist,

kann sich im Bereich der Bauwerke kein dauerhaft höheres Wasserpotenzial einstellen als durch die Höhe der freien Entwässerungsbasis vorgegeben.

Vor diesem Hintergrund ist für die Bauwerksbemessung der durch die dauerhaft wirksame Entwässerungsbasis beeinflusste Wasserstand maßgebend. Der Bemessungswasserstand BW_{tech} ist daher mit

$$BW_{tech} = 587,10 \text{ m ü. NN}$$

anzusetzen.

Dieser Bemessungswasserstand gilt sowohl für den Bauzustand als auch für den Endzustand unter der Voraussetzung einer dauerhaft funktionsfähigen und rückstaufreien Entwässerung.

Hinweise:

- Die vorstehenden Angaben zum Bemessungswasserstand basieren auf dem aktuellen Planungsstand und der Annahme, dass die geplanten Entwässerungsmaßnahmen entsprechend umgesetzt werden

und dauerhaft funktionsfähig sind. Die detaillierte Planung, hydraulische Bemessung, konstruktive Ausbildung sowie die dauerhafte Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Entwässerungseinrichtungen und Retentionsanlagen, einschließlich des Nachweises eines dauerhaft rückstaufreien Abflusses, obliegen der zuständigen Fachplanung (Entwässerungsplanung, Objektplanung und beteiligte Fachingenieure).

- Die endgültige Festlegung des maßgebenden Bemessungswasserstandes ist im Rahmen der Ausführungsplanung unter Berücksichtigung der tatsächlich ausgeführten Geländehöhen, der Entwässerungseinrichtungen sowie der hydraulischen Randbedingungen zu überprüfen und erforderlichenfalls anzupassen. Sofern sich gegenüber den hier zugrunde gelegten Randbedingungen Änderungen ergeben oder die dauerhafte Funktionsfähigkeit der Entwässerungseinrichtungen nicht gewährleistet ist, ist der Bemessungswasserstand entsprechend den dann vorliegenden natürlichen und technischen Randbedingungen neu zu bewerten.
- Es wird empfohlen, die tatsächlich ausgeführte Baugrubensohle sowie die Entwässerungseinrichtungen im Zuge der Bauausführung gutachterlich zu überprüfen, um die Übereinstimmung mit den hier zugrunde gelegten Annahmen sicherzustellen.

6.3 Oberflächenentwässerung

Aufgrund der Hanglage ist mit anströmendem Oberflächenwasser zu rechnen. Dieses Wasser ist über entsprechende Wasserführungen, wie z. B. Gräben und/oder Dämme, vorzugsweise bereits während der Baumaßnahme, aber auch langfristig so abzuleiten, dass ein unerwünschter Zustrom in die Baugrube bzw. die zukünftigen Arbeitsräume unterbunden wird.

6.4 Betonaggressivität im Grundwasser

Die aus der Bohrung B 2 entnommene Grundwasserprobe wurde auf betonaggressive Inhaltsstoffe untersucht. Gemäß den vorliegenden Ergebnissen kann die untersuchte Grundwasserprobe nach DIN 4030 als „nicht angreifend“ eingestuft werden.

Der Laborprüfbericht (Agrolab 3549963) kann in der Anlage 6 eingesehen werden.

7 Versickerungsfähigkeit

Gemäß DWA-A 138:2021-04 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser) ist für eine schadlose Versickerung ein Durchlässigkeitsbeiwert des Untergrundes im Bereich von etwa 1×10^{-6} m/s bis 1×10^{-3} m/s erforderlich. Zudem muss ein ausreichender Abstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand gewährleistet sein. Dieser Abstand soll in der Regel mindestens 1,0 m betragen.

Die im Untersuchungsgebiet oberflächennah anstehenden bindigen Böden weisen Durchlässigkeitsbeiwerte von deutlich unter 1×10^{-6} m/s auf und sind daher für eine Versickerung nicht geeignet. Zudem wird der erforderliche Abstand zum höchsten zu erwartenden Wasserstand bereichsweise nicht eingehalten.

Eine Versickerung von Niederschlagswasser ist daher am untersuchten Standort nach derzeitigem Kenntnisstand nicht möglich.

8 Schutz von Bauwerken gegen Durchfeuchtung

8.1 Unterkellerte Gebäude bzw. erdberührte Bauteile

8.1.1 Gewährleistete, kontrollierte Ableitung von Wasser zum Schutz der Bauwerke

Für den Schutz der Bauwerke gegen Durchfeuchtung ist die in Kap. 6.2 und 6.3 genannte kontrollierte Ableitung von Wasser in die Retention über eine entsprechende Dränung von ausschlaggebender Bedeutung. Ausgehend von den aktuellen Bauwerkshöhen (siehe Profilschnitte, Anlage 4) und dem hierbei zu beachtenden Wirtschaftshof (OK Fahrfläche 586,50 m ü. NN) gilt Folgendes:

Bei einer Ableitung auf einer Höhe von ca. 587 m ü. NN sind keine drückenden Verhältnisse für die Gebäude, aber für den Wirtschaftshof anzusetzen. Um allerdings den Wirtschaftshof entsprechend zu schützen, wird eine Ableitung auf einer Höhe von ca. 586,0 m ü. NN erforderlich.

Unabhängig hiervon ist der DIN 18533-1:2017-07 (Kap. 5.1.2.1) Folgendes zu entnehmen:

Wird der Mindestabstand von 50 cm zum HGW/HHW (Begriffserklärung siehe Kap. 7.2, Anmerkung des Verfassers) unterschritten, ist die Abdichtung bis mindestens 30 cm über HGW/HHW nach W2.1.-E (Abdichtungsschicht unter Bodenplatten) auszulegen. Darüber kann im Wandbereich eine Abdichtung nach W1-E vorgesehen werden.

→ Nach aktuellem Kenntnisstand wird der Mindestabstand durch die Ableitung bzw. Dränung nur bei der aktuell vorgesehenen Einzelfundamentgründung, nicht aber bei der ursprünglich vorgesehenen Plattengründung einzuhalten sein. Die letztendliche Festlegung obliegt aber der Entwässerungsplanung. Bis zur abschließenden Festlegung sind aus ingenieurgeologischer Sicht die genannten Abdichtungen zusätzlich zur Ableitung vorzusehen.

- DIN 18533-1, W2.1-E:

Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe

- DIN 18533-1, W1-E, hier: W1.2-E:

Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Dränung

Nachfolgend sind die wichtigsten Punkte für den Entwurf eines Dränsystems gemäß DIN 4095, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, dargestellt:

- Vor sämtlichen erdberührten Außenwänden sollte eine Sickerschicht aus Betonfiltersteinen, druckfesten Dränmatten o. ä. vorgesehen werden.
- Unterhalb dieser Baustoffe ist eine Außendränung (Ringdränung) einzubringen, die mit einem filterstabilen Kies ummantelt werden muss.
- Um die Filterstabilität zwischen der Kiesummantelung und dem anstehenden Erdreich zu gewährleisten, ist ein trennendes Filtervlies vorzusehen. Die Ummantelung ist unmittelbar mit dem Verlegen der Dränleitung einzubringen.
- Auf eine ausreichende Tiefenlage der Dränung ist zu achten (Rohrsohle mind. 0,2 m unter OK Bodenplatte, Rohrscheitel darf OK Rohbodenplatte nicht überschreiten).
- Unter den erdberührten Bodenplatten ist im Allgemeinen eine kapillarbrechende Filterschicht (Flächenfilter, kombiniert als Tragschicht, siehe auch Kap. 11.6) vorzusehen. Die Filterschicht muss durch Dränleitungen oder Durchflussöffnungen entwässert werden. Hierzu ist jeder von Fundamenten oder Frostschränken umschlossene Bereich mindestens einmal zu erfassen. Die Durchflussöffnungen bzw. Dränleitungen sind mit einem ausreichenden Gefälle zur Ableitung herzustellen.
- Bei Grundflächen $\geq 200 \text{ m}^2$ ist zusätzlich eine Flächendränung (Rohrleitungen) unter der Bodenplatte vorzusehen.
- Die Ableitung hat rückstaufrei an eine ausreichende Vorflut zu erfolgen.

Aufgrund einer überschlägigen Schätzung des Abflusses nach DIN 4095 wird ein Dränrohrdurchmesser DN 300 bei einem Gefälle von 1,5% vorgeschlagen. Zur weiteren Bemessung der Anlagenteile wird auf die DIN 4095 verwiesen.

8.1.2 Keine kontrollierte Ableitung von Wasser zum Schutz des Bauwerkes

Kann die im vorherigen Kapitel genannte Ableitung wider Erwarten nicht gewährleistet werden, gilt Folgendes:

Für alle unter den Bemessungswasserstand reichenden Gebäudeteile ist eine Abdichtung nach DIN 18533-1:2017-07 vorzusehen. Hierbei ist je nach Höhenlage eine Abdichtung gemäß Wassereinwirkungsklasse W 2.2-E (hohe Einwirkung von drückendem Wasser $> 3 \text{ m}$ Eintauchtiefe) bzw. W 2.1-E (mäßige Einwirkung von drückendem Wasser $< 3 \text{ m}$ Eintauchtiefe) erforderlich. Auf die Ausführungen in der genannten DIN, insbesondere auf die Kapitel 5.1.3.3, 8.6 und 9.2 wird verwiesen.

Soll eine Bauausführung in wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) angestrebt werden, wird ergänzend auf die DAfStb-Richtlinie - Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Stand 2017-12 hingewiesen.

Anmerkung: Bauwerksöffnungen, die unter den Bemessungswasserstand reichen, sind in das wasserundurchlässige Wannensystem einzubinden. Diese Bauwerksteile sind zusätzlich mit einer Entwässerung für anfallendes Oberflächenwasser zu versehen.

→ Auf die erforderliche Auftriebssicherung wird hingewiesen.

Ergänzender Hinweis: Der Wirtschaftshof ist in das wasserundurchlässige System einzubinden und ebenfalls auftriebssicher zu bemessen. Die Auftriebssicherung wird je nach tatsächlichem Auftrieb über Zuganker erfolgen müssen. Entsprechende Werte zur Bemessung dieser finden sich in Kap. 11.4.2 (Bohrpfähle). Der geplante Pflasterbelag kann in diesem Fall nicht zur Ausführung kommen.

8.2 Nicht unterkellerte Bauwerke

Bei Gebäuden ohne Unterkellerung kann nur dann auf eine Dränage nach DIN 4095 verzichtet werden, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Die Oberkante der erdberührenden Bodenplatte liegt nicht tiefer als das Außengelände.
- Das Außengelände weist ein vom Bauwerk weg gerichtetes Gefälle auf.
- Eine ausreichende Oberflächenentwässerung (z. B. bei Parkplätzen, Zufahrtswegen etc.) liegt vor.
- Ein Einstau von Schicht-, Sicker- und Oberflächenwasser in der Schottertragschicht wird unterbunden bzw. eine entsprechende Entwässerung dieser ist gewährleistet.

Wird eine oder werden mehrere der genannten Bedingungen nicht erfüllt, ist eine Dränung gemäß DIN 4095 oder eine wasserundurchlässige Bauweise nach DIN 18533-1:2017-07 (W 2.1-E, mäßige Einwirkung von drückendem Wasser < 3 m Eintauchtiefe) aller erdberührten Bauteile erforderlich.

Auf die Ausführungen der genannten DIN, Kapitel 8.5.4.2 wird verwiesen.

9 Erdbebenzone

Gemäß der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg (1. Auflage 2005) sowie auf Grundlage der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen sind unter Berücksichtigung der an der Gründungssohle überwiegend anstehenden Ton- und Tonmergelsteine aus ingenieurgeologischer Sicht folgende Kennwerte anzusetzen:

Tab. 5: Kennwerte der Erdbebeneinwirkung gemäß DIN EN 1998-1/NA:2023-11

Erdbebenzone	3
Bodenparameter S	1,2
Spektralbeschleunigung $S_{aP,R}$	3,4 m/s ²
Baugrundklasse	B (gering harte Festgesteine)
Untergrundklasse	R (Gebiete mit felsartigem Untergrund)

10 Gründungsberatung

Die folgenden Ausführungen umfassen die Gründungsberatung des Klinikums sowie des Gesundheitszentrums.

Gemäß den Angaben der Tragwerksplanung ist beim aktuellen Planungsstand eine Flachgründung über Einzel- und Streifenfundamente in Verbindung mit einer konstruktiv wirksamen Bodenplatte vorgesehen.

Gemäß der Festlegung beim Besprechungstermin vom 02.10.2024 (Planungsbesprechung 34, Protokoll vom 04.10.2024) wird die EFH auf 593,50 m ü. NN angehoben. Die Oberkante Bodenplatte des Klinikums und des Gesundheitszentrums kommt somit auf 588,8 m ü. NN (OG 8) und die OK Wirtschaftshof auf 587,50 m ü. NN zu liegen.

10.1 Bauwerksspezifische Voraussetzungen / Gründungshorizont

10.1.1 Erdbebenbedingte Anforderungen an den Gründungshorizont

Die maßgebenden Erdbebenparameter sowie die Zuordnung zur Erdbebenzone und zur geologischen Untergrundklasse sind in Kapitel 9 dargestellt und sind im Rahmen der Tragwerksplanung gemäß DIN EN 1998-1 (Eurocode 8) in Verbindung mit dem nationalen Anhang zu berücksichtigen.

Im Bereich der geplanten Gründungssohle ist überwiegend ein tragfähiger und gering verformbarer Baugrund vorhanden. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Baugrundverhältnisse bestehen aus ingenieurgeologischer Sicht günstige Voraussetzungen für eine Flachgründung sowie für ein gleichmäßiges Baugrundverhalten unter statischer und seismischer Einwirkung.

Die bauwerks- und gründungsbezogene Bewertung der Baugrund-Bauwerks-Interaktion unter Erdbebenbeanspruchung erfolgt im nachfolgenden Kapitel.

10.1.2 Baugrund-Bauwerks-Interaktion und Gründung im Erdbebenfall

In der Broschüre *Erdbebensicheres Bauen* (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stand 2008) wird empfohlen, Bauwerke in Erdbebengebieten möglichst auf gleichartigen Gründungselementen, auf gleichartigem Baugrund und in einheitlicher Gründungstiefe zu gründen. Ziel dieser Maßnahme ist die Gewährleistung eines möglichst gleichmäßigen Verformungs- und Schwingungsverhaltens des Bauwerks sowie die Vermeidung ungünstiger Baugrund-Bauwerks-Interaktionen im Erdbebenfall.

Im Bereich der geplanten Gründungssohle stehen überwiegend Tonsteine und Tonmergelsteine der Opalinuston-Formation an, die einen tragfähigen und gering verformbaren Baugrund darstellen und als maßgebender Gründungshorizont anzusehen sind. Die lokal vorhandenen kiesführenden Umlagerungsbildungen sind ebenfalls ausreichend tragfähig und weisen aufgrund ihrer überwiegend bindigen Matrix und dichten Lagerung vergleichbare Verformungseigenschaften auf. Insgesamt liegen damit

aus ingenieurgeologischer Sicht günstige Baugrundverhältnisse mit einem hinsichtlich Tragfähigkeit und Verformungsverhalten geeigneten Gründungshorizont vor.

Die vorgesehene Flachgründung über Streifen- und Einzelfundamente in Verbindung mit einer konstruktiv wirksamen Bodenplatte stellt unter diesen Voraussetzungen eine geeignete Gründungslösung dar. Die flächige Lasteinleitung in den Baugrund sowie die insgesamt günstigen Steifigkeitsverhältnisse im Bereich der Gründungssohle tragen zu einem gleichmäßigen Baugrundverhalten bei. Aus ingenieurgeologischer Sicht sind keine ausgeprägten differentiellen Verformungen zu erwarten, die das Bauwerksverhalten unter seismischer Einwirkung nachteilig beeinflussen könnten.

Eine lokal abweichende Gründung, beispielsweise in Form von Tiefgründungselementen im Bereich der kiesführenden Umlagerungsbildungen, ist aus ingenieurgeologischer Sicht nicht zwingend erforderlich, sofern die erforderlichen statischen Nachweise zur Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Erdbebensicherheit im Rahmen der Tragwerksplanung erbracht werden.

Zusammenfassend bestehen aus ingenieurgeologischer Sicht günstige Voraussetzungen für die vorgesehene Flachgründung sowie für ein gleichmäßiges Baugrund-Bauwerks-Interaktionsverhalten im Sinne der Empfehlungen der Broschüre *Erdbebensicheres Bauen* (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg, Stand 2008).

Die endgültige Festlegung der Gründungsart, der Gründungstiefe sowie der konstruktiven Ausbildung erfolgt durch die Tragwerksplanung in Abstimmung mit dem Prüfsingenieur bzw. der Prüfsingenieurin. Das vorliegende Baugrundgutachten stellt hierfür die maßgebenden Baugrundkennwerte und die ingenieurgeologische Beurteilung zur Verfügung.

10.1.3 Klinikum und Wirtschaftshof

Die anstehenden Untergrundverhältnisse dieser Bauteile sind in den Profilschnitten A - A', B - B' und C - C' (siehe Anl. 4.1 bis 4.3) grafisch dargestellt.

Wie den Schnitten A - A' und B - B' zu entnehmen ist, kommt die zukünftige Unterkante Bodenplatte bzw. Fundamentsohlen einer Streifen- und Einzelfundamentgründung im Süden und Osten in den veränderlich festen Ton- und Tonmergelsteinen von guter Tragfähigkeit bei erhöhter Setzungsneigung zu liegen. Das gilt auch für den nochmals tiefer reichenden Wirtschaftshof. Die erhöhte Setzungsneigung ergibt sich aus der geringeren Gefügesteifigkeit und der damit verbundenen verminderten einaxialen Druckfestigkeit im Vergleich zu unveränderlich festen Gesteinen wie z. B. Kalksteinen oder Graniten.

In Nordwesten des Baufeldes (Schnitte B - B', C - C') taucht der Tonstein lokal (Bohrung B 3, B 8 und RKB 20) unter die Bodenplatte ab. Hier findet sich eine ehemalige, heute kieserfüllte Rinnenstruktur, welche im nordwestlichen Gebäudebereich den tiefsten Einschnitt aufweist. Die Kiese sind tragfähig bei mäßiger Setzungsneigung, erreichen aber nicht die hohe Tragfähigkeit der Ton- und Tonmergelsteine.

Ferner ist bei Wasserzutritt eine bauzeitlich verminderte Standfestigkeit der kiesführenden und zum Fließen neigenden Umlagerungsbildungen möglich, was bei der Planung und Ausführung des Aushubs zu berücksichtigen ist.

Anmerkung: Diese Rinnenstruktur korreliert nach unserem Kenntnisstand auch mit den im Rahmen der Landschafts- und Umweltplanung erhobenen oberflächennahen Abflussregimen.

10.1.4 Gesundheitszentrum

Gemäß den Schnitten C - C' und D - D' liegen die Bodenplatte und die Fundamentsohlen im hangseitigen Bereich in den gut tragfähigen Ton- und Tonmergelsteinen, in talseitiger Richtung über bzw. in der Rinnenstruktur mit tragfähigen Kiesen und im äußersten Nordwesten (Bohrung RKB 16) noch in den oberflächennah anstehenden, eingeschränkt tragfähigen und setzungsanfälligen Tonen. Die Tone werden jedoch in mittelbaren Tiefen (ca. 1,5 bis 2,5 m u. OK Bodenplatte) von Kiesen unterlagert und sind zumindest bis auf diese zwingend zu durchteufen. Auf die Neigung der Kiese zum Ausfließen wurde bereits im vorherigen Kapitel hingewiesen.

10.1.5 Allgemeiner Hinweis zu den Profilschnitten

Die Untergrundverhältnisse und die Gebäude sind in den Profilschnitten schematisch dargestellt. Die Gebäude sind exemplarisch mit einer 1,25 m tiefen Gründungsebene gemäß dem Gründungsentwurf der R&P Ruffert Ingenieurgesellschaft mbH (siehe Kap. 1). dargestellt. Die detaillierten Untergrundverhältnisse sind den Aufschlussprofilen (siehe Anl. 3) zu entnehmen. Die tatsächlichen Verhältnisse in den Zwischenbereichen sind während der Baumaßnahmen zu überprüfen.

10.2 Streifen- und Einzelfundamentgründung

Wie in der DIN 1054 dargelegt, ergibt sich der zur Fundamentbemessung erforderliche Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ aus der Untergrundbeschaffenheit und der Fundamentform. Er ist keine Bodenkonstante. Zur Ermittlung des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ und der daraus resultierenden Setzungen wurden kombinierte Grundbruch- und Setzungsberechnungen durchgeführt (siehe Anl. 9 ff).

Bei Setzungsberechnungen wurde eine Vorbelastung des Erdreiches, in Abhängigkeit von der Stärke des Baugrubenaushubs, angesetzt. Die jeweils angesetzte Vorbelastung ist den Berechnungen zu entnehmen.

Wie den folgenden Angaben und Tabellen zu entnehmen ist, werden je nach der Setzungstoleranz des Bauwerkes ab bestimmten Fundamentbreiten Reduzierungen oder Begrenzungen des Sohlwiderstandes zur Gewährleistung bauwerksverträglicher Setzungen erforderlich.

Der Grundwasserstand wurde unter Annahme einer gewährleisteten Ableitung und dem daraus folgenden Bemessungswasserstand auf einer Höhe von 587,10 m ü. NN angesetzt (siehe Kap.6.2).

Die nachfolgenden Fundamentmaße entstammen dem Gründungsentwurf der R&P Ruffert Ingenieurgesellschaft mbH. Die Einbindetiefe beträgt, wie oben ausgeführt, 1,25 m (Oberkante Bodenplatte bis Unterkante Fundament). Die nachfolgend angegebenen Sohlwiderstände gelten nur für diese Einbindetiefe. Eine Verringerung der Einbindetiefe hat eine Abnahme der Sohlwiderstände zur Folge.

Wie bereits oben ausgeführt, sind die Fundamente konstruktiv untereinander sowie mit und über die Bodenplatte verbunden und bilden somit ein räumlich zusammenwirkendes Gründungssystem. Zur näherungsweisen Berücksichtigung dieses Systemverhaltens können bei der Ermittlung der Sohlwiderstände hilfsweise Tiefenbeiwerte nach LANG ET AL. (2011) angesetzt werden. Dies wirkt sich günstig auf den Sohlwiderstand aus, jedoch nicht auf das Setzungsverhalten. Da bei einer Gründung in den Tonsteinen vornehmlich die Setzungen und nicht der Sohlwiderstand maßgebend sind, kann im Gegensatz zu Fundamentgründungen mit geringen Breiten in oder auf den Kiesen auf den Ansatz der Tiefenbeiwerte nach LANG ET AL. (2011) verzichtet werden.

10.2.1 Klinikum

- Streifenfundamente, hangseitig, Gründungssohle: Tonstein

Bei einer Gründung in den bergfrischen Tonsteinen kann bei einer Einbindung von 1,25 m in Abhängigkeit von der Fundamentbreite ein Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ von 895 bis 1010 kN/m² angesetzt werden (siehe Anl. 9.1.1). Die rechnerischen Setzungen betragen 2,2 bis 4,3 (!) cm.

- Streifenfundamente, talseitig, Gründungssohle: Tonstein

Bei einer Gründung in den bergfrischen (unverwitterten) Tonsteinen kann in etwa der gleiche Sohlwiderstand wie im hangseitigen Bereich angesetzt werden. Durch die geringere Vorbelastung ergeben sich allerdings ungünstigere rechnerische Setzungsbeträge (siehe Anl. 9.1.2). Die rechnerischen Setzungen betragen 2,5 bis 4,9 (!) cm. In der nachfolgenden Tabelle sind die Berechnungsergebnisse sowie begrenzte Sohlwiderstände für angenommene maximal zulässige Setzungen von 2 bzw. 3 cm dargestellt:

Tab. 6: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen Klinikum / Streifenfundament talseitig / 1,25 m Einbindung / Gründung in bergfrischen Tonsteinen

Fundamentbreite [m]	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,0
Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	895	920	935	955	975	995	1015
Setzung [cm]	2,5 (!)	3,0 (!)	3,4 (!)	3,8 (!)	4,2 (!)	4,5 (!)	4,9 (!)
begrenzter Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei einer maximal zulässigen Setzung von 2 cm	700	620	560	520	480	460	430
begrenzter Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei einer maximal zulässigen Setzung von 3 cm	-	-	830	760	700	670	640

Allgemeiner Hinweis: Mit zunehmender Einbindetiefe der Fundamente erhöht sich der Sohlwiderstand; gleichzeitig nehmen jedoch die zu erwartenden Setzungen zu, wie in der Tabelle dargestellt, und sind in Abhängigkeit von den zulässigen Setzungstoleranzen zu begrenzen. Sofern die Sicherheit gegen Durchstanzen eine geringere Einbindetiefe zulässt, ist diese aus wirtschaftlichen Gründen zu prüfen.

→ Vereinfachend können zur Fundamentbemessung die Sohlwiderstände aus der Tabelle 6 für eine Streifengründung auf den unverwitterten (bergfrischen) Tonsteinen angesetzt werden.

▪ Streifenfundamente, Nordwest, Gründungssohle: Kies

Bei einer Gründung in den feinkornhaltigen Kiesen kann bei einer Einbindung von 1,25 m in Abhängigkeit von der Fundamentbreite ein Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ von 285 bis 420 kN/m² angesetzt werden (siehe Anl. 9.1.3). Die rechnerischen Setzungen betragen 1,1 bis 2,1 (!) cm. In der nachfolgenden Tabelle sind die Berechnungsergebnisse sowie begrenzte Sohlwiderstände für angenommene maximal zulässige Setzungen von 2 cm dargestellt:

Tab. 7: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen Klinikum / Streifenfundament NW / 1,25 m Einbindung / Gründung in Kiesen

Fundamentbreite [m]	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,0
Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	390	295	285	330	360	380	420
Setzung [cm]	1,1	1,0	1,0	1,3	1,6	1,8	2,1 (!)
begrenzter Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei einer maximal zulässigen Setzung von 2 cm	-	-	-	-	-	-	400

→ Die Sohlwiderstände nehmen mit zunehmender Fundamentbreite zuerst ab, dann wieder zu. Dieser Sachverhalt ist durch die zur Tiefe vorliegenden, bautechnisch unterschiedlichen Bodenhorizonte begründet. Schneidet die Grundbruchfuge im Sohlbereich eine bautechnisch ungünstigere Schicht, hat dies einen geringeren Sohlwiderstand und somit eine abnehmende Grundbruchsicherheit zur Folge.

▪ Einzelfundamente, Gründungssohle: Tonstein

Vereinfachend wurden nur die talseitigen Verhältnisse mit ungünstigeren Setzungen für eine Gründung in den Tonsteinen berücksichtigt. In der nachfolgenden Tabelle sind die Berechnungsergebnisse sowie begrenzte Sohlwiderstände für angenommene maximal zulässige Setzungen von 2 und 3 cm dargestellt (siehe auch Anl. 9.1.4):

Tab. 8: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen Klinikum / Einzelfundament / 1,25 m Einbindung / Gründung in bergfrischen Tonsteinen

Fundamentmaße [m x m]	2,0 x 2,0	2,5 x 2,5	3,0 x 3,0	3,5 x 3,5	4,0 x 4,0	4,5 x 4,5
Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	1345	1380	1415	1445	1480	1510
Setzung [cm]	3,8 (!)	4,6 (!)	5,3 (!)	6,0 (!)	6,6 (!)	7,3 (!)
begrenzter Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei einer maximal zulässigen Setzung von 2 cm	720	620	550	500	465	435
begrenzter Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei einer maximal zulässigen Setzung von 3 cm	1080	920	820	730	680	650

▪ Einzelfundamente, Nordwest, Gründungssohle: Kies

Bei einer Gründung in den feinkornhaltigen Kiesen können folgende Sohlwiderstände angesetzt werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die Berechnungsergebnisse sowie begrenzte Sohlwiderstände für angenommene maximal zulässige Setzungen von 2 und 3 cm dargestellt (siehe auch Anl. 9.1.5):

Tab. 9: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen Klinikum / Einzelfundament / 1,25 m Einbindung / Gründung in Kies

Fundamentmaße [m x m]	2,0 x 2,0	2,5 x 2,5	3,0 x 3,0	3,5 x 3,5	4,0 x 4,0	4,5 x 4,5
Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	545	600	630	655	675	690
Setzung [cm]	1,7	2,2 (!)	2,7 (!)	3,1 (!)	3,4 (!)	3,7 (!)
begrenzter Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei einer maximal zulässigen Setzung von 2 cm	-	540	480	450	425	400
begrenzter Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei einer maximal zulässigen Setzung von 3 cm	-	-	-	640	600	575

10.2.2 Folgerungen Klinikum

Die ermittelten Sohlwiderstände für Streifenfundamente fallen bei einer Gründung in den Tonsteinen erwartungsgemäß günstiger aus als bei einer Gründung in den Kiesen.

Wie bereits zuvor ausgeführt, ist bei einer Gründung in den Tonsteinen nicht die Einbindetiefe, sondern die zu erwartende Setzung das maßgebende Kriterium. Sofern die Fundamentstärken nicht aus statischen Erfordernissen, zum Beispiel Durchstanznachweis, vorgegeben sind, können unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten auch geringere Einbindetiefen zielführend sein.

Ob unterschiedliche Einbindetiefen unter bautechnischen Gesichtspunkten sinnvoll und technisch umsetzbar sind, kann von unserer Seite nicht abschließend beurteilt werden. Gleiches gilt für eine Gründung in unterschiedlichen Baugrundarten, was insbesondere im Hinblick auf die Ausführungen in der Broschüre „Erdbebensicheres Bauen“, siehe Kapitel 10.1.1, zu prüfen ist.

Wie bereits oben ausgeführt, neigen die Kiese bei Wasserezutritt beziehungsweise unter Wasser, zum Ausfließen. Hierdurch wird ein maßgenaues Lösen ohne Grundwasserabsenkung erschwert oder gegebenenfalls nicht möglich ist. Dieser Sachverhalt ist auch bei geringeren Einbindetiefen in den Kiesen und nicht nur bei einer vertieften Gründung auf die Tonsteine zu beachten.

Im Bereich der Kiese sind gegebenenfalls alternative Gründungsmaßnahmen, beispielsweise eine Brunnengründung oder bei Lastabtrag in die Tonsteine eine Gründung über duktile Gusspfähle denkbar. Diese Gründungsverfahren werden in Kapitel 10.3 beschrieben. Im Bedarfsfall ist die Rinnenstruktur mit den tiefen Kiesfüllungen (siehe Kap. 10.1.3) einzugrenzen, um den Bereich, in dem alternative Gründungsverfahren erforderlich werden, konkretisieren zu können.

10.2.3 Wirtschaftshof Stützwände

Es wird davon ausgegangen, dass die Stützwände im Bereich des Wirtschaftshofs als eingespannte Wände mit Rückverhängung konzipiert werden. Angaben zu Ankerkräften finden sich im Kap. 11.2.2.

Ist wider Erwarten eine Winkelstützmauer geplant, bitten wir um Rücksprache zur Angabe des Sohlwiderstandes. Vermutlich ist hier aber das Kippen und eventuell das Gleiten relevanter als der Sohlwiderstand im Tonstein.

10.2.4 Gesundheitszentrum

Wie bereits oben ausgeführt, liegt der hangseitige Bereich dieses Bauwerks in den Tonsteinen, der Zentralbereich in den Kiesen und im Nordwesten finden sich Tone, welche aber zwingend zu durchteufen sind.

Da die Tone durchteuft werden müssen und die Kiesmächtigkeiten in Richtung Norden wieder abnehmen (siehe Profischnitt D - D, Anl. 4.4), ist für dieses Bauwerk eine einheitliche Gründung in bzw. auf den Tonsteinen zu prüfen.

Es gelten die Folgerungen und Angaben zum Klinikum (siehe Kap. 10.2.2).

10.2.5 Folgerungen Gesundheitszentrum

Die ermittelten Sohlwiderstände zeigen, dass sich im hangseitigen Bereich die Nähe zum Tonstein auf den Sohlwiderstand und auf die Setzungsneigung positiv auswirkt. Je breiter bzw. größer die Fundamente werden, desto mehr gleichen sich die Sohlwiderstände und Setzungen allerdings an.

Theoretisch können die Sohlwiderstände in den Zwischenbereichen gemittelt oder aber vereinfachend die ungünstigsten Verhältnisse (talseitig, Tab. 11 und 13 bzw. Anl. 9.2.2 und 9.2.4) herangezogen werden.

10.3 Alternative Gründungsverfahren

10.3.1 Brunnengründung

Bei nicht standsicheren Fundamentgräben kann eine sogenannte Brunnengründung ausgeführt werden. Hierbei wird ein kreisförmiger oder elliptischer Querschnitt mit den Grundrissabmessungen von ca. 0,6 bis > 5 m in den Untergrund bis in große Tiefen hergestellt (abgeteuft). Bei der Herstellung werden die unterschiedlichsten Verfahren angewendet, wobei der Unterschied hauptsächlich in der Art der Stützung des Erdreiches besteht. Brunnenringe werden oben aufgesetzt und mit den darunterliegenden Ringen verbunden. Dabei wird der Aushub innerhalb der Ringe mit einem Rundgreifer fortgesetzt. Die Brunnenringe sacken infolge ihres Eigengewichtes nach und stützen somit das Erdreich.

Es wird davon ausgegangen, dass die Brunnen einheitlich bis auf die bergfrische Festgesteine geführt werden und die Mindesteinbindung 1,5 m beträgt. Die Höhenlage der Aufstandsfläche ist exemplarisch angegeben. In der nachfolgenden Tabelle finden sich auszugsweise die Berechnungsergebnisse sowie begrenzte Sohlwiderstände bei einer angenommenen maximal zulässigen Setzung von 2 und 3 cm (siehe auch Anl. 9.2.1):

Tab. 10: Sohlwiderstand und resultierende Setzungen / Brunnengründung / Gründung auf bergfrischen Tonsteinen

Fundamentmaße [m x m]	0,8 x 0,8	1,2 x 1,2	1,6 x 1,6	2,0 x 2,0
Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	1350	1385	1415	1440
Setzung [cm]	1,7	2,5 (!)	3,3 (!)	4,0 (!)
begrenzter Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei einer maximal zulässigen Setzung von 2 cm	-	1100	880	760
begrenzter Sohlwiderstand $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²] bei einer maximal zulässigen Setzung von 3 cm	-	-	1300	1120

Hinweis: Die Berechnungen zum Sohlwiderstand wurde für Rechteckfundamente durchgeführt. Für Brunnen ist der Flächeninhalt zu ermitteln und auf Kreisfundamente umzurechnen.

10.3.2 Duktile Gusspfähle

Ausgangsmaterial für dieses Pfahlsystem ist ein Rohr aus duktilem Gusseisen. Die einzelnen Pfahlrohre sind jeweils mit einer Muffe und einem Spitzende ausgestattet und können so miteinander verbunden werden. Mithilfe eines speziell ausgerüsteten Hydraulikbaggers werden die Pfahlrohre mit einem hydraulischen Schnellschlaghammer so weit in den Boden gerammt, bis der gewünschte Widerstand bzw. die gewünschte Tragfähigkeit erreicht wird. Dies ist im vorliegenden Fall mit dem Erreichen der kompakteren Verhältnisse, welche ca. 3 m u. OK Bodenplatte Klinikum (siehe Schnitt C - C, Anl. 4.3) zu erwarten sind. Es ist aber weiterhin mit Setzungen von ca. 1,5 cm zu rechnen.

Da es sich hierbei um ein verdrängendes Verfahren handelt, fällt kein Aushub an. Dieser Sachverhalt ist unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu berücksichtigen.

Hinweis: Die lokal weichen Böden weisen eine geringe undrained Kohäsion auf. Nach unserem Kenntnisstand ist keine ausreichende seitliche Bettung und somit keine Knicksicherheit gegeben. Zur Prüfung dieses Sachverhalts sowie zur abschließenden Beurteilung der Maßnahme sind neben dem Prüfüngenieurbüro auch eine Spezialtiefbaufirma zu konsultieren.

10.3.3 Pfahlgründung

Eine Pfahlgründung ist am Standort erfahrungsgemäß unwirtschaftlich und wird deshalb an dieser Stelle nicht weiter erörtert. Unabhängig hiervon finden sich in Kap. 11.4.2 entsprechende Angaben zur Bemessung von Bohrpfählen. Bei Fragen hierzu stehen wir gerne zur Verfügung.

10.3.4 Tiefgründige Bodenverbesserung

Eine tiefgründige Bodenverbesserung, z. B. durch Schotterrüttel- oder Schotterstopfsäulen führt vorrangig zu einer Reduzierung der Setzungen („Setzungsbremse“), gewährleistet aber in Abhängigkeit des Anbieters keinen Lastabtrag in die Tonsteine und ist deshalb aus ingenieurgeologischer Sicht am Standort nicht zielführend. Gerne stehen wir hier beratend zur Verfügung.

10.4 Setzungsdifferenzen

Die zu erwartenden Setzungsdifferenzen liegen bei den oben dargestellten Sohlwiderständen und Bettungsmoduln voraussichtlich über 1,0 cm und sind daher durch die Tragwerksplanung hinsichtlich ihrer Bauwerksverträglichkeit zu überprüfen.

Tab. 11: Bauwerksbezogene zulässige Setzungsunterschiede (Prinz 2018, Auszug)

Grenzwerte δ / L [cm/cm]	Setzungsschäden
1 / 1000	keine Schäden
1 / 750	empfindliche Maschinen
1 / 600	Rahmen mit Ausfachungen
1 / 500	Sicherheitsgrenze bei geforderter Rissefreiheit (kleinere Schäden nicht auszuschließen)
1 / 300	Risse in tragenden Wänden

10.5 Ergänzende Angaben

- Alle angegebenen Sohlwiderstände beziehen sich auf lotrecht und mittig belastete Fundamente und auf die angegebenen Böden oder Gesteine. Bei ständig außermittig belasteten Fundamenten ist die Fundamentfläche gemäß DIN 1054 auf eine Teilfläche zu reduzieren.
- Die Einbindetiefe errechnet sich von Oberkante Bodenplatte oder Oberkante Gelände, je nachdem, was tiefer liegt, bis Unterkante Fundament. Eine Verringerung der Einbindung hat eine Abnahme des Sohlwiderstandes zur Folge.
- Eine frostfreie Gründung mit einer Mindesteinbindung von 1,0 m ist in den frostgefährdeten Außenbereichen des Bauwerkes grundsätzlich vorzusehen. Im Falle einer Plattengründung ist auf eine Frostschräge zu achten.
- Ein maßgenaues Lösen ist in den Kiesen erfahrungsgemäß nicht möglich. Hier sind Nachbrüche und Massenmehrungen einzukalkulieren.
- Fundamente sind unmittelbar nach dem Aushub zu betonieren. Offenstehende Fundamentgräben können bereits nach kurzer Zeit ihre Standsicherheit verlieren.
- Im Gründungsbereich nicht unterkellerten Gebäudeteile ist auf flach wurzelnde Pflanzen mit geringem Wasserbedarf zu achten. Beispielsweise Weiden oder Walnussbäume können gebundenes Wasser auch in trockenen Jahreszeiten mobilisieren. Vorzugsweise ist vor der Bepflanzung im näheren Umfeld des Gebäudes ein Fachmann zu befragen.
- Der Schichtverlauf in den Profilschnitten wurde aus den punktuellen Aufschlussdaten interpoliert. Die tatsächlichen Verhältnisse in den Zwischenbereichen sind während der Baumaßnahme zu überprüfen.

11 Ausführungshinweise

11.1 Allgemeine Angaben zu Erdbau

- Das vorliegende Bodenschutzkonzept (Stand 23.09.2025) ist zu berücksichtigen und vor Beginn der Erdbauarbeiten logistisch einzuplanen; dies umfasst insbesondere die Herrichtung sämtlicher erforderlicher Fahrwege sowie Lager- und Zwischenlagerflächen.
- Die vorgesehenen Verbaumaßnahmen erfordern eine enge Abstimmung der Erdarbeiten mit dem Spezialtiefbau.
- Das gilt entsprechend auch für die Verlegung von Leitungstrassen zu Baustellenentwässerung.
- Die Bodenklassen (siehe Kap. 4) verteilen sich überschlägig wie folgt:
 - 60 % des Aushubs sind den Bodenklassen 1 - 5,
 - 40 % in die Bodenklasse 6 - 7 zuzuordnen.

- Die Homogenbereiche (siehe Kap. 5) gliedern sich überschlägig wie folgt:
 - 2 % dem Homogenbereich A,
 - 43 % dem Homogenbereich B,
 - 15 % dem Homogenbereich C und
 - 40 % dem Homogenbereich D zuzurechnen.
- Alle anstehenden Böden sind als witterungsempfindlich einzustufen, was insbesondere bei nassen Witterungsverhältnissen die Erdbauarbeiten erschweren oder zeitweise unterbinden kann. In diesem Zusammenhang sind auch die hohen Wasserstände in Teilen des Baugebietes zu berücksichtigen.
- Vor Beginn der Erdbauarbeiten ist eine Verwertung der anfallenden Erdmassen zu klären. Hierzu wird auf die Ausführungen in den Kapiteln 11.9.1 ff verwiesen.
- Sofern eine Haufwerksbeprobung gemäß LAGA PN 98 erforderlich wird, sind entsprechende Lagerflächen zur Haufwerksbildung vorzuhalten. Zwischen der Beprobung und der Vorlage des Deklarationsberichts ist ein Zeitraum von etwa 10 Werktagen einzuplanen, der bei der Lagerflächen- und Bauablauflogistik zu berücksichtigen ist.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung:

Die Erdbauarbeiten sind unter Berücksichtigung des Bodenschutzkonzepts sowie einer vorausschauenden Baustellen- und Lagerlogistik zu planen. Aufgrund der vorgesehenen Verbaumaßnahmen ist eine enge Abstimmung mit dem Spezialtiefbau erforderlich. Gleiches gilt für die Herstellung von Leitungstrassen zur Baustellenentwässerung.

Die überschlägige Verteilung der Bodenklassen und Homogenbereiche ist bei der Bauablaufplanung sowie bei der Verwertung und Lagerung der Erdmassen zu berücksichtigen.

Alle anstehenden Böden sind als witterungsempfindlich einzustufen, sodass insbesondere bei ungünstigen Witterungsverhältnissen und erhöhten Wasserständen mit zeitlichen Einschränkungen zu rechnen ist.

Sofern eine Haufwerksbeprobung erforderlich wird, sind geeignete Lagerflächen vorzusehen. Die daraus resultierenden Verzögerungen sind in der Bauablauf- und Logistikplanung einzuplanen

11.2 Böschungen / Baugruben / Verbau

11.2.1 Freie Baugrubenböschungen

In Kap. 3.2 wurde bereits auf die Rutschanfälligkeit sowie das ausgewiesene Rutschgebiet hingewiesen. Freie Böschungen stellen grundsätzlich einen Eingriff in das natürliche Gleichgewicht dar und können entsprechende Instabilitäten erzeugen und potenzielle Gleitebenen aktivieren. Solche Vorgänge sind in den folgenden Angaben der DIN 4124 nicht oder nur ungenügend berücksichtigt. Auf entsprechende Faktoren, die zu einer Abminderung der Böschungswinkel nach DIN 4124 führen, wird nachfolgend hingewiesen.

Nicht verbaute Baugruben und Leitungsgräben mit einer Tiefe von > 1,25 m bzw. 1,75 m müssen gemäß der genannten DIN-Norm mit abgeböschten Wänden hergestellt werden. Folgende Böschungswinkel können bei den angetroffenen Böden angesetzt werden, gelten aber nur für den Bauzustand:

Tab. 12: Böschungswinkel

Boden / Festgestein	Böschungswinkel in [°] nach DIN 4124
Kiese / weiche Tone und Schluffe	45
tonige Böden bei mindestens steifer Konsistenz	60
Festgesteine, verwittert*	70
Festgesteine, bergfrisch*	80

* Vertikalklüfte sind in den Gesteinen der Opalinuston-Formation nicht auszuschließen und machen gegebenenfalls eine Abminderung des Böschungswinkels erforderlich. Gerne stehen wir hier bei den Erdbauarbeiten beratend zur Verfügung.

Der jeweils ungünstigste Böschungswinkel ist entscheidend für die darüber liegenden Horizonte. Eine lokale Verteilung innerhalb der Böschung ist nicht zulässig.

Bei Wasserzutritten aus dem Erdreich oder bei einem Ausbrechen der Grubenwände ist eine Abminderung der Böschungswinkel zu prüfen.

Unabhängig hiervon sind die Böschungen regelmäßig auf nachteilige Veränderungen zu prüfen. Lose Gesteinsbruchstücke sind aus der Böschung zu entfernen.

→ Diese Angaben gelten nur für Böschungshöhen < 5 m. Böschungen mit einer Höhe über 5 m erfordern einen rechnerischen Standsicherheitsnachweis. Grundsätzlich gilt, dass eine Regelböschung nach DIN 4124 nur hergestellt werden darf, wenn bestimmte Einflüsse, die die Standsicherheit gefährden, ausgeschlossen werden können (siehe DIN 4124, Kap. 4.2.5 und 4.2.6).

Es wird an dieser Stelle angemerkt, dass bei Standsicherheitsberechnungen erfahrungsgemäß ungünstigere Böschungswinkel ermittelt werden als die in der DIN angegebenen Werte. Bei höheren Böschungen ist deshalb von flacheren Winkeln auszugehen.

Freie Baugrubenböschungen sind zum Schutz vor Witterungseinflüssen grundsätzlich mit einer Folie abzuhängen. Auf die Richtlinien der DIN 4124 sowie auf die EAB (Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben") wird hingewiesen.

11.2.2 Verbaute Baugrubenwände

- Allgemeines

Im Zuge der weiteren Planung ist grundsätzlich zu prüfen, ob mit den oben genannten Böschungswinkeln eine freie Böschung möglich ist. Ferner ist der wirtschaftliche Aufwand durch die Erdarbeiten, die Verwertung und die Wiederauffüllung bei freien Böschungen zu berücksichtigen.

In allen Bereichen, in denen eine freie Böschung nicht ausgeführt werden kann oder sinnvoll ist, wird ein statisch wirksamer Verbau erforderlich.

Hinweis: Nur im Fall einer Verbaumaßnahme dürfte im hangseitigen Bereich bereits die vorzusehende Oberflächenentwässerung (siehe Kap. 7.3) hergestellt werden können, welche einen unerwünschten Zustrom von Wasser in die Baugrube unterbindet und die Wasserhaltung erleichtert (siehe Kap. 11.5).

- Dauerbodenvernagelung

Nach der zwischenzeitlich durchgeführten Machbarkeitsstudie des Ingenieurbüros Thomas Theiss (siehe Kap. 1) ist eine Dauerbodenvernagelung vorgesehen.

Ein vernagelter oder rückverhängter Verbau kann nur in Bereichen ausgeführt werden, in denen keine angrenzenden Bauwerke oder Leitungsführungen durch die Nägel oder Anker gefährdet werden und eine Erlaubnis der jeweiligen Grundstücksbesitzer vorliegt. Diese Sachverhalte sind zwingend vor der Maßnahme zu prüfen.

Bei einer Rückverhängung ist Folgendes zu berücksichtigen:

Eine bodenmechanische Berechnung des Ankerwiderstandes führt nach SCHMIDT, BUCHMAIER & VOGT-BREYER (2013) im Allgemeinen zu unzutreffenden Ergebnissen und ist nach den geltenden Regelwerken nicht erlaubt. Eine Vorbemessung kann nach den Diagrammen von OSTERMAYER (Grundbautaschenbuch 2001) erfolgen.

- Für die tonigen Böden ist in Abhängigkeit von der Krafteintragungslänge eine Mantelreibung $c_{\text{al } \tau_m}$ von ca. 200 kN/m² bis 250 kN/m² (mit Nachverpressung) zur Vorbemessung anzusetzen.
- In den zur Tiefe anstehenden, gering verwitterten Tonsteinen beträgt die Mantelreibung $c_{\text{al } \tau_m}$ 400 kN/m².

Nach einer entsprechenden Vorbemessung muss die Brauchbarkeit des Ankersystems durch Probelastungen nachgewiesen werden. Es wird auf die entsprechenden Normen DIN EN 1537:2001-01, DIN EN 1537, Berichtigung 1:2011-12, DIN SPEC 18537:2012-02 und die DIN EN ISO 22477-5 hingewiesen.

Der Erddruck kann mit den erdstatischen Kennwerten in Kapitel 4 ermittelt werden.

Ist eine Rückverhängung nicht möglich, kann nur ein Bohrträgerverbau mit tiefer einbindenden Trägern realisiert werden. Für eine Vorbemessung sollte von einer Trägereinbindung in den Untergrund von „ $\geq 2 \times$ Verbauhöhe“ ausgegangen werden. Dieser Ansatz ersetzt aber keine erdstatische Berechnung!

Unterlagen einer Spezialtiefbaufirma vorzulegen. Wir stehen dieser bei Fragen gerne zur Verfügung.

11.3 Wasserhaltung

Eine Wasserhaltung ist zwingend vorzusehen.

Die Art der Wasserhaltung ist allerdings entscheidend von der in Kap. 6.2, 6.3 und 8.1.1 genannten kontrollierten Ableitung in die Retentionsfläche(n) abhängig. Unter der Annahme, dass diese Flächen bereits zum Zeitpunkt der Herstellung der Baugrube zur Verfügung stehen, ist eine Ableitung der Baugrube zuströmenden Wassers in diese einerseits die wirtschaftlichste und vor allem auch die am leichtesten umsetzbare Maßnahme und aktuell Planungsgrundlage gemäß den vorliegenden Planunterlagen der Planstatt Senner (Stand 17.12.2025). Das gilt auch vor dem Hintergrund, dass durch diese Maßnahme die anfallenden Wassermengen während der Baumaßnahme quantifiziert und so die spätere Ableitung zum Schutz des Bauwerkes dimensioniert werden kann.

Eine seriöse Quantifizierung der anfallenden Wassermengen ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht möglich, da durch die punktuellen Aufschlüsse in den Tonsteinen mit den festgestellten Wasserführungen in unterschiedlichen Höhenlagen nicht ausgeschlossen werden kann, dass in anderen Bereichen des Baufensters weitere wasserführende Bereiche mit einer nicht bekannten Durchlässig- und Ergiebigkeit vorliegen.

Sollte die zu planende Oberflächenentwässerung im hangseitigen Bereich des Baufeldes (siehe Kap. 6.3 und 11.4.2) während der Baumaßnahme noch nicht zur Verfügung stehen, ist bei starken Regenfällen und nach der Schneeschmelze mit einer zusätzlich zuströmenden Wassermenge zu rechnen, die durch die Wasserhaltung ebenfalls abgeführt werden muss. Die Wassermenge eines möglichen Oberflächenwasserzuflusses wurde nach unserem Kenntnisstand bereits im Rahmen der Landschafts- und Umweltplanung quantifiziert und ist bei Bedarf bei dem zuständigen Planer zu erfragen.

Hinweis: Ein völliges Trockenfallen von Baugruben ist auch in regenarmen Monaten durch die festgestellten, kontinuierlich gemessenen Wasserstände in den Aufschlüssen nicht gegeben.

Ist ein Abfluss über die geplante Baustellentwässerung nicht möglich, wird eine aktive Absenkung erforderlich. Anhand überschlägiger Durchlässigkeiten (ohne Gewähr) wurden mit dem Verfahren nach DAVIDENKOFF folgende, überschlägige, abzuleitende Wassermengen für verschiedene Absenkungen ermittelt:

- 1 m Absenkung: ca. 2 bis 8 l/s
- 2 m Absenkung: bis 20 l/s
- 3 m Absenkung: bis 33 l/s

Diese überschlägigen Angaben verstehen sich ohne möglichen Oberflächenwasserzustrom.

11.4 Auftriebssicherung während der Baumaßnahme

Vorzugsweise ist das Untergeschoss während der Bauphase mit Flutöffnungen zu versehen, um ein unerwünschtes Aufschwimmen bei steigenden Wasserständen im Zuge der Baumaßnahme zu vermeiden. Die Flutöffnungen sind so zu konzipieren, dass sie nach Abschluss der Baumaßnahme druckwasserdicht verschlossen werden können.

11.5 Erdplanum

Die im zukünftigen Erdplanum anstehenden Tone, die feinkornhaltigen Kiese sowie die Ton- und Tonmergelsteine sind an der Erdoberfläche als witterungsempfindlich einzustufen. Das Erdplanum ist gegen ein Aufweichen, z. B. durch eingestautes Wasser, oder vor Auflockerungen durch ein unsachgemäßes Lösen zu schützen. Der in Kap. 11.5 genannten Wasserhaltung kommt somit eine weitere besondere Bedeutung zu.

Einem Wassereinstau kann zudem durch ein geneigtes Gefälle im Erdplanum vorgebeugt werden. Falls erforderlich können ergänzend Ablaufgräben im Erdplanum und zusätzliche Pumpensümpfe hergestellt werden.

Aufgeweichte oder aufgelockerte Bereiche vor dem Aufbringen der Tragschicht abzuschieben.

11.6 Tragschicht unter Bodenplatten

In Abhängigkeit vom Gründungskonzept ist ein gesonderter Bodenaufbau unter der Bodenplatte vorzusehen. Bei einer Konstruktion der Bodenplatte als Decke mit einem Lastabtrag über Streifen- oder Einzelfundamente in größere Tiefen ist keine besondere Anforderung an die Tragfähigkeit des Unterbaus zu stellen. Allerdings ist auf eine kapillarbrechende Wirkung der Tragschicht unterhalb der Bodenplatte zu achten.

Im Falle einer tragenden Konstruktion, bei der die Bodenplatte auf den Untergrund aufgelegt wird, ist ein spezieller Bodenaufbau für den Lastabtrag erforderlich. Als Tragschichtmaterial unter Bodenplatten bzw. als Geländeauffüllung kommt in erster Linie ein (Brech-) Korngemisch der Abstufung 0/45 mm in Betracht (kein Rundkorn!). Alternativ ist auch die Verwendung eines güteüberwachten Recyclingmaterials vergleichbarer Abstufung denkbar.

Mit dem genannten Korngemisch kann das günstigste Tragverhalten erzielt werden, doch die erforderliche kapillarbrechende Wirkung ist nicht gewährleistet. Es wird daher vorgeschlagen, eine kombinierte Tragschicht und Flächendränung unter der Bodenplatte (ca. 0,2 m) aus einem Gemisch der Körnung 2/45 bzw. 5/45 mm (Schottertragschichtmaterial ohne Feinkornanteil 0/2 bzw. 0/5 mm, abweichend zur DIN 4095) herzustellen.

Um die kapillarbrechende Wirkung der Tragschicht zu erhalten, ist in allen Bereichen, in denen stark feinkornhaltige Böden im Erdplanum anstehen, ein Trennvlies der Georobustheitsklasse GRK 2 (oder höherwertig) vor dem Tragschichtauftrag auf dem Erdplanum zu verlegen.

Auf die Richtlinien der ZTVE-StB 17 bzgl. des Einbaus wird hingewiesen.

11.7 Hinterfüllung von Bauwerken

Unter Berücksichtigung der oben genannten Umläufigkeit (siehe Kapitel 7.2) ist das den Arbeitsräumen zutretende Wasser ohne Rückstau den Ableitungen zur Retention zuzuführen. Hierzu ist als Arbeitsraumverfüllung ein ausreichend durchlässiges Material vorzusehen, das zugleich eine ausreichende Verdichtbarkeit gewährleistet.

Aus ingenieurgeologischer Sicht ist vorzugsweise ein Brechkorngemisch der Körnung 5/45 mm zu verwenden.

11.8 Fahr- und Parkflächen

Zur Bemessung der Dicke des Straßenaufbaus wird die RStO 12/24 (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen, FGSV 2024) zugrunde gelegt. Dabei gilt als Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke die Frostempfindlichkeitsklasse des Bodens in Höhe des Erdplanums.

Die zukünftigen Fahr- und Parkflächen sind ebenfalls gemäß der RStO 12/24 zu bemessen. Nach den Tabellen 4 und 5 dieser Richtlinie sind die Fahr- und Parkflächen vermutlich der Belastungsklasse Bk0,3 bis Bk1,8 (PKW-Verkehr einschließlich Schwerverkehrsanteil) zuzuordnen. Die letztendliche Festlegung hat allerdings durch den Fachplaner zu erfolgen.

Unter Berücksichtigung der anstehenden Tonsteine sowie der tonigen bzw. stark feinkornhaltigen Böden (Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach ZTVE-StB 17) ergeben sich gemäß RStO 12/24 folgende Ausgangswerte für die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus.

Anmerkung: Der Tonstein wird aufgrund seiner Veränderlichkeit, der möglichen Auflockerung infolge der Erdarbeiten sowie seiner Witterungsanfälligkeit ebenfalls der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zugeordnet.

Tab. 13: Ausgangswerte für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus (aus RStO 12/24)

Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17 (Definition siehe Kap. 4)	Dicke d [cm] in Abhängigkeit der Belastungsklasse	
	Bk0,3	Bk1,8
F 3	55*	65*

* inkl. Mehrdicke infolge Frosteinwirkungszone II

Nach der RStO 12 ist bei den angenommenen Belastungsklassen auf der Schottertragschicht ein Tragwert E_{v2} von 100 bzw. 120 MN/m² für Asphaltbeläge und ein Tragwert E_{v2} von 120 bzw. 150 MN/m² für Pflasterbeläge zu erreichen.

Voraussetzung ist ein Tragwert von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Erdplanum und eine lagenweise Verdichtung der Schottertragschicht gemäß ZTVE-StB 17 (max. 0,30 m lagenweise verdichtet). Der Verhältniswert der Verformungsmodule muss auf der Tragschicht $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ betragen.

Liegt das Erdplanum in den verwitterten Ton- und Tonmergelsteinen, wie z. B. im Wirtschaftshof, wird der erforderliche Tragwert von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erfahrungsgemäß erreicht, sofern eine Aufweichung (siehe Kap. 11.5) unterbunden wird.

In den tonigen Böden wird der erforderliche Tragwert von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erfahrungsgemäß nicht erreicht. In den anstehenden Kiesen kann der erforderliche Tragwert je nach Feinkorngehalt ebenfalls unterschritten werden, sodass Maßnahmen zur Verbesserung oder Stabilisierung des Erdplanums einzuplanen sind.

▪ Bodenaustausch

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Tragfähigkeit des Erdplanums ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) besteht in der Durchführung eines Bodenaustausches. Hierbei wird der anstehende, unzureichend tragfähige Boden bis zur erforderlichen Tiefe ausgebaut und durch geeignetes, verdichtungsfähiges Material ersetzt bzw. die ungebundene Tragschicht entsprechend verstärkt.

Bei Annahme eines vorhandenen Tragwertes von $E_{v2} = 10 \text{ MN/m}^2$ (steife Konsistenz) ist gemäß FLOSS (Kommentar zur ZTVE-StB 09, Ausgabe 2011) ein Bodenaustausch in einer Mächtigkeit von etwa 35 bis 45 cm erforderlich.

Die endgültige Dimensionierung eines gegebenenfalls erforderlichen Bodenaustausches bzw. einer Tragschichtverstärkung ist anhand der tatsächlich vorliegenden Tragwerte im Bereich des Erdplanums festzulegen. Hierzu sind statische Plattendruckversuche nach DIN 18134 durchzuführen. Der Verformungsmodul ist vor Einbau der Tragschicht stichprobenartig an mehreren Stellen zu bestimmen.

Gegebenenfalls können zusätzlich Testfelder mit unterschiedlichen Austausch- bzw. Tragschichtmächtigkeiten hergestellt und mittels statischer Plattendruckversuche überprüft werden, um die erforderliche Mindestmächtigkeit objektbezogen festzulegen.

Der Verhältniswert in den durchzuführenden Plattendruckversuchen E_{v2}/E_{v1} muss auf dem Erdplanum grundsätzlich $\leq 2,5$, auf der Tragschicht $\leq 2,2$ betragen.

▪ Stabilisierung über Zuschlagstoffe

Als Alternative zu einem klassischen Bodenaustausch kann bei den tonigen Böden eine Verbesserung bzw. Stabilisierung mittels Zuschlagstoffe geprüft werden. Bei einer Stabilisierung über Zuschlagstoffe gilt Folgendes:

Da neben der Verbesserung der Verdichtbarkeit insbesondere eine Erhöhung der Tragfähigkeit erforderlich ist, wird empfohlen, ein Kalk-Zement-Bindemittel (ca. 30 bis 50 % Weißfeinkalk, 50 bis 70 % Zement) einzusetzen. Dabei ist auf eine intensive und gleichmäßige Durchmischung beim Einfräsen des Bindemittels

zu achten. Erfahrungsgemäß sind mindestens drei Fräsgänge erforderlich, um eine homogene Vermischung sicherzustellen.

Zur Erreichung des erforderlichen Tragwertes von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ im Bereich des Erdplanums sollte eine Bindemittelzugabe von mindestens 4 M.-% erfahrungsgemäß nicht unterschritten werden. Für die Ausschreibung ist in diesem Zusammenhang eine Bindemittelmenge von etwa 60 bis 80 kg/m³ vorzusehen.

Da die erforderliche Bindemittelmenge wesentlich von den Wassergehalten und den Witterungsbedingungen abhängt, sollte die endgültige Dosierung unmittelbar vor Baubeginn anhand von Eignungsprüfungen oder durch Herstellung eines Testfeldes festgelegt werden.

Aufgrund der hohen Witterungsempfindlichkeit der tonigen Böden ist insbesondere bei Niederschlagsereignissen mit einer deutlichen Erhöhung der Wassergehalte und einer damit verbundenen Reduzierung der Tragfähigkeit zu rechnen. Dies betrifft vor allem freiliegende und nicht geschützte Planumbereiche.

Die Tragfähigkeit des Erdplanums ist daher vor Festlegung der endgültigen Oberbaudimensionierung grundsätzlich durch statische Plattendruckversuche nach DIN 18134 zu überprüfen.

12 Verwertung von Aushubmaterial

Vor einer Verwertung von Bodenaushub ist das Material auf seine umweltchemische sowie seine bauphysikalische Eignung zu prüfen.

Eine Verwertung des Aushubmaterials auf dem Baugrundstück selbst ist aus umweltchemischen Gesichtspunkten nach der unten genannten Ersatzbaustoffverordnung grundsätzlich möglich.

12.1 Umweltchemische Einstufung

12.1.1 Grundlagen

Seit Inkrafttreten der Mantelverordnung (August 2023) ist Erdaushub in Abhängigkeit von der angestrebten Verwertung oder Entsorgung nach unterschiedlichen Regelwerken zu untersuchen:

- Verwertung in technischen Bauwerken außerhalb des Standortes (z. B. Lärmschutzwälle, Bauwerksgründungen, Linienbauwerke): Untersuchung nach der Ersatzbaustoffverordnung (EBV, 2021); diese Parameter entsprechen den üblichen Ausschreibungsgrundlagen nach VOB.
- Entsorgung auf einer Deponie: Untersuchung nach der Deponieverordnung (DepV, 2009).
- Annahmestellen können darüber hinaus eigene Anforderungen festlegen, die die genannten Regelungen ergänzen oder verschärfen.

Vor jeder Verwertung oder Entsorgung ist daher die jeweilige Annahmestelle durch den Verwerter/Entsorger zu kontaktieren, um den erforderlichen Untersuchungsumfang (abhängig von der Aushubmenge) abzustimmen.

Wird eine Haufwerksbeprobung gefordert, ist das Material separat zu lagern und gemäß LAGA PN 98 am Haufwerk zu beproben; die Proben sind anschließend für eine abschließende Deklaration nach den Vorgaben der Annahmestelle zu untersuchen.

12.1.2 Untersuchungsergebnisse und Bewertung

Bei den vorliegenden Ergebnissen handelt es sich um eine Vordeklaration für die Ausschreibungsarbeiten. Die Einstufung erfolgt auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen und unter der Annahme, dass die untersuchten Proben repräsentativ für den künftig anfallenden Aushub sind. Eine Verwertung oder Entsorgung kann auf Basis der vorliegenden Ergebnisse zwar grundsätzlich beim jeweiligen Verwerter oder Entsorger angefragt werden, eine verbindliche Annahmезusage kann hieraus jedoch nicht abgeleitet werden.

Bei der Baugrunderkundung wurden keine sensorischen Auffälligkeiten festgestellt. Eine Belastung mit verwertungsrelevanten Schadstoffen, auch natürlicher Art (geogen), ist jedoch selbst bei unauffälligen Böden nicht völlig auszuschließen.

▪ Vordeklaration nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV)

Im Hinblick auf die abfallrechtliche Bewertung des künftig anfallenden Aushubmaterials wurden die angetroffenen Böden beprobt. Aus den entnommenen Mischproben wurden drei repräsentative Sammelproben für die angetroffenen Horizonte (Ton, Kies und Tonstein) gebildet und umweltchemischen Analysen gemäß den Parametern der Ersatzbaustoffverordnung (Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke [Ersatzbaustoffverordnung – ErsatzbaustoffV], vom 09. Juli 2021) zugeführt.

Der Laborprüfbericht (Agrolab 3799195) kann in der Anlage 6 eingesehen werden.

Die Mischprobe der Tone ist aufgrund der feinkörnigen Zusammensetzungen nach den Materialwerten der Bodenart „Ton“ einzustufen. Für die Mischprobe der Kiese sind gemäß Tabelle 3, Fußnote 2 der EBV (Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke [Ersatzbaustoffverordnung - ErsatzbaustoffV], 09. Juli 2021) für Bodenmaterial, das nicht spezifisch den Bodenarten Ton, Lehm/Schluff oder Sand zugeordnet werden kann, die Materialwerte der Bodenart „Lehm/Schluff“ heranzuziehen. Für die Mischprobe des Tonsteinbruchs gilt, dass dieser sich aus Tonmineralen zusammensetzt, welche das physikalische und chemische Verhalten des Aushubmaterials bestimmen. Es sind aus gutachterlicher Sicht die Materialwerte der Bodenart „Ton“ heranzuziehen.

▪ **Tone und Kiese**

In den Proben B5-B8 / MP-Ton und B7+B8 / MP-Kies wurden erhöhte Arsengehalte von 34 bzw. 25 mg/kg im Feststoff gemessen, die nach den Materialwerten der EBV für Bodenmaterial zu einer Einstufung in die Klasse **BM-F0*** führen.

Kommentar und Hinweise:

Bei dem Erdaushub handelt es sich um Hanglehme und Hangschuttdecken des mittleren Jura, bei dem Fels um Festgesteine der Opalinuston-Formation. Diese können geogen erhöhte Arsen- und Schwermetallgehalte aufweisen (siehe „20 Jahre Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg“ Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Stand 12.2008 sowie „Geogene Schadstoffe in Böden - Handlungsempfehlungen der Landkreise Rottweil, Waldshut und Schwarzwald-Baar-Kreis“, Stand 04.2024). Daher können die festgestellten Arsenerhöhungen aus gutachterlicher Sicht im vorliegenden Fall als geogen (natürlich) betrachtet werden.

Es wird auf § 21 „Behördliche Entscheidung“ der EBV hingewiesen, gemäß dem durch die zuständige Fachbehörde im Einzelfall günstigere Einbauweisen zugelassen sowie flächenhafte Überschreitungen der Materialwerte berücksichtigt werden können, wenn nachteilige Veränderungen der Grundwasserbeschaffenheit sowie schädliche Bodenveränderungen ausgeschlossen werden können.

Die geogenen Schadstoffe wurden im Feststoff, nicht aber im Eluat festgestellt, weshalb diese als mineralisch gebunden und nicht mobil bzw. wasserlöslich zu betrachten sind. Ein nachteiliger Einfluss auf das Grundwasser kann daher aus gutachterlicher Sicht ausgeschlossen werden. Auch eine schädliche Bodenveränderung ist auszuschließen, wenn das Material an einem Standort mit einer vergleichbaren geogenen Hintergrundbelastung verwertet wird. Das trifft vorwiegend auf die Festgesteine des unteren und mittleren Jura zu.

▪ **Tonstein**

In der Probe B5-B8 / MP-Tonstein wurde ein geringfügig erhöhter TOC-Gehalt von 1,1 Ma.-% festgestellt. Es wird auf die Fußnote 7 der Tabelle 3 der Anlage 1 der Ersatzbaustoffverordnung verwiesen, nach der es sich hier nicht um einen Grenzwert, sondern um einen stoffspezifischen Orientierungswert handelt. Für eine mögliche Verwertung des Materials wird, wie in der Fußnote beschrieben, auf § 6 Absatz 11 Satz 2 und 3 der Bundes- Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) verwiesen.

Aus gutachterlicher Sicht kann der erhöhte TOC-Gehalt im vorliegenden Fall toleriert werden. Da in der Probe keine weiteren auffälligen Parameter festgestellt wurden, erfolgt für den Tonstein daher eine Einstufung in die Materialklasse **BM-0**.

▪ Vordeklaration nach Deponieverordnung (DepV)

Sollte für das Material (Tone, Kiese und Tonstein) keine geeignete Verwertungsmaßnahme gefunden werden, kann es gemäß der Deponieverordnung (Verordnung über Deponien und Langzeitlager [Deponieverordnung - DepV], 27. April 2009 [BGBl. I S. 900], zuletzt geändert am 3. Juli 2024 [BGBl. 2024 I Nr. 225]), § 6 Absatz 1a ohne zusätzliche Analytik als DK 0 - Material entsorgt werden.

12.1.3 Bauphysikalische Eignung und Hinweise zur Arbeitsraumverfüllung

Die nachfolgenden Ausführungen gelten unabhängig von einer möglichen Schadstoffbelastung des Bodens, die einen Wiedereinbau unter umweltrechtlichen Gesichtspunkten ausschließen kann.

- Die Tone sind aufgrund ihrer Frostepfindlichkeit (vgl. Kap. 4) sowie gemäß ZTVE-StB 17 nicht für einen frostsicheren Wiedereinbau geeignet.
- Gleiches gilt für Tonsteine, die oberflächennah rasch ihre Gefügefestigkeit verlieren.
- Die Kiese lassen sich setzungsarm verdichten, sind jedoch nicht frostsicher, was im Zuge zukünftiger Baumaßnahmen aber bei Bedarf zu überprüfen ist.

Für setzungsarme Arbeitsraumverfüllungen ist grundsätzlich ein gut verdichtbares und oberhalb der Frosteindringtiefe frostsicheres Material zu verwenden. Der Einbau hat lagenweise ($\leq 0,30$ m) mit ausreichender Verdichtung zu erfolgen.

Bei der Planung und Ausführung von befestigten Außenflächen und Grabenverfüllungen sind Frostsicherheit und Tragfähigkeit des Aufbaus sicherzustellen.

Müssen aus wirtschaftlichen Gründen ungeeignete Materialien wiederverwendet werden, darf dies nur unterhalb der Frosteindringtiefe oder in Bereichen erfolgen, in denen Frost-Tau-Wechsel und Setzungen toleriert werden können.

- Mutterboden ist ausschließlich außerhalb von Bauwerken, z. B. zur Geländeneivellierung, wieder einzubauen.

Für die Wahl der Materialien und die Verdichtungsanforderungen wird auf die ZTVE-StB 17 verwiesen.

Die bautechnischen Eigenschaften des witterungsempfindlichen Materials verändern sich bei Wasserzutritten negativ und können somit einen Wiedereinbau erschweren. Das zum Wiedereinbau vorgesehene Material ist deshalb abgedeckt zu lagern.

13 Abschließende Bemerkungen

Das vorliegende Gutachten wurde anhand der zur Verfügung stehenden Unterlagen erarbeitet. Die Untergrundverhältnisse wurden auf der Grundlage der in Kapitel 1 genannten Unterlagen beschrieben und beurteilt. Die Angaben beziehen sich nur auf die Untersuchungsstellen zum Zeitpunkt der Erkundung. Abweichungen sind nicht auszuschließen. Eine sorgfältige Überprüfung der im Rahmen der Baumaßnahme angetroffenen Boden- und Grundwasserverhältnisse im Vergleich mit den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen sowie eine detaillierte Untersuchung von Einzelbauwerken ist deshalb erforderlich.

Ergeben sich Fragen bei der Planung und Ausführung, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Dipl. Geologe Heiner Terton
Beratender Geowissenschaftler BDG
Ingenieurbüro für Angewandte Geologie



H. Terton

Anlagen

Anl. 1: Geographische Lage des Untersuchungsgebietes



Zeichenerklärung:

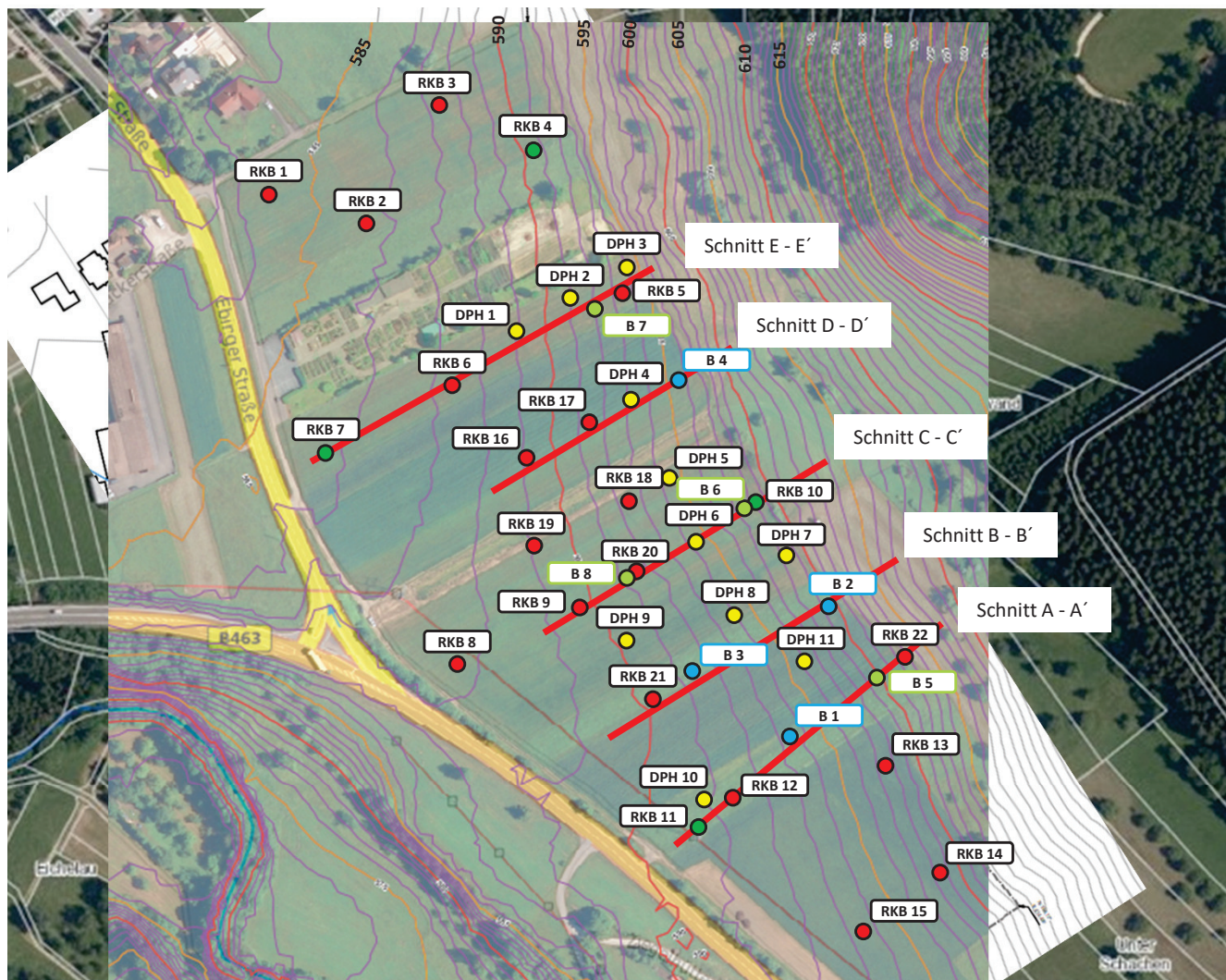


Lage des
Untersuchungsgebietes

Kartengrundlage:
Google Earth

Projekt:		BV Neubau Zollernalb Klinikum Flurstücke 3818 - 3853 72336 Balingen-Dürrwangen	
Projekt-Nr.:		B 22 07 02	
Planinhalt:		Geographische Übersicht	
Anlage:	1	Maßstab:	o. M.
Datum:	01.06.2022	Bearbeiter:	ML
GeoTerton / Dipl. Geologe Heiner Terton Beratender Geowissenschaftler BDG Ingenieurbüro für Angewandte Geologie Siemensstr. 13 72116 Mössingen Telefon: 07473/240909-0 Telefax: 240909-9 Email: kontakt@geoterton.de			

Anl. 2: Lageplan mit Aufschlusspunkten und Profilschnitten



Zeichenerklärung:

- Profilschnitt
- Rammkernbohrung (RKB)
- RKB, ausgebaut zur Grundwassermessstelle (GWM)
- Rammsondierung (DPH)
- großkalibrige Bohrung (B), B1, B2 und B4 ausgebaut zur Grundwassermessstelle
- Großkalibrige Bohrung (B) 2026

Kartengrundlage:

Daten- und Kartendienst der LUBW, Lageplan mit Vermaßung, Erstellt durch Nickl & Partner, Stand 20.03.2023 überlagert von PL 3 – Entwurf, Stand 22.05.2024

Projekt:	BV Neubau Zollernalb Klinikum Flurstücke 3818 - 3853 72336 Balingen-Dürrwangen		
Projekt-Nr.:	B 24 05 03		
Planinhalt:	Lageplan mit Aufschlusspunkten und Schnitt		
Anlage:	2	Maßstab:	o. M.
Datum:	26.01.2026	Bearbeiter:	JH / SP / HT
GeoTerton / Dipl. Geologe Heiner Terton Beratender Geowissenschaftler BDG Ingenieurbüro für Angewandte Geologie Siemensstr. 13 72116 Mössingen Telefon: 07473/240909-0 Telefax: 240909-9 Email: kontakt@geoterton.de			

Anl. 3: Graphische Darstellung der Aufschlusspunkte

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Boden- und Felsarten



Mutterboden, Mu



Schluff, U, schluffig, u



Sand, S, sandig, s



Mergelstein, Mst



Ton, T, tonig, t



Kies, G, kiesig, g



Tonstein, Tst

Korngrößenbereich
f - fein
m - mittel
g - grob

Nebenanteile
' - schwach (<15%)
- - stark (30-40%)

Homogenbereiche nach DIN 18300

- A** Mutterboden / Ackerboden (organischer Oberboden)
- B** fein- bis gemischtkörnige Böden (Tone, Schluffe, plastifizierte Tonsteine)
- C** grob- bis gemischtkörnige Böden (Kiese)
- D** Festgesteine (Tonsteine, gering- bis stark verwittert)

Bodenklasse nach DIN 18300 (veraltet)

- 1** Oberboden (Mutterboden)
- 2** Fließende Bodenarten
- 3** Leicht lösbare Bodenarten
- 4** Mittelschwer lösbare Bodenarten
- 5** Schwer lösbare Bodenarten
- 6** Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten
- 7** Schwer lösbarer Fels

Lagerungsdichte

• • • locker • • • mitteldicht • • • dicht • • • sehr dicht

Konsistenz

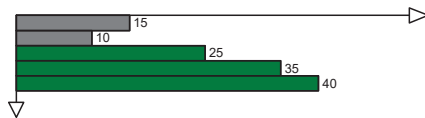
~ ~ ~ breiig ~ ~ ~ weich | | | steif | | | halbfest || || fest

Proben

- A1 1,00 Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie A aus 1,00 m Tiefe
- B1 1,00 Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie B aus 1,00 m Tiefe
- C1 1,00 Probe Nr 1, entnommen mit einem Verfahren der Entnahmekategorie C aus 1,00 m Tiefe
- W1 1,00 Wasserprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

Legende und Zeichenerklärung nach DIN 4023

Rammdiagramm



Farben

	locker
	mitteldicht
	dicht

Grundwasser

▽ 1,00
Datum Grundwasser am Datum in 1,00 m unter Gelände angebohrt

▽ 1,00
Datum Grundwasser in 1,80 m unter Gelände angebohrt, Anstieg des Wassers auf 1,00 m unter Gelände am Datum

▽ 1,00
Datum Grundwasser nach Beendigung der Bohrarbeiten am Datum

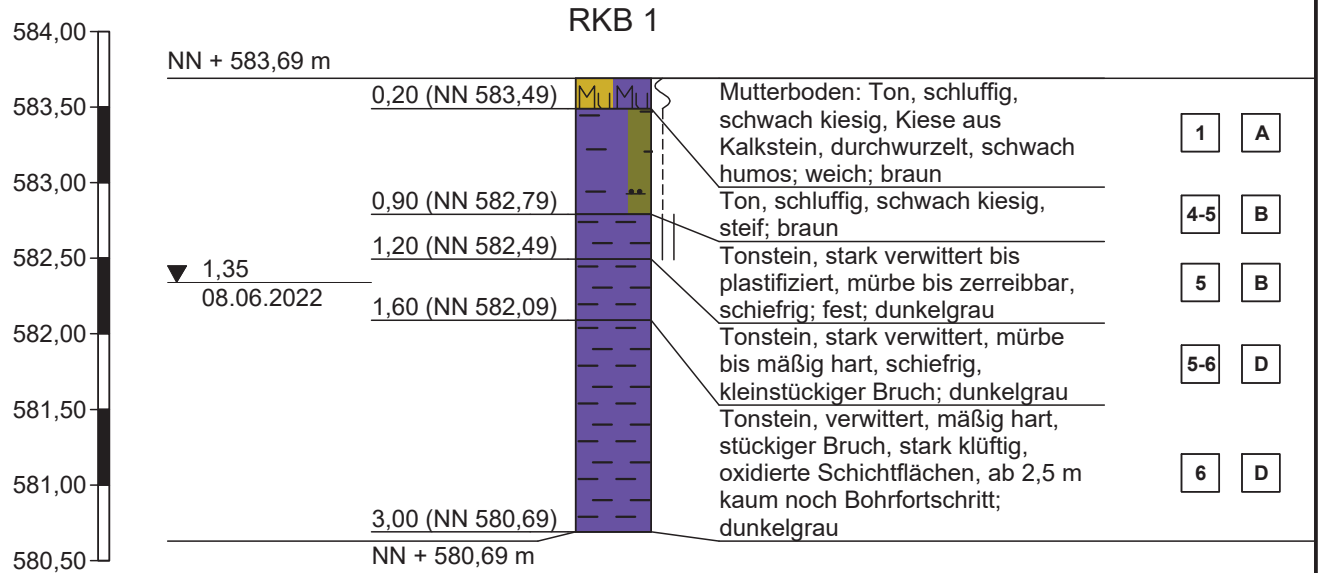
▽ 1,00
Datum Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch

1,00
Datum
↓ Wasser versickert in 1,00 m unter Gelände

Bodengruppe nach DIN 18196

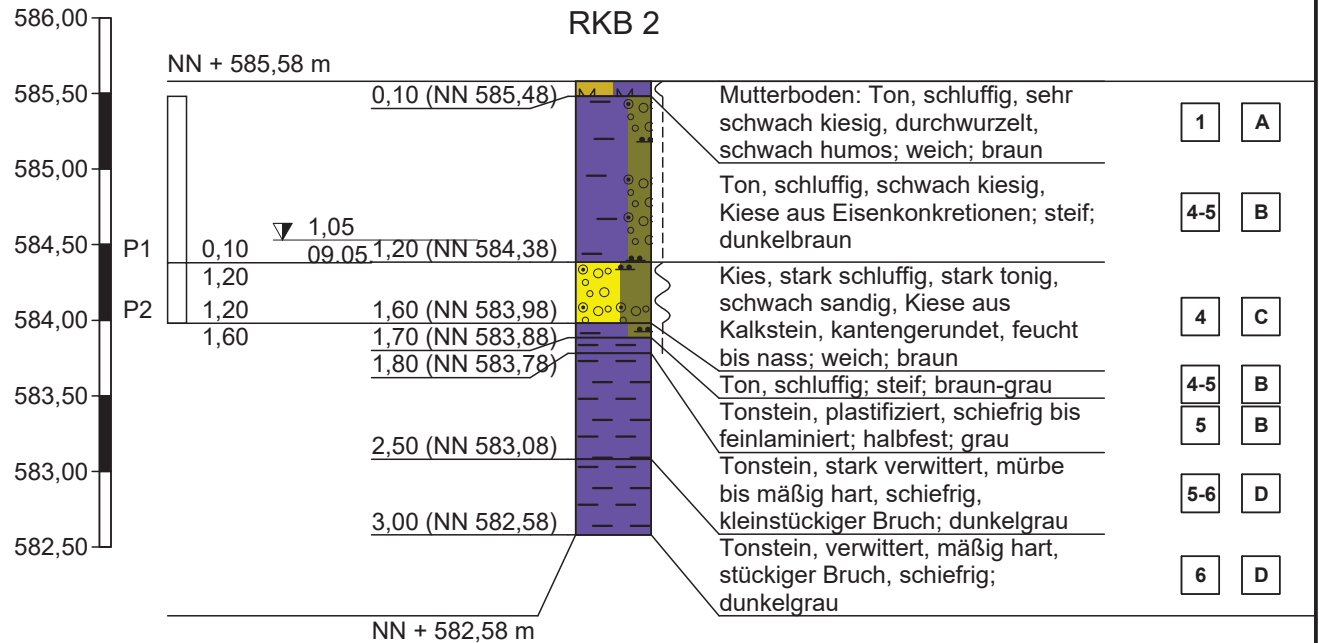
GE enggestufte Kiese	GW weitgestufte Kiese
GI Intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische	SE enggestufte Sande
SW weitgestufte Sand-Kies-Gemische	SI Intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische
GU Kies-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm	GU* Kies-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
GT Kies-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm	GT* Kies-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
SU Sand-Schluff-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm	SU* Sand-Schluff-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
ST Sand-Ton-Gemische, 5 bis 15% $\leq 0,06$ mm	ST* Sand-Ton-Gemische, 15 bis 40% $\leq 0,06$ mm
UL leicht plastische Schluffe	UM mittelplastische Schluffe
UA ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff	TL leicht plastische Tone
TM mittelplastische Tone	TA ausgeprägt plastische Tone
OU Schluffe mit organischen Beimengungen	OT Tone mit organischen Beimengungen
OH grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art	OK grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen, kieseligen Bildungen
HN nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)	HZ zersetzte Torfe
F Schlämme (Faulschlamm, Mudde, Gytja, Dy, Sapropel)	[] Auffüllung aus natürlichen Böden
A Auffüllung aus Fremdstoffen	

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



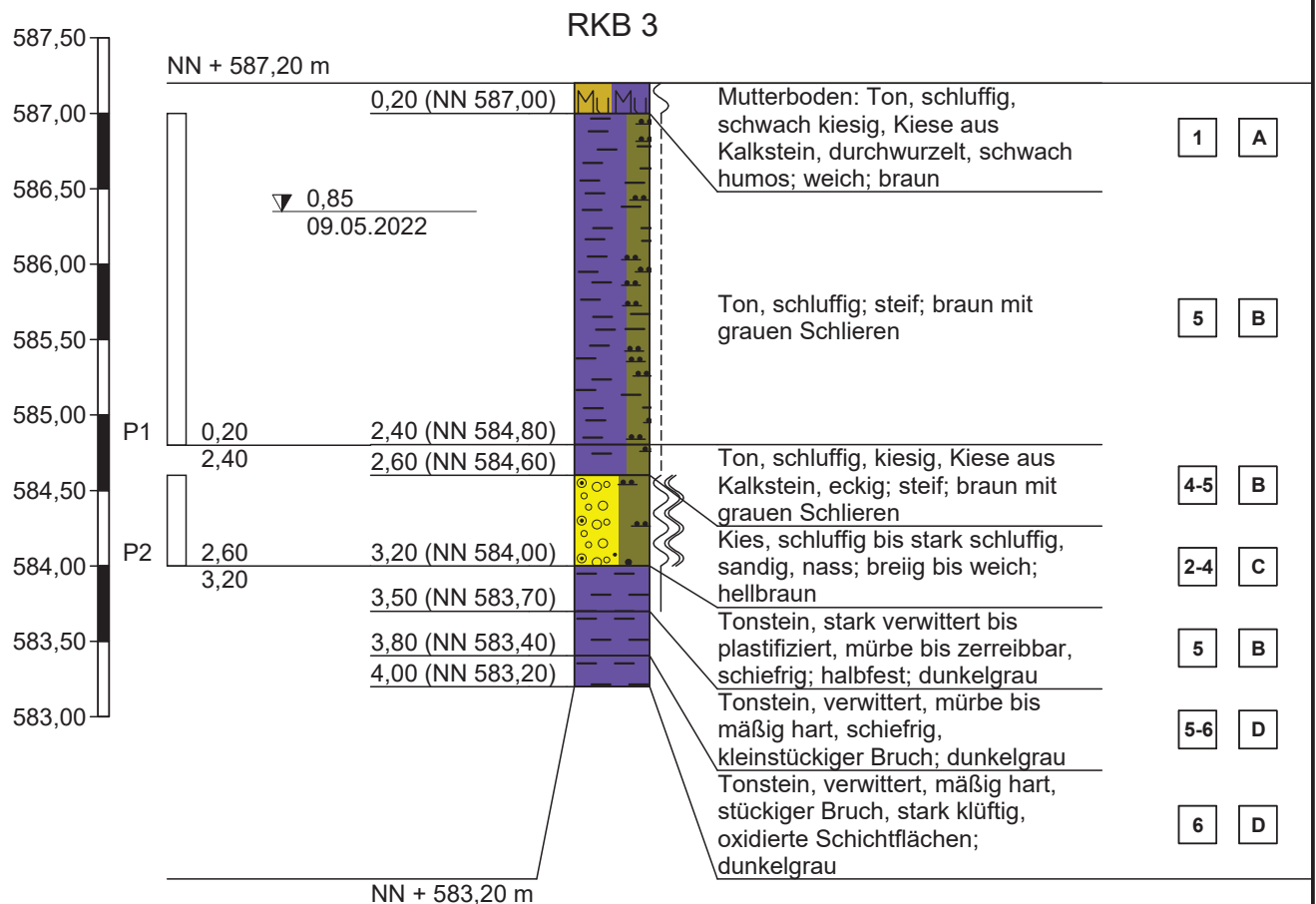
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



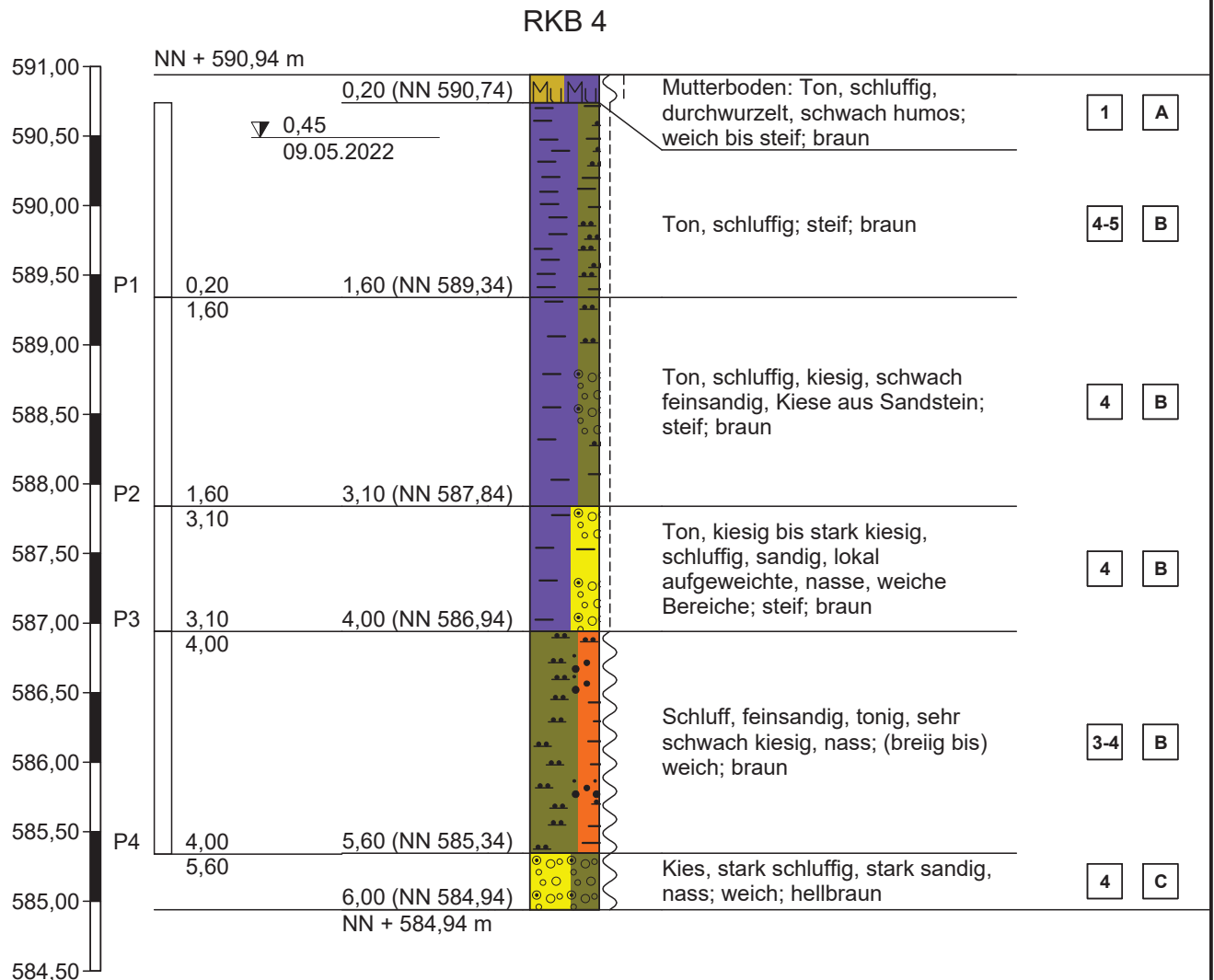
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



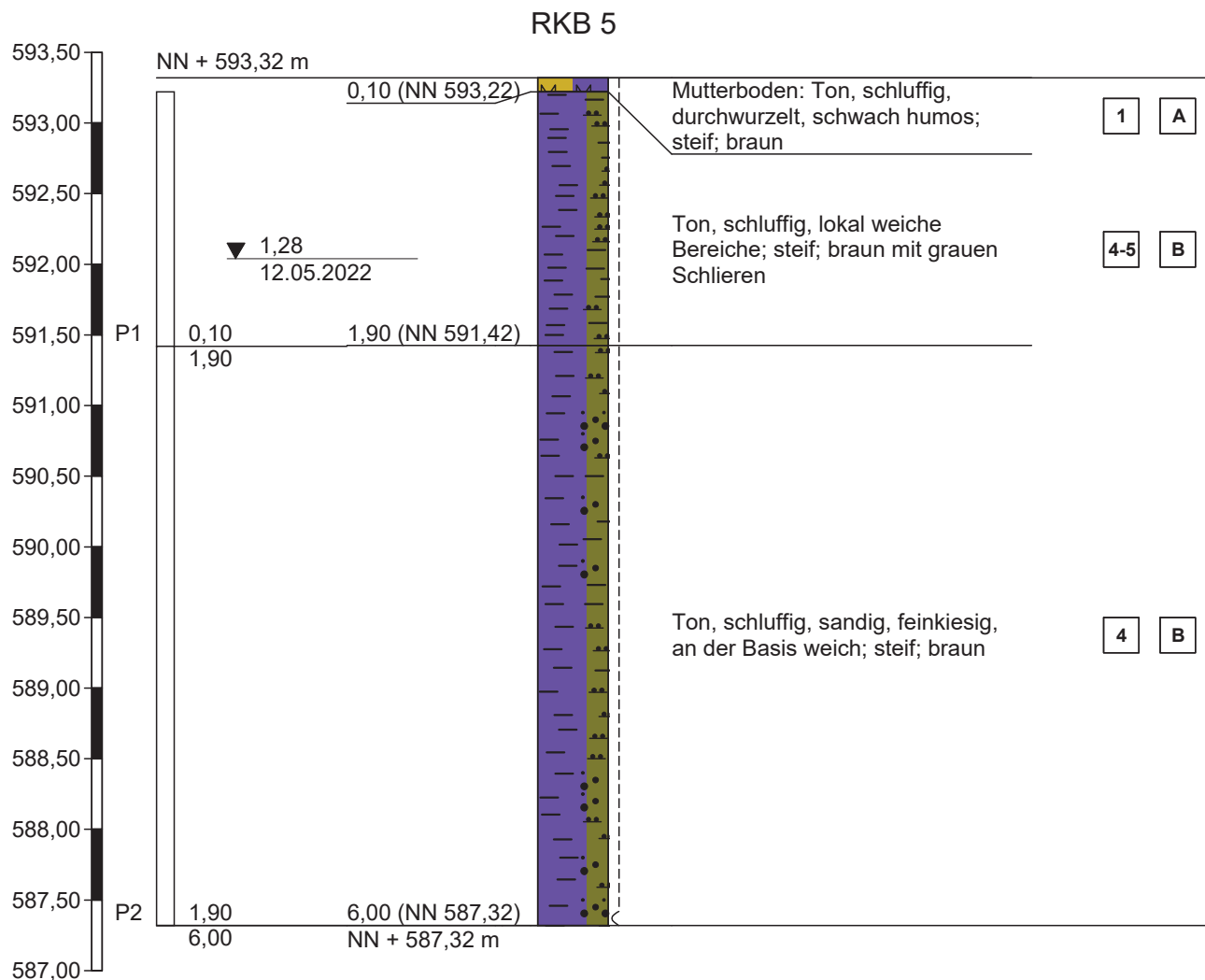
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



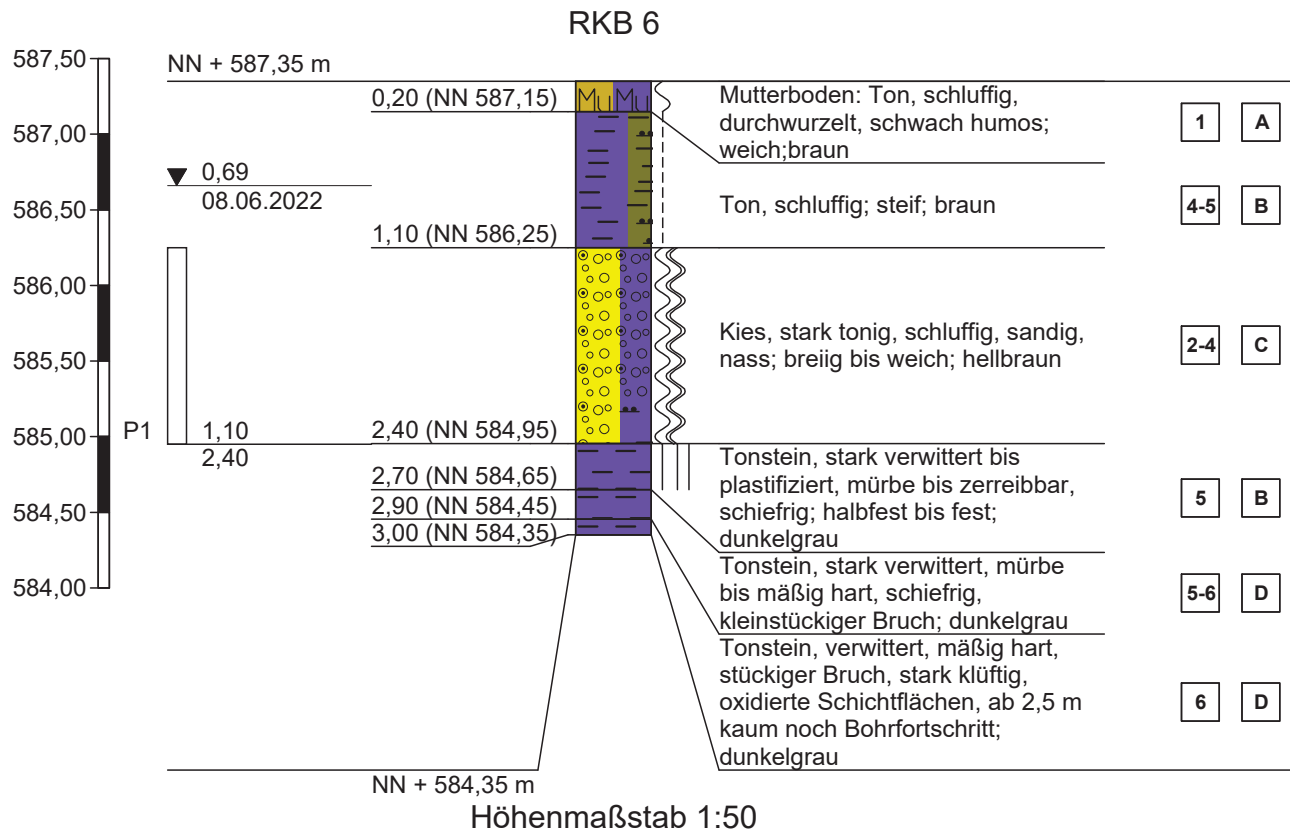
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

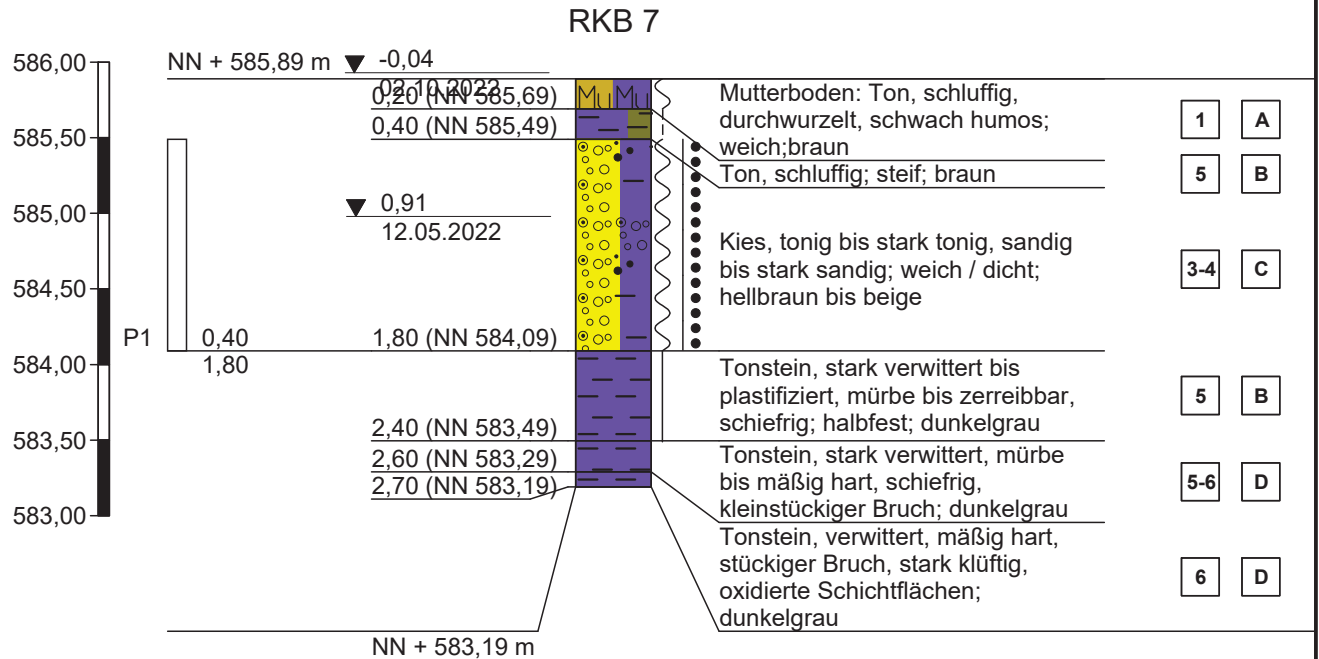


Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

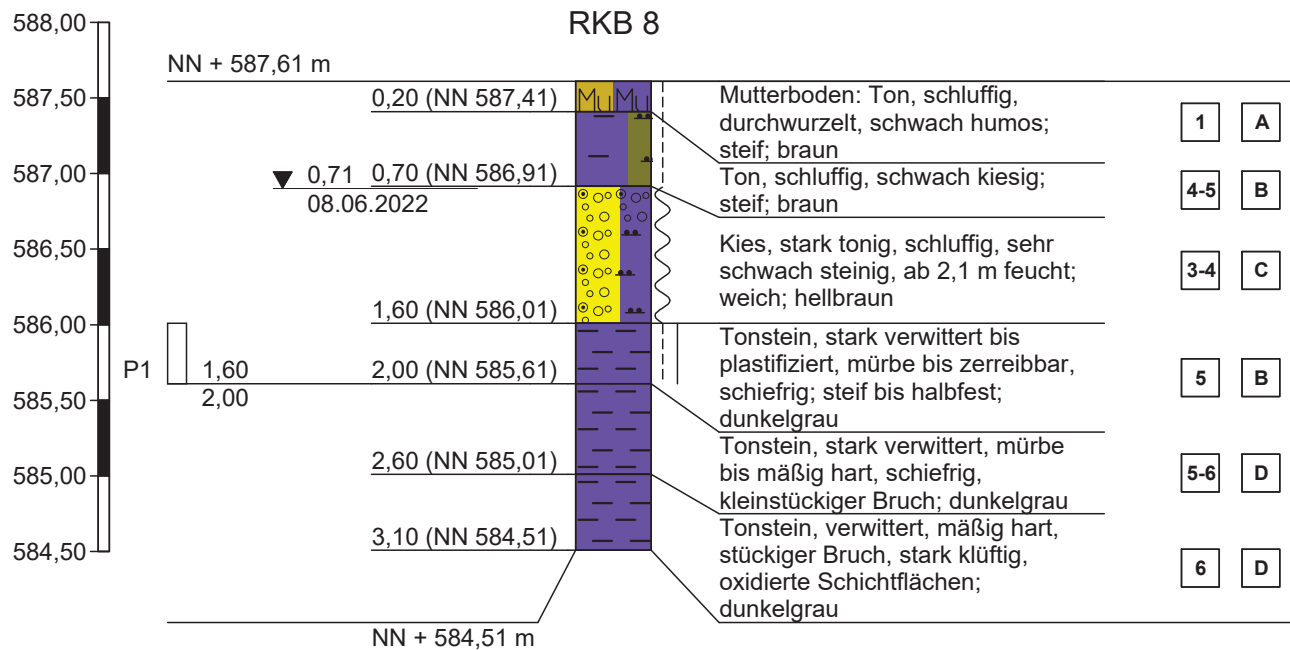


Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



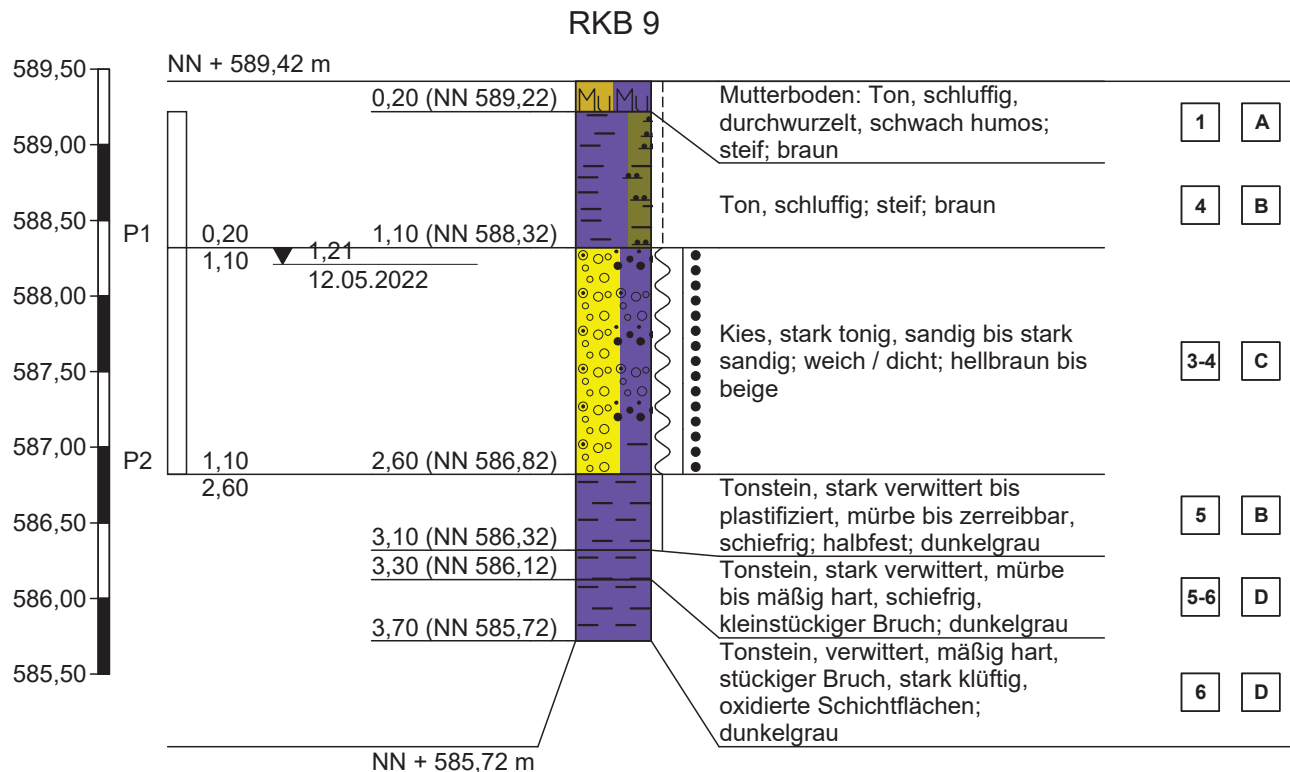
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



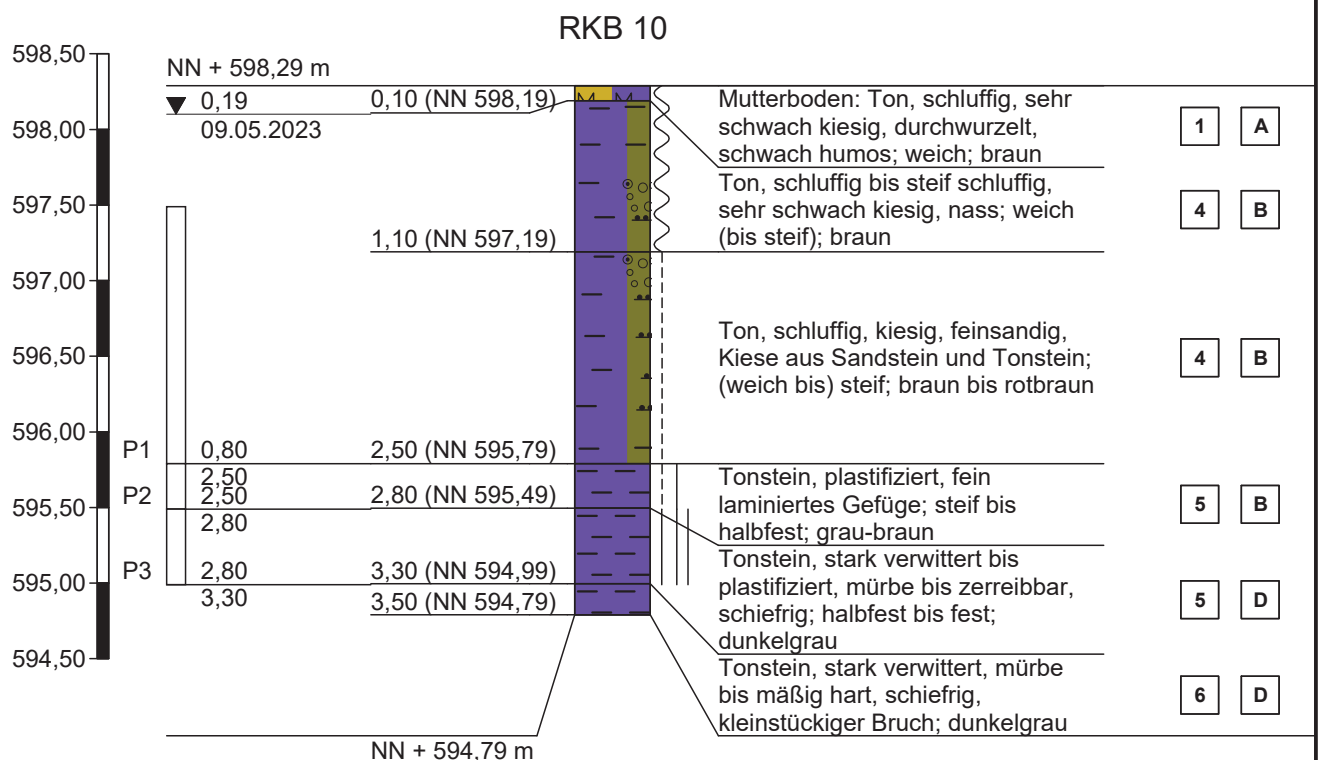
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



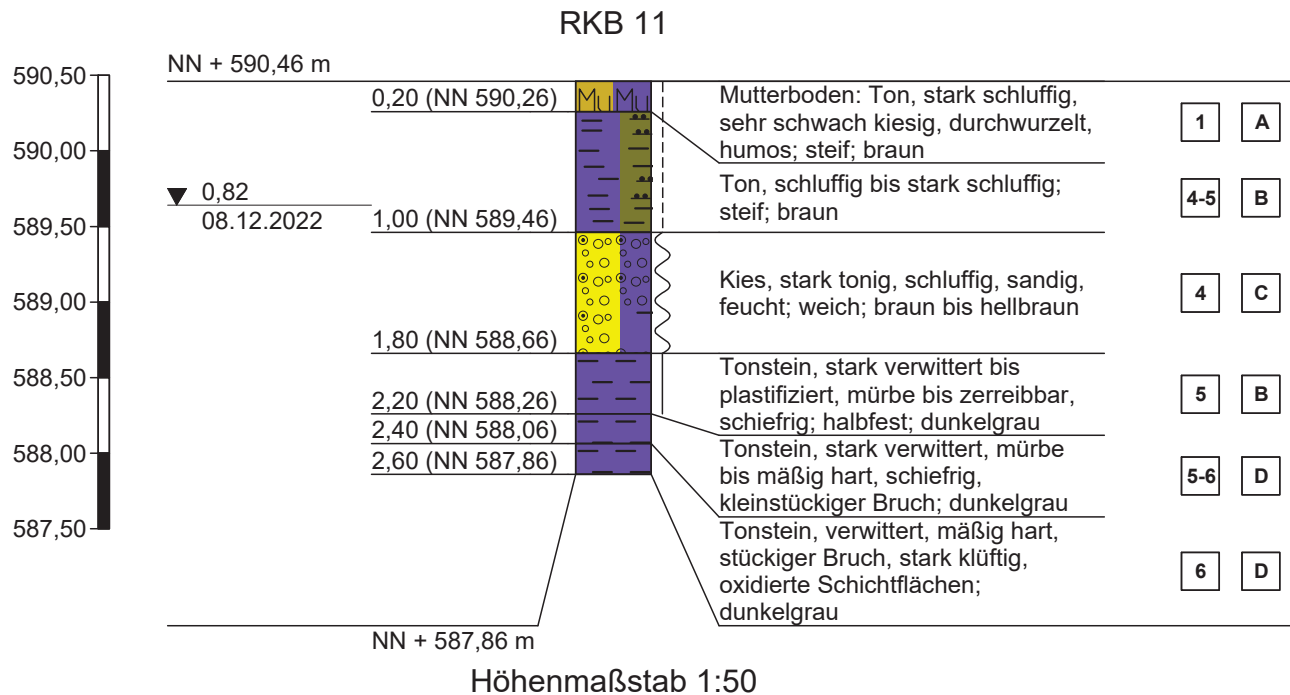
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

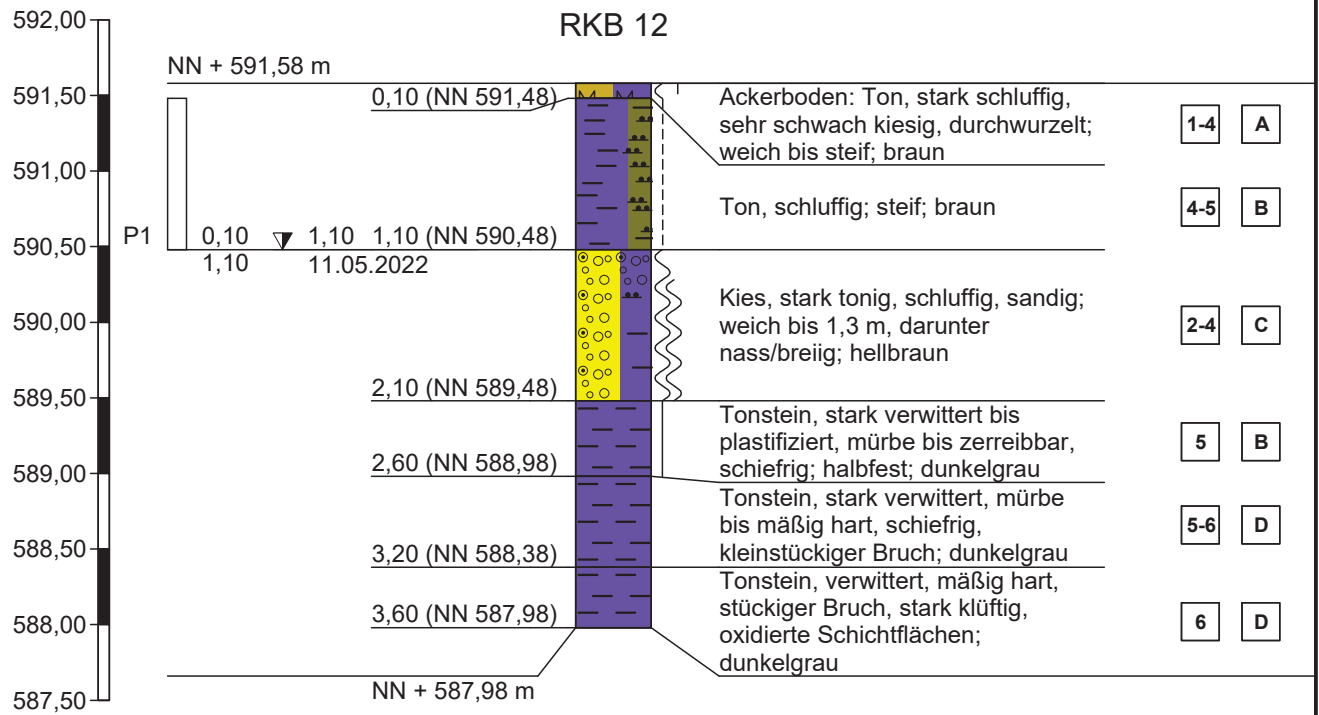


Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

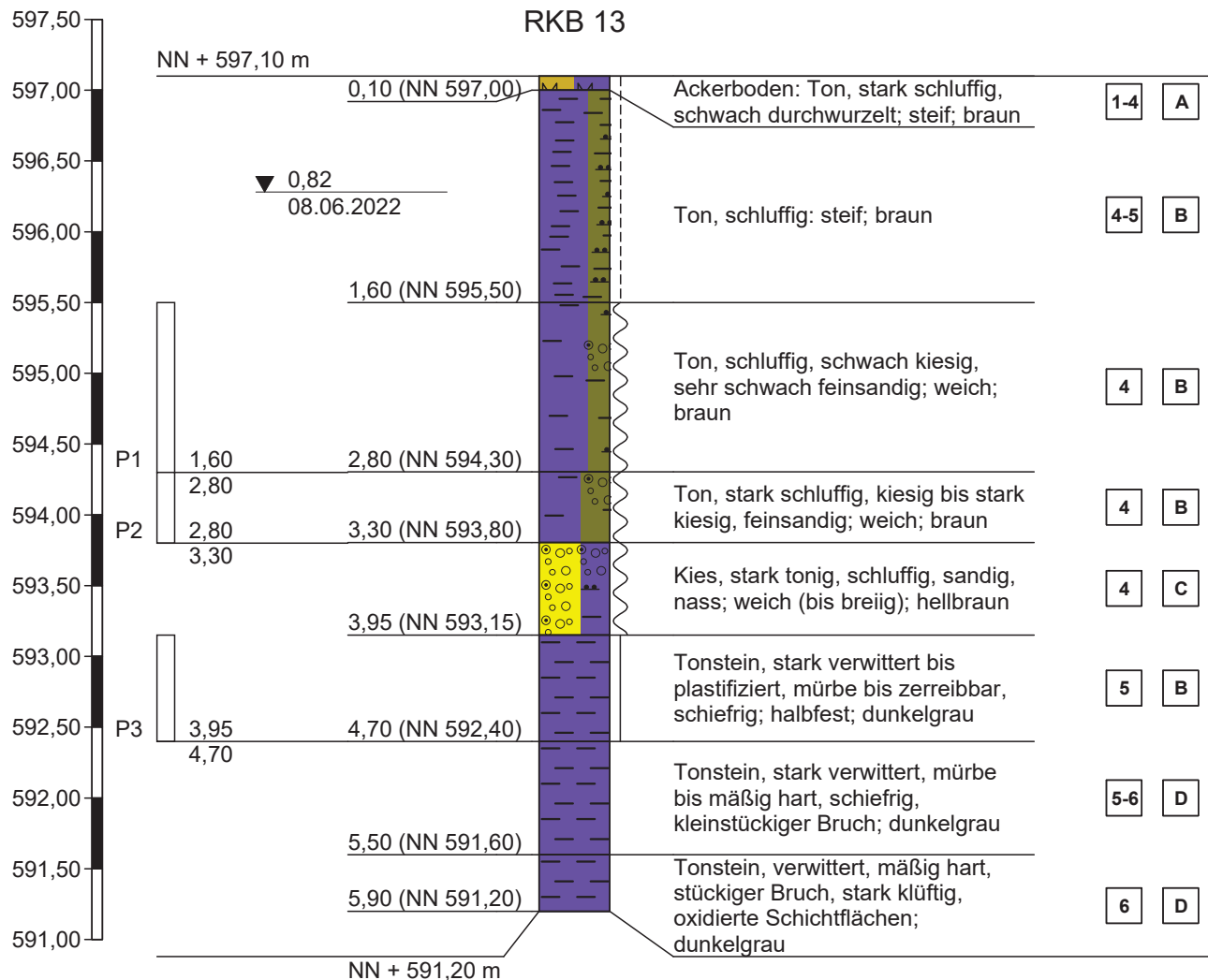


Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



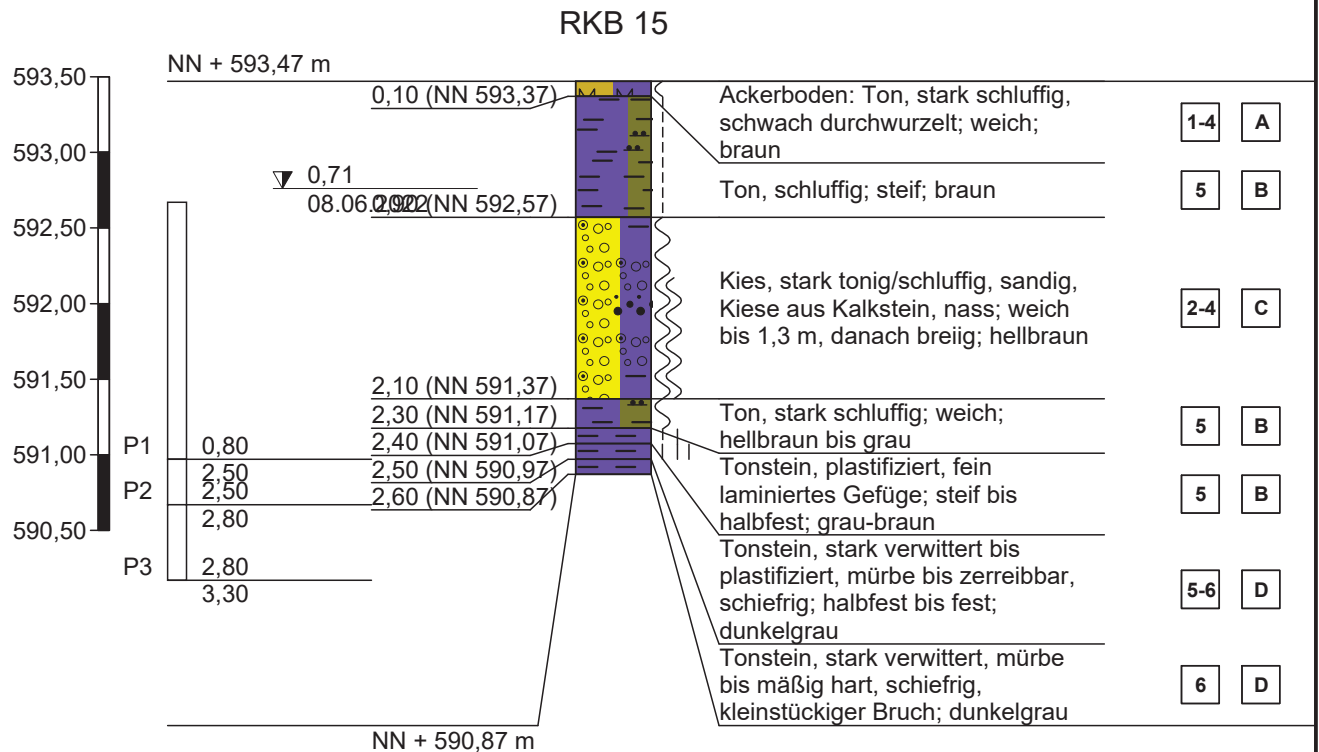
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



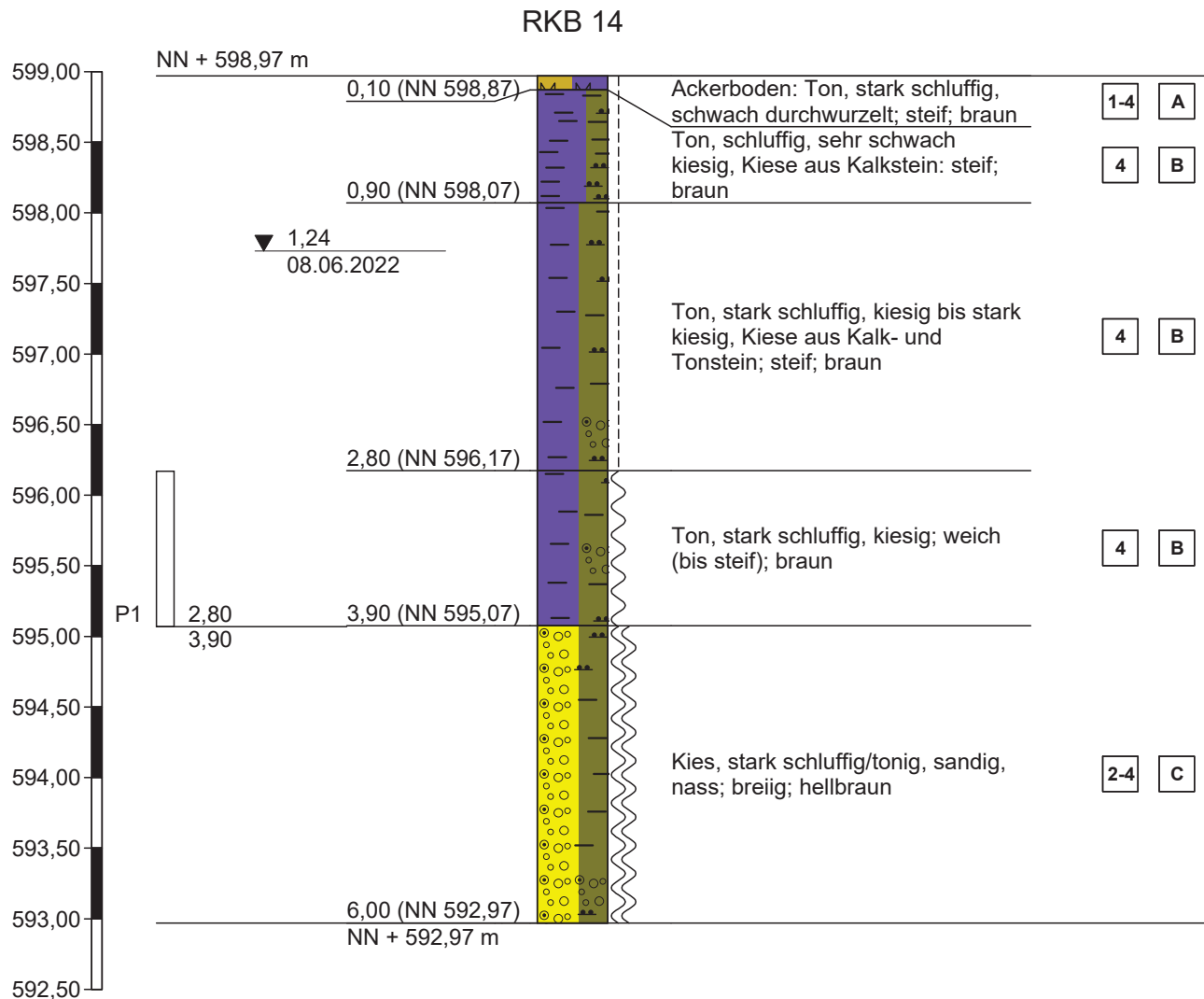
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



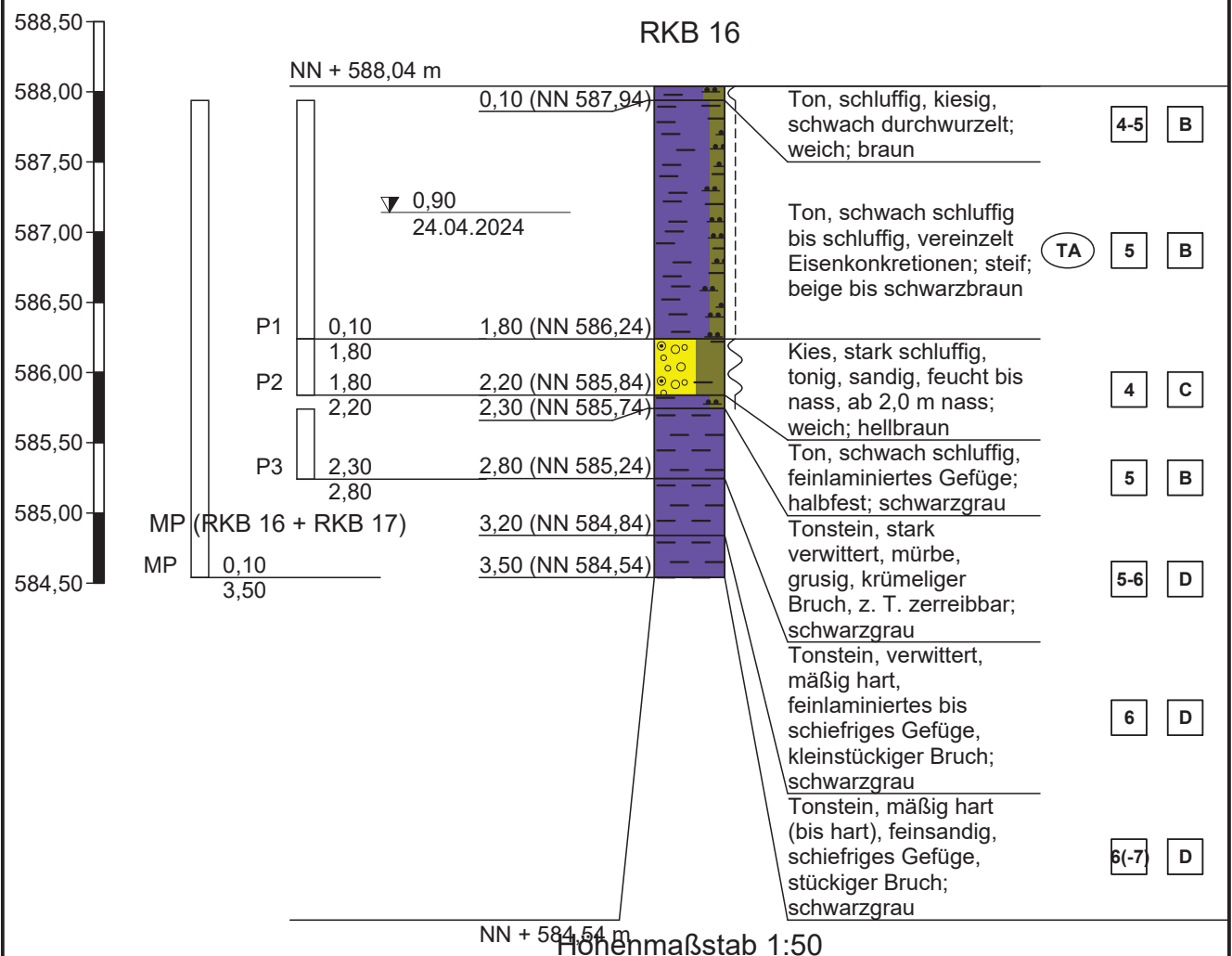
Höhenmaßstab 1:50

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

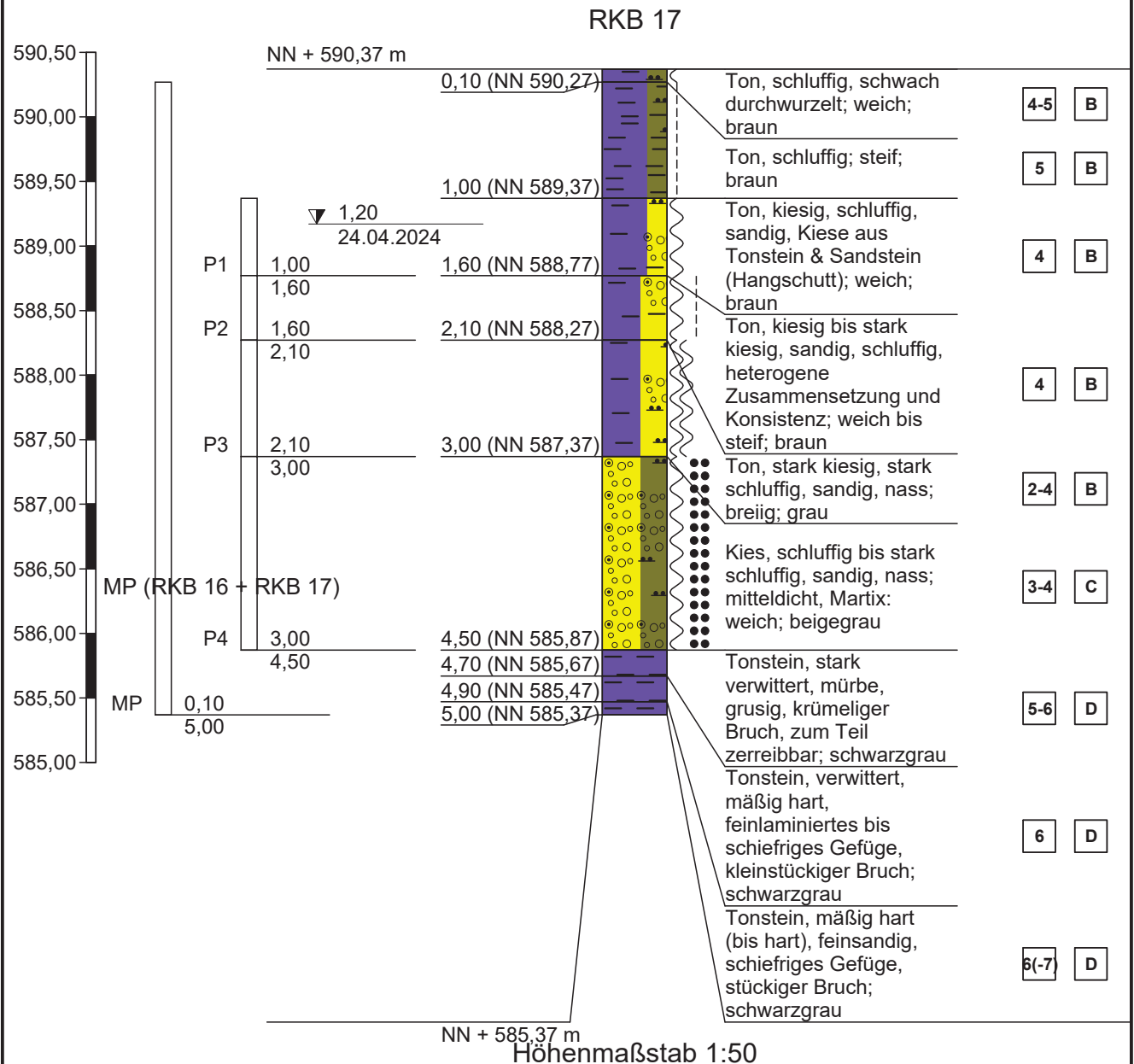


Höhenmaßstab 1:50

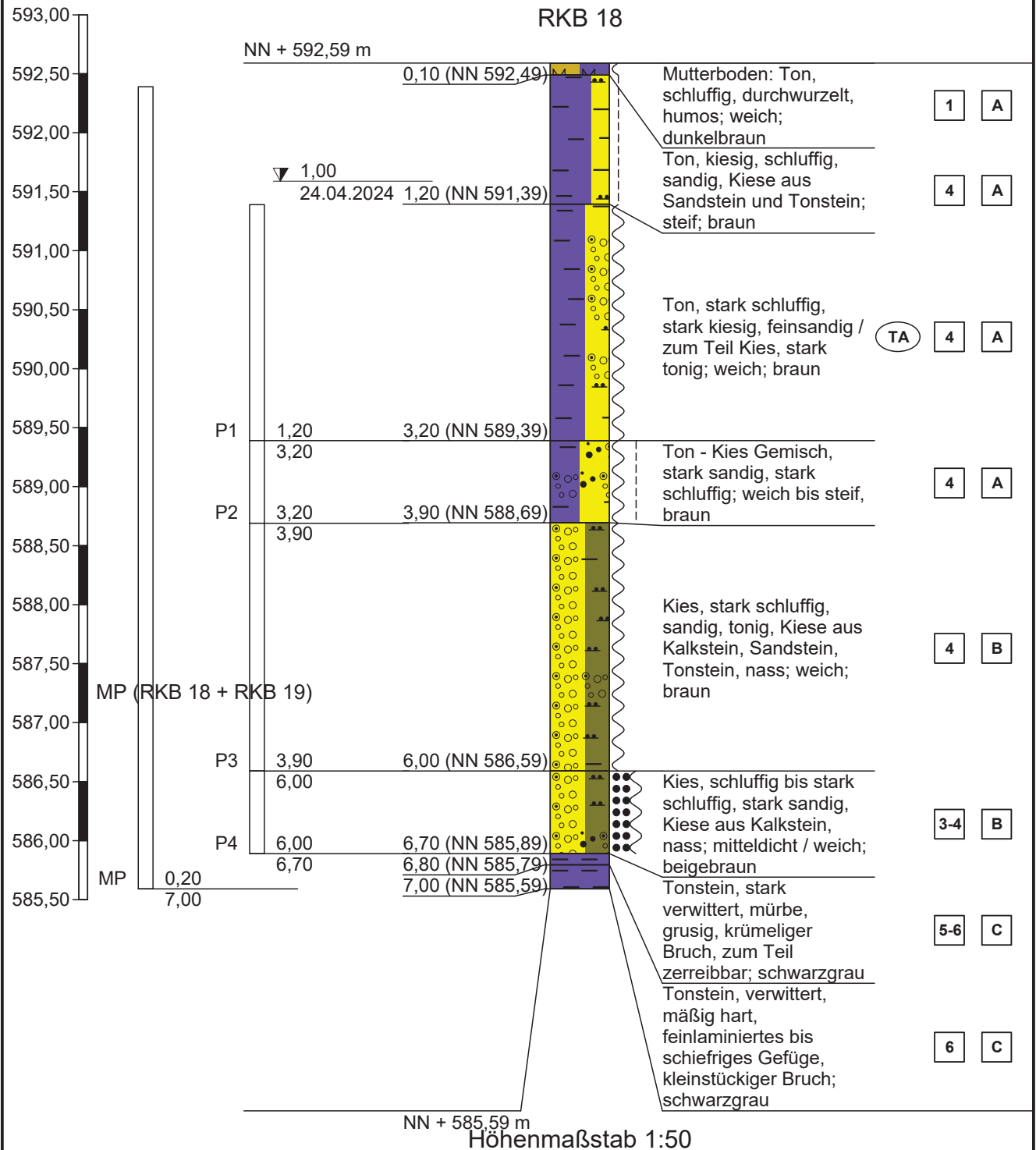
Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



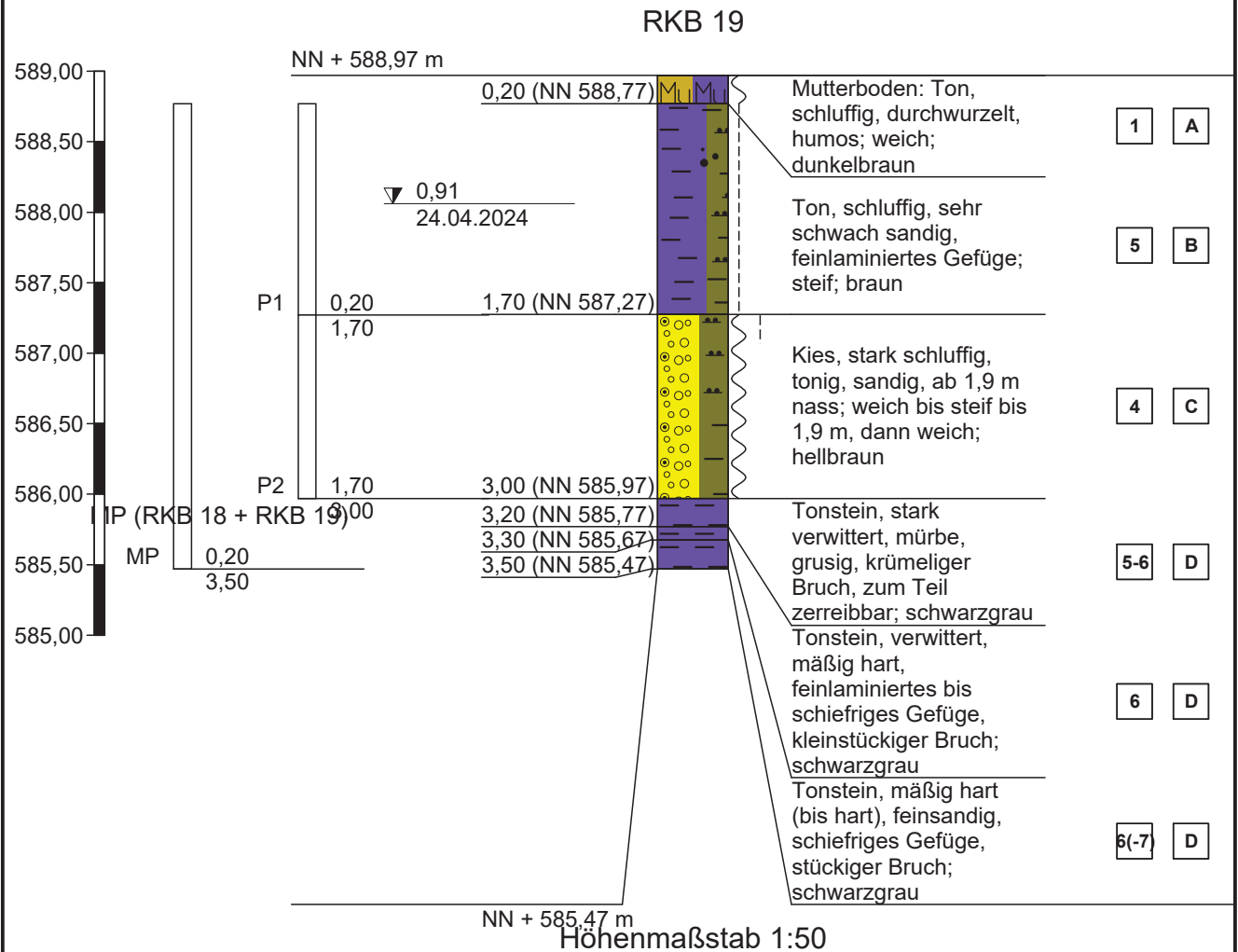
Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



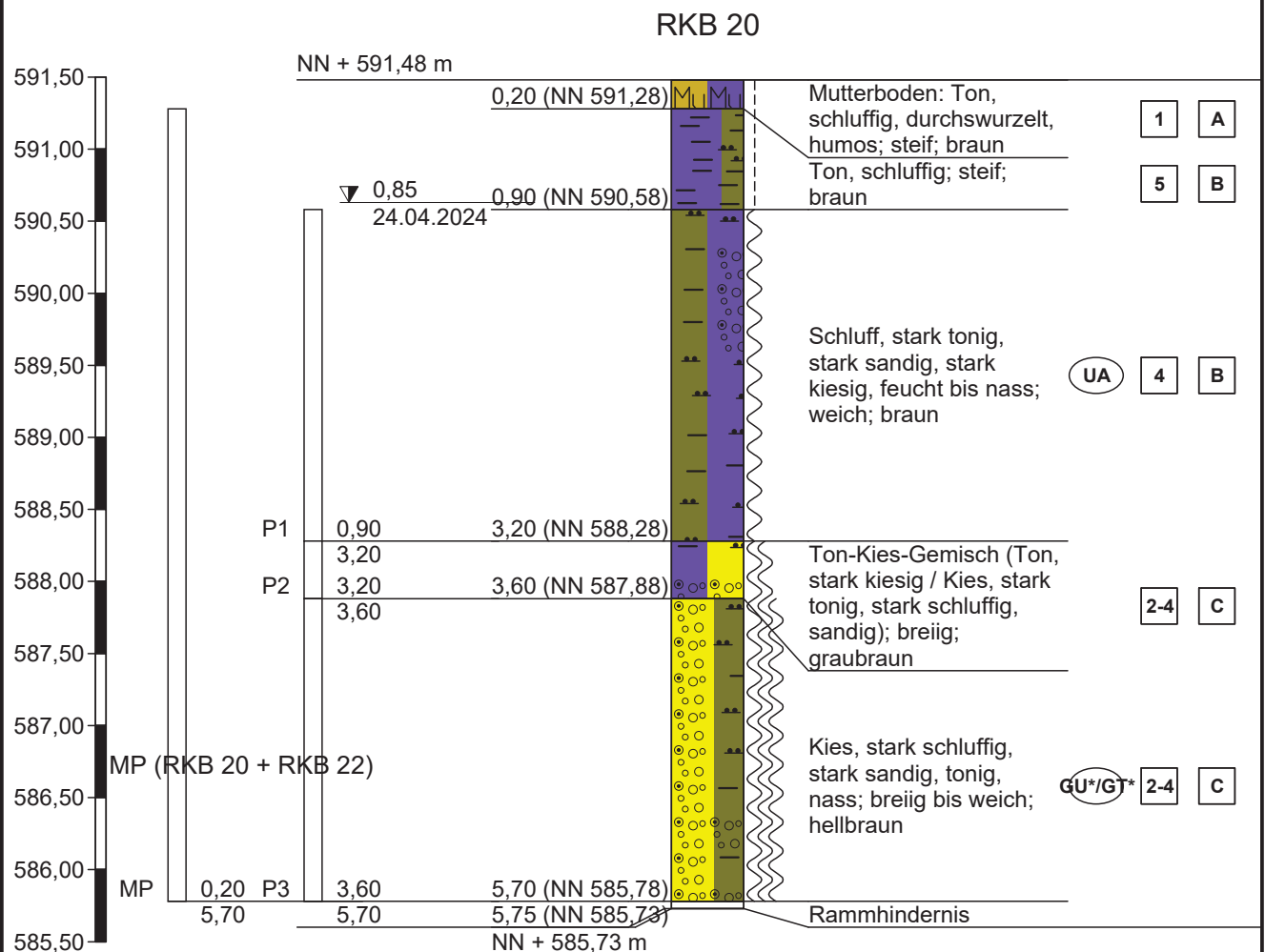
Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

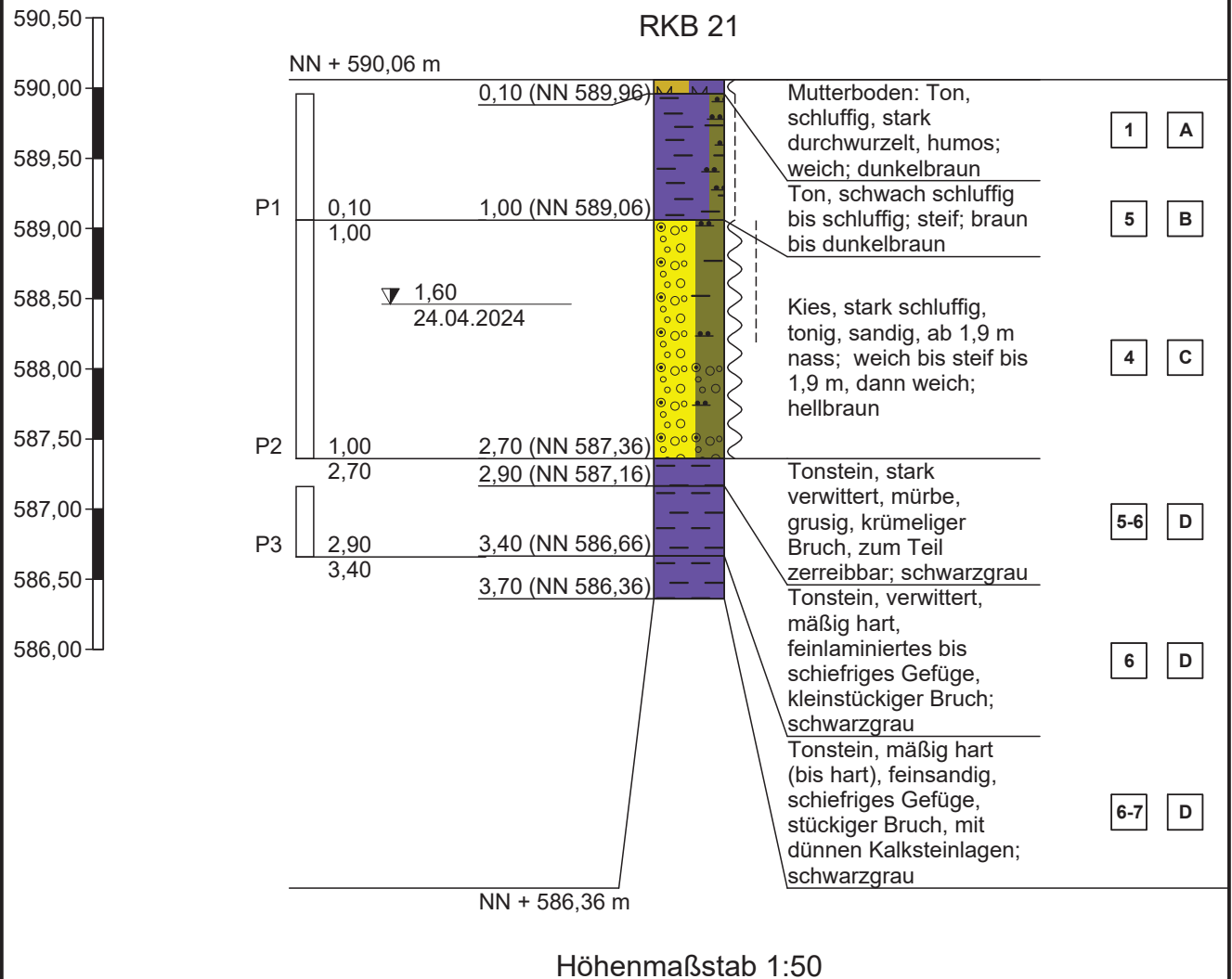


Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

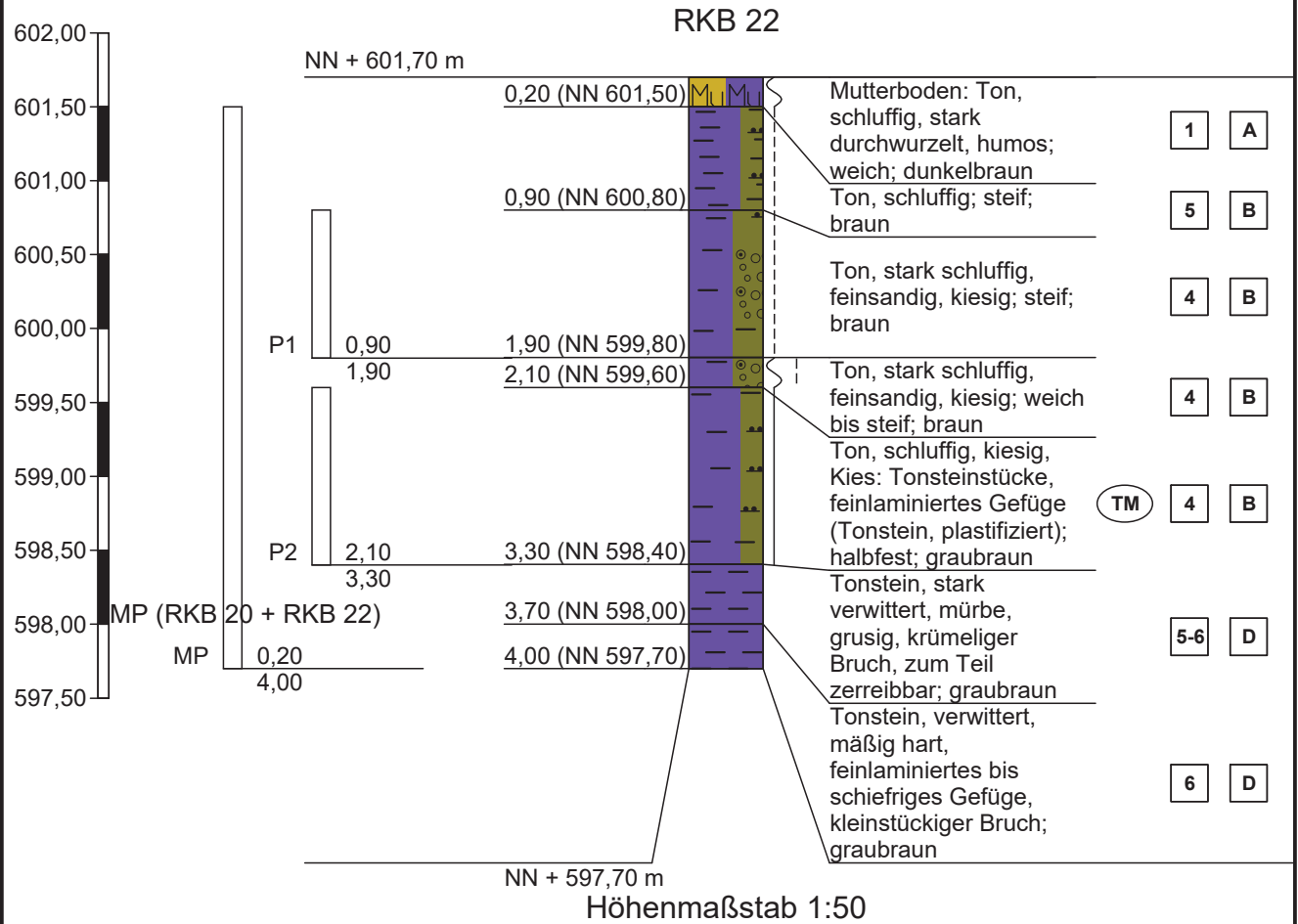


Höhenmaßstab 1:50

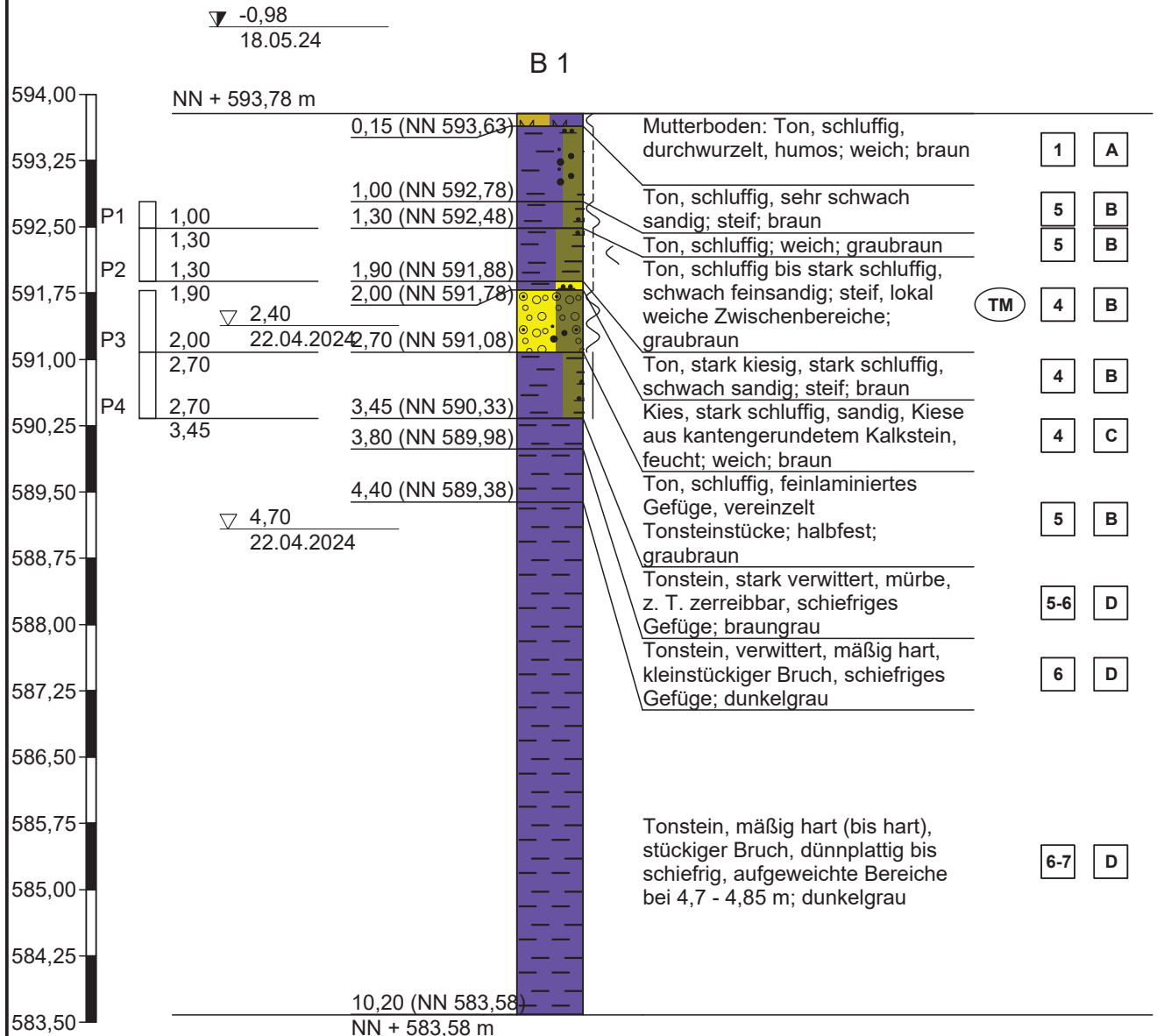
Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

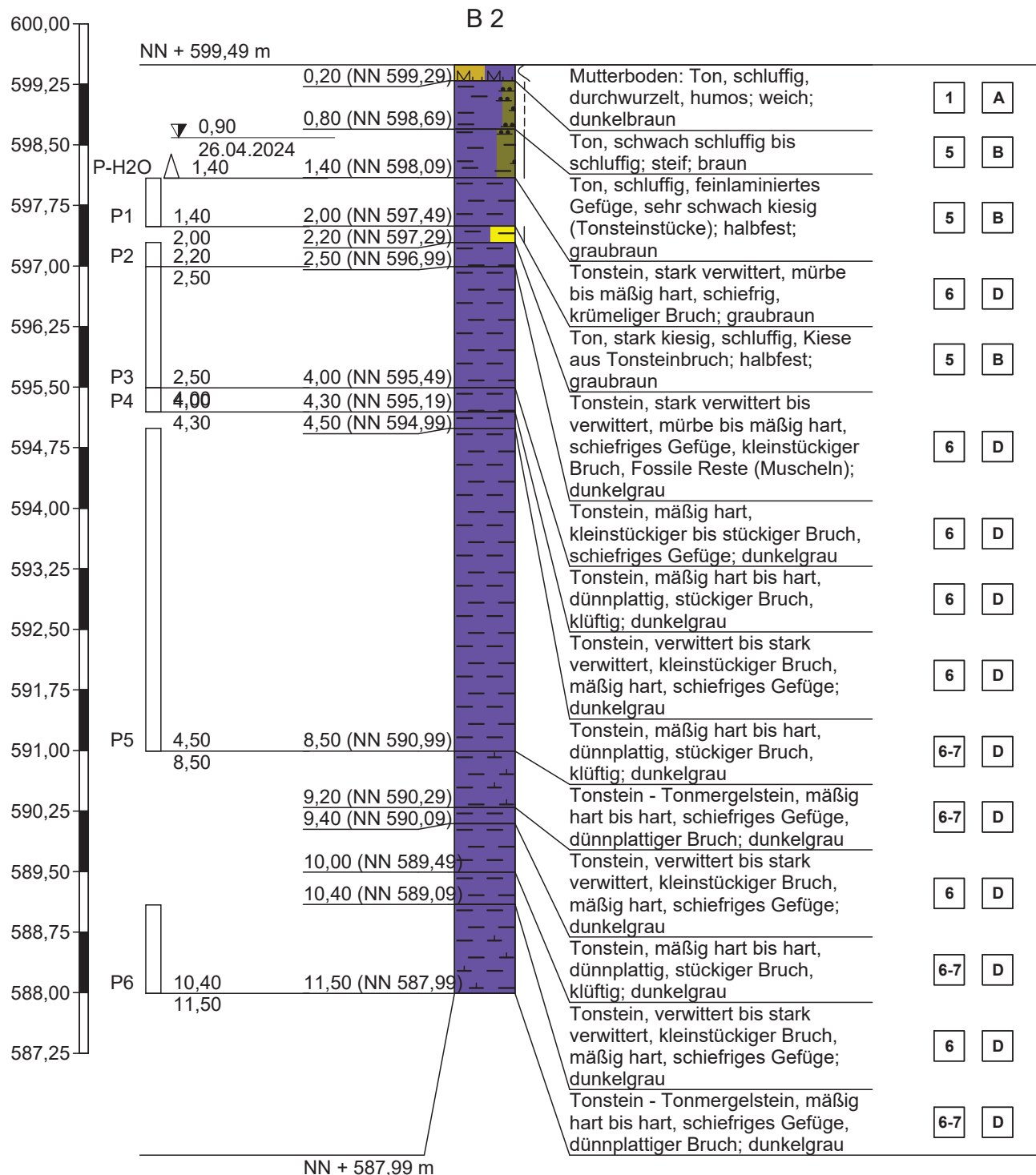


Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



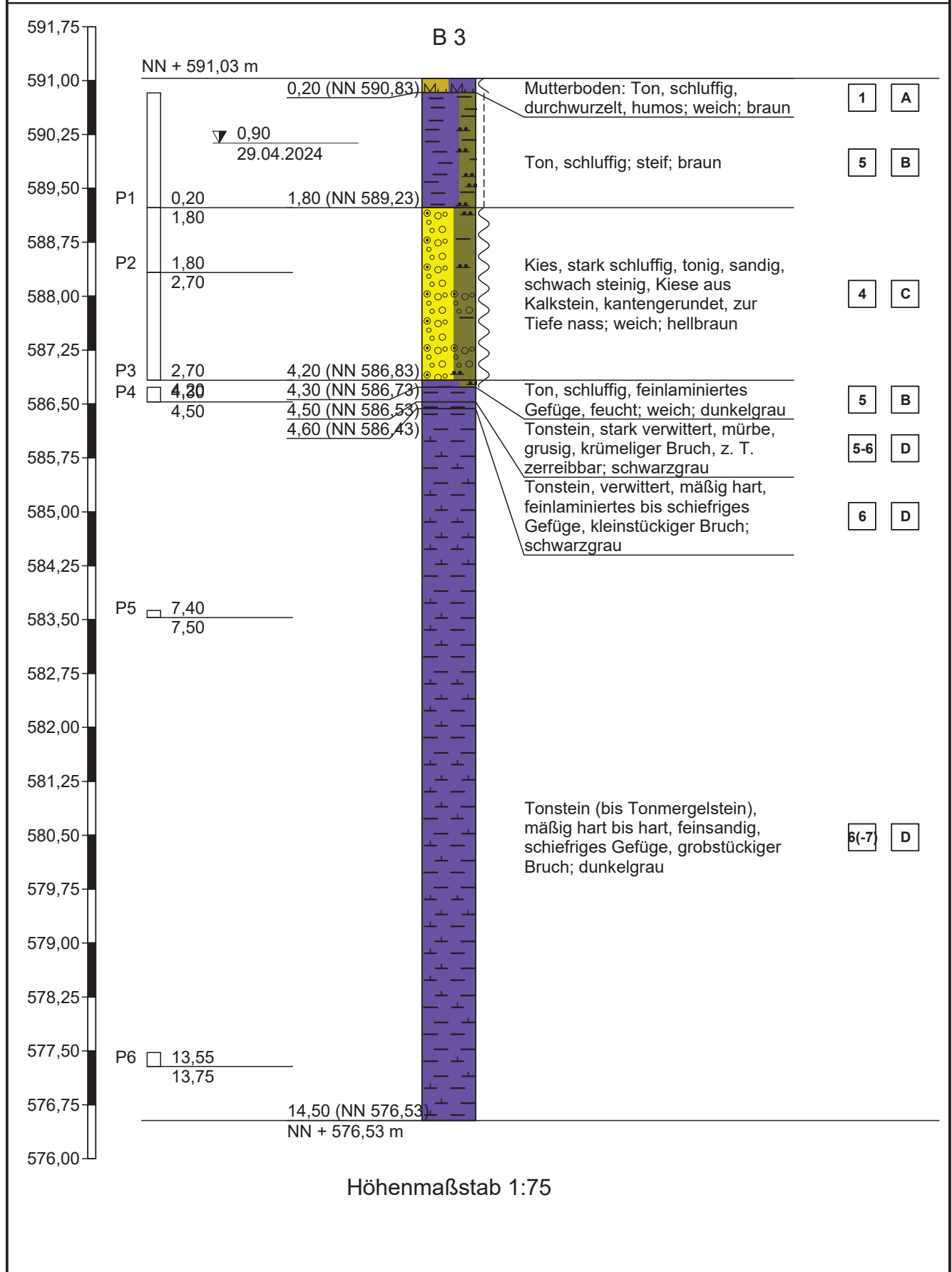
Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

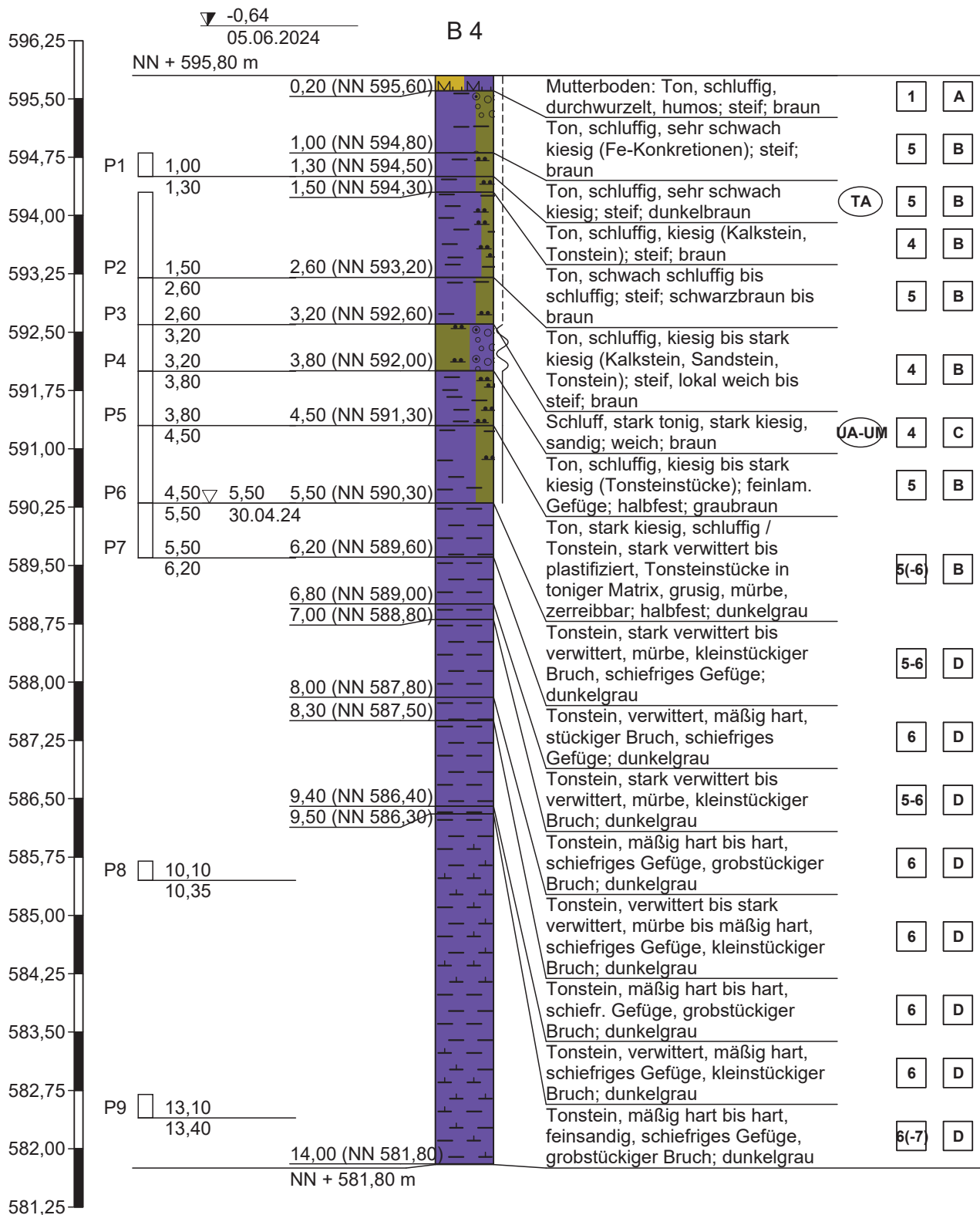


Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

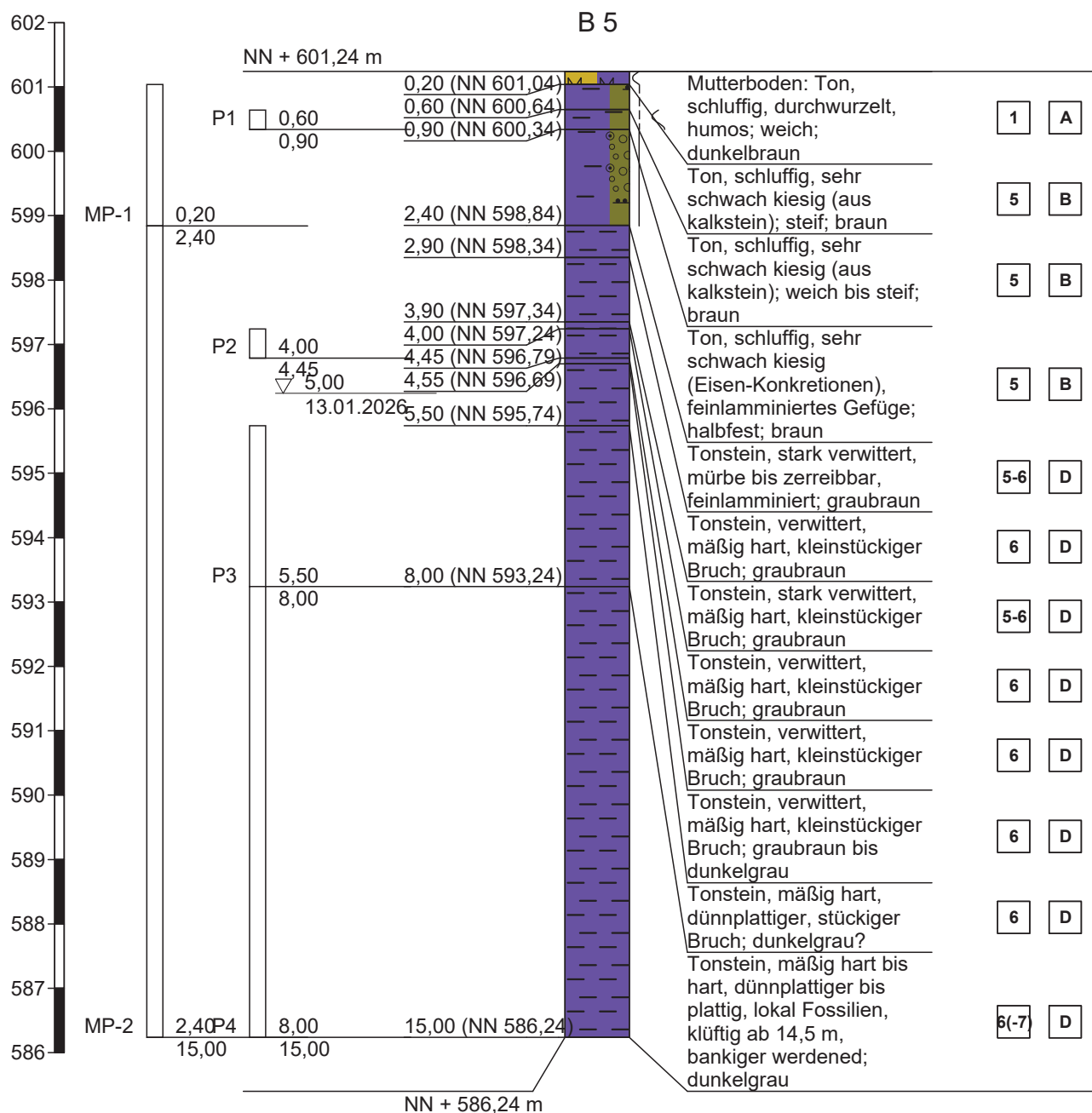


Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



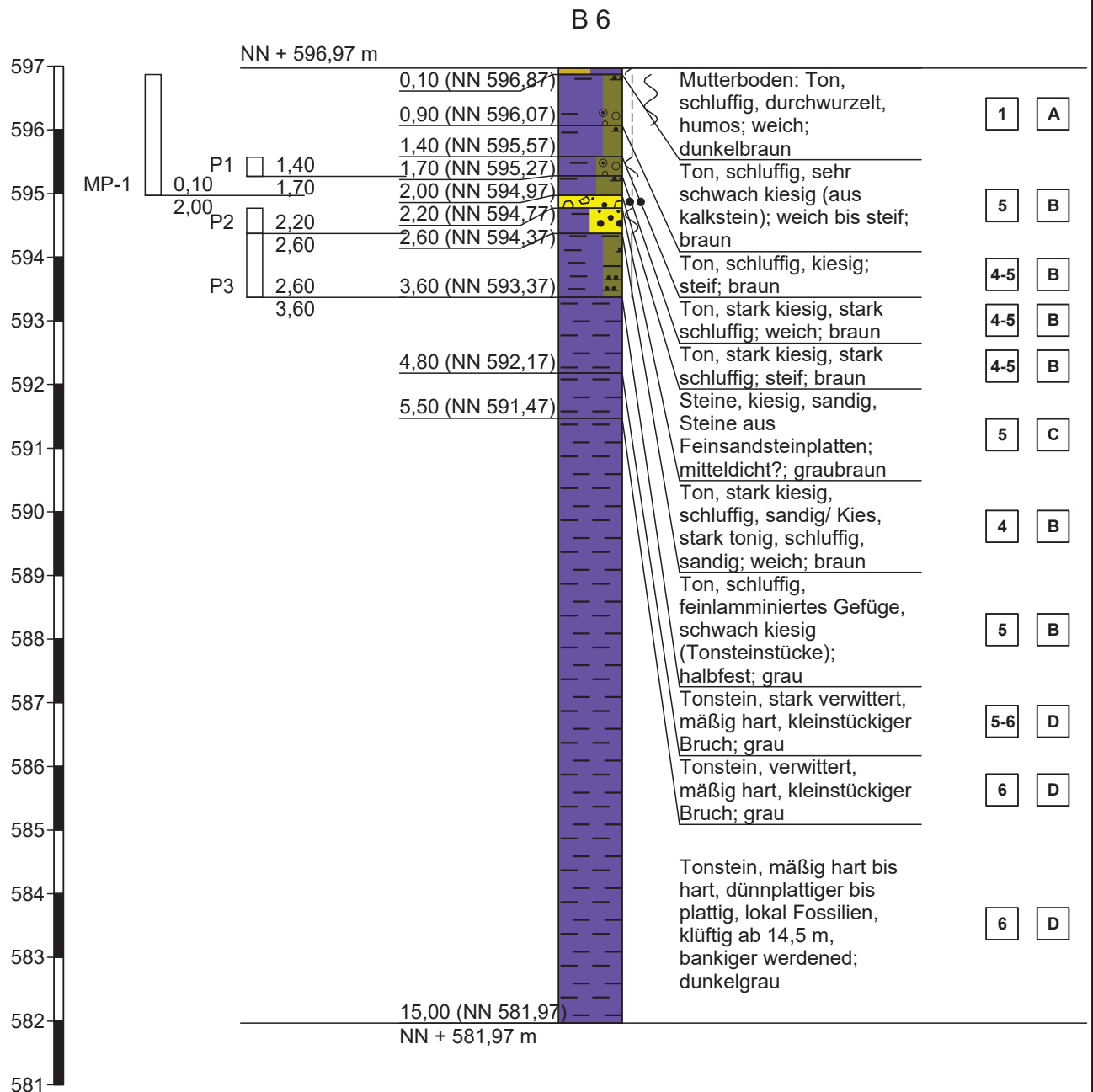
Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



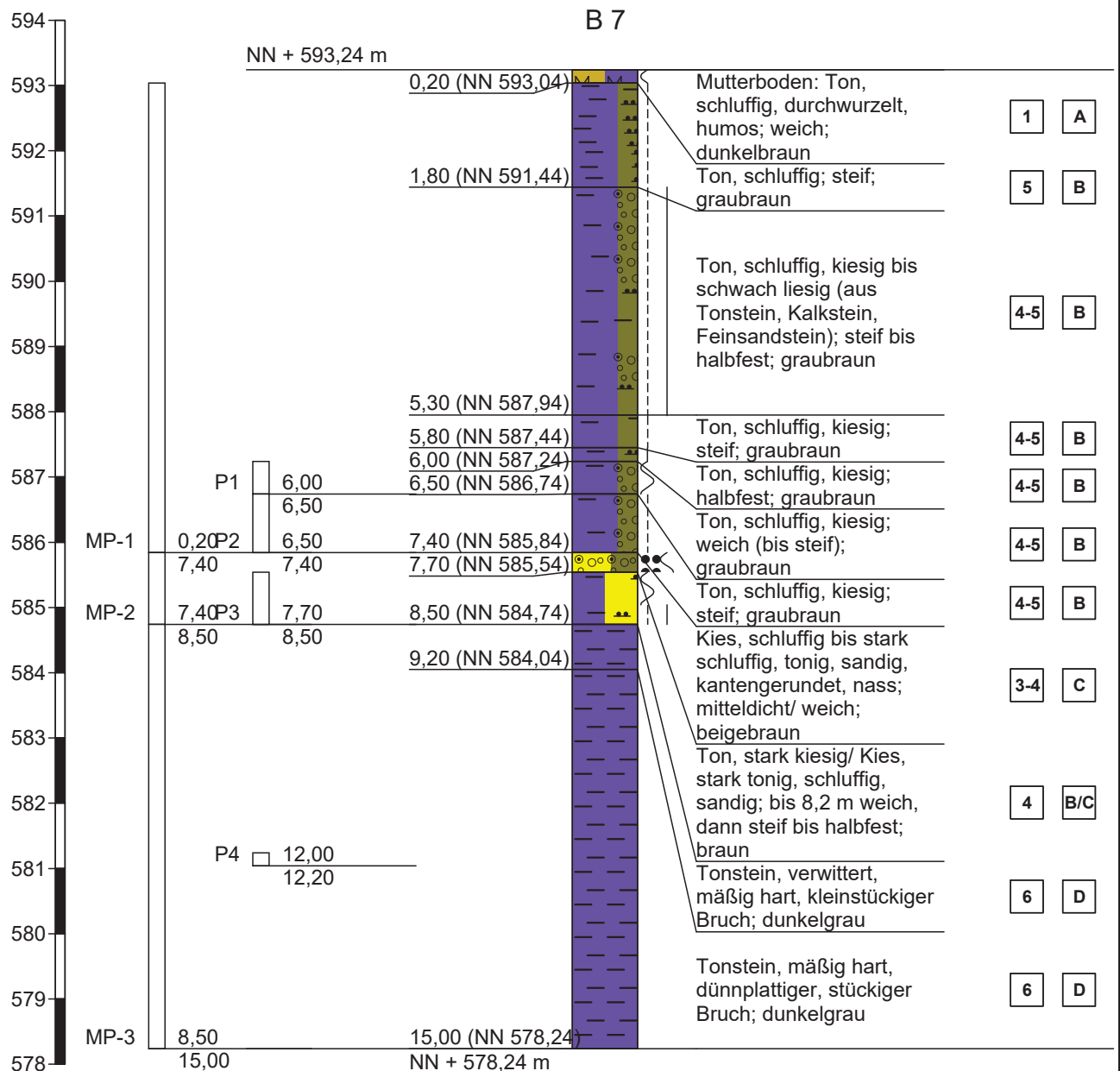
Höhenmaßstab 1:100

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



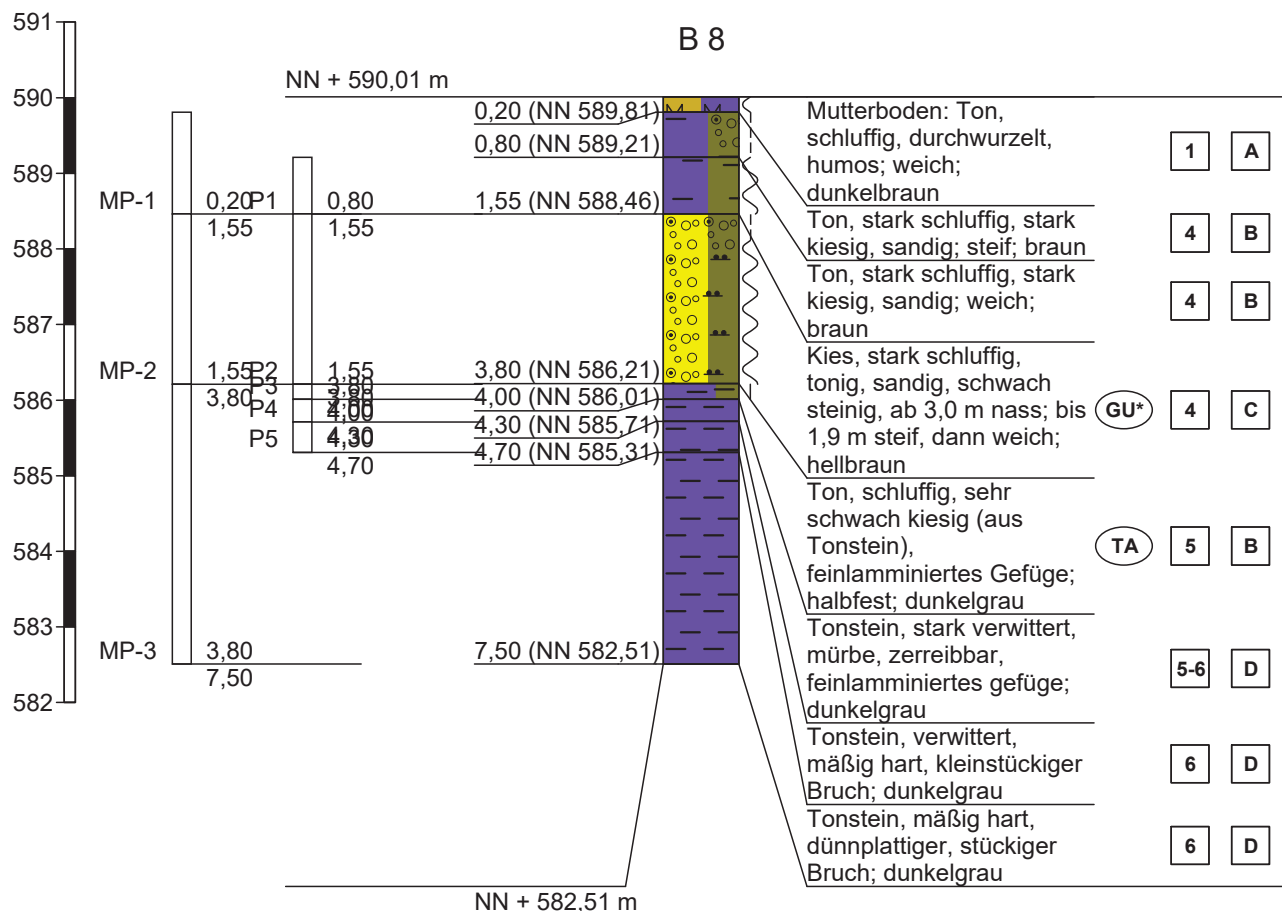
Höhenmaßstab 1:100

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



Höhenmaßstab 1:100

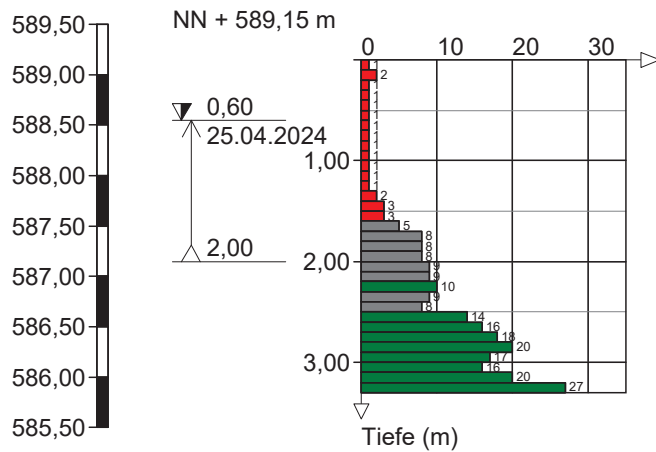
Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023



Höhenmaßstab 1:100

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

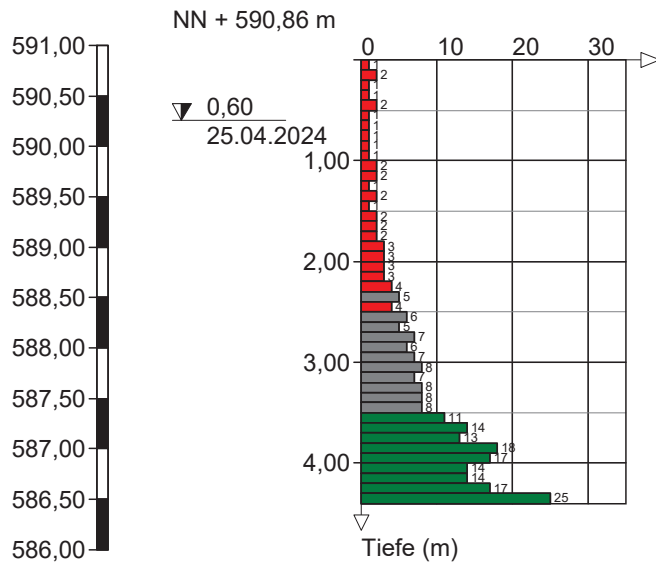
DPH 1



Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

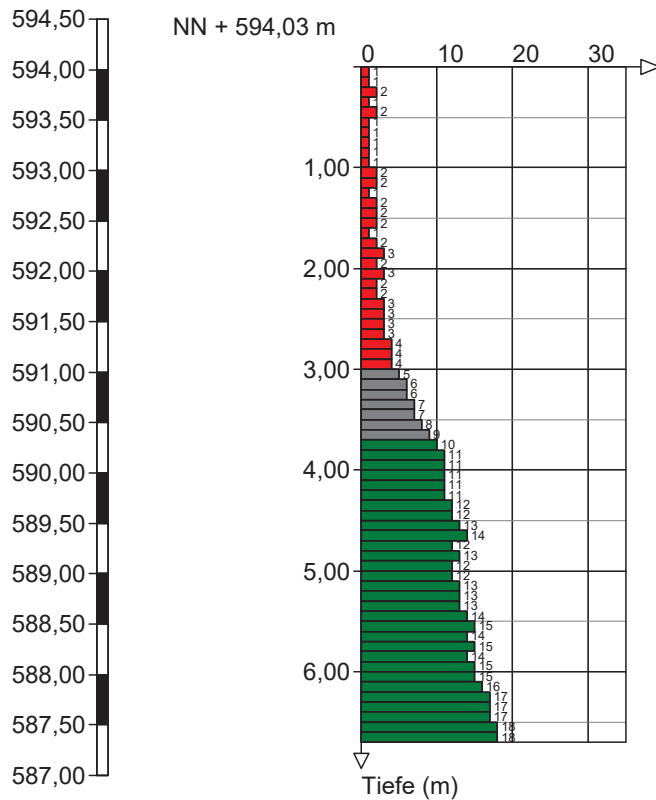
DPH 2



Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

DPH 3

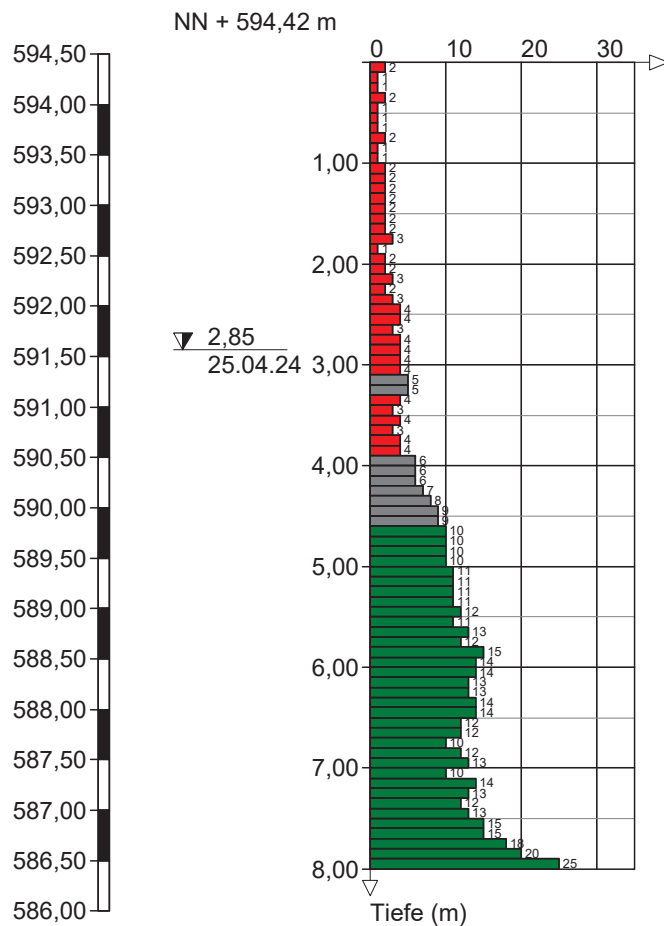


Höhenmaßstab 1:75

Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

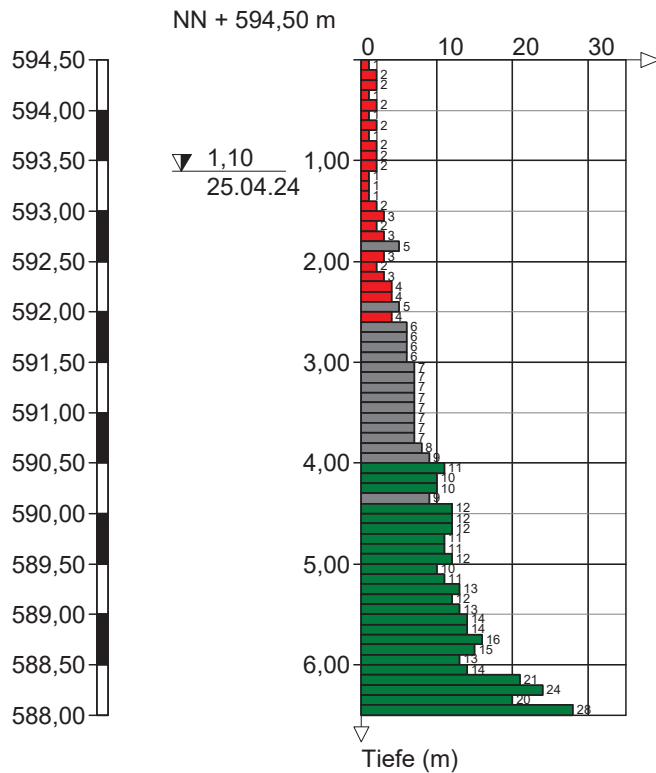
DPH 5



Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

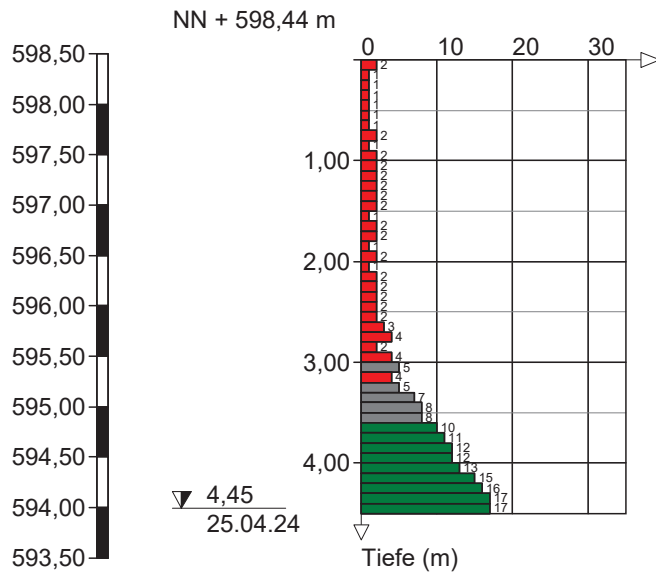
DPH 6



Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

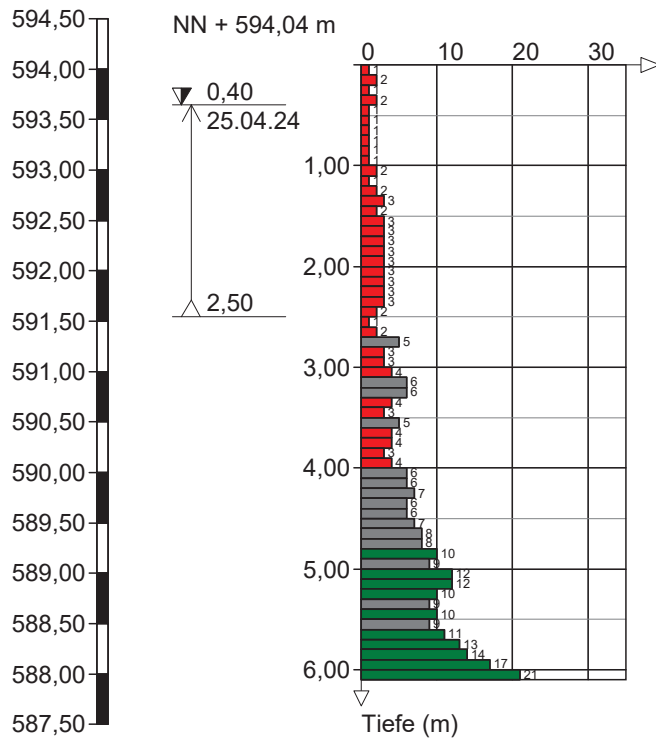
DPH 7



Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

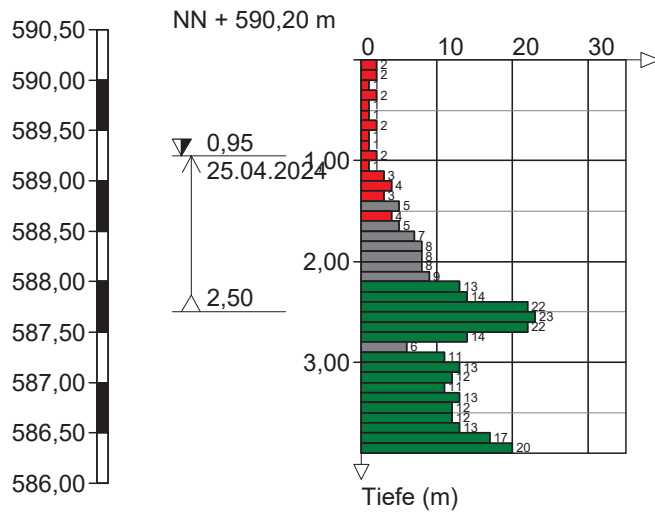
DPH 8



Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

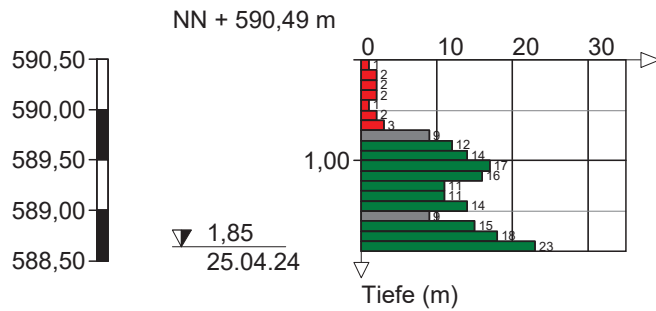
DPH 9



Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

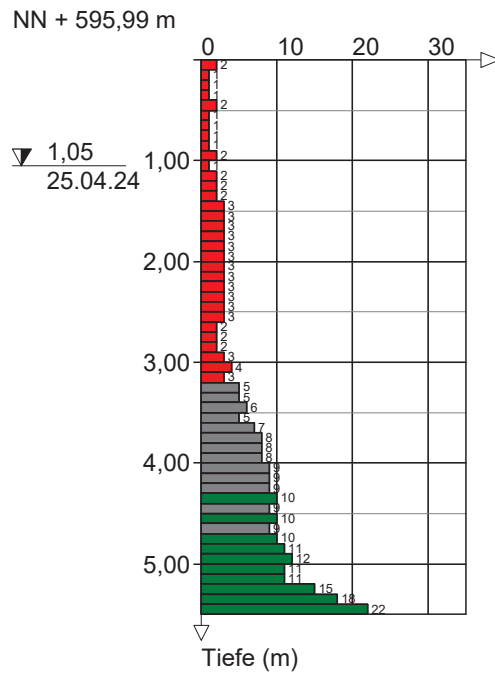
DPH 10



Höhenmaßstab 1:75

Zeichnerische Darstellung von Aufschlüssen nach DIN 4023

DPH 11



Höhenmaßstab 1:75

Anl. 4: Geotechnische Profilschnitte (schematisch)

Profilschnitt - Aufschlüsse nach DIN 4023

Maßstab H = 1 : 500 V = 1 : 250 (Achtung: 2-fach überhöht)

----- interpolierte Schichtflächen

BK = Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09

- - - - Böschungswinkel

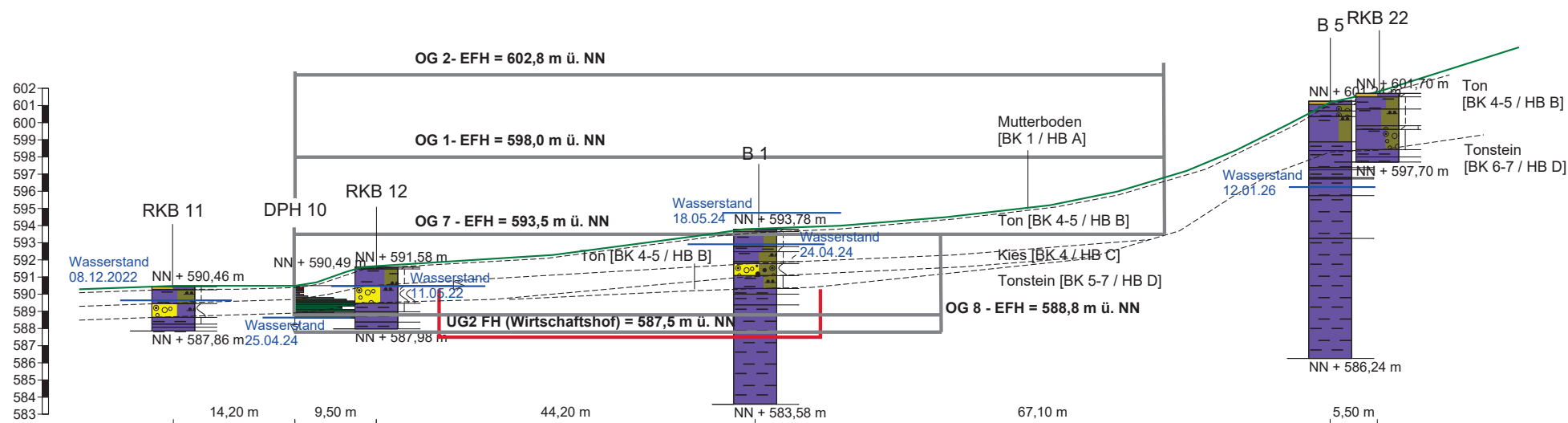
HB = Homogenbereich nach DIN 18300:2019-09

übrige Legende siehe Anl. 3

Südwesten

Nordosten

Gebäudeschnitt, schematisch: Achtung Diagonalschnitt (A - A')



Profilschnitt - Aufschlüsse nach DIN 4023

Maßstab H = 1 : 400 V = 1 : 200 (Achtung: 2-fach überhöht)

BK = Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09

HB = Homogenbereich nach DIN 18300:2019-09

übrige Legende siehe Anl. 3

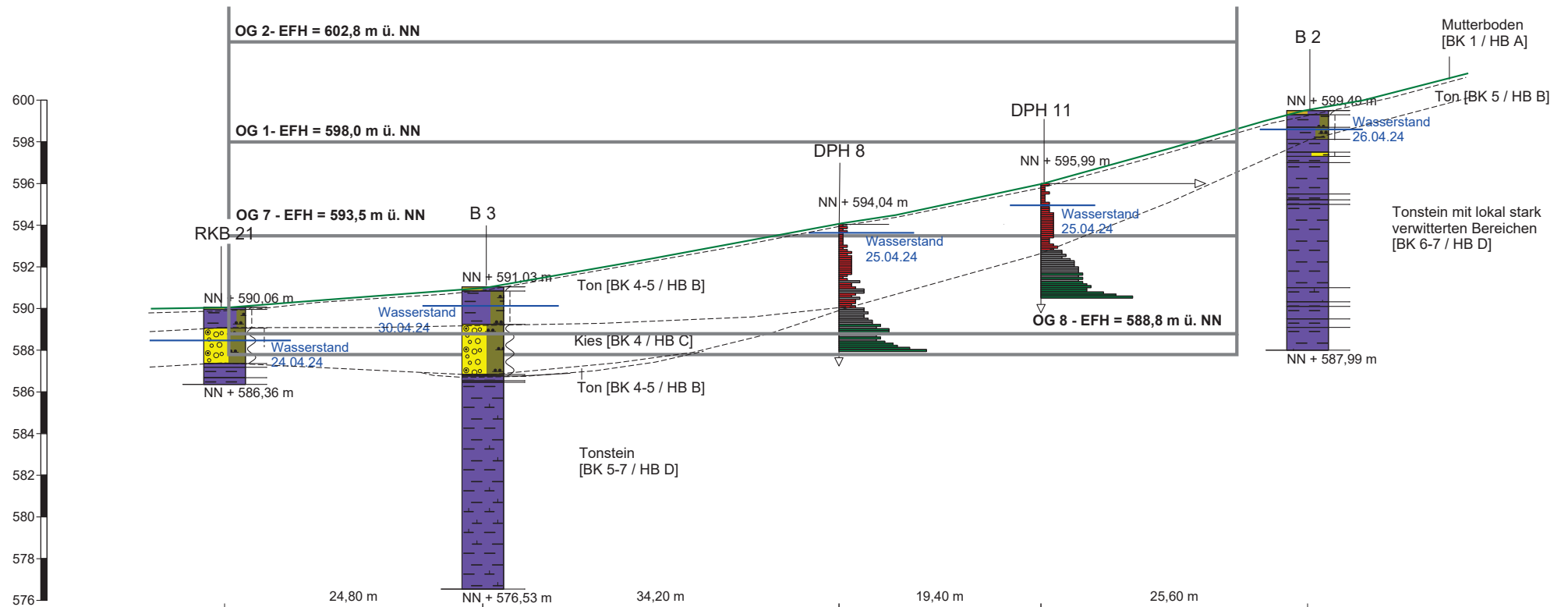
----- interpolierte Schichtflächen

- - - - - Böschungswinkel

Südwesten

Nordosten

Gebäudeschnitt, schematisch (B - B')



Profilschnitt - Aufschlüsse nach DIN 4023

Maßstab H = 1 : 350 V = 1 : 175 (Achtung: 2-fach überhöht)

BK = Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09

HB = Homogenbereich nach DIN 18300:2019-09

übrige Legende siehe Anl. 3

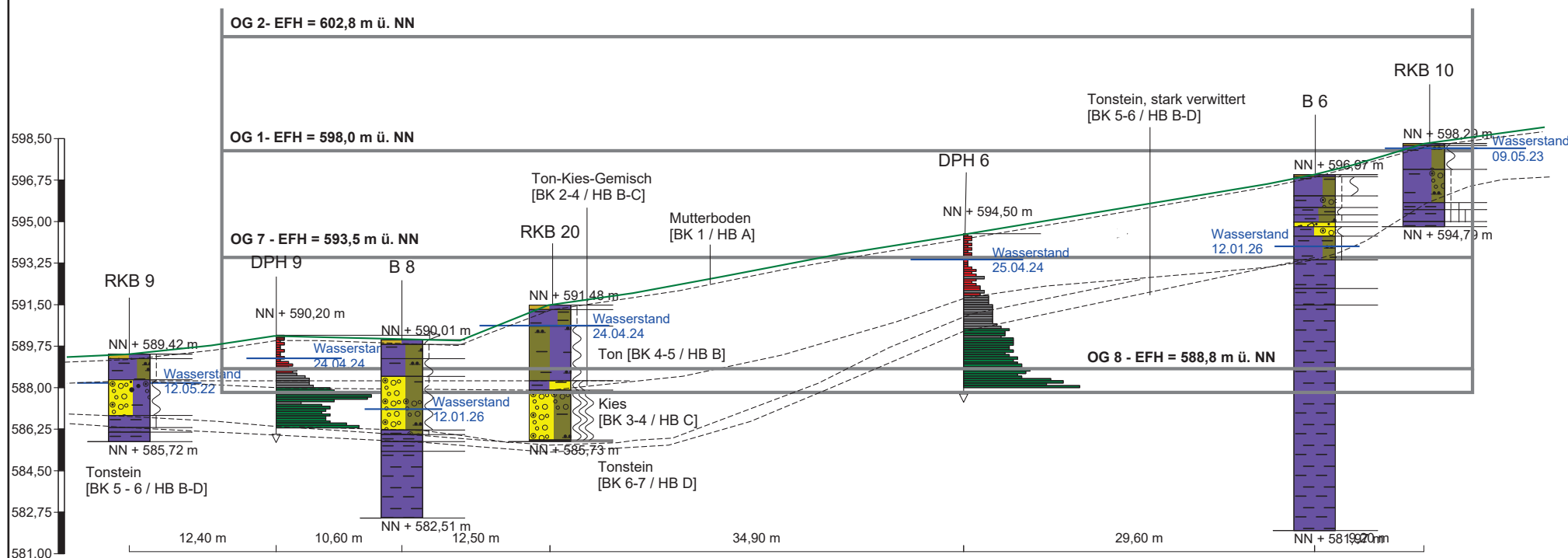
----- interpolierte Schichtflächen

- - - - - Böschungswinkel

Südwesten

Nordosten

Gebäudeschnitt, schematisch (C - C')



Profilschnitt - Aufschlüsse nach DIN 4023

Maßstab H = 1 : 300 V = 1 : 150 (Achtung: 2-fach überhöht)

BK = Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09

HB = Homogenbereich nach DIN 18300:2019-09

übrige Legende siehe Anl. 3

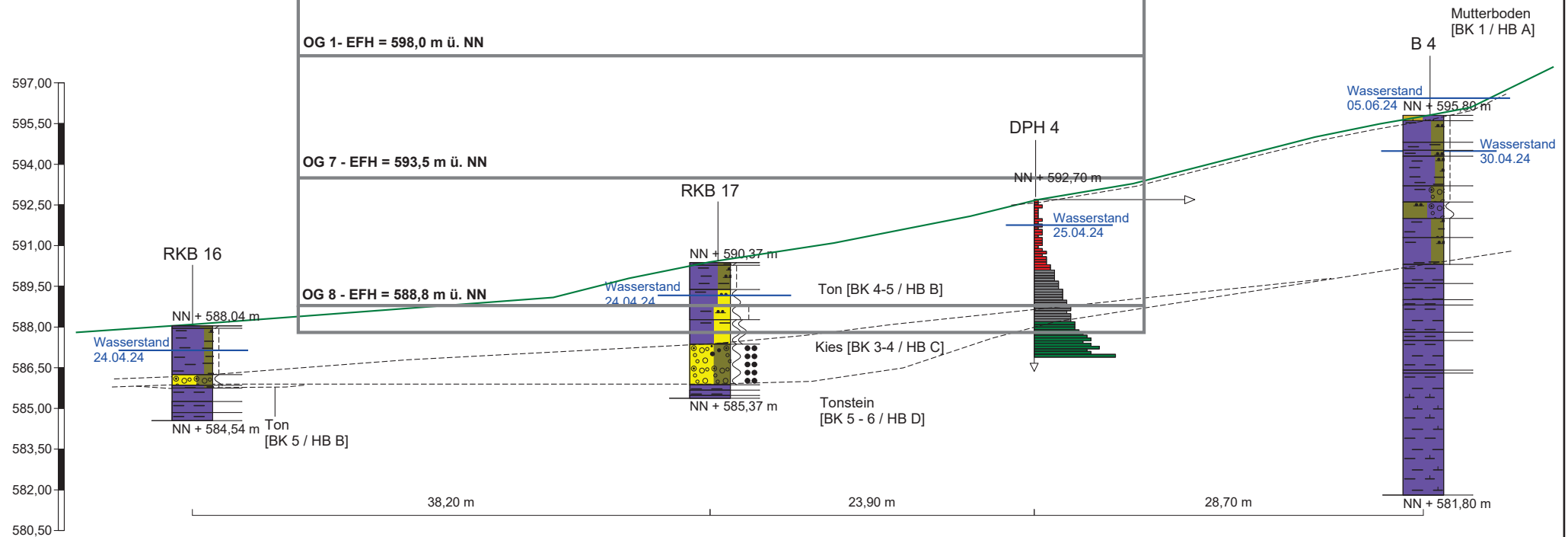
----- interpolierte Schichtflächen

- - - - - Böschungswinkel

Südwesten

Nordosten

Gebäudeschnitt, schematisch (D - D')



MP (RKB 16 + RKB 17)

Profilschnitt - Aufschlüsse nach DIN 4023

Maßstab H = 1 : 600 V = 1 : 100 (Achtung: 6-fach überhöht)

BK = Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09

HB = Homogenbereich nach DIN 18300:2019-09

übrige Legende siehe Anl. 3

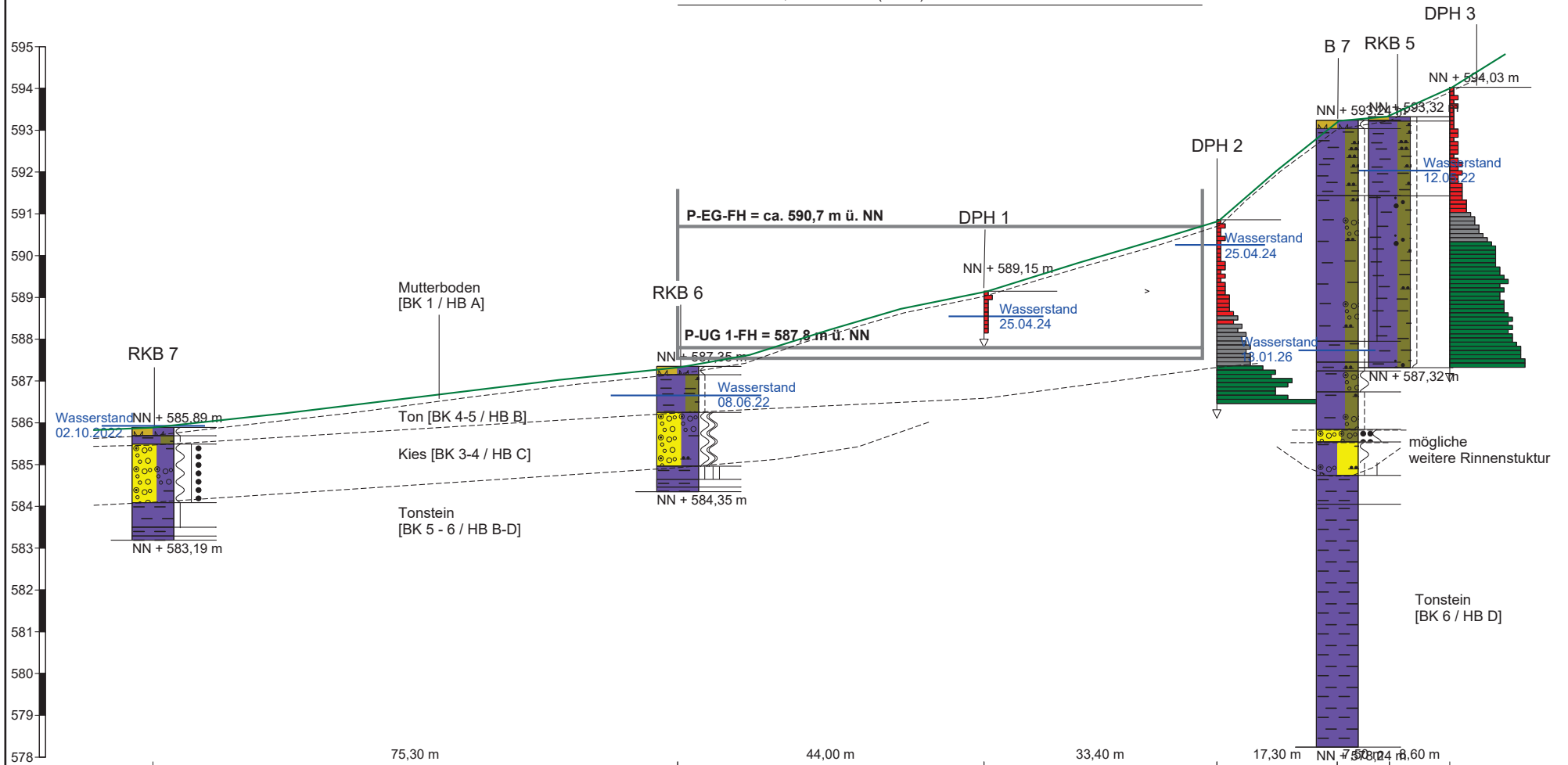
----- interpolierte Schichtflächen

- - - Böschungswinkel

Südwesten

Nordosten

Gebäudeschnitt, schematisch (E - E') - Parkhaus



Anl. 5: LGRB-Bohrdatenbank

Landesamt für Geologie,
Rohstoffe und Bergbau
Baden-Württemberg
Archiv

7/19/263

LORB

TK 25: 7719 Balingen

R ≈ 34 92 181,12 / H ≈ 53 44 045,74

Lage s.a. Anlage 1.2

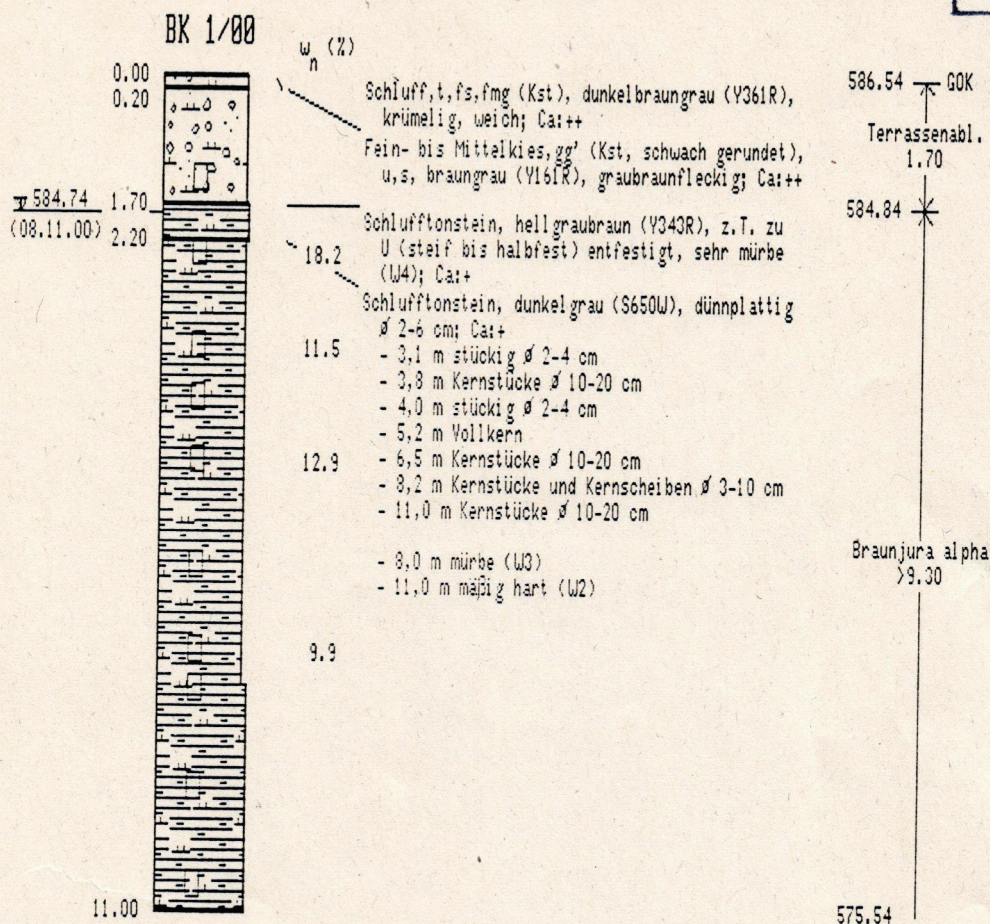
Ansatzhöhe: 586.54 mNN (= GOK)

gebohrt von: Baustoff- und Bodenprüfstelle Tübingen

am: 06.-07.11.00

aufgenommen: Dipl.-Geol. Peter Brühl/S&P

D: S&P/AUFTROU 00171 BK01.bpr; ks; 03.04.2001



Bohrverfahren:

- 2,9 m Rammkernbohrung
- 3,0 m Spiralbohrer
- 11,0 m Rotationskernbohrung mit SK Ø 102 mm

Bodenproben: 1,5 m; 2,5 m; 3,7 m; 4,4 m;
5,2 m; 6,6 m; 7,7 m; 8,2 m; 9,5 m; 10,8 m

Geruch unauffällig

Gw: Leerpumpen des Bohrloches

nach 45 min: 5,5 m u. Gel. (07.11.00)

nach 19 Std.: 1,8 m u. Gel. (08.11.00)

gez.	gepr.	gepr.
Lo	ad	f

Schichtenfolge der Kernbohrung
BK 1/00

Maßstab
1:100

Anlage
2.1

TK 25: 7719 Balingen

R ≈ 34 92 207,30 / H ≈ 53 44 029,47

Lage s.a. Anlage 1.2

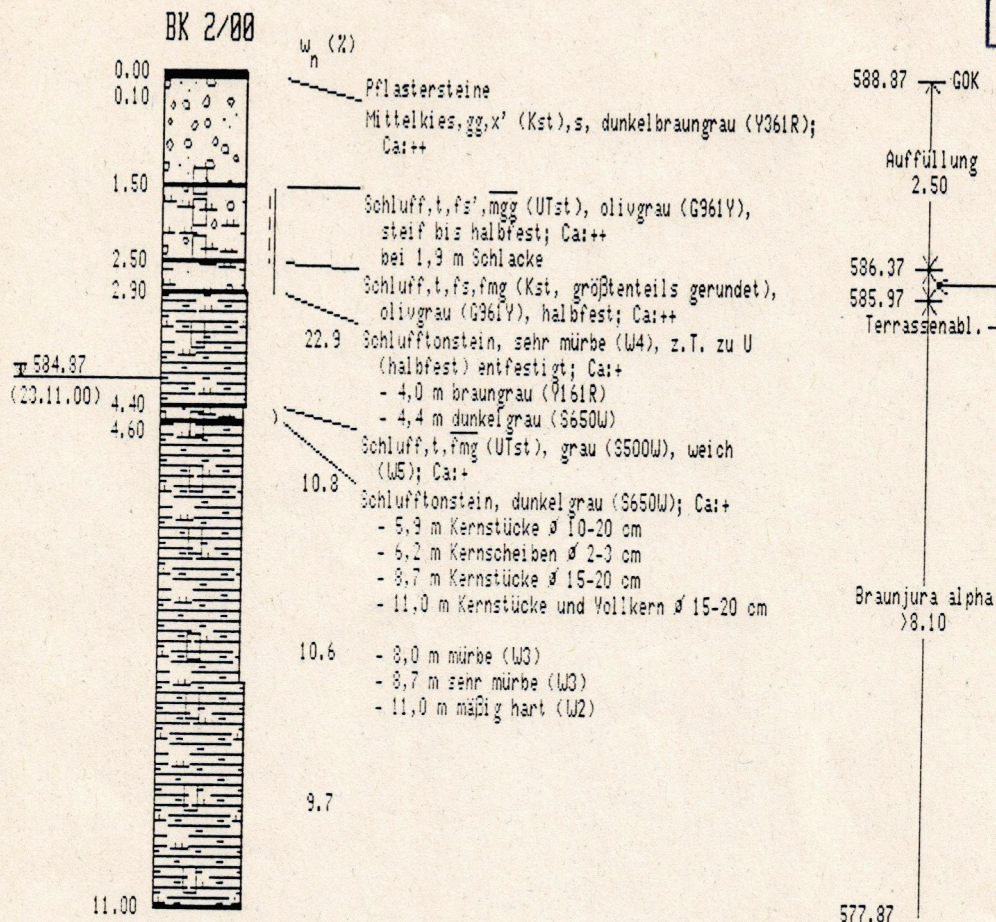
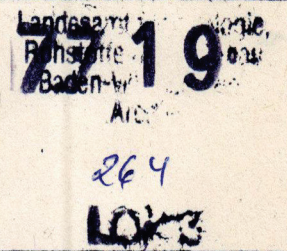
Ansatzhöhe: 588,87 mNN (= GOK)

gebohrt von: Baustoff- und Bodenprüfstelle Tübingen

am: 20.-21.11.00

aufgenommen: Dipl.-Geol. Peter Bröhl/S&P

D: S&P AUFTROU 00171 BK02.bpr; ks; 03.04.2001



Bohrverfahren:

- 4,4 m Rammkernbohrung
- 11,0 m Rotationskernbohrung mit SK Ø 102 mm

Bodenproben: 1,6 m; 2,5 m; 3,6 m; 4,8 m;
5,5 m; 6,3 m; 7,7 m; 8,5 m; 9,7 m; 10,8 m;
2,0 m

Eimerprobe: 1,0 m - 2,0 m

Gw: Leerpumpen des Bohrloches

angestiegen auf 4,0 m u. Gel. (23.11.00)

gez.	gepr.	gepr.
(20)	ad	(W)

Schichtenfolge der Kernbohrung
BK 2/00Maßstab
1:100Anlage
2.2

TK 25: 7719 Balingen

R ≈ 34 921 92,88 / H ≈ 53 44 008,98

Lage s.a. Anlage 1.2

Ansatzhöhe: 585.61 mNN (= GOK)

gebohrt von: Baustoff- und Bodenprüfstelle Tübingen

am: 07.-09.11.00

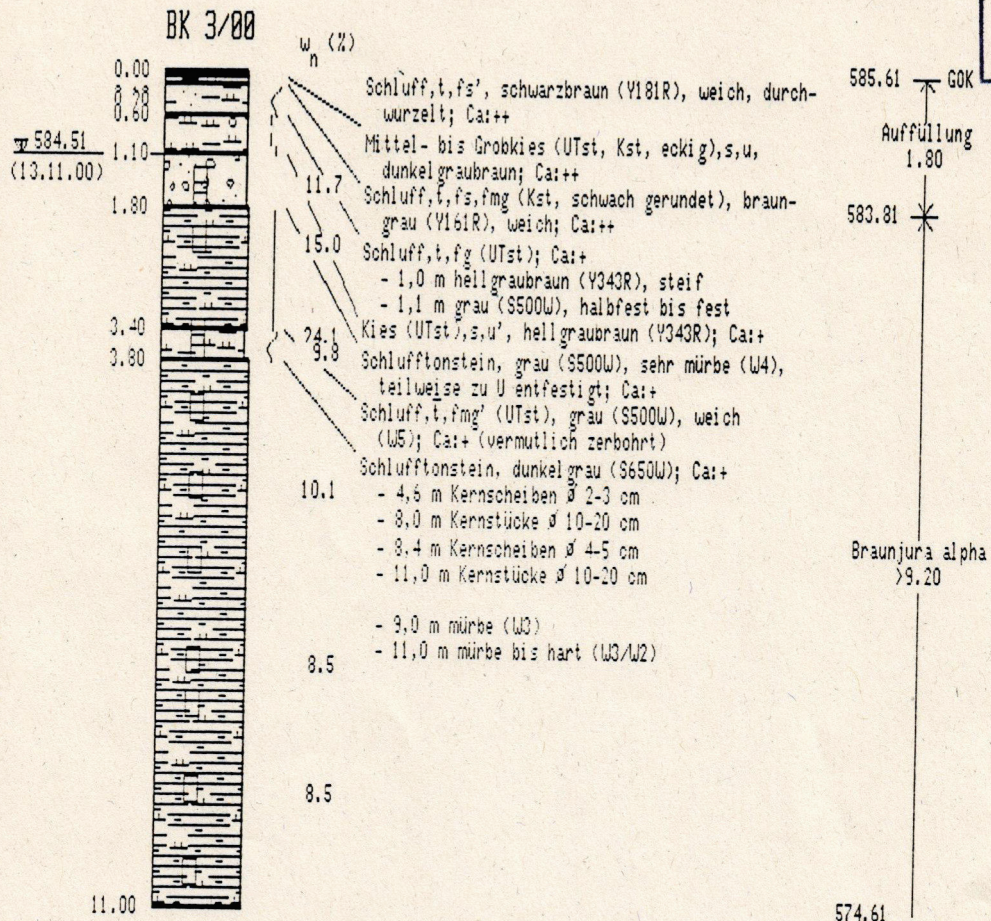
aufgenommen: Dipl.-Geol. Peter Brühl/S&P

D: 'S&P'AUFTRO00171'BK03.bpr; ks; 04.04.2001

Landesamt für Geologie,
Rohstoffe und Bergbau
Baden-Württemberg
Archiv

265

LORB



Bohrverfahren:

- 3,4 m Rammkernbohrung und Spiralbohrer Ø 140 mm

- 11,0 m Rotationskernbohrung mit SK Ø 102 mm

Bodenproben: 1,6 m; 2,4 m; 3,6 m; 3,8 m;

4,6 m; 5,6 m; 6,6 m; 7,9 m; 8,5 m; 9,6 m;

10,7 m; 1,8 m

Eimerprobe: 0,8 m - 1,8 m

Geruch unauffällig

Gw: Leerpumpen des Bohrloches

nach 1 Std.: 2,5 m u. Gel. (12.11.00)

nach 19 Std.: 1,1 m u. Gel. (13.11.00)

gez.	gepr.	gepr.
Wö	ad	(C)

Schichtenfolge der Kernbohrung
BK 3/00Maßstab
1:100Anlage
2.3

7719
Landesamt für Geologie,
Rohstoffe und Bergbau
Baden-Württemberg
Archiv

266

LGR3

TK 25: 7719 Balingen

R ≈ 34 92 346,28 / H ≈ 53 43 917,41

Lage s.a. Anlage 1.2

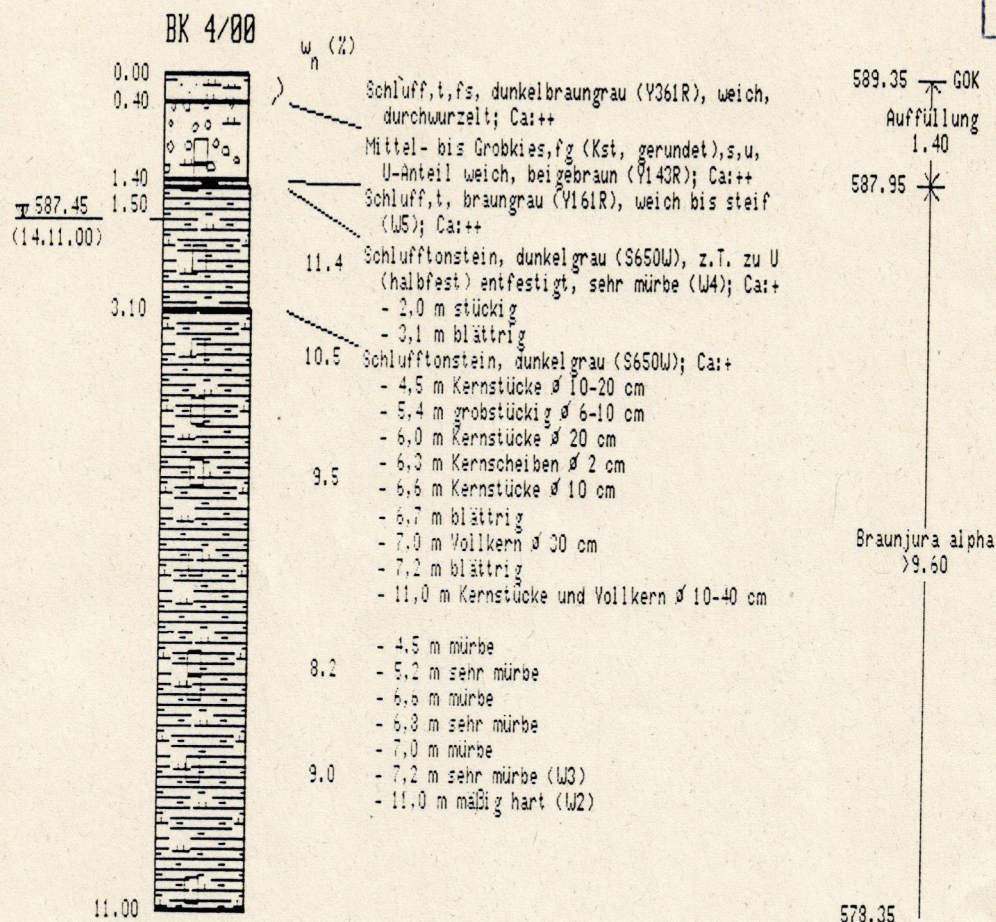
Ansatzhöhe: 589,35 mNN (= GOK)

gebohrt von: Baustoff- und Bodenprüfstelle Tübingen

am: 09. und 13.11.00

aufgenommen: Dipl.-Geol. Peter Brühl/S&P

Dt: S&P/AUFTR00'00171'BK04.bpr; ks; 03.04.2001



Bohrverfahren:

- 3.2 m Rammkernbohrung und Spiralbohrer Ø 140 mm
- 11.0 m Rotationskernbohrung mit SK Ø 102 mm

Bodenproben: 1,5 m; 2,6 m; 3,8 m; 4,6 m;
5,4 m; 6,6 m; 7,9 m; 8,2 m; 9,3 m; 10,9 m;
1,2 m

Eimerprobe: 1,0 m - 1,2 m

Geruch unauffällig

Gw: angebohrt bei 3,0 m u. Gel. (13.11.00)

nach Leerpumpen des Bohrloches angestiegen auf
1,9 m u. Gel. (14.11.00, 8:00 h)

gez.	gepr.	gepr.
Bo	ad	Bo

Schichtenfolge der Kernbohrung
BK 4/00

Maßstab
1:100

Anlage
2.4

TK 25: 7719 Balingen

R ≈ 34 92 352,36 / H ≈ 53 40 935,53

Lage s.a. Anlage 1.2

Ansatzhöhe: 589,65 mNN (= GOK)

gebohrt von: Baustoff- und Bodenprüfstelle Tübingen

am: 16. und 20.11.00

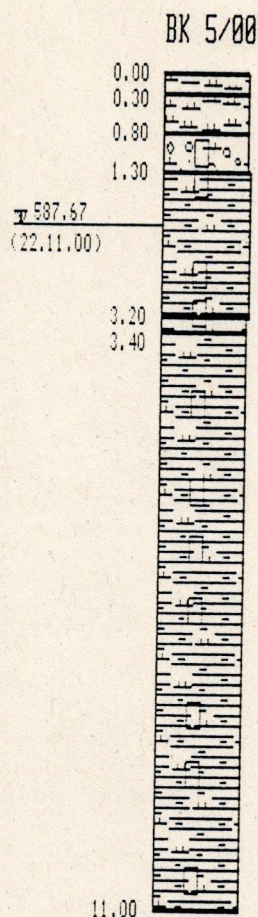
aufgenommen: Dipl.-Geol. Peter Brühl/S&P

Dr: S&P/AUFTR00'00171'BK05.bpr; ks; 03.04.2001

Ausgangspunkt
PVC DN 75 mm

Filter-SW 1,5 mm

ROK ≈ 590,22

 w_n (%)

Schluff, t.fs', schwarzbraun (V181R), weich, durchwurzelt; Ca:++

Schluff, fmg' (Kst, gerundet), hellgrau-braun (V343R); Ca:++

- 0,6 m fs,t', durchwurzelt, halbfest

- 0,8 m t.fs', steif bis halbfest

Fein- bis Mittelkies (Kst, z.T. gerundet, z.T. eckig), s.u. U-Anteil weich, beige-braun (V143R), platingraufleckig; Ca:++

Schlufftonstein, z.T. zu U (halbfest) entfestigt, bröckelig, sehr mürbe (W4); Ca:+

- 1,5 m braungrau (V161R)

- 0,2 m dunkelgrau (S650W)

Schluff, t.fmg (UTst), dunkelgrau (S650W), weich bis breiig (W5); Ca:+

9.5 Schlufftonstein, dunkelgrau (S650W); Ca:+

- 5,1 m Kernstücke-Vollkern \varnothing 10-25 cm

- 5,3 m blättrig

- 7,2 m Kernstücke-Vollkern \varnothing 10-25 cm

- 8,0 m Vollkern

- 8,2 m Kernscheiben \varnothing 4-6 cm- 11,0 m Kernstücke \varnothing 10-20 cm

- 5,1 m mürbe (W3)

- 5,3 m sehr mürbe (W3)

- 11,0 m mäßig hart (W2)

589.65 GOK

Auffüllung

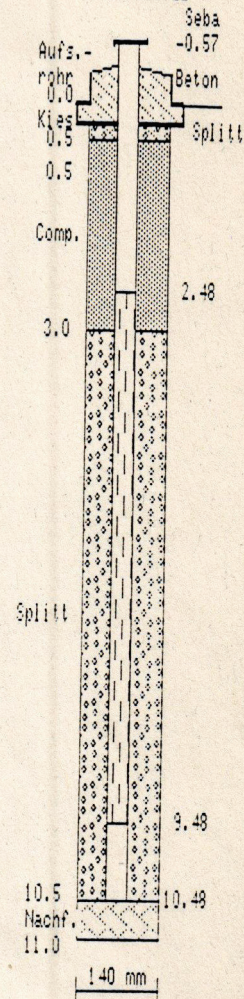
1.30

588.35

Braunjura alpha

> 9.70

578.65



Bohrverfahren:

- 3,0 m Rammkernbohrung und Spiralbohrer \varnothing 140 mm- 11,0 m Rotationskernbohrung mit SK \varnothing 102 mm

Bodenproben: 1,6 m; 2,8 m; 3,3 m; 4,5 m; 5,65 m;

5,4 m; 7,2 m; 8,6 m; 9,35 m; 10,75 m

Eimerprobe: 1,0 m - 1,2 m

Geruch unauffällig

Gw: angebohrt bei 3,3 m u. Gel. (20.11.00); Leerpumpen

nach 1 Std.: 4,3 m u. Gel.

angestiegen auf 1,98 m u. Gel. (22.11.00)

Tiefenbezug: GOK

ROK aus Abstand zur GOK

Comp. = Compactionit

Betonsockel schematisch,
 \varnothing nicht maßstäblich

gez. gepr. gepr.

Reid

Schichtenfolge und Ausbau der Kernbohrung
BK 5/00Maßstab
1:100Anlage
2.5

TK 25: 7719 Balingen
R \approx 34 92 209,69 / H \approx 53 43 949,20
Lage s.a. Anlage 1.2
Ansatzhöhe: 577,56 mNN (= GOK)

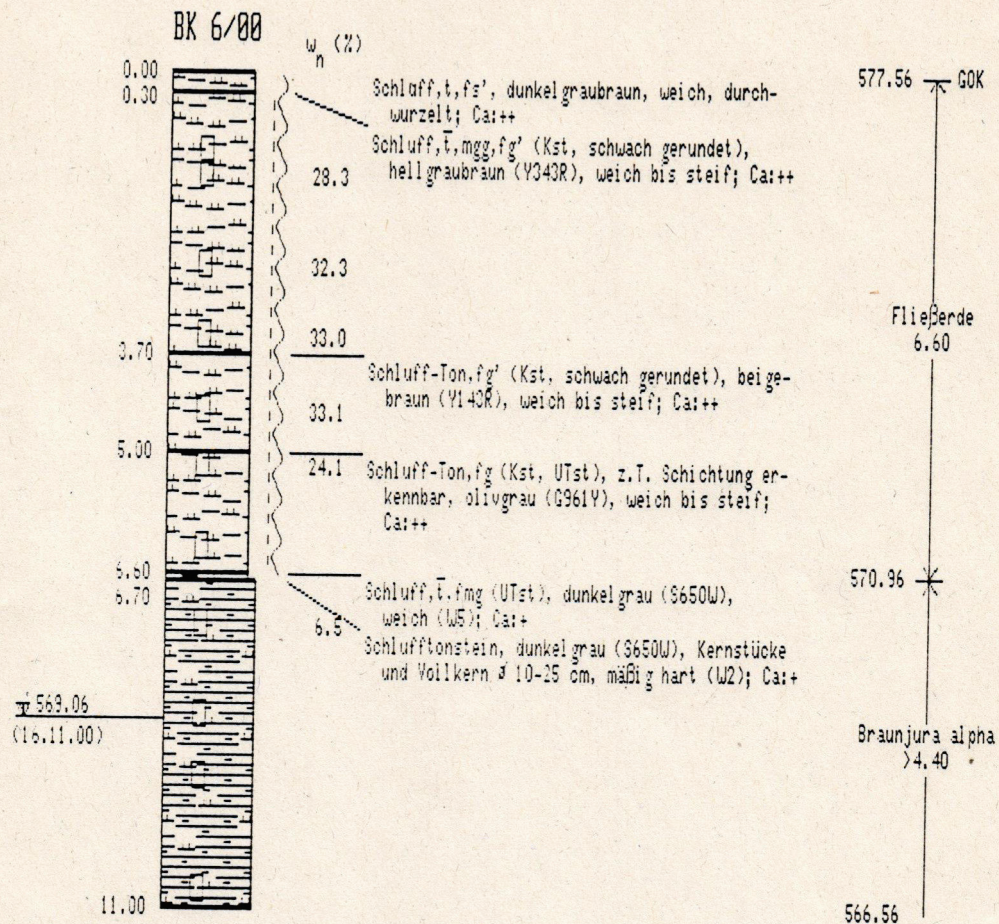
gehört von: Baustoff- und Bodenprüfstelle Tübingen
am: 14.-15.11.00
aufgenommen: Dipl.-Geol. Peter Brühl/S&P
D:\S&P\AUFTRO0\00171\BK06.bpr; ks; 03.04.2001

Landesamt für Geologie,
Kunststoffe und Bergbau
Baden-Württemberg
Archiv

Archiv

268

LOK



Anl. 6: Laborprüfberichte

Tab. 14: Ergebnisse aus den Laboruntersuchungen

Probe			Bodengruppe DIN 18196	
Korngrößenverteilung DIN 17892-4				
RKB 18 / P 1 / 1,2 - 3,2 m			TA (stark kiesig)	
RKB 20 / P 1 / 0,9 - 3,2 m			UA (stark kiesig)	
RKB 20 / P 3 / 3,6 - 5,7 m			GU*/GT*	
B 4 / P 4 / 3,2 - 3,8 m			UA-UM (stark kiesig)	
Probe	Wassergehalt [%]	Konsistenz ermittelt	Konsistenz abgeleitet	Bodengruppe DIN 18196
Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 17892-12				
RKB 16 / P 1 / 0,1 - 1,8 m	29,4	steif	-	TA
RKB 20 / P 2 / 2,1 - 3,3 m	21,8	halbfest	-	TM
B 1 / P 2 / 1,3 - 1,9 m	24,5	steif	-	TM
B 4 / P 1 / 1,0 - 1,3 m	28,1	steif	-	TA
Wassergehaltsbestimmungen nach DIN 17892-1				
RKB 19 / P 1 / 0,2 - 1,7 m	26,6	-	steif	-
B 1 / P 1 / 1,0 - 1,3 m	30,8	-	weich	-
B 1 / P 4 / 2,7 - 3,45 m	23	-	halbfest	-
B 2 / P 2 / 2,2 - 2,5 m	15,8	-	halbfest bis fest	-
B 2 / P 3 / 2,5 - 4,0 m	11,46	-	halbfest bis fest	-
B 2 / P 5 / 4,5 - 8,5 m	12,1	-	halbfest bis fest	-
B 2 / P 7 / 10,4 - 11,5 m	7,97	-	halbfest bis fest	-
B 3 / P 1 / 0,2 - 1,8 m	22,6	-	steif	-
B 4 / P 2 / 1,5 - 2,6 m	27,7	-	steif	-
B 4 / P 3 / 2,6 - 3,2 m	21,3	-	steif	-
B 4 / P 5 / 3,8 - 4,5 m	21,4	-	halbfest	-
B 4 / P 6 / 4,5 - 5,5 m	20,3	-	halbfest	-
Probe		abgeleitete einaxiale Druckfestigkeit s *u [MN/m²]		
Punktlastversuche an Gesteinsproben, nach Empfehlung Nr. 5 des Arbeitskreises 3.3 "Versuchstechnik Fels"				
Opalinustonstein		14,4		

Erklärung zur Bodengruppe: GU* / GT* Kies, stark schluffig / stark tonig; TA = Ton, ausgeprägt plastisch; TM: Ton, mittelpastisch; UA = Schluff, ausgeprägt plastisch; UM = Schluff, mittelpastisch

Körnungslinie Nr. 4

durch Siebanalyse
nach DIN 17892-4

Projekt-Nr.:

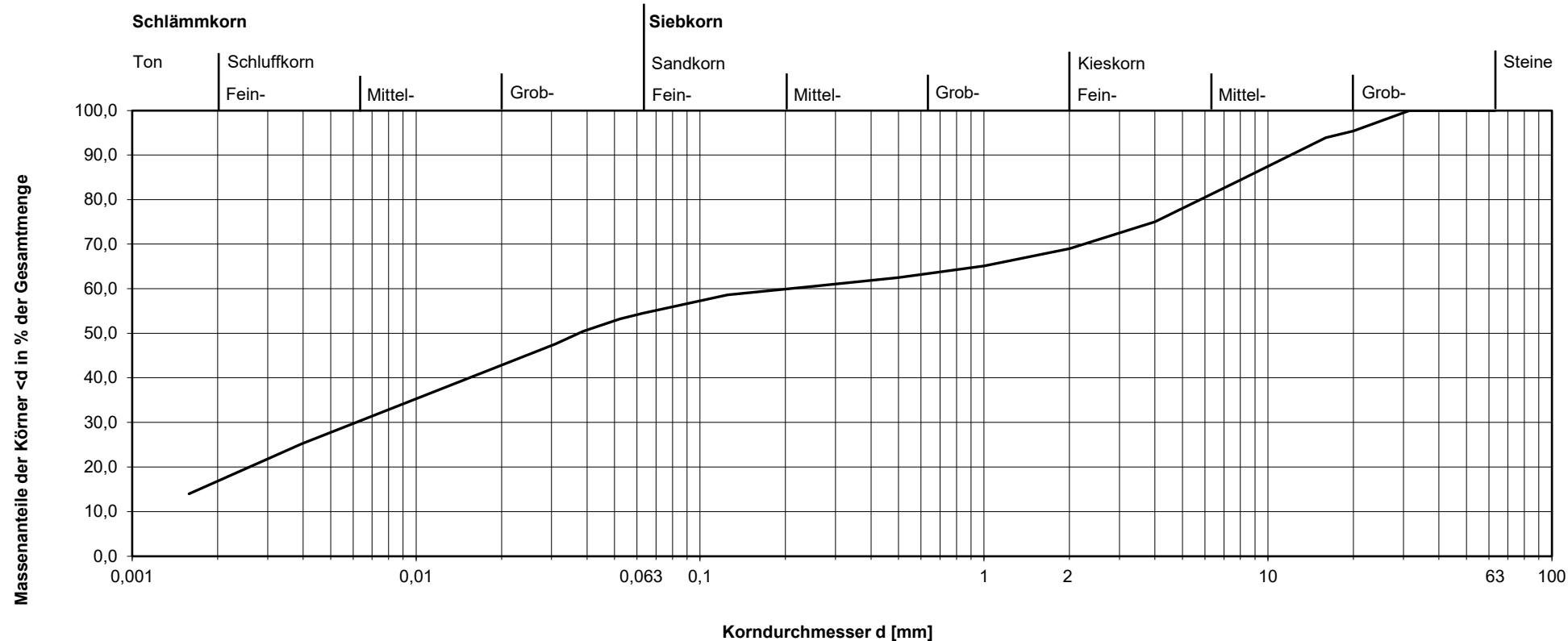
B 24 05 03

Bauvorhaben:

BV Zollernalb-Klinikum

Ort:

Balingen-Dürrwangen



Entnahmestelle: B 4 / P 4

Tiefe: 3,2 - 3,8 m

Art der Entnahme: gestört

Entnahmedatum: 30.04.2024

Kornanteile:

Steine	> 63 mm	0,0%
Kies	> 2 mm	31,0%
Sand	0,063 - 2 mm	14,5%
Schluff	< 0,063 mm	39,0%
Ton	< 0,002 mm	15,5%

d₁₀:
d₁₅: 0,0017
d₃₀: 0,006
d₆₀: 0,208
d₈₅: 8,358
U:
Cc:

Datum: 24.05.2024

Bearbeiter: MN

Körnungslinie Nr. 2

durch Siebanalyse
nach DIN 17892-4

Projekt-Nr.:

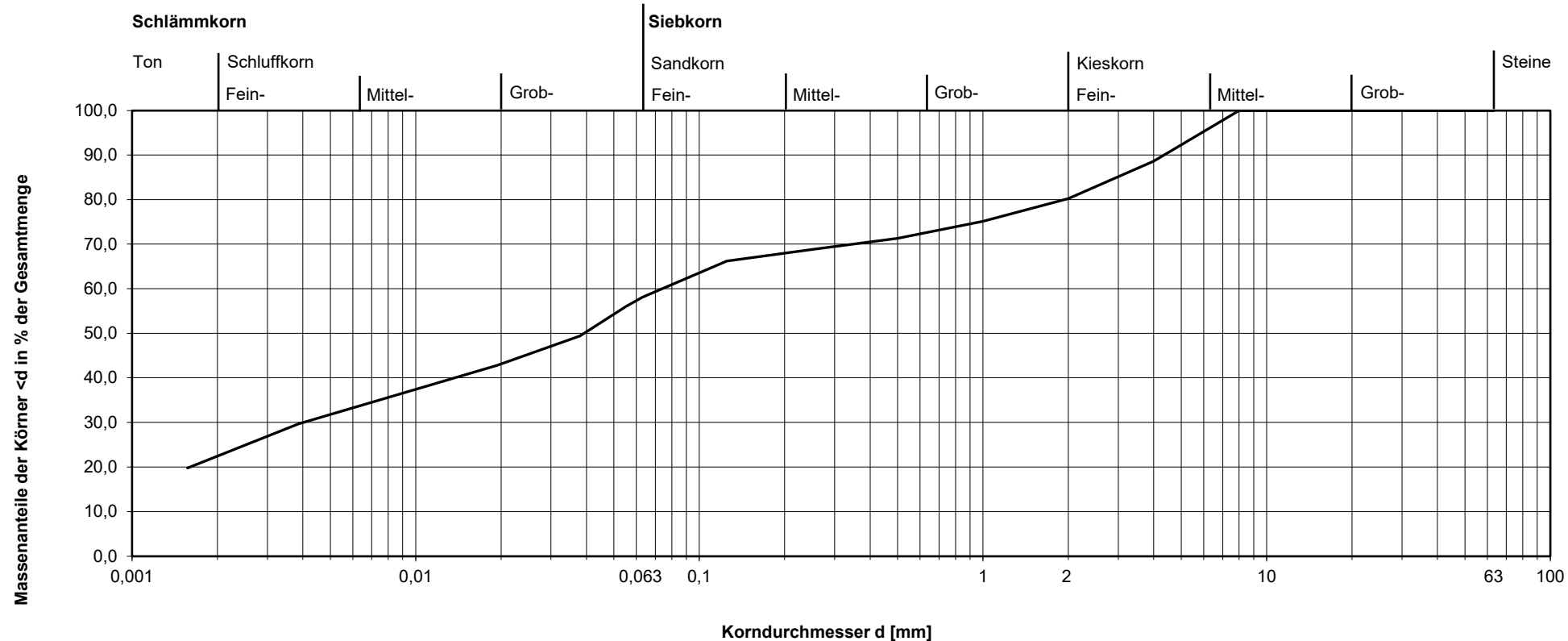
B 24 05 03

Bauvorhaben:

BV Zollernalb-Klinikum

Ort:

Balingen-Dürrwangen



Entnahmestelle: RKB 20 / P 1

Tiefe: 0,9 - 3,2 m

Art der Entnahme: gestört

Entnahmedatum: 24.04.2024

Kornanteile:

Steine	> 63 mm	0,0%
Kies	> 2 mm	19,8%
Sand	0,063 - 2 mm	22,1%
Schluff	< 0,063 mm	36,8%
Ton	< 0,002 mm	21,3%

d₁₀:

d₁₅:

d₃₀: 0,004

d₆₀: 0,074

d₈₅: 2,972

U:

Cc:

Datum: 24.05.2024

Bearbeiter: MN

Körnungslinie Nr. 3

durch Siebanalyse
nach DIN 17892-4

Projekt-Nr.:

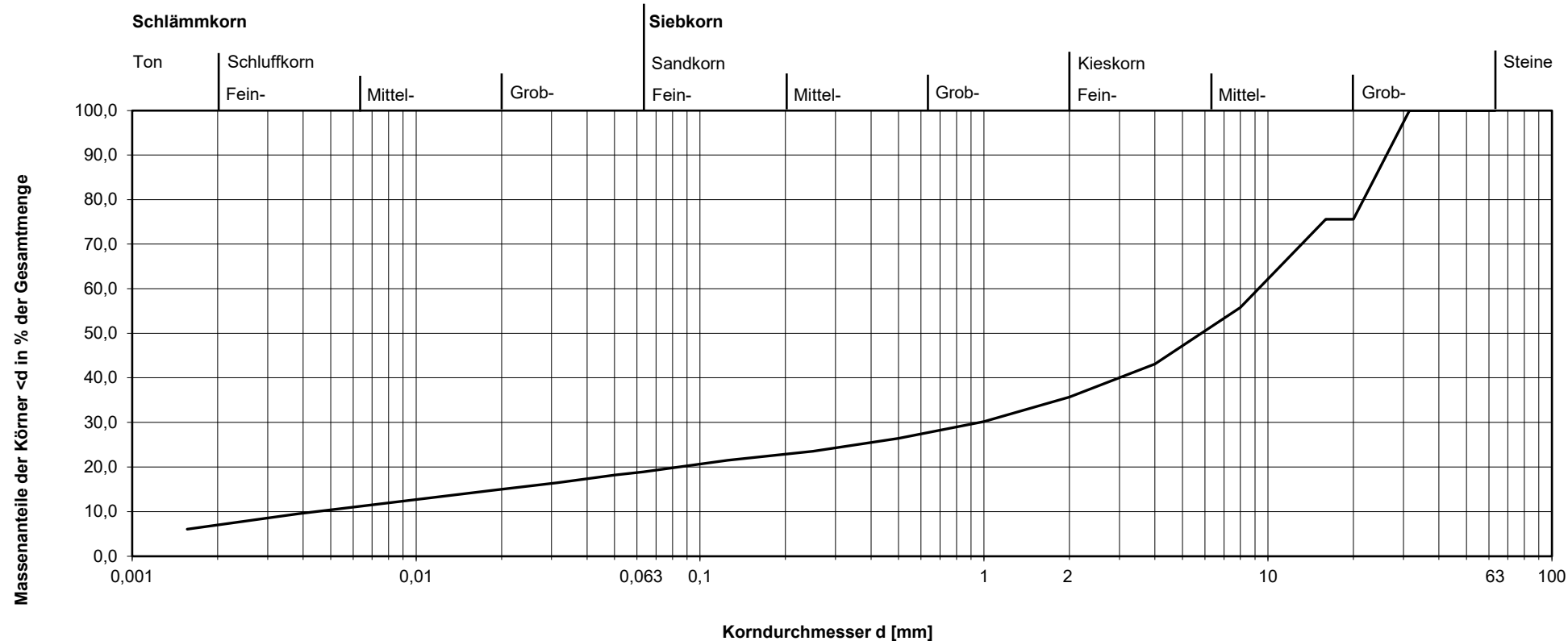
B 24 05 03

Bauvorhaben:

BV Zollernalb-Klinikum

Ort:

Balingen-Dürrwangen



Entnahmestelle: RKB 20 / P 3

Tiefe: 3,6 - 5,7 m

Art der Entnahme: gestört

Entnahmedatum: 24.04.2024

Kornanteile:

Steine	> 63 mm	0,0%
Kies	> 2 mm	64,3%
Sand	0,063 - 2 mm	16,8%
Schluff	< 0,063 mm	12,3%
Ton	< 0,002 mm	6,6%

d₁₀: 0,0045

d₁₅: 0,0201

d₃₀: 0,964

d₆₀: 9,267

d₈₅: 20,771

U: 2077,5

Cc: 22,5

Datum: 24.05.2024

Bearbeiter: MN

Zustandsgrenzen nach DIN 17892 - 12

BV Zollernalb-Klinikum

Balingen-Dürrwangen

Bearbeiter: MN

Datum: 24.05.2024

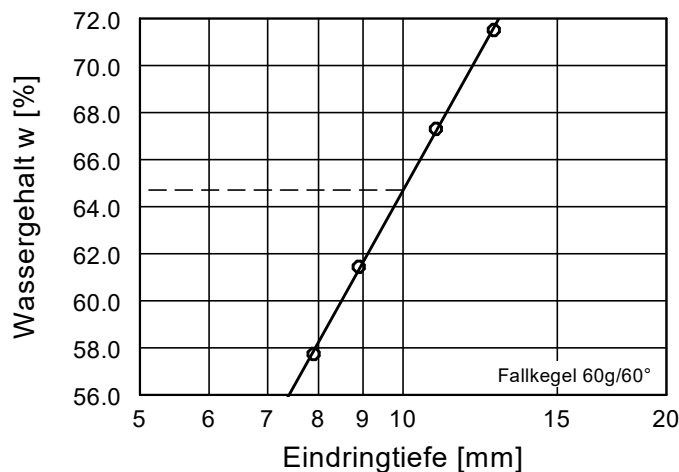
Entnahmestelle: RKB 16 / P 1

Tiefe: 0,1 - 1,8 m

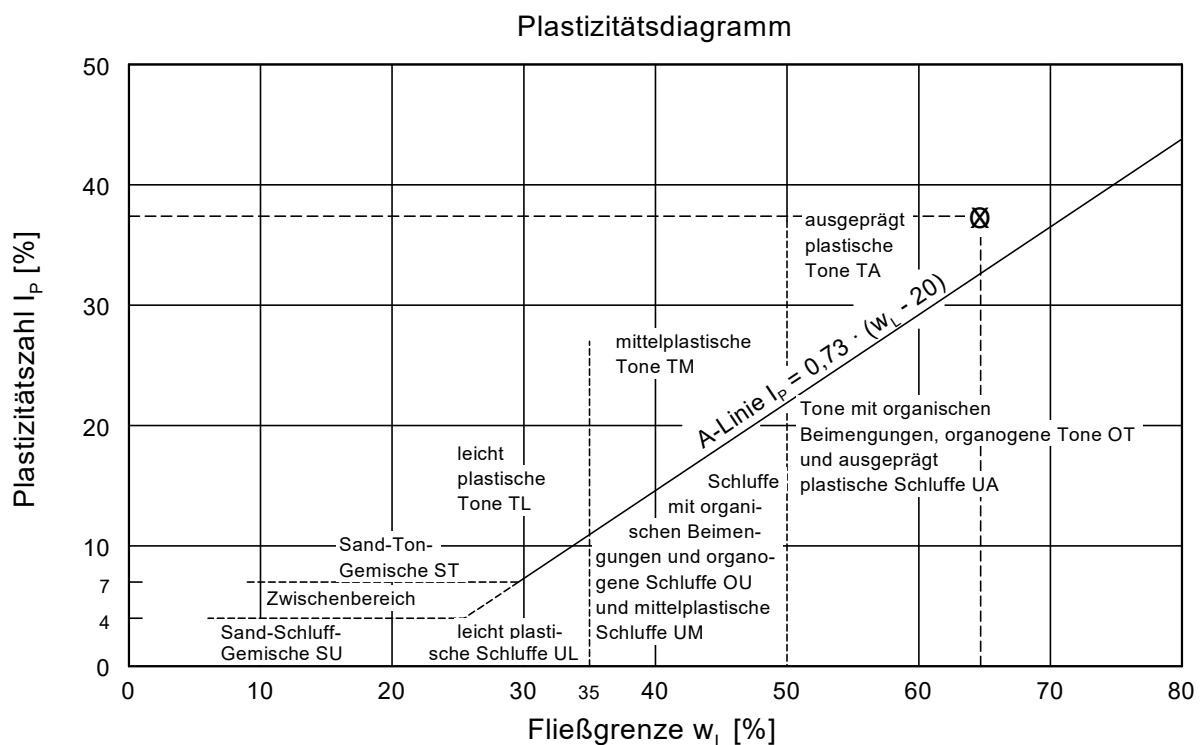
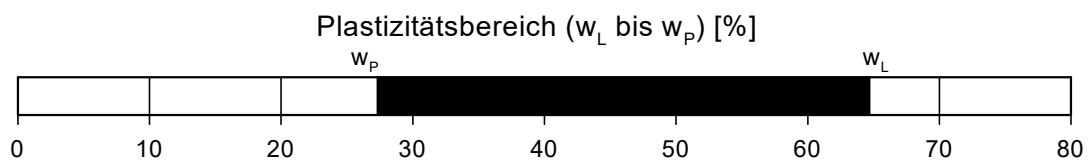
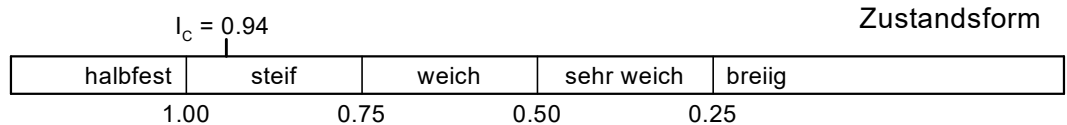
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TA

Probe entnommen am: 24.04.2024



Wassergehalt $w = 29.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 64.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 27.3 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 37.4$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.94$



Zustandsgrenzen nach DIN 17892 - 12

BV Zollernalb-Klinikum

Balingen-Dürrwangen

Bearbeiter: MN

Datum: 24.05.2024

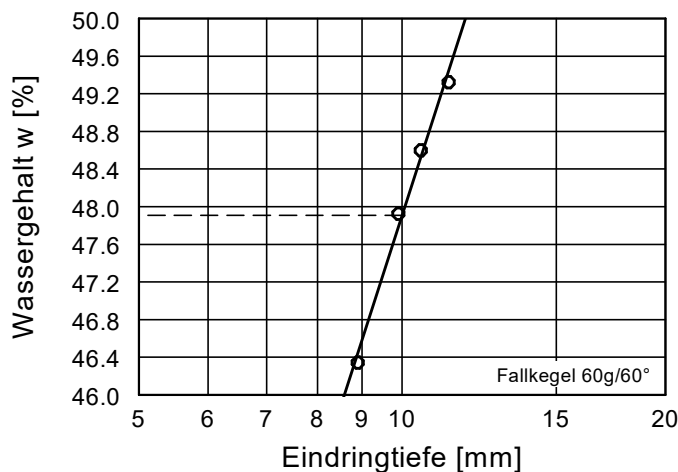
Entnahmestelle: RKB 22 / P 2

Tiefe: 2,1 - 3,3 m

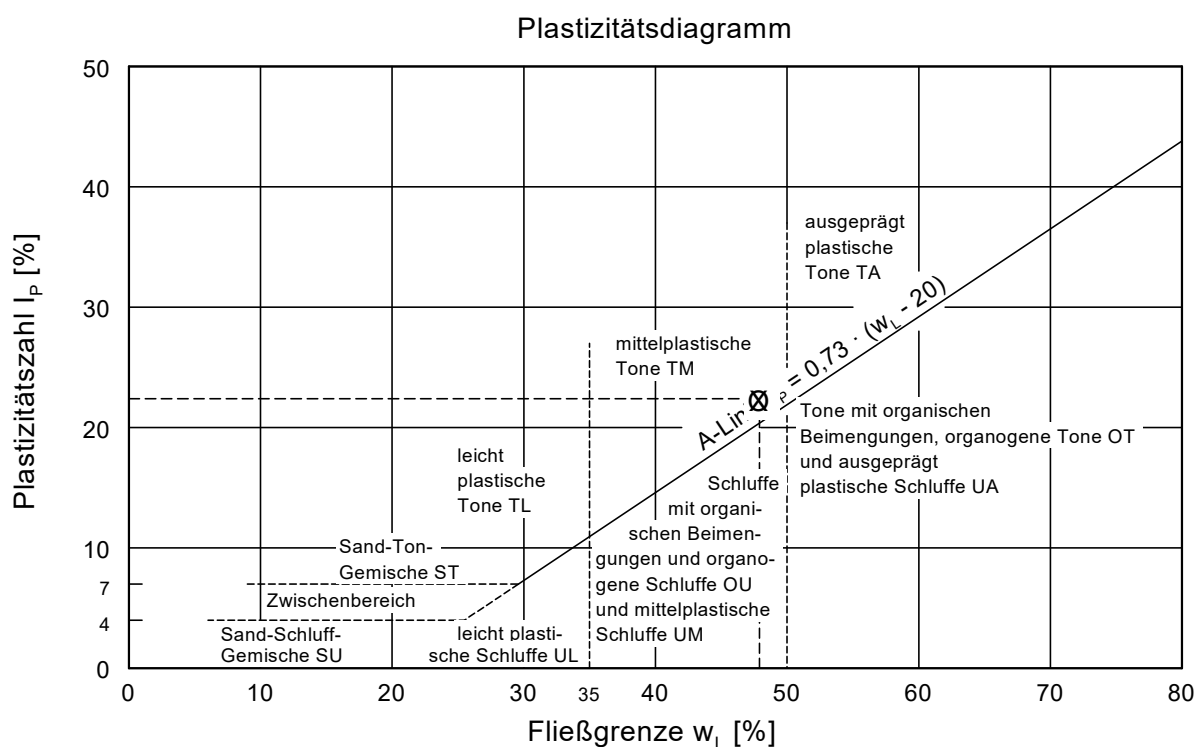
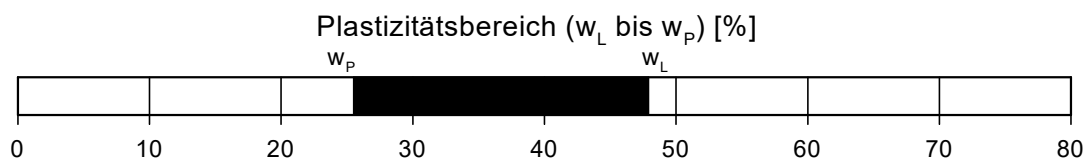
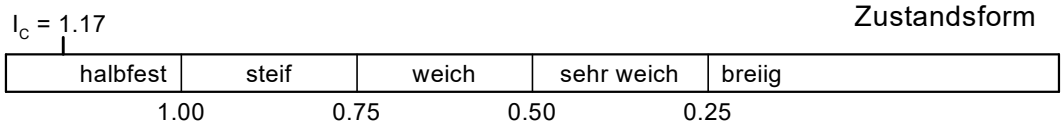
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TM

Probe entnommen am: 24.04.2024



Wassergehalt $w = 21.8 \%$
 Fließgrenze $w_L = 47.9 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 25.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 22.4 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.17$



Zustandsgrenzen nach DIN 17892 - 12

BV Zollernalb-Klinikum

Balingen-Dürrwangen

Bearbeiter: MN

Datum: 24.05.2024

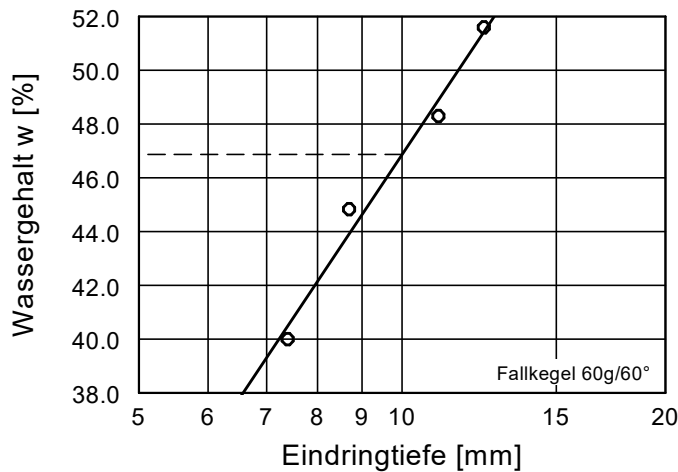
Entnahmestelle: B 1 / P 2

Tiefe: 1,3 - 1,9 m

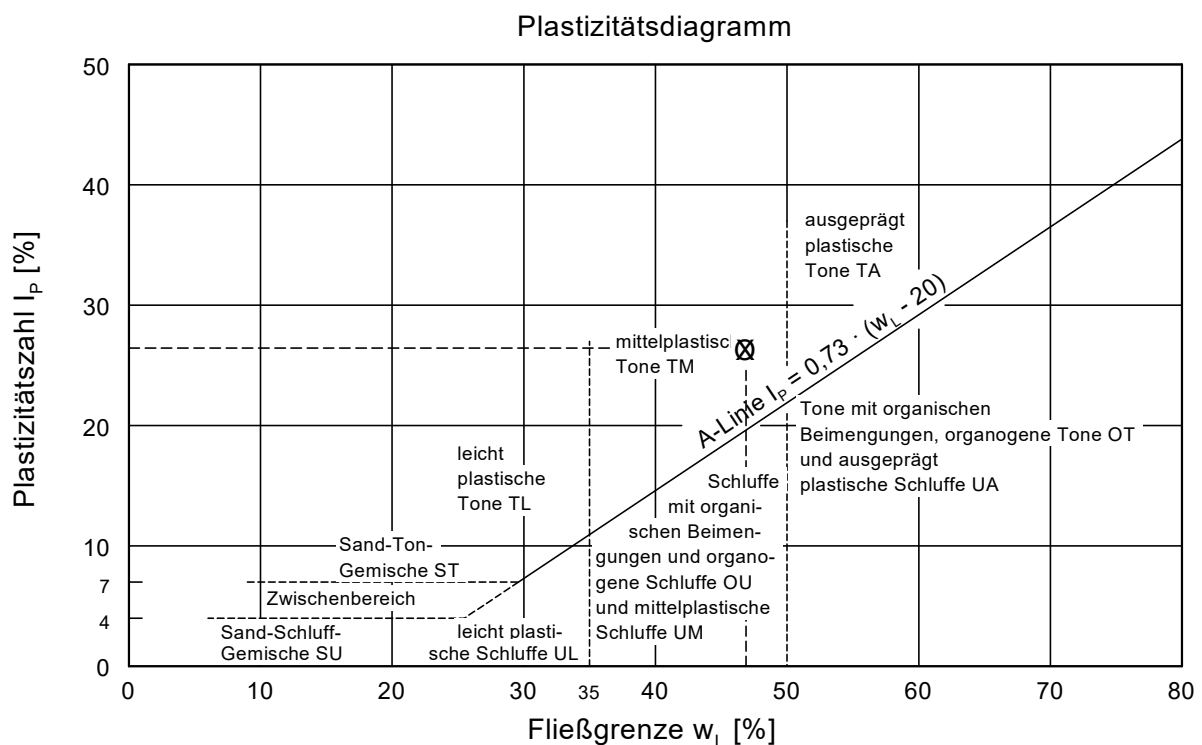
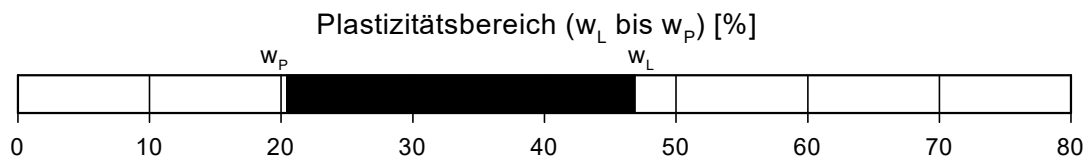
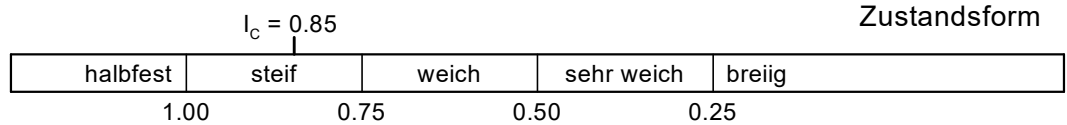
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TM

Probe entnommen am: 22.04.2024



Wassergehalt $w = 24.5 \%$
 Fließgrenze $w_L = 46.9 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 20.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 26.5$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.85$



Zustandsgrenzen nach DIN 17892 - 12

BV Zollernalb-Klinikum

Balingen-Dürrwangen

Bearbeiter: MN

Datum: 24.05.2024

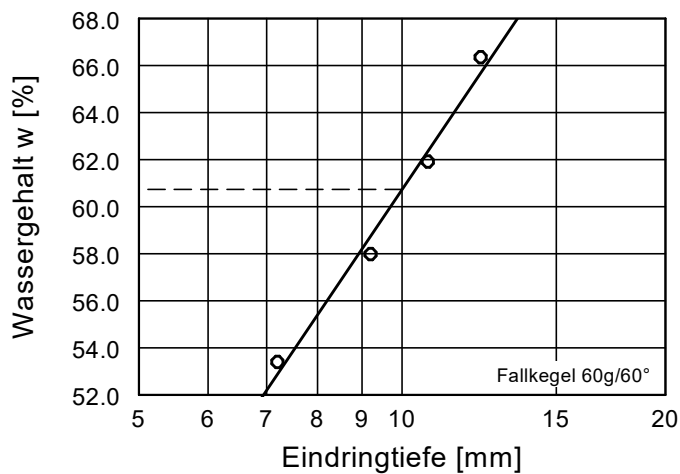
Entnahmestelle: B 4 / P 1

Tiefe: 1,0 - 1,3 m

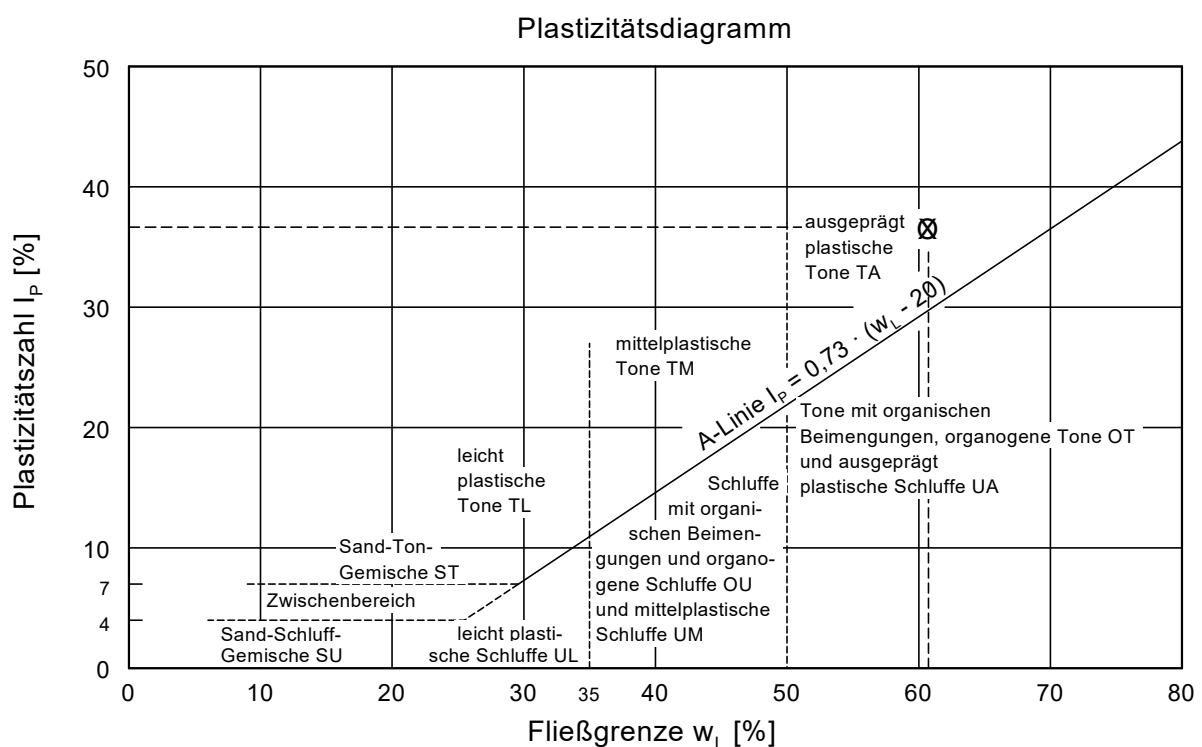
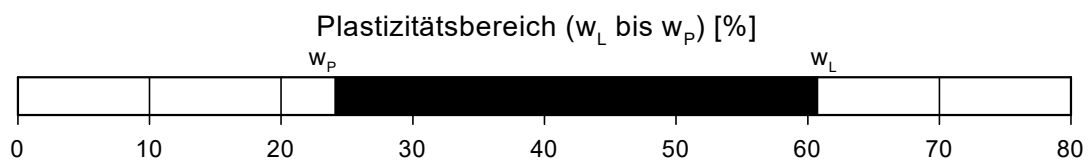
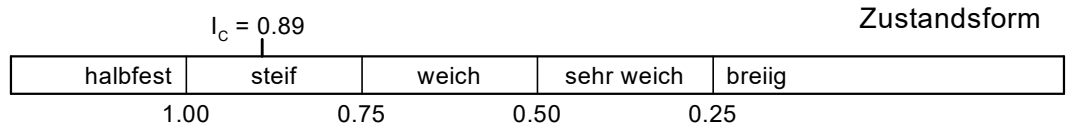
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TA

Probe entnommen am: 30.04.2024



Wassergehalt $w = 28.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 60.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 24.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 36.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.89$



Wassergehaltsbestimmung

GeoTerton

Dipl. Geologe Heiner Terton
Beratender Geowissenschaftler BDG
Ingenieurbüro für Angewandte Geologie

nach DIN ISO EN 17892-1

Projekt: BV Zollernalb-Klinikum

Ort: Balingen-Dürrwangen

Bearbeiter: MN

Datum: 16.07.2024

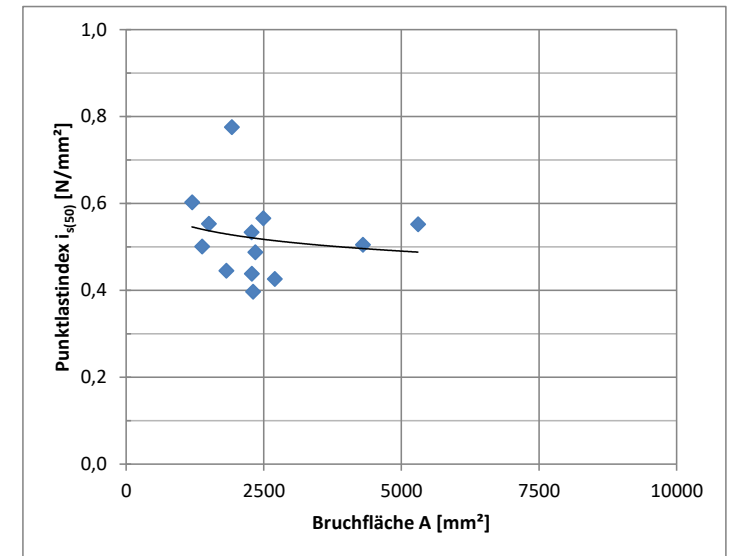
m1: Masse Feuchtprobe mit Behälter [g]; **m2:** Masse Trockenprobe mit Behälter [g]; **mc:** Masse Behälter [g];
mw: Masse Wasser [g]; **md:** Masse Trockenprobe [g]; **w:** Wassergehalt [%]; **(w):** Mittelwert Wassergehalt [%]

Probe	m1	m2	mc	mw	md	w	(w)
RKB 19 / P 1 / 0,2 - 1,7 m	64,18	51,54	3,04	12,64	48,5	26,06	26,62
	60,53	48,37	3,04	12,16	45,33	26,83	
	59,17	47,25	3,04	11,92	44,21	26,96	
B 1 / P 1 / 1,0 - 1,3 m	70,79	54,55	3,04	16,24	51,51	31,53	30,78
	59,23	46,03	3,04	13,2	42,99	30,70	
	75,83	58,98	3,04	16,85	55,94	30,12	
B 1 / P 4 / 2,7 - 3,45 m	70,12	57,64	3,04	12,48	54,6	22,86	22,95
	57,39	47,28	3,04	10,11	44,24	22,85	
	58	47,67	3,04	10,33	44,63	23,15	
B 2 / P 2 / 2,2 - 2,5 m	104,25	89,94	3,04	14,31	86,9	16,47	15,82
	95,58	83,08	3,04	12,5	80,04	15,62	
	119,97	104,39	3,04	15,58	101,35	15,37	
B 2 / P 3 / 2,5 - 4,0 m	103,6	93,19	3,04	10,41	90,15	11,55	11,46
	103,34	93,33	3,04	10,01	90,29	11,09	
	109,74	98,53	3,04	11,21	95,49	11,74	
B 2 / P 5 / 4,5 - 8,5 m	129,83	116,64	3,04	13,19	113,6	11,61	12,05
	124,17	110,92	3,04	13,25	107,88	12,28	
	119,36	106,67	3,04	12,69	103,63	12,25	
B 2 / P 6 / 10,4 - 11,5 m	91,44	84,88	3,04	6,56	81,84	8,02	7,97
	127,01	117,92	3,04	9,09	114,88	7,91	
	132,96	123,34	3,04	9,62	120,3	8,00	
B 3 / P 1 / 0,2 - 1,8 m	78,91	64,9	3,04	14,01	61,86	22,65	22,55
	91,39	74,9	3,04	16,49	71,86	22,95	
	113,82	93,81	3,04	20,01	90,77	22,04	
B 4 / P 2 / 1,5 - 2,6 m	64,02	50,77	3,04	13,25	47,73	27,76	27,73
	83,88	66,29	3,04	17,59	63,25	27,81	
	70,29	55,73	3,04	14,56	52,69	27,63	
B 4 / P 3 / 2,6 - 3,2 m	38,12	31,94	3,04	6,18	28,9	21,38	21,25
	41,62	34,95	3,04	6,67	31,91	20,90	
	43,9	36,68	3,04	7,22	33,64	21,46	
B 4 / P 5 / 3,8 - 4,5 m	75,33	62,62	3,04	12,71	59,58	21,33	21,39
	67,13	55,88	3,04	11,25	52,84	21,29	
	70,6	58,63	3,04	11,97	55,59	21,53	
B 4 / P 6 / 4,5 - 5,5 m	60,08	50,48	3,04	9,6	47,44	20,24	20,33
	61,26	51,39	3,04	9,87	48,35	20,41	
	63,53	53,31	3,04	10,22	50,27	20,33	

Bemerkungen: RKB 19 / P 1 : inhomogene Probe, steife und halbfeste Bereiche
B 4 / P 3 : Probe enthält viel Grobanteil (Tst und Kies), Labor nur an Matrix

Projekt:	BV Zentralklinikum im Campus-Charakter	PN-Datum:	30.04.2024	Datum Punktlastversuch:	06.05.2024
Projekt-Nr.:	B 22 07 02	Lithologie:	Tonstein	Bearbeiter:	CWe
Ort:	Balingen-Dürrwangen	Stratigraphie:	Opalinuston-Formation	Prüfgerät:	Wille Geotechnik 00302-A6-001

Versuchs-Nr.	F_B [kN]	l [mm]	b bzw. d [mm]	A [mm ²]	i_s [N/mm ²]	$i_{s(50)}$ [N/mm ²]
1	1,24	23	99	2277	0,5	0,5
2	0,85	23	52	1196	0,7	0,6
3	1,13	27	100	2700	0,4	0,4
4	0,87	35	52	1820	0,5	0,4
5	0,93	30	50	1500	0,6	0,6
6	0,79	30	46	1380	0,6	0,5
7	1,16	23	102	2346	0,5	0,5
8	1,41	28	89	2492	0,6	0,6
9	1,02	40	57	2280	0,4	0,4
10	2,47	53	100	5300	0,5	0,6
11	1,92	43	100	4300	0,4	0,5
12	1,58	40	48	1920	0,8	0,8
13	0,93	48	48	2304	0,4	0,4
		Punktlast-index $i_{s(50)}$	Standart-abweichung	Umrechnungs-faktor	Abgeleitete einaxiale Druckfestigkeit σ_u^* [MN/m²]	
vereinfachtes Verfahren		0,52	0,09	28,3	14,8	
logarithmisches Verfahren		0,49		28,3	13,9	



Anzahl gültiger Versuche:

Bemerkungen:

14 ungültige Versuche wegen abgescherter Proben, Versuche 1, 7, 10, 11 vor dem Brechen um ca. 20 % eingedrückt

Einaxiale Druckfestigkeit: $\sigma_{u2} = 6,5$ bis $21,8$ MN/m² (Blum et al. (2013) Bestimmung geotechnischer Parameter von Tonstein mit dem Nadelpenetrometertest)

AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28
www.agrolab.de



AGROLAB Labor GmbH Bruckberg, Dr.-Pauling-Str. 3, 84079
Bruckberg

Kundennr.: 27066766

Geo Terton
Siemensstraße 13
72116 Mössingen

PRÜFBERICHT 3799195 BV Zollernalb Klinikum, Balingen-Dürrwangen

Datum: 21.01.2026

Auftrag	3799195 Bodenmaterial/Baggergut
Auftraggeber	27066766 Geo Terton
Probenahmedatum	14.01.2026
Probeneingang	15.01.2026
Probenehmer	Auftraggeber*)

Sehr geehrte Damen und Herren,

anbei übersenden wir Ihnen die Ergebnisse der Untersuchungen, mit denen Sie unser Labor beauftragt haben.

Dieser Prüfbericht mit der Auftragsnummer 3799195 und der Prüfberichtsversion 1 enthält die Probennummer(n) 490702-490704.

Mit freundlichen Grüßen

AGROLAB Labor GmbH Bruckberg, Stefan Ostermeier, Tel. 08765 93996-600
serviceteam3.bruckberg@agrolab.de
Kundenbetreuung

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol *) gekennzeichnet.

Seite 1 von 6


PRÜFBERICHT 3799195 BV Zollernalb Klinikum, Balingen-Dürrwangen

Datum: 21.01.2026

Proben Informationen

Probennummer	Probenbezeichnung	Probenahmedatum	Probenehmer
490702	B 5 - B 8 / MP-Ton	14.01.2026 12:57	Auftraggeber*)
490703	B 7 + B 8 / MP-Kies	14.01.2026 12:57	Auftraggeber*)
490704	B 5 - B 8 / MP-Tonstein	14.01.2026 12:57	Auftraggeber*)

Feststoff

Parameter	Einheit	490702 B 5 - B 8 / MP-Ton	490703 B 7 + B 8 / MP-Kies	490704 B 5 - B 8 / MP-Tonstein	Substanz
Analyse in der Fraktion < 2mm		++ ²⁾	++ ²⁾	-- ⁵⁾	TS
Analyse in der Gesamtfraction		-- ⁵⁾	-- ⁵⁾	++ ²⁾	TS
Fraktion < 2 mm (Wägung)	%	77	37	-- ⁵⁾	TS
Masse Laborprobe	kg	4,8 ¹⁾	5,5 ¹⁾	5,6 ¹⁾	OS
Trockensubstanz ²²⁾	%	81,7 ¹⁾	89,0 ¹⁾	91,1 ¹⁾	OS
Wassergehalt	%	18,3 ¹⁾	11,0 ¹⁾	8,9 ¹⁾	OS
Fraktion > 2 mm	%	23,0	63,0	-- ⁵⁾	TS
Kohlenstoff(C) organisch (TOC) ²¹⁾	%	0,43	0,30	1,10	TS
EOX	mg/kg	<0,30 ⁶⁾	<0,30 ⁶⁾	0,32	TS
Königswasseraufschluß		++ ²⁾	++ ²⁾	++ ²⁾	TS
Arsen (As)	mg/kg	34	25	9,3	TS
Blei (Pb)	mg/kg	19	13	16	TS
Cadmium (Cd)	mg/kg	<0,13 ⁶⁾	<0,13 ⁶⁾	<0,13 ⁶⁾	TS
Chrom (Cr)	mg/kg	42	29	33	TS
Kupfer (Cu)	mg/kg	19	14	19	TS
Nickel (Ni)	mg/kg	40	29	37	TS
Quecksilber (Hg)	mg/kg	<0,05 ⁶⁾	<0,05 ⁶⁾	<0,05 ⁶⁾	TS
Thallium (Tl)	mg/kg	0,2	<0,1 ⁶⁾	<0,1 ⁶⁾	TS
Zink (Zn)	mg/kg	87	68	86	TS
Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC) ¹⁰⁾	mg/kg	<50 ⁶⁾	<50 ⁶⁾	<50 ⁶⁾	TS
Kohlenwasserstoffe C10-C40 ¹⁰⁾	mg/kg	<50 ⁶⁾	<50 ⁶⁾	<50 ⁶⁾	TS
Naphthalin	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	0,059	TS
Acenaphthylen	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	TS
Acenaphthen	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	TS
Fluoren	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,050 (+) ⁹⁾	TS
Phenanthren	mg/kg	<0,050 (+) ⁹⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	0,066	TS
Anthracen	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	TS
Fluoranthren	mg/kg	<0,050 (+) ⁹⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,050 (+) ⁹⁾	TS
Pyren	mg/kg	<0,050 (+) ⁹⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,050 (+) ⁹⁾	TS
Benzo(a)anthracen	mg/kg	<0,050 (+) ⁹⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,050 ^{6),8)}	TS
Chrysen	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,050 ^{6),8)}	TS
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,050 (+) ⁹⁾	TS
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	TS
Benzo(a)pyren	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,050 ^{6),8)}	TS
Dibenzo(ah)anthracen	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	TS
Benzo(ghi)perylene	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	0,054	TS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,010 (NWG) ⁷⁾	<0,050 (+) ⁹⁾	TS
PAK EPA Summe gem. Ersatzbaustoffv	mg/kg	<1,0^{3),6)}	<1,0^{3),6)}	<1,0^{3),6)}	TS

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol *) gekennzeichnet.


PRÜFBERICHT 3799195 BV Zollernalb Klinikum, Balingen-Dürrwangen

Datum: 21.01.2026

Proben Informationen

Probennummer	Probenbezeichnung	Probenahmedatum	Probenehmer
490702	B 5 - B 8 / MP-Ton	14.01.2026 12:57	Auftraggeber*)
490703	B 7 + B 8 / MP-Kies	14.01.2026 12:57	Auftraggeber*)
490704	B 5 - B 8 / MP-Tonstein	14.01.2026 12:57	Auftraggeber*)

Parameter	Einheit	490702 B 5 - B 8 / MP-Ton	490703 B 7 + B 8 / MP-Kies	490704 B 5 - B 8 / MP-Tonstein	Substanz
PAK EPA Summe gem. BBodSchV 2021	mg/kg	<1,0^{4),6)}	<1,0^{4),6)}	<1,0^{4),6)}	TS
PCB (28) ²³⁾	mg/kg	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	TS
PCB (52) ²³⁾	mg/kg	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	TS
PCB (101) ²³⁾	mg/kg	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	TS
PCB (118) ²³⁾	mg/kg	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	TS
PCB (138) ²³⁾	mg/kg	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	TS
PCB (153) ²³⁾	mg/kg	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	TS
PCB (180) ²³⁾	mg/kg	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	<0,0010 (NWG) ⁷⁾	TS
PCB 7 Summe gem. ErsatzbaustoffV	mg/kg	<0,010^{3),6)}	<0,010^{3),6)}	<0,010^{3),6)}	TS
PCB 7 Summe gem. BBodSchV 2021	mg/kg	<0,010^{4),6)}	<0,010^{4),6)}	<0,010^{4),6)}	TS

Eluat

Parameter	Einheit	490702 B 5 - B 8 / MP-Ton	490703 B 7 + B 8 / MP-Kies	490704 B 5 - B 8 / MP-Tonstein	Substanz
Eluatanalyse in der Fraktion <22,4 mm		++ ²⁾	++ ²⁾	++ ²⁾	TS
Fraktion < 22,4 mm	%	100 ¹⁾	100 ¹⁾	100 ¹⁾	OS
Eluat (DIN 19529) ¹¹⁾		++ ^{1),2)}	++ ^{1),2)}	++ ^{1),2)}	OS
Temperatur Eluat ¹⁸⁾	°C	20,1 ¹⁾	20,5 ¹⁾	19,9 ¹⁾	OS
pH-Wert ¹⁶⁾		8,4 ¹⁾	8,3 ¹⁾	8,2 ¹⁾	OS
elektrische Leitfähigkeit ²⁰⁾	µS/cm	209 ¹⁾	151 ¹⁾	335 ¹⁾	OS
Sulfat (SO ₄) ¹⁵⁾	mg/l	9,8 ¹⁾	8,6 ¹⁾	49 ¹⁾	OS
Arsen (As) ¹⁹⁾	µg/l	<2,5 ^{1),6)}	<2,5 ^{1),6)}	<2,5 ^{1),6)}	OS
Blei (Pb) ¹⁹⁾	µg/l	<1 ^{1),6)}	<1 ^{1),6)}	<1 ^{1),6)}	OS
Cadmium (Cd) ¹⁹⁾	µg/l	<0,25 ^{1),6)}	<0,25 ^{1),6)}	<0,25 ^{1),6)}	OS
Chrom (Cr) ¹⁹⁾	µg/l	<1,0 ^{1),6)}	<1,0 ^{1),6)}	<1,0 ^{1),6)}	OS
Kupfer (Cu) ¹⁹⁾	µg/l	<5 ^{1),6)}	<5 ^{1),6)}	<5 ^{1),6)}	OS
Nickel (Ni) ¹⁹⁾	µg/l	<5 ^{1),6)}	<5 ^{1),6)}	<5 ^{1),6)}	OS
Quecksilber (Hg) ¹⁷⁾	µg/l	<0,025 ^{1),6)}	<0,025 ^{1),6)}	0,048 ¹⁾	OS
Thallium (Tl) ¹⁹⁾	µg/l	<0,06 ^{1),6)}	<0,06 ^{1),6)}	<0,06 ^{1),6)}	OS
Zink (Zn) ¹⁹⁾	µg/l	<30 ^{1),6)}	<30 ^{1),6)}	<30 ^{1),6)}	OS
Trübung nach GF-Filtration ¹⁴⁾	NTU	9,8 ¹⁾	1,3 ¹⁾	15 ¹⁾	OS
PCB (28) ¹³⁾	µg/l	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	OS
PCB (52) ¹³⁾	µg/l	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	OS
PCB (101) ¹³⁾	µg/l	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	OS
PCB (118) ¹³⁾	µg/l	<0,00030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0010 ^{1),6),8)}	<0,0010 ^{1),6),8)}	OS
PCB (138) ¹³⁾	µg/l	<0,0010 ^{1),6),8)}	<0,0010 ^{1),6),8)}	<0,0010 ^{1),6),8)}	OS
PCB (153) ¹³⁾	µg/l	<0,0010 ^{1),6),8)}	<0,0010 ^{1),6),8)}	<0,0010 ^{1),6),8)}	OS
PCB (180) ¹³⁾	µg/l	<0,0010 ^{1),6),8)}	<0,0010 ^{1),6),8)}	<0,0010 ^{1),6),8)}	OS

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol *) gekennzeichnet.



PRÜFBERICHT 3799195 BV Zollernalb Klinikum, Balingen-Dürrwangen

Datum: 21.01.2026

Proben Informationen

Probennummer	Probenbezeichnung	Probenahmedatum	Probenehmer
490702	B 5 - B 8 / MP-Ton	14.01.2026 12:57	Auftraggeber*)
490703	B 7 + B 8 / MP-Kies	14.01.2026 12:57	Auftraggeber*)
490704	B 5 - B 8 / MP-Tonstein	14.01.2026 12:57	Auftraggeber*)

Parameter	Einheit	490702 B 5 - B 8 / MP-Ton	490703 B 7 + B 8 / MP-Kies	490704 B 5 - B 8 / MP-Tonstein	Substanz
PCB 7 Summe gem. ErsatzbaustoffV	µg/l	<0,0030 ^{1),3),6)}	<0,0030 ^{1),3),6)}	<0,0030 ^{1),3),6)}	OS
PCB 7 Summe gem. BBodSchV 2021	µg/l	<0,0030 ^{1),4),6)}	<0,0030 ^{1),4),6)}	<0,0030 ^{1),4),6)}	OS
Naphthalin ¹²⁾	µg/l	0,027 ¹⁾	0,015 ¹⁾	0,045 ¹⁾	OS
1-Methylnaphthalin ¹²⁾	µg/l	<0,010 ^{1),6),8)}	<0,010 ^{1),6),8)}	0,023 ¹⁾	OS
2-Methylnaphthalin ¹²⁾	µg/l	<0,010 (+) ^{1),9)}	<0,010 (+) ^{1),9)}	0,023 ¹⁾	OS
Acenaphthylen ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Acenaphthen ¹²⁾	µg/l	<0,010 (+) ^{1),9)}	<0,010 ^{1),6),8)}	<0,010 ^{1),6),8)}	OS
Fluoren ¹²⁾	µg/l	<0,010 (+) ^{1),9)}	<0,010 (+) ^{1),9)}	<0,010 (+) ^{1),9)}	OS
Phenanthren ¹²⁾	µg/l	<0,010 (+) ^{1),9)}	<0,010 (+) ^{1),9)}	<0,010 (+) ^{1),9)}	OS
Anthracen ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Fluoranthren ¹²⁾	µg/l	<0,010 ^{1),6),8)}	<0,010 (+) ^{1),9)}	<0,010 (+) ^{1),9)}	OS
Pyren ¹²⁾	µg/l	<0,010 (+) ^{1),9)}	<0,010 (+) ^{1),9)}	<0,010 ^{1),6),8)}	OS
Benzo(a)anthracen ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Chrysen ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Benzo(b)fluoranthren ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Benzo(k)fluoranthren ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Benzo(a)pyren ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Dibenzo(ah)anthracen ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Benzo(ghi)perylene ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Indeno(1,2,3-cd)pyren ¹²⁾	µg/l	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	<0,0030 (NWG) ^{1),7)}	OS
Naphthalin/Methylnaph.-Summe gem. ErsatzbaustoffV	µg/l	<0,050 ^{1),3),6)}	<0,050 ^{1),3),6)}	0,091 ^{1),3)}	OS
PAK 15 Summe gem. ErsatzbaustoffV	µg/l	<0,050 ^{1),3),6)}	<0,050 ^{1),3),6)}	<0,050 ^{1),3),6)}	OS
Naphthalin/Methylnaph.-Summe gem. BBodSchV 2021	µg/l	<0,050 ^{1),4),6)}	<0,050 ^{1),4),6)}	0,091 ¹⁾	OS
PAK 15 Summe gem. BBodSchV 2021	µg/l	<0,050 ^{1),4),6)}	<0,050 ^{1),4),6)}	<0,050 ^{1),4),6)}	OS

Die parameterspezifischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen. Die Mindestleistungskriterien der angewandten Verfahren beruhen bezüglich der Messunsicherheit in der Regel auf der Richtlinie 2009/90/EG der Europäischen Kommission.

¹⁾ Die Analysenwerte der Feststoffparameter beziehen sich auf die Trockensubstanz (TS), bei den mit ¹⁾ gekennzeichneten Parametern auf die Originalsubstanz (OS).

²⁾ "++" Bedeutet, dass die notwendige Behandlung im Labor durchgeführt wurde.

³⁾ Einzelwerte, die die Nachweisgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt. Bei Einzelwerten, die zwischen Nachweis- und Bestimmungsgrenze liegen, wurde die halbe Bestimmungsgrenze zur Berechnung zugrunde gelegt.

⁴⁾ Einzelwerte, die die Nachweis- oder Bestimmungsgrenze unterschreiten, wurden nicht berücksichtigt.

⁵⁾ "--" Bedeutet "nicht angefordert".

⁶⁾ Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

⁷⁾ Das Zeichen "<....(NWG)" oder n.n. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Nachweisgrenze nicht nachzuweisen.

⁸⁾ Die Nachweis-, bzw. Bestimmungsgrenze musste erhöht werden, da Matrixeffekte bzw. Substanzüberlagerungen eine Quantifizierung

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol *) gekennzeichnet.

**PRÜFBERICHT 3799195 BV Zollernalb Klinikum, Balingen-Dürrwangen****Datum: 21.01.2026**

erschweren.

⁹⁾ Das Zeichen "<....(+)" in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff wurde im Bereich zwischen Nachweisgrenze und Bestimmungsgrenze qualitativ nachgewiesen.¹⁰⁾ Für die Messung nach DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09 wurde das Probenmaterial mittels Schütteln extrahiert und über eine Florisilsäule aufgereinigt.¹¹⁾ Für die Eluaterstellung wurden je Ansatz 350 g Trockenmasse +/- 5g mit 700 ml deionisiertem Wasser versetzt und über einen Zeitraum von 24h bei 5 Umdrehungen pro Minute im Überkopfschüttler eluiert. Bei Bedarf werden mehrere Ansätze parallel eluiert. Die Fest-/Flüssigphasentrennung erfolgte für hydrophile Stoffe gemäß Zentrifugation/Membranfiltration, für hydrophobe Stoffe gemäß Zentrifugation/Glasfaserfiltration.¹²⁾ Für die Messung nach DIN 38407-39 : 2011-09 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.¹³⁾ Für die Messung nach DIN 38407-37 : 2013-11 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.¹⁴⁾ Für die Messung nach DIN EN ISO 7027 : 2000-04 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.¹⁵⁾ Für die Messung nach DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.¹⁶⁾ Für die Messung nach DIN EN ISO 10523 : 2012-04 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur weiteren Bearbeitung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.¹⁷⁾ Für die Messung nach DIN EN ISO 12846 : 2012-08 wurde das erstellte Eluat/Perkolat mittels 30%iger Salzsäure stabilisiert.¹⁸⁾ Für die Messung nach DIN EN 38404-4 : 1976-12 wurde das erstellte Eluat/Perkolat nicht stabilisiert.¹⁹⁾ Für die Messung nach DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01 wurde das erstellte Eluat/Perkolat mittels konzentrierter Salpetersäure stabilisiert.²⁰⁾ Für die Messung nach DIN EN 27888 : 1993-11 wurde das erstellte Eluat/Perkolat bis zur Messung im Dunkeln gekühlt aufbewahrt.²¹⁾ Bei der Messung nach DIN EN 15936 : 2012-11 wurde Verfahren B verwendet.²²⁾ Bei der Messung nach DIN EN 15934 : 2012-11 wurde Verfahren A verwendet.²³⁾ Für die Messung nach DIN EN 17322 : 2021-03 wurde mittels Schütteln extrahiert und über mit Schwefelsäure aktiviertem Silicagel aufgereinigt. Die Detektion erfolgte mittels MS.

Beginn der Prüfung: 15.01.2026

Ende der Prüfung: 20.01.2026

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Das Laboratorium ist nicht für die vom Kunden bereitgestellten Informationen verantwortlich. Die ggf. im vorliegenden Prüfbericht dargestellten Kundeninformationen unterliegen nicht der Akkreditierung des Laboratoriums und können sich auf die Validität der Prüfergebnisse auswirken. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

Im Fall einer Konformitätsbewertung wird als Entscheidungsregel der diskrete Ansatz angewendet. Das bedeutet, dass die Messunsicherheit bei der Aussage zur Konformität zu einer Spezifikation oder Norm nicht berücksichtigt wird.

AGROLAB Labor GmbH Bruckberg, Stefan Ostermeier, Tel. 08765 93996-600**serviceteam3.bruckberg@agrolab.de****Kundenbetreuung****Methodenliste**

Berechnung aus dem Messwert	Wassergehalt • Fraktion > 2 mm
Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter	PAK EPA Summe gem. ErsatzbaustoffV • PAK EPA Summe gem. BBodSchV 2021 • PCB 7 Summe gem. ErsatzbaustoffV [mg/kg] • PCB 7 Summe gem. BBodSchV 2021 [µg/l] • Naphthalin/Methylnaph.-Summe gem. ErsatzbaustoffV • PAK 15 Summe gem. ErsatzbaustoffV • Naphthalin/Methylnaph.-Summe gem. BBodSchV 2021 • PAK 15 Summe gem. BBodSchV 2021
DIN 19529 : 2023-07	Eluatanalyse in der Fraktion <22,4 mm • Eluat (DIN 19529) ¹¹⁾
DIN 19747 : 2009-07	Analyse in der Fraktion < 2mm • Analyse in der Gesamtfraction • Fraktion < 2 mm (Wägung) • Masse Laborprobe • Fraktion < 22,4 mm
DIN 38404-4 : 1976-12	Temperatur Eluat ¹⁸⁾
DIN 38407-37 : 2013-11	PCB (28) ¹³⁾ [µg/l] • PCB (52) ¹³⁾ [µg/l] • PCB (101) ¹³⁾ [µg/l] • PCB (118) ¹³⁾ [µg/l] • PCB (138) ¹³⁾ [µg/l] • PCB (153) ¹³⁾ [µg/l] • PCB (180) ¹³⁾ [µg/l]
DIN 38407-39 : 2011-09	Naphthalin ¹²⁾ [µg/l] • 1-Methylnaphthalin ¹²⁾ • 2-Methylnaphthalin ¹²⁾ • Acenaphthylen ¹²⁾ [µg/l] • Acenaphthen ¹²⁾ [µg/l] • Fluoren ¹²⁾ [µg/l] • Phenanthren ¹²⁾ [µg/l] • Anthracen ¹²⁾ [µg/l] • Fluoranthren ¹²⁾ [µg/l] • Pyren ¹²⁾ [µg/l] • Benzo(a)anthracen ¹²⁾ [µg/l] • Chrysen ¹²⁾ [µg/l] • Benzo(b)fluoranthren ¹²⁾ [µg/l] • Benzo(k)fluoranthren ¹²⁾ [µg/l] • Benzo(a)pyren ¹²⁾ [µg/l] • Dibenzo(ah)anthracen ¹²⁾ [µg/l] • Benzo(ghi)perylene ¹²⁾ [µg/l] • Indeno(1.2.3-cd)pyren ¹²⁾ [µg/l]
DIN 38414-17 : 2017-01	EOX
DIN EN 14039 : 2005-01 + LAGA KW/04 : 2019-09	Kohlenwasserstoffe C10-C22 (GC) ¹⁰⁾ • Kohlenwasserstoffe C10-C40 ¹⁰⁾

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol *) gekennzeichnet.

Seite 5 von 6

PRÜFBERICHT 3799195 BV Zollernalb Klinikum, Balingen-Dürrwangen

Datum: 21.01.2026

Methodenliste

DIN EN 15934 : 2012-11	Trockensubstanz ²²⁾
DIN EN 15936: 2012-11 Verfahren B	Kohlenstoff(C) organisch (TOC) ²¹⁾
DIN EN 16171 : 2017-01	Arsen (As) [mg/kg] • Blei (Pb) [mg/kg] • Cadmium (Cd) [mg/kg] • Chrom (Cr) [mg/kg] • Kupfer (Cu) [mg/kg] • Nickel (Ni) [mg/kg] • Thallium (Tl) [mg/kg] • Zink (Zn) [mg/kg]
DIN EN 17322 : 2021-03	PCB (28) ²³⁾ [mg/kg] • PCB (52) ²³⁾ [mg/kg] • PCB (101) ²³⁾ [mg/kg] • PCB (118) ²³⁾ [mg/kg] • PCB (138) ²³⁾ [mg/kg] • PCB (153) ²³⁾ [mg/kg] • PCB (180) ²³⁾ [mg/kg]
DIN EN 27888 : 1993-11	elektrische Leitfähigkeit ²⁰⁾
DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07	Sulfat (SO ₄) ¹⁵⁾
DIN EN ISO 10523 : 2012-04	pH-Wert ¹⁶⁾
DIN EN ISO 12846 : 2012-08	Quecksilber (Hg) [mg/kg] • Quecksilber (Hg) ¹⁷⁾ [µg/l]
DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01	Arsen (As) ¹⁹⁾ [µg/l] • Blei (Pb) ¹⁹⁾ [µg/l] • Cadmium (Cd) ¹⁹⁾ [µg/l] • Chrom (Cr) ¹⁹⁾ [µg/l] • Kupfer (Cu) ¹⁹⁾ [µg/l] • Nickel (Ni) ¹⁹⁾ [µg/l] • Thallium (Tl) ¹⁹⁾ [µg/l] • Zink (Zn) ¹⁹⁾ [µg/l]
DIN EN ISO 54321 : 2021-04	Königswasseraufschluß
DIN EN ISO 7027 : 2000-04	Trübung nach GF-Filtration ¹⁴⁾
DIN ISO 18287 : 2006-05	Naphthalin [mg/kg] • Acenaphthylen [mg/kg] • Acenaphthen [mg/kg] • Fluoren [mg/kg] • Phenanthren [mg/kg] • Anthracen [mg/kg] • Fluoranthren [mg/kg] • Pyren [mg/kg] • Benzo(a)anthracen [mg/kg] • Chrysen [mg/kg] • Benzo(b)fluoranthren [mg/kg] • Benzo(k)fluoranthren [mg/kg] • Benzo(a)pyren [mg/kg] • Dibenzo(ah)anthracen [mg/kg] • Benzo(ghi)perylene [mg/kg] • Indeno(1,2,3-cd)pyren [mg/kg]

Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol *) gekennzeichnet.

Seite 6 von 6

Anl. 7: Grundwasserganglinien aus Datenloggeraufzeichnungen

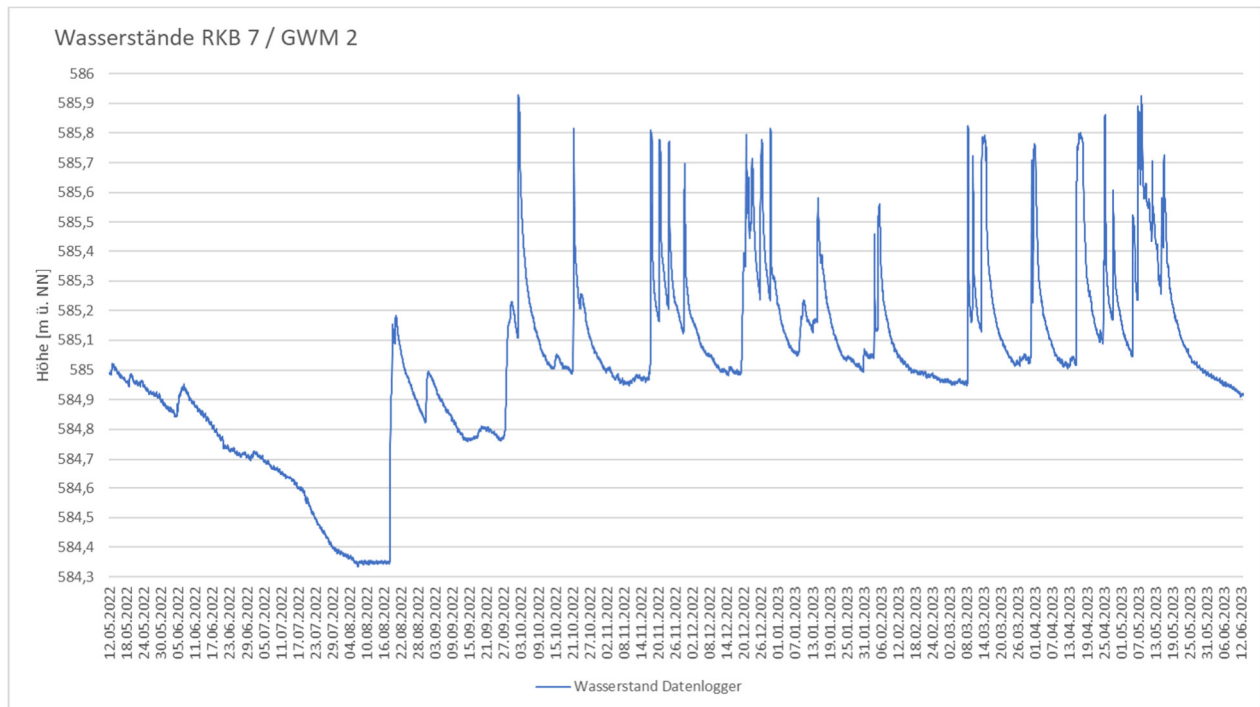


Abb. 3: Grundwasserganglinie in der Messstelle RKB 7 / GWM 2

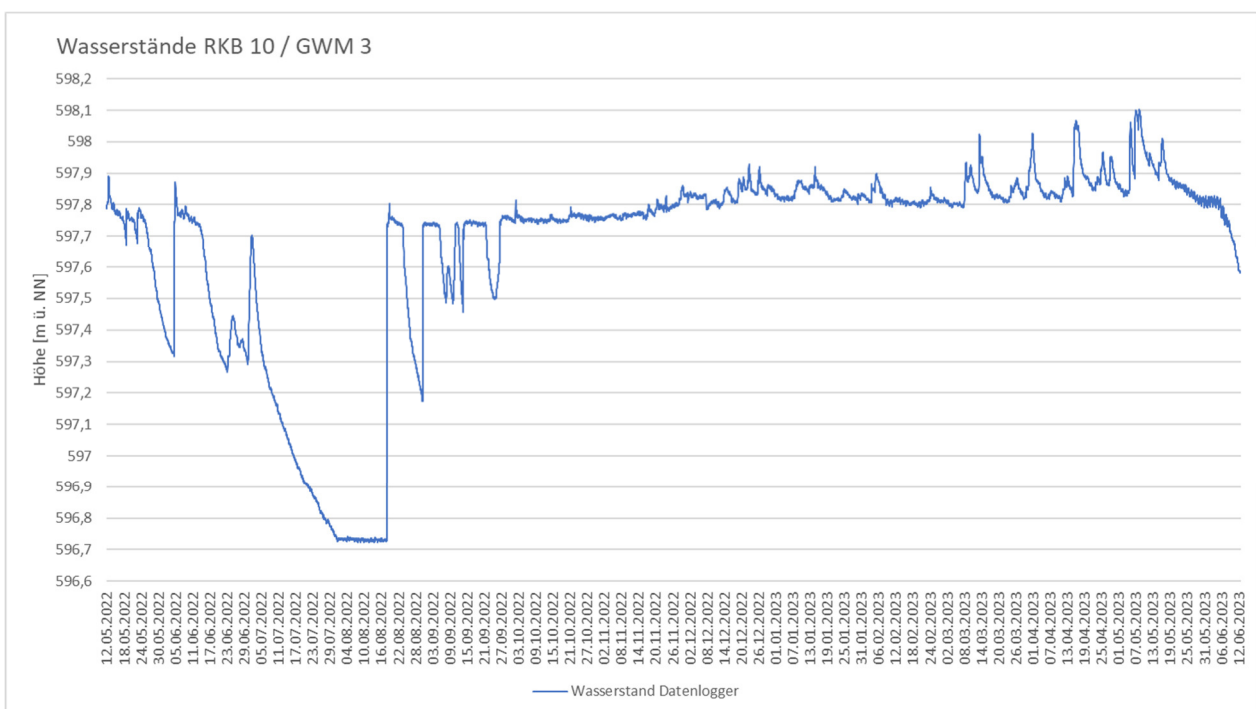


Abb. 4: Grundwasserganglinie in der Messstelle RKB 10 / GWM 3

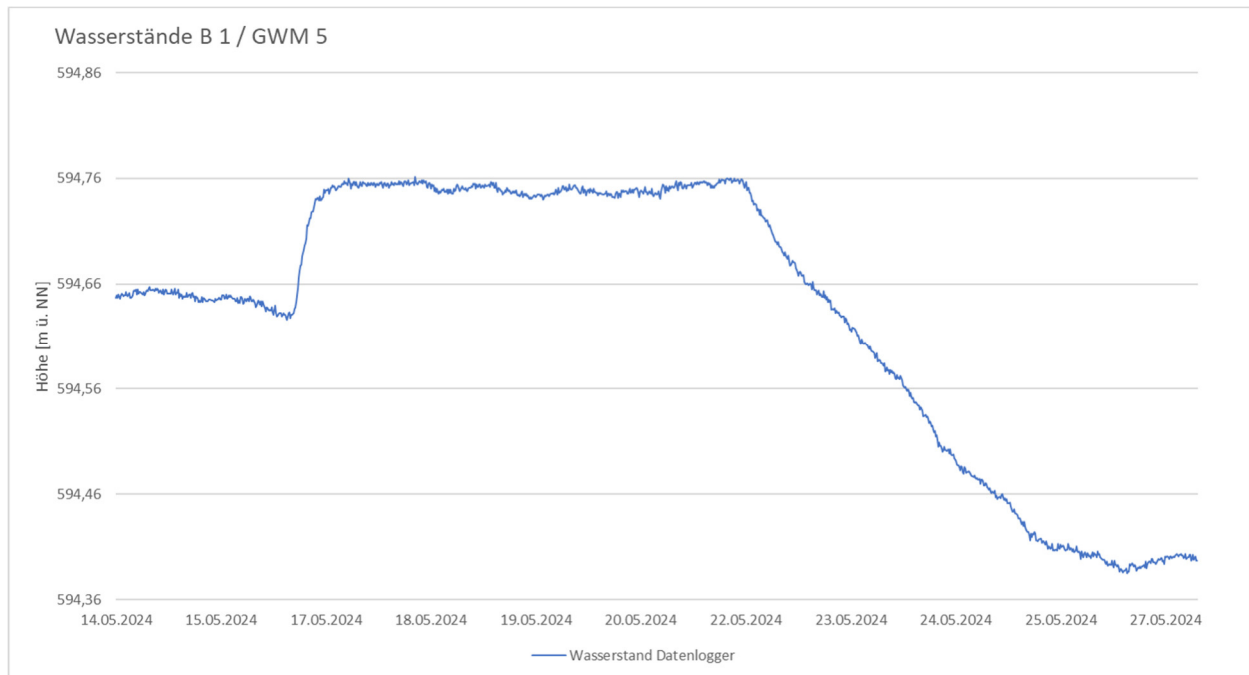


Abb. 5: Grundwasserganglinie in der Messstelle B 1 / GWM 5

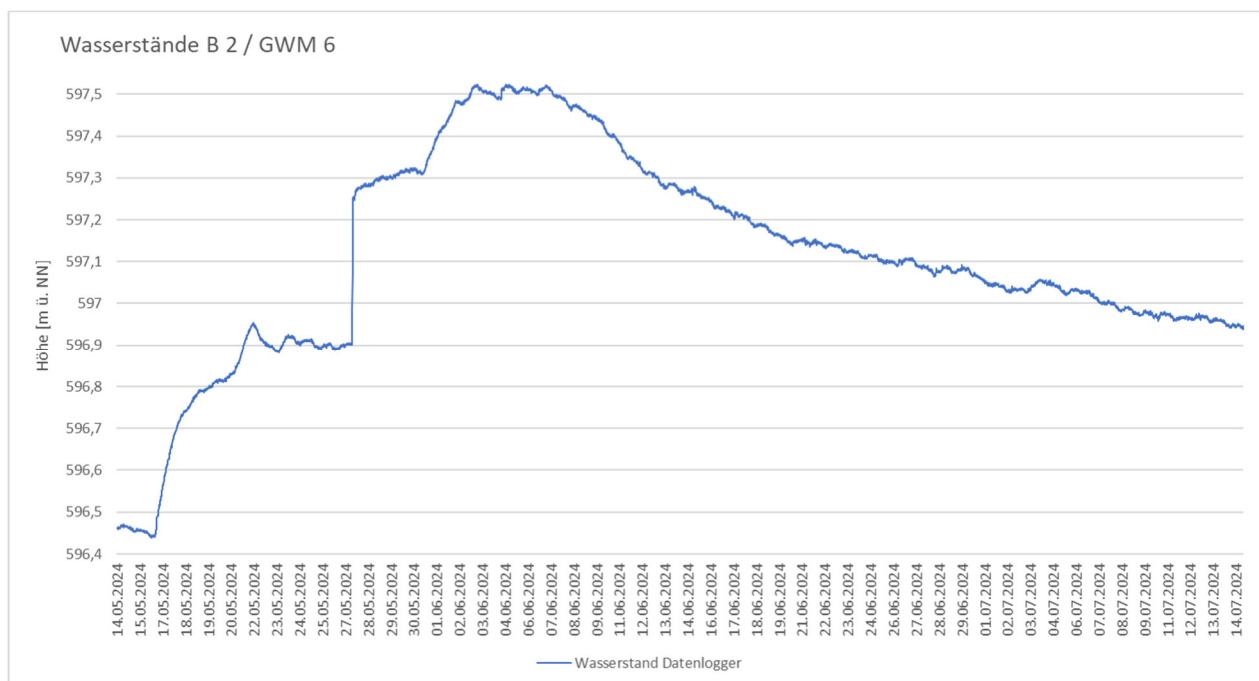


Abb. 6: Grundwasserganglinie in der Messstelle B 2 / GWM 6

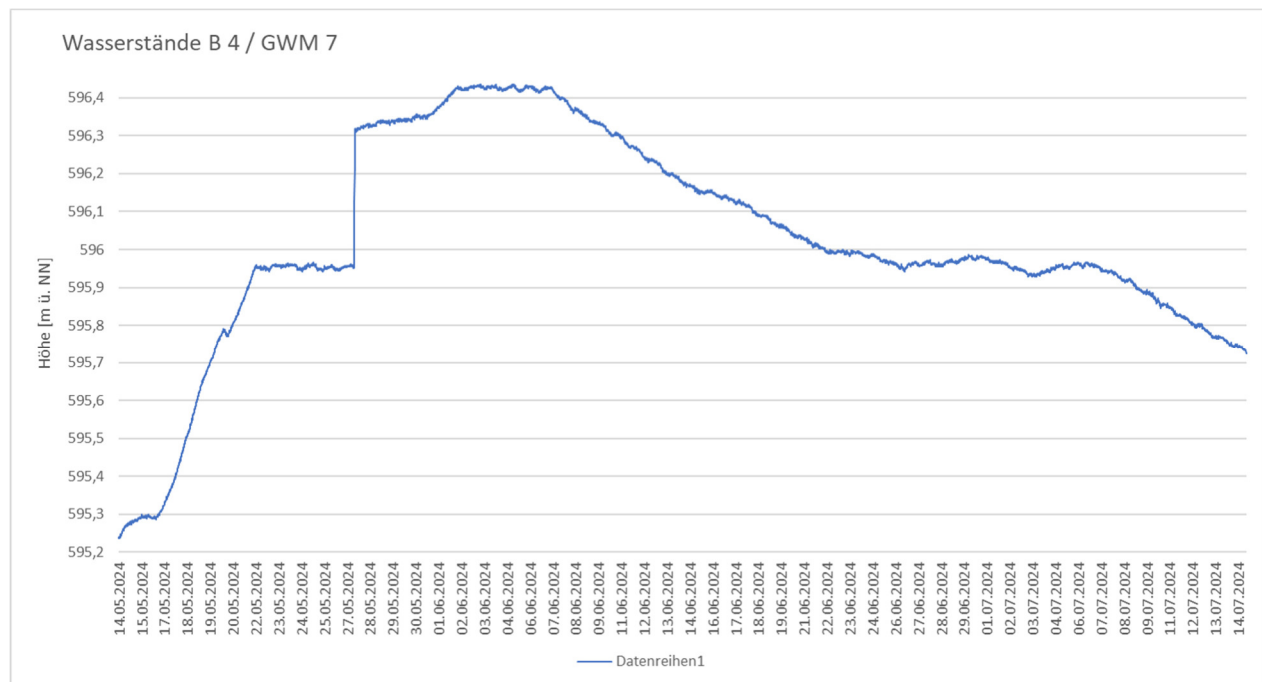


Abb. 7: Grundwasserganglinie in der Messstelle B 4 / GWM 7

Anl. 8: Grundwasserstichtagsmessungen

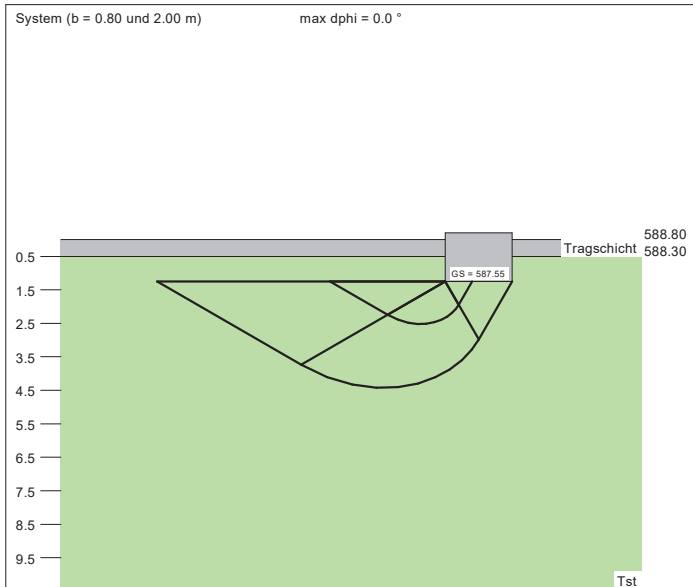
Tab. 15: Höchstwasserstände in den Aufschlüssen

Aufschluss / Messzeitpunkt	Wasserstand [m u. GOK] / [m ü. NN]
RKB 1 / 08.06.2022	1,35 / 582,34
RKB 2 / 09.05.2022	1,05 / 584,53
RKB 3 / 09.05.2022	0,85 / 586,35
RKB 4 / 09.05.2022	0,45 / 590,49
RKB 5 / 12.05.2022	1,28 / 592,04
RKB 6 / 08.06.2022	0,69 / 586,66
RKB 7 / 02.10.2022	+ 0,04 / 585,93
RKB 8 / 08.06.2022	0,71 / 586,90
RKB 9 / 12.05.2022	1,21 / 588,21
RKB 10 / 09.05.2023	0,19 / 598,10
RKB 11 / 08.12.2022	0,82 / 589,64
RKB 12 / 11.05.2022	1,10 / 590,48
RKB 13 / 08.06.2022	0,82 / 596,28
RKB 14 / 08.06.2022	1,24 / 597,73
RKB 15 / 08.06.2022	0,71 / 592,76
RKB 16 / 24.04.2024	0,90 / 587,14
RKB 17 / 24.04.2024	1,20 / 589,17
RKB 18 / 24.04.2024	1,00 / 591,59
RKB 19 / 24.04.2024	0,91 / 588,06
RKB 20 / 24.04.2024	0,85 / 590,63
RKB 21 / 24.04.2024	1,60 / 588,46
RKB 22	trocken
B 1 / 18.05.2024	+ 0,98 / 594,76
B 2 / 03.06.2024	1,97 / 597,52
B 3 / 29.04.2024	0,90 / 590,13
B4 / 05.06.2024	+ 0,64 / 596,44
DPH 1 / 25.04.2024	0,60 / 588,55
DPH 2 / 25.04.2024	0,60 / 590,26
DPH 3	verstürzt
DPH 4 / 25.04.2024	0,93 / 591,77

Aufschluss / Messzeitpunkt	Wasserstand [m u. GOK] / [m ü. NN]
DPH 5 / 25.04.2024	2,85 / 591,57
DPH 6 / 25.04.2024	1,10 / 593,40
DPH 7 / 25.04.2024	4,45 / 593,99
DPH 8 / 25.04.2024	0,40 / 593,64
DPH 9 / 25.04.2024	0,95 / 589,25
DPH 10 / 25.04.2024	1,85 / 588,64
DPH 11 / 25.04.2024	1,05 / 594,94
BK 1/00 (LGRB) / 08.11.2000	1,80 / 584,74
BK 2/00 (LGRB) / 23.11.2000	4,0 / 584,87
BK 3/00 (LGRB) / 13.11.2000	1,1 / 584,51
BK 4/00 (LGRB) / 14.11.2000	1,9 / 587,45
BK 5/00 (LGRB) / 22.11.2000	1,98 / 587,67
BK 6/00 (LGRB) / 16.11.2000	8,5 / 569,06

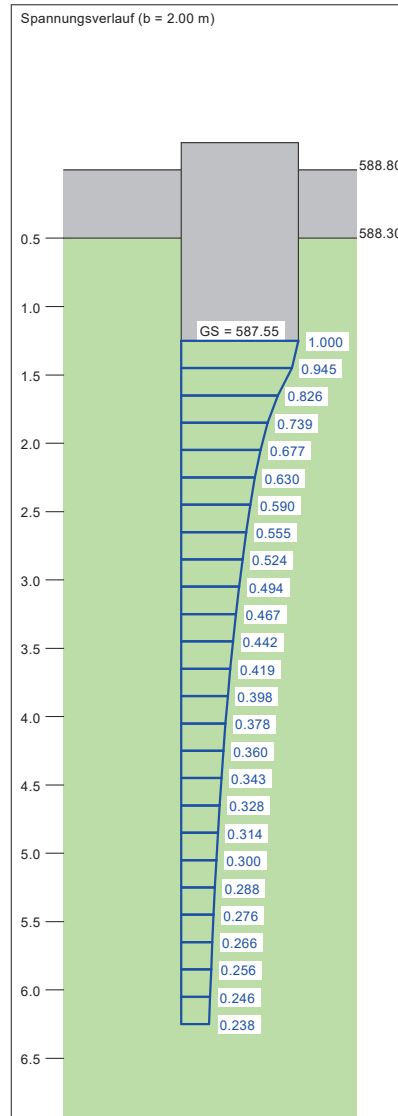
Anl. 9: Erdstatische Berechnungen

Boden	γ/γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	v [-]	E_s [MN/m²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	35.0	0.0	0.00	100.0	Tragschicht
	23.0/13.0	30.0	20.0	0.00	35.0	Tst



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
101.40	0.80	894.6	715.6	662.6	2.23 *	30.0	20.00	17.92	27.25	6.25	2.52	29.7
101.40	1.00	914.7	914.7	677.5	2.63 *	30.0	20.00	17.04	27.25	6.25	2.84	25.8
101.40	1.20	934.5	1121.4	692.2	3.01 *	30.0	20.00	16.43	27.25	6.25	3.15	23.0
101.40	1.40	954.2	1335.9	706.8	3.36 *	30.0	20.00	15.98	27.25	6.25	3.47	21.0
101.40	1.60	973.8	1558.0	721.3	3.70 *	30.0	20.00	15.63	27.25	6.25	3.79	19.5
101.40	1.80	993.2	1787.8	735.7	4.03 *	30.0	20.00	15.36	27.25	6.25	4.10	18.3
101.40	2.00	1012.6	2025.3	750.1	4.34 *	30.0	20.00	15.13	27.25	6.25	4.42	17.3

* Vorbelastung = 100.0 kN/m²
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{R,k} / 1.89$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00



GeoTerton / Dipl. Geol. H. Terton

Ingenieurbüro für Angewandte Geologie

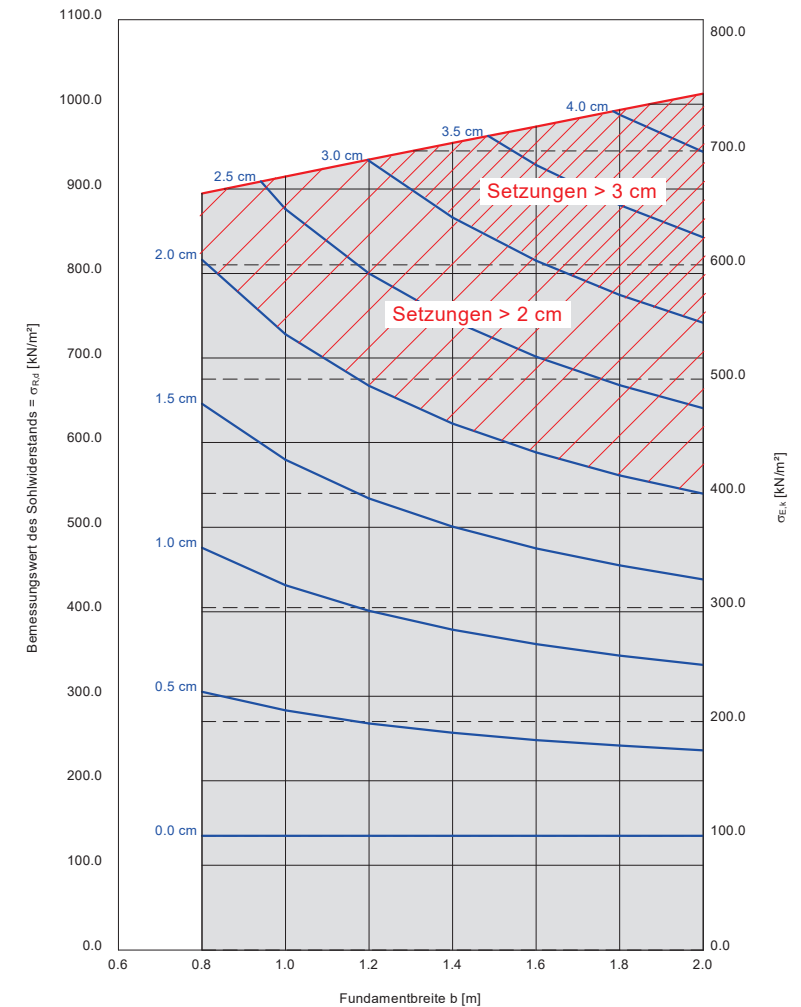
72116 Mössingen, Tel. 07473/240909-0 Fax 240909-9

Projekt: BV Neubau Zollernklinikum, Balingen

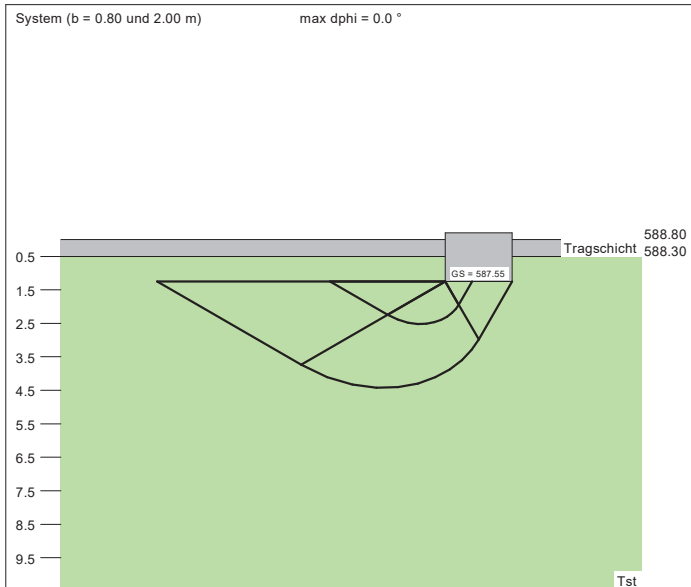
Anl. 9.1.1: Klinikum, Streifefundament, hangseitig (Achse 4 / E-R), Tonstein

Berechnungsgrundlagen:
 Anl. 9.1.1: Kli / Sf hs / Tst
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 101.40 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.350$
 Oberkante Gelände = 588.80 m
 Gründungssohle = 587.55 m
 Grundwasser = 587.10 m
 Vorbelastung = 100.0 kN/m²
 Grenztiefe mit festem Wert von 5.00 m u. E
 ———— Sohlendruck
 ———— Setzungen

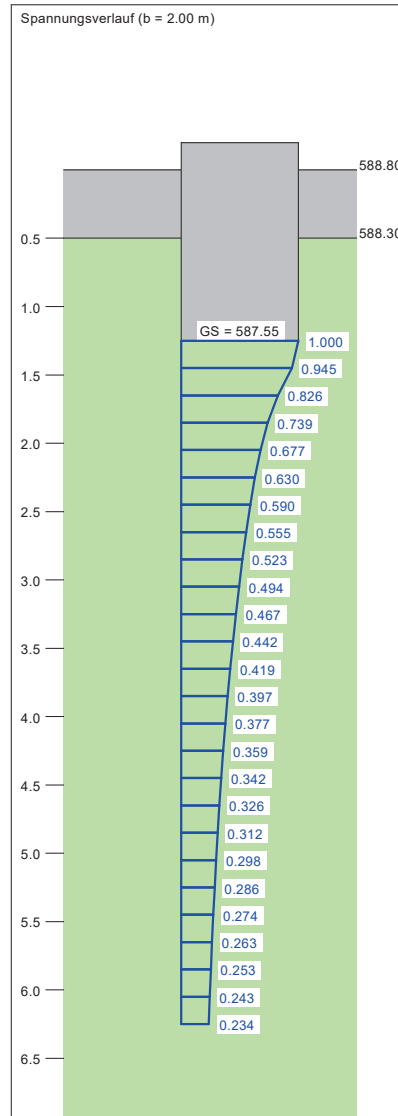


Boden	γ/γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	v [-]	E_s [MN/m²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	35.0	0.0	0.00	100.0	Tragschicht
	23.0/13.0	30.0	20.0	0.00	35.0	Tst



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
62.00	0.80	896.4	717.2	664.0	2.55 *	30.0	20.00	17.92	27.25	6.25	2.52	26.1
62.00	1.00	917.0	917.0	679.3	3.00 *	30.0	20.00	17.04	27.25	6.25	2.84	22.7
62.00	1.20	937.3	1124.7	694.3	3.42 *	30.0	20.00	16.43	27.25	6.25	3.15	20.3
62.00	1.40	957.4	1340.3	709.2	3.81 *	30.0	20.00	15.98	27.25	6.25	3.47	18.6
62.00	1.60	977.3	1563.7	723.9	4.18 *	30.0	20.00	15.63	27.25	6.25	3.79	17.3
62.00	1.80	997.2	1794.9	738.6	4.54 *	30.0	20.00	15.36	27.25	6.25	4.10	16.3
62.00	2.00	1016.9	2033.9	753.3	4.89 *	30.0	20.00	15.13	27.25	6.25	4.42	15.4

* Vorbelastung = 20.0 kN/m²
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{R,k} / 1.89$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00



GeoTerton / Dipl. Geol. H. Terton

Ingenieurbüro für Angewandte Geologie

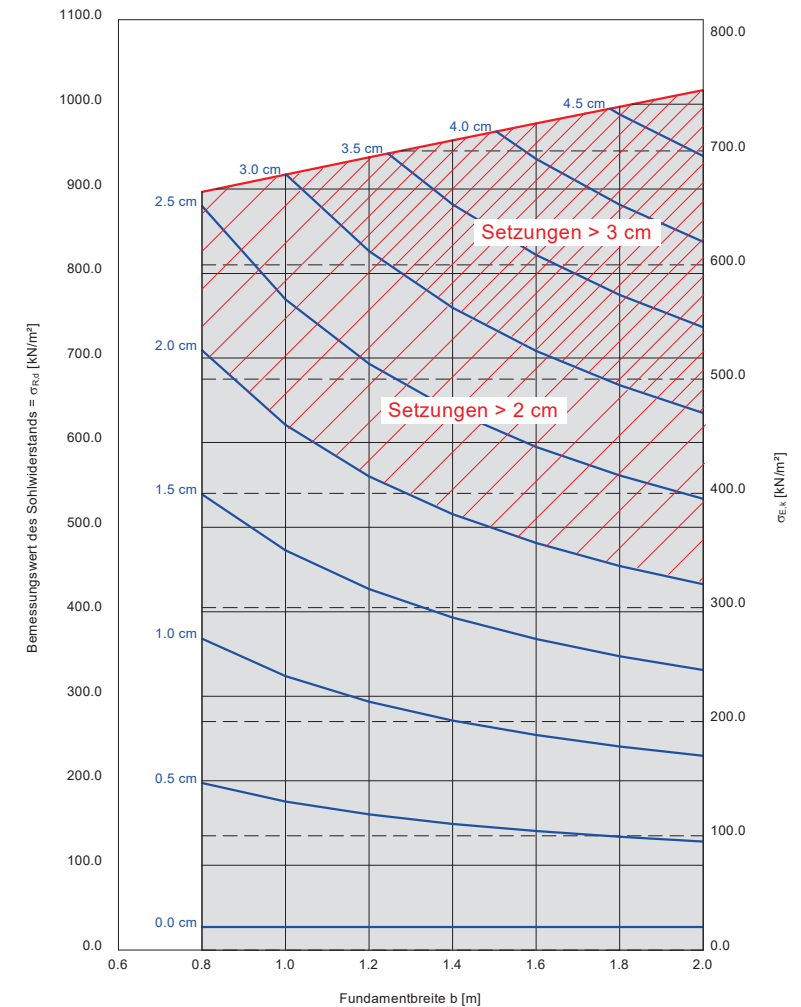
72116 Mössingen, Tel. 07473/240909-0 Fax 240909-9

Projekt: BV Neubau Zollernklinikum, Balingen

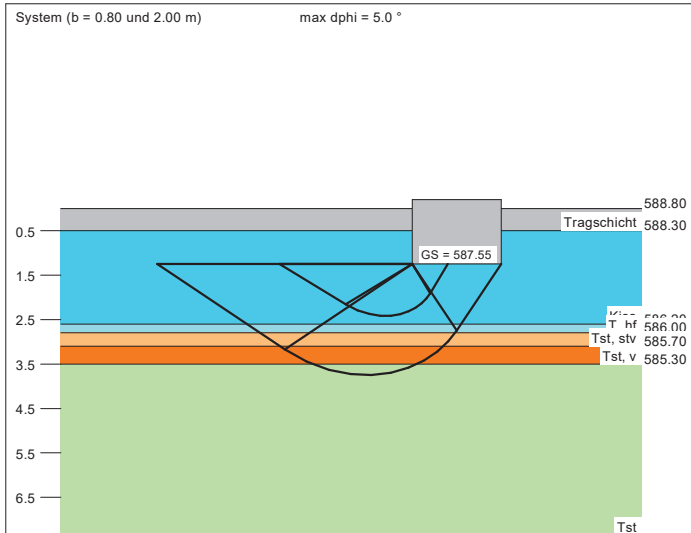
Anl. 9.1.2: Klinikum, Streifenfundament, talseitig (Achse 13 / I-R), Tonstein

Berechnungsgrundlagen:
 Anl. 9.1.2: Kli / SF ts / Tst
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 62.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.350$
 Oberkante Gelände = 588.80 m
 Gründungssohle = 587.55 m
 Grundwasser = 587.10 m
 Vorbelastung = 20.0 kN/m²
 Grenztiefe mit festem Wert von 5.00 m u. GS
 ——— Sohlruck
 ——— Setzungen



Boden	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	35.0	0.0	0.00	100.0	Tragschicht
	20.5/10.5	27.5	0.0	0.00	30.0	Kies
	20.0/10.0	17.5	15.0	0.00	10.0	T, hf
	21.0/11.0	25.0	17.5	0.00	20.0	Tst, stv
	22.0/12.0	27.5	20.0	0.00	30.0	Tst, v
	23.0/13.0	30.0	25.0	0.00	40.0	Tst



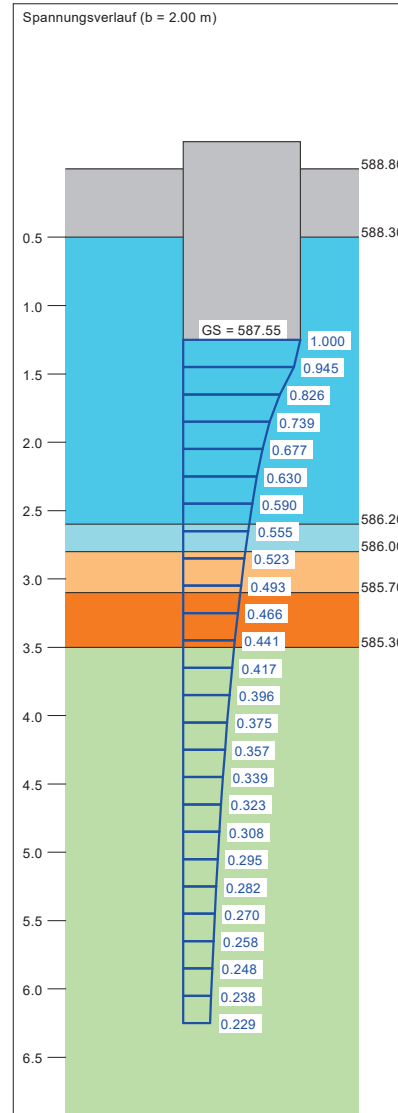
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]	k _s [MN/m ³]
45.00	0.80	387.7	310.2	287.2	1.17 *	27.5	0.00	15.78	25.38	6.25	2.41	24.5
45.00	1.00	296.7	296.7	219.8	0.97 *	25.1 **	0.00	15.16	25.38	6.25	2.60	22.7
45.00	1.20	283.1	339.8	209.7	1.02 *	22.4 **	3.72	14.75	25.38	6.25	2.75	20.7
45.00	1.40	329.9	461.8	244.4	1.34 *	22.5 **	6.49	14.19	25.38	6.25	3.00	18.3
45.00	1.60	361.9	579.0	268.1	1.60 *	22.5 **	8.52	13.82	25.37	6.25	3.25	16.7
45.00	1.80	379.1	682.4	280.8	1.80 *	22.3 **	9.88	13.58	25.38	6.25	3.49	15.6
45.00	2.00	421.2	842.4	312.0	2.14 *	22.5 **	12.21	13.41	25.38	6.25	3.75	14.6

* Vorbelastung = 45.0 kN/m²

** phi wegen 5° Bedingung abgemindert

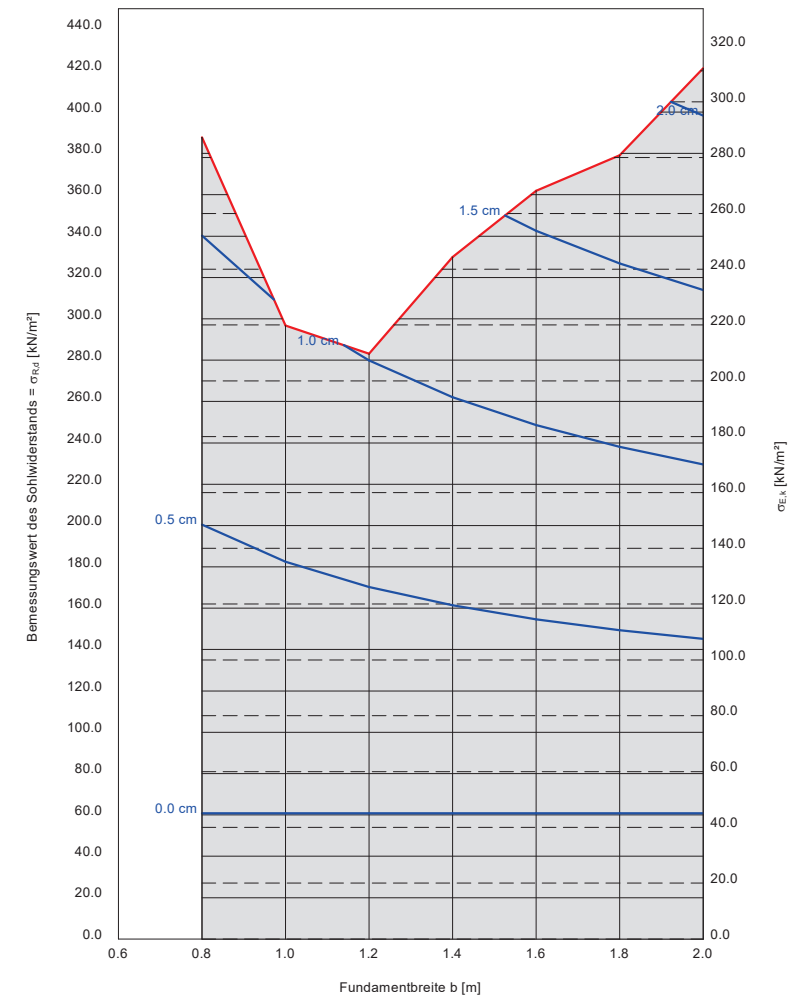
$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{R,k} / 1.89$ (für Setzungen)

Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00

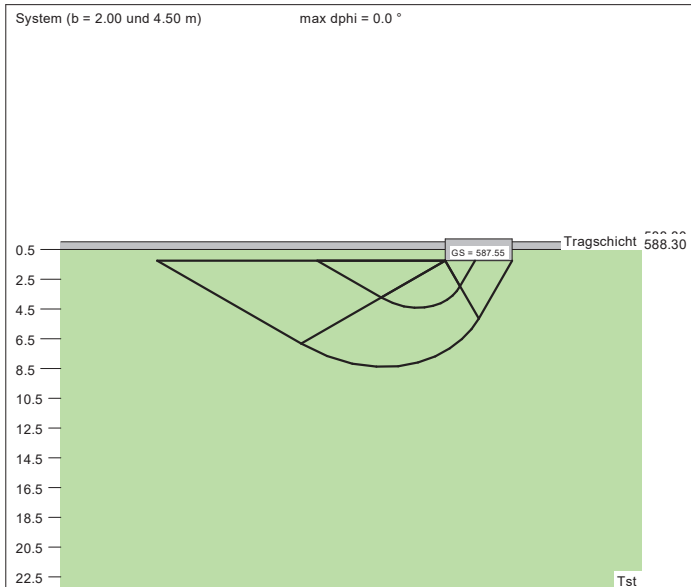


Berechnungsgrundlagen:
Anl. 9.1.3: Kli / Sf z / G
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 45.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.350$

Tiefenbeiwerte nach: Lang et al. (CH)
berechnet mit $\phi = 30.6^\circ$
Oberkante Gelände = 588.80 m
Gründungssohle = 587.55 m
Grundwasser = 587.10 m
Vorbelastung = 45.0 kN/m²
Grenztiefe mit festem Wert von 5.00 m u. GS
Grundbruch mit Tiefenbeiwerten
— Sohlbruck
— Setzungen

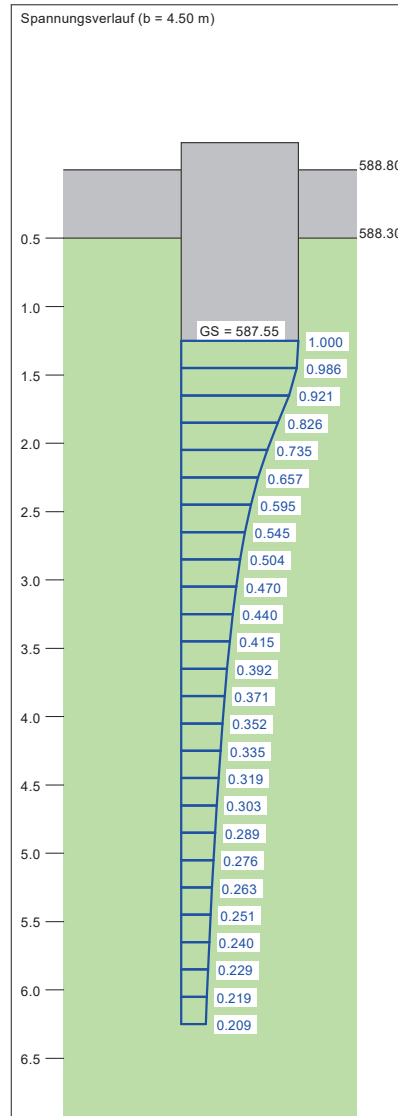


Boden	γ/γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	v [-]	E_s [MN/m²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	35.0	0.0	0.00	100.0	Tragschicht
	23.0/13.0	30.0	20.0	0.00	35.0	Tst



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m²]
2.00	2.00	1347.5	5390.0	998.1	3.79 *	30.0	20.00	15.13	27.25	6.25	4.42	26.3
2.50	2.50	1380.4	8627.3	1022.5	4.57 *	30.0	20.00	14.72	27.25	6.25	5.21	22.4
3.00	3.00	1413.2	12718.5	1046.8	5.30 *	30.0	20.00	14.45	27.25	6.25	6.01	19.7
3.50	3.50	1445.9	17712.5	1071.1	5.99 *	30.0	20.00	14.25	27.25	6.25	6.80	17.9
4.00	4.00	1478.6	23658.4	1095.3	6.64 *	30.0	20.00	14.09	27.25	6.25	7.59	16.5
4.50	4.50	1511.4	30605.0	1119.5	7.25 *	30.0	20.00	13.97	27.25	6.25	8.38	15.4

* Vorbelastung = 20.0 kN/m²
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{R,k} / 1.89$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00



GeoTerton / Dipl. Geol. H. Terton

Ingenieurbüro für Angewandte Geologie

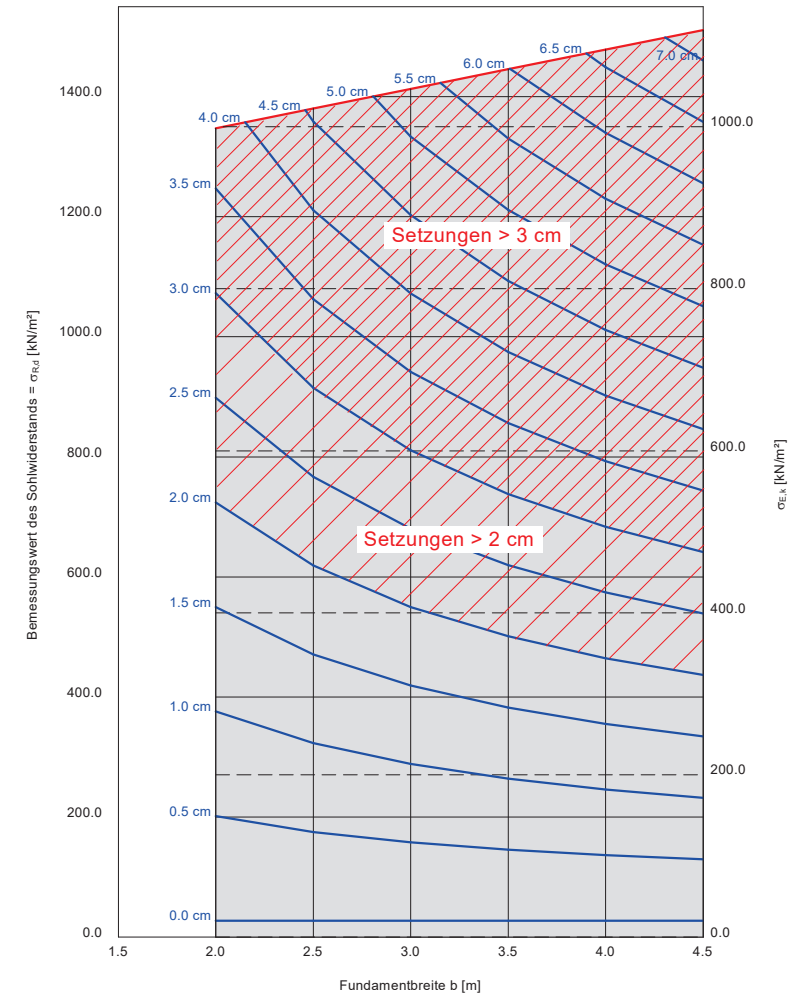
72116 Mössingen, Tel. 07473/240909-0 Fax 240909-9

Projekt: BV Neubau Zollernklinikum, Balingen

Anl. 9.1.4: Klinikum, Einzelfundament, talseitig (Achse 13 / A-R), Tonstein

Berechnungsgrundlagen:
 Anl. 9.1.4: Kli / EF ts / Tst
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

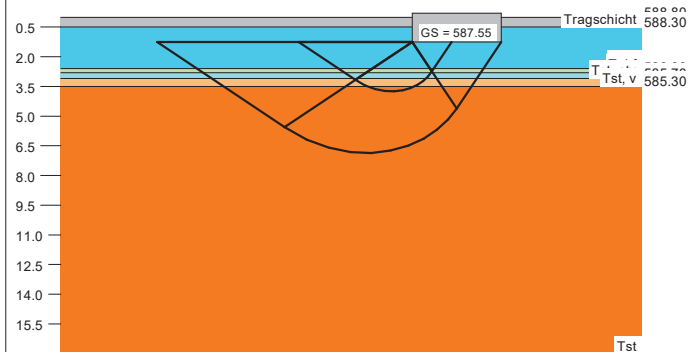
$\gamma_{(G,Q)} = 1.350$
 Oberkante Gelände = 588.80 m
 Gründungssohle = 587.55 m
 Grundwasser = 587.10 m
 Vorbelastung = 20.0 kN/m²
 Grenztiefe mit festem Wert von 5.00 m u. GS
 ———— Sohldruck
 ———— Setzungen



Boden	γ/γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	v [-]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	35.0	0.0	0.00	100.0	Tragschicht
	20.5/10.5	27.5	0.0	0.00	30.0	Kies
	20.0/10.0	17.5	15.0	0.00	10.0	T, hf
	21.0/11.0	25.0	17.5	0.00	20.0	Tst, stv
	22.0/12.0	27.5	20.0	0.00	30.0	Tst, v
	23.0/13.0	30.0	25.0	0.00	40.0	Tst

System (b = 2.00 und 4.50 m)

max dphi = 5.0 °



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t _g [m]	UK LS [m]	k _s [MN/m ²]
2.00	2.00	545.1	2180.5	403.8	1.72 *	22.5 **	12.21	13.41	25.38	6.25	3.75	23.4
2.50	2.50	598.3	3739.7	443.2	2.24 *	22.5 **	14.93	13.21	25.38	6.25	4.37	19.8
3.00	3.00	630.2	5671.9	466.8	2.67 *	22.5 **	16.62	13.11	25.38	6.25	4.99	17.5
3.50	3.50	654.0	8012.1	484.5	3.05 *	22.4 **	17.82	13.06	25.37	6.25	5.61	15.9
4.00	4.00	676.3	10820.5	501.0	3.41 *	22.5 **	18.72	13.03	25.38	6.25	6.24	14.7
4.50	4.50	690.4	13979.6	511.4	3.72 *	22.4 **	19.41	13.01	25.38	6.25	6.86	13.8

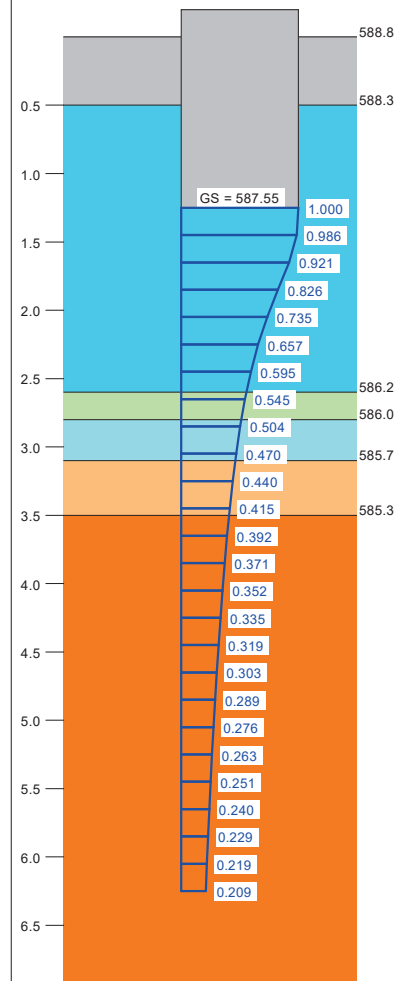
* Vorbelastung = 45.0 kN/m²

** phi wegen 5° Bedingung abgemindert

$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{G,Q}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{R,k} / 1.89$ (für Setzungen)

Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00

Spannungsverlauf (b = 4.50 m)



Berechnungsgrundlagen:

Anl. 9.1.5: Kli / EF z / G

Grundbruchformel nach DIN 4017:2006

Teilsicherheitskonzept (EC 7)

Einzelfundament (a/b = 1.00)

$\gamma_{R,v} = 1.40$

$\gamma_G = 1.35$

$\gamma_Q = 1.50$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.000

$\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.350$

Tiefenbeiwerte nach: Lang et al. (CH)

berechnet mit $\phi = 30.6^\circ$

Oberkante Gelände = 588.80 m

Gründungssohle = 587.55 m

Grundwasser = 587.10 m

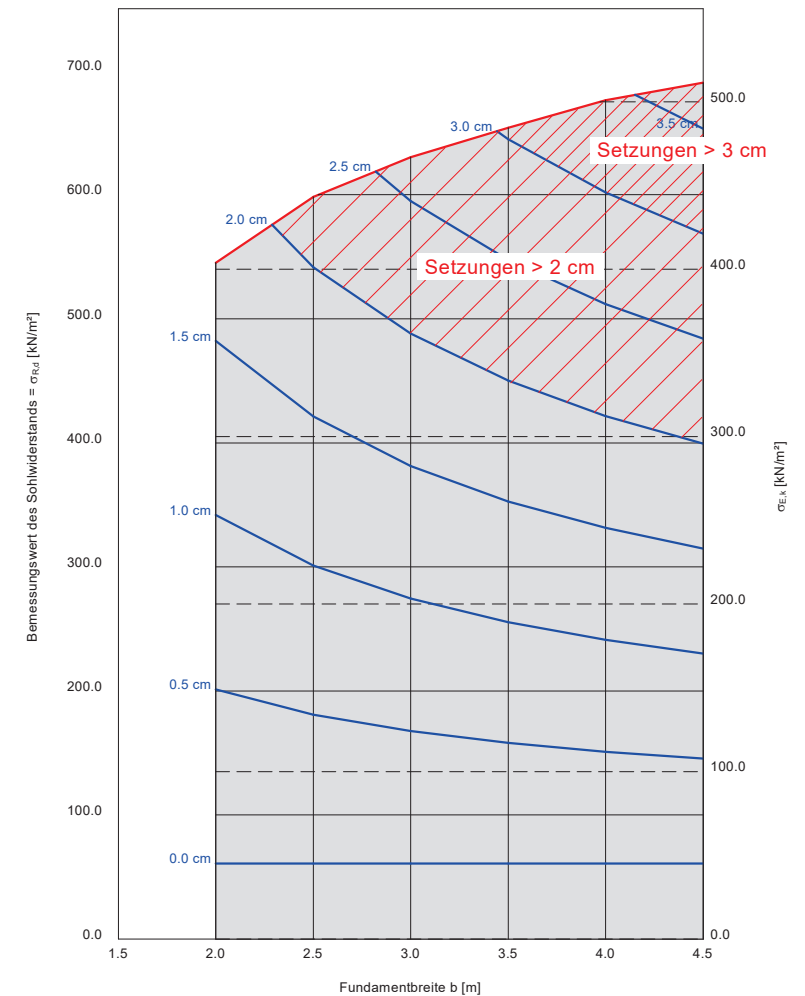
Vorbelastung = 45.0 kN/m²

Grenztiefe mit festem Wert von 5.00 m u. GS

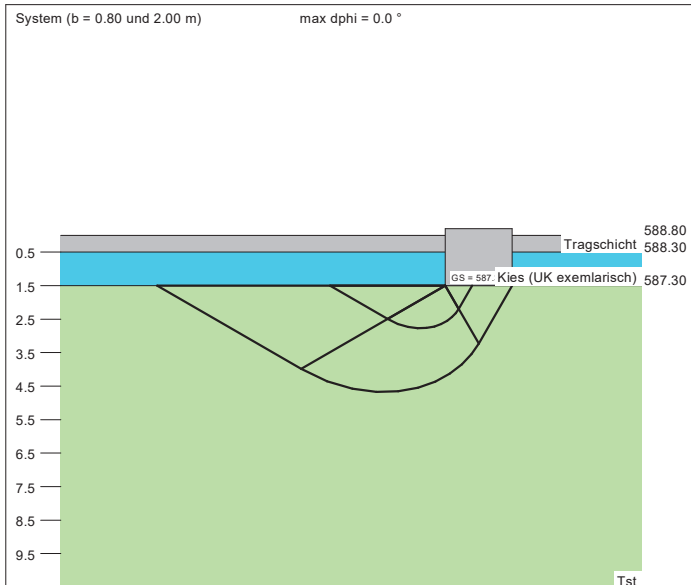
Grundbruch mit Tiefenbeiwerten

— Sohlbruck

— Setzungen



Boden	γ/γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	v [-]	E _s [MN/m²]	Bezeichnung
	20.0/12.0	35.0	0.0	0.00	100.0	Tragschicht
	20.5/10.5	27.5	0.0	0.00	30.0	Kies (UK exemplarisch)
	23.0/13.0	30.0	20.0	0.00	35.0	Tst

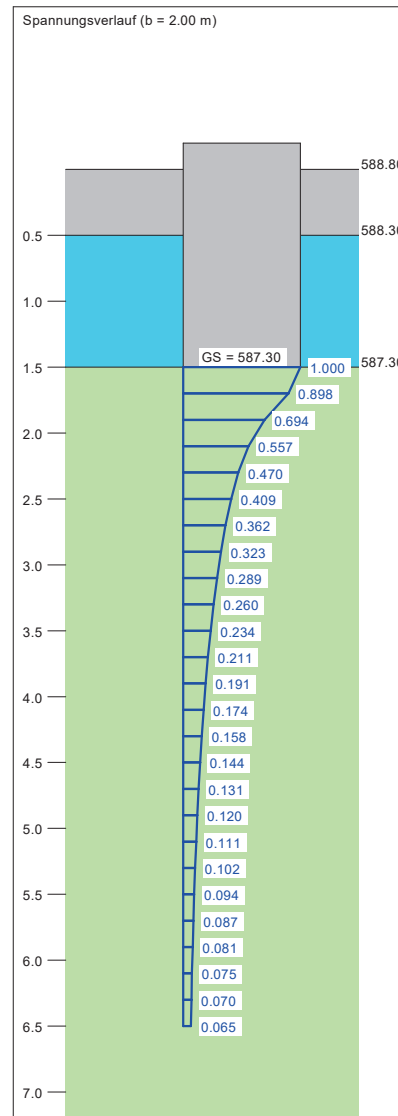


a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	t _g [m]	UK LS [m]	k _s [MN/m³]
0.80	0.80	1351.5	864.9	1001.1	1.71 *	30.0	20.00	22.88	30.50	6.50	2.77	58.5
1.20	1.20	1384.9	1994.2	1025.8	2.51 *	30.0	20.00	20.79	30.50	6.50	3.40	40.9
1.60	1.60	1414.3	3620.5	1047.6	3.26 *	30.0	20.00	19.25	30.50	6.50	4.04	32.1
2.00	2.00	1442.4	5769.4	1068.4	3.96 *	30.0	20.00	18.20	30.50	6.50	4.67	27.0

* Vorbelastung = 45.0 kN/m²

$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.35) = \sigma_{R,k} / 1.89$ (für Setzungen)

Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.00



Berechnungsgrundlagen:

Anl. 9.2: Kli / BG / Tst
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.000
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.000 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.000) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.350$

Oberkante Gelände = 588.80 m
 Gründungssohle = 587.30 m
 Grundwasser = 586.10 m
 Vorbelastung = 45.0 kN/m²
 Grenztiefe mit festem Wert von 5.00 m u. GS
 — Sohlruck
 — Setzungen

