

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020
zum Bauvorhaben
„Westerweiterung Parkplätze P0 und P2“
der Flughafen Stuttgart GmbH
in
70629 Stuttgart

Bauherr/Auftraggeber:

Flughafen Stuttgart GmbH
Flughafenstraße 32
70629 Stuttgart

Geotechnische Projektleitung:

Dipl.-Ing (FH) Markus Katz

Erstattungsdatum:

07. Dezember 2018

Aktenzeichen:

FSGP0P2 G01

Geschäftsführer:

PROF. DIPL.-GEOL. MATTHIAS HILLER
DIPL.-ING. (FH) MARKUS KATZ
DIPL.-ING. (FH) THOMAS BENZ
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HÄRLE
DIPL.-GEOL. FALK WINTEROLL

Vertretung Oberschwaben

PROF. DIPL.-ING. ROLF SCHRODI
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HÄRLE
Waldseer Str. 51 88400 Biberach
Tel.: 07351.47 400-30
Fax: 07351.47 400-29
E-Mail: bc@henkegeo.de

Vertretung Kirchheim/Teck

DIPL.-ING. (FH) THOMAS BENZ
Blumenstr. 19
73271 Holzmaden
Tel.: 0177.71 61 678
Fax: 0711.73 56 298
E-Mail: tb@henkegeo.de

Vertretung Nagold

DIPL.-ING. (FH) MARKUS KATZ
Haydnweg 10/1
72202 Nagold
Tel.: 0177.71 61 682
Fax: 0711.73 56 298
E-Mail: mk@henkegeo.de

Vertretung Schwarzwald-Baar

DIPL.-ING. (FH) ACHIM FÖRSTER
Vor dem Hummelsholz 4
78056 VS-Schwenningen
Tel.: 07720.95 86-92
Fax: 07720.95 86-87
E-Mail: vs@henkegeo.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Auftrag	4
2. Unterlagen	4
3. Projektbeschreibung	5
4. Geotechnische Kategorie	7
5. Schutzgebietsausweisungen	7
6. Geologischer Überblick	7
7. Baugrunderkundung	8
7.1 Kernbohrungen	8
7.2 Bohrsondierungen	9
7.3 Schichtenbeschreibung und Schichtlagerung	9
8. Umweltrelevante Untersuchungen und deren Bewertung	10
9. Hydrogeologische Situation	11
9.1 Grundwasserstände	12
9.2 Bemessungsgrundwasserspiegel	12
9.3 Betonaggressivität	13
10. Bodenmechanische/-physikalische und felsmechanische Laborversuche	13
11. Homogenbereiche nach DIN 18300: 2015-08 und DIN 18301: 2015-08	15
12. Bodenkennwerte	16
13. Geländeprofilierung	18
13.1 Vorbereiten der Baufläche	18
13.2 Geländeauffüllung	19
13.2.1 Bodenstabilisierung	20
13.2.2 Hebungsproblematik durch sulfathaltige Böden und Baustoffgemische	21
13.3 Verdichtungsanforderungen	21
13.4 Setzungsabschätzung aus der Geländeauffüllung	22
13.5 Böschungen	23
13.5.1 Baugrubenböschungen	23
13.5.2 Dauerhafte Böschungen	24
13.6 Unterfangungen	24
14. Gründung	25
14.1 Parkhaus P0	25
14.2 Parkhaus P2 Süd	25
14.3 Parkhaus P2 Nord	27
14.4 Bauwerksgründung	28
14.4.1 Flachgründung	28
14.4.2 Bemessungswerte zur Flachgründung	28
14.4.3 Pfahlgründung	29
14.5 Bodenplattengründung	31
15. Erddruck	32
16. Abdichtung von erdberührten Bauteilen und Dränageausbildung	32
16.1 Gebäudeteile unterhalb des Bemessungsgrundwasserspiegels	33
16.2 Gebäudeteile oberhalb des Bemessungswasserspiegels	34
16.3 Dränageausbildung	35
17. Erdbebensicherheit	36
18. Wasserhaltung	36
18.1 Wasserhaltung beim Parkhaus P0	36
18.2 Wasserhaltung an S-Bahn Brunnen beim Parkhaus P2	37

19.	Verkehrsflächen	37
19.1	Dimensionierung Oberbau	37
19.2	Bodenaustausch	39
19.3	Erdplanum	40
19.4	Tragschicht	40
20.	Beweissicherung S-Bahn Tunnel	40
21.	Geothermische Energienutzung	41
22.	Schlussbemerkungen	41

Verzeichnis der Anlagen:

Anlage	1	Lagepläne	
		1.1	Übersichtslageplan
		1.2	Lageplan der Untersuchungspunkte und Profilschnitte
Anlage	2	Kernbohrungen	
		2.1.1 – 2.5.1	Kernbohraufnahmen KB 1 bis KB 5
		2.1.2 – 2.5.2	Fotodokumentation
		2.6	Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen
Anlage	3	Bohrsondierungen	
		3.1 - 3.6	Bohrsondieraufnahmen BS 1 bis BS 7
Anlage	4	Profilschnitte	
		4.1 – 4.8	Profilschnitte PS 1 bis PS 8
Anlage	5	Profilschnitt A-A' mit geologischen Schichten	
Anlage	6	Gleichenpläne	
		6.1	OK juAK / Arietkalk-Formation
		6.2	OK Liaston
Anlage	7	Ergebnisübersicht der boden- und felsmechanischen Laborversuche	
Anlage	8	Einzelergebnisse der boden-/felsmechanischen mechanischen Laborversuche	
		8.1 – 8.4	Konsistenzgrenzenbestimmungen
		8.5 – 8.6	Ödometerversuche (Lastsetzung)
		8.7	Punktlastversuche (Abschätzung einaxiale Druckfestigkeit)
Anlage	9	Chemische Analysenergebnisse	
		9.1	VwV-Analyse Tragschicht
		9.2	VwV-Analyse Auffüllung
		9.3	VwV-Analyse Quartär
		9.4	PAK-Analyse MP Asphalt P0
		9.5	Bestimmung der Betonaggressivität Wasserprobe KB 1

- Anlage 10 Homogenbereiche Erdarbeiten DIN 18300
- 10.1 Auffüllungen
 - 10.2 lehmige Deckschichten
 - 10.3 Liaston
 - 10.4 Tonstein
 - 10.5 juAK / Arietenkalk-Formation
 - 10.6 juAS / Angulatensandstein-Formation
- Anlage 11 Homogenbereiche Bohrarbeiten DIN 18301
- 11.1 Auffüllungen
 - 11.2 lehmige Deckschichten
 - 11.3 Liaston
 - 11.4 Tonstein
 - 11.5 juAK / Arietenkalk-Formation
 - 11.6 juAS / Angulatensandstein-Formation
- Anlage 12 Fundamentdiagramme Gründung im Liaston
- 12.1-12.2 Einzel- /Streifenfundamente
- Anlage 13 Fundamentdiagramme Gründung im Tonstein
- 13.1-13.2 Einzel- /Streifenfundamente
- Anlage 14 Fundamentdiagramme Gründung in der Arietenkalk-Formation
- 14.1-14.2 Einzel- /Streifenfundamente

1. Auftrag

Die Flughafen Stuttgart GmbH plant auf der Westseite des Flughafens eine Parkraumerweiterung. In diesem Zusammenhang sollen das bestehende Parkhaus P2 nach Westen angebaut und auf einer Teilfläche der Parkfläche P0 ein separates Parkhaus errichtet werden. In diesem Zusammenhang wurde das Ingenieurbüro für Geotechnik Henke und Partner GmbH (**HUP**) auf der Basis des Angebotes vom 10.08.2018 (Az.: FSGP0P2 K01) am 05.09.2018 seitens der Flughafen Stuttgart GmbH beauftragt, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und einen Geotechnischen Bericht zu erstellen.

2. Unterlagen

Zur Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

Flughafen Stuttgart GmbH:

- [1] Planung Parkhaus P0 und P2
 - [1.1] Planung Parkhaus P0 und P2 Endzustand vom 14.11.2018, digital, Lageplan (181102A-Plan_P0-P2_Endzu)
 - [1.2] Planung Parkhaus P0 vom 14.11.2018, digital, Schnitt A-A', (181114F-P0P2_Schnitt-A), Schnitt B-B', (181119Q-P0P2_Schnitt_B), Schnitt C-C' (181116B-P0P2_Schnitt_C)
 - [1.3] Bestandsplan vom 08.06.18 digital (180606 Grundleitungen Bestand Erdreich 1-1000 FSG)

Deutsche Bahn:

- [2] S-Bahn Stuttgart – 3. Ausführungsvertrag Baulos 72 – Station Flughafen, Bauabschnitt 1-3 , Bestandsübersichtslageplan BA 1
 - [2.1] Grundriss Block 1-16, Plan N/Ita404.0/1
 - [2.2] Längsschnitt A-A Block 1-16, Plan N/Ita404.0/4
 - [2.3] Querschnitte 1-1 und 2-2 Block 1-16, Plan N/Ita404.0/7

Henke und Partner GmbH:

- [3] Geotechnische Gutachten
 - [3.1] Geotechnisches Gutachten zum Neubau des Parkhaus- und Dienstleistungsgebäudes P1 auf dem Flughafen Stuttgart vom 10.09.1993, Az. FSGP1G1.099
 - [3.2] Geotechnisches Gutachten zum Neubau des Parkhaus- und Dienstleistungsgebäudes P1 auf dem Flughafen Stuttgart vom 04.11.1994, Az. FSGP1G4.098
 - [3.3] Geotechnisches Gutachten zum Neubau der Übergabestation 36/12 kV am Flughafen Stuttgart vom 18.10.1994, Az.:FSGUESG1.098
 - [3.4] Geotechnisches Gutachten zum Projekt ETHOS –Neubau der Heizzentrale am Flughafen Stuttgart vom 10.11.10, Az.: FSGHZZ G01

3. Projektbeschreibung

Die geplante Parkhaus P2 Erweiterung unterteilt sich in die Neubauten P2 Nord und P2 Süd. Die Neubauten schließen auf der Ostseite der vorhandenen Parkhausriegel an. Mit den Neubauten wird der vorhandene S-Bahn Tunnel teilweise überbaut. Der Tunnel wurde im Baufeld in offener Bauweise hergestellt.

Der Neubau P2 Nord beginnt in der Ebene E3 mit einer Grundfläche von ca. 50 m x 36 m. Die darüber folgenden 5 Ebenen (E4 bis E8) übergreifen in den Bestand des P2 Nord um 4 Achsen bzw. ca. 20 m, die dort vorhandene schräge Fassade an der Westseite des Bestandsbauwerk von P2 Nord wird zurückgebaut. Der Neubau kommt etwa geländegleich über Grünflächen und der Zufahrtsstraße zu liegen, während das direkt angrenzende Bestandsbauwerk um 3 Ebenen tiefer in das Gelände einbindet.

Die Parkhauserweiterung P2 Süd besitzt eine Grundfläche von ca. 100 m x 36 m. Das Parkhaus ist mit 6 Ebenen E2 bis E8 geplant. Die unterste Ebene liegt unter dem derzeitigen Gelände. Zwischen dem mit der Ebene E2 in den Baugrund einbindenden Neubau und dem nicht unterkellerten Bestand ist ein Abstand von 10 m für die Zuwegung der Parkhäuser untereinander vorgesehen. Mit dem P2 Süd werden Parkflächen von P0, die Zufahrtstraße und in geringem Umfang Grünfläche überbaut.

Das Parkhaus P0 ist mit einer Grundfläche von ca. 110 m x 52 m geplant. Es sind bis zu 7 Parkebenen E2 - E9 geplant von denen die nördlichen Parkebenen E2 - E8 um ein Halbgoschoss zu den südlichen Parkebenen E2 – E9 versetzt sind. Die größte Gebäudeeinbindung ist auf der Südwestseite mit bis zu ca. 3,5 m vorhanden, an der Ostseite liegt die unterste Ebene etwa geländegleich. Das Baufeld liegt vollständig auf dem P0 Parkplatz.

Westlich der Parkhausneubauten und zwischen den Parkhäusern werden die Zufahrtsstraße und Verbindungswege hergestellt. Für ein gleichmäßiges Gefälle sind in Teilbereichen Geländeauffüllungen und Stützmauern notwendig.

Nachfolgende Abbildungen zeigen unmaßstäblich den Lageplan mit den Gebäudegrundrissen und einen Längsschnitt durch P2 Nord (Schnitt C-C') und einen Querschnitt auf der Westseite durch die Parkhausneubauten (Schnitt A-A') aus den Planungsunterlagen zur Gutachtenbearbeitung [1.1, 1.2].



Abb. 1: Lageplan mit Parkhausgrundrissen und Infrastruktur nach [1.1]

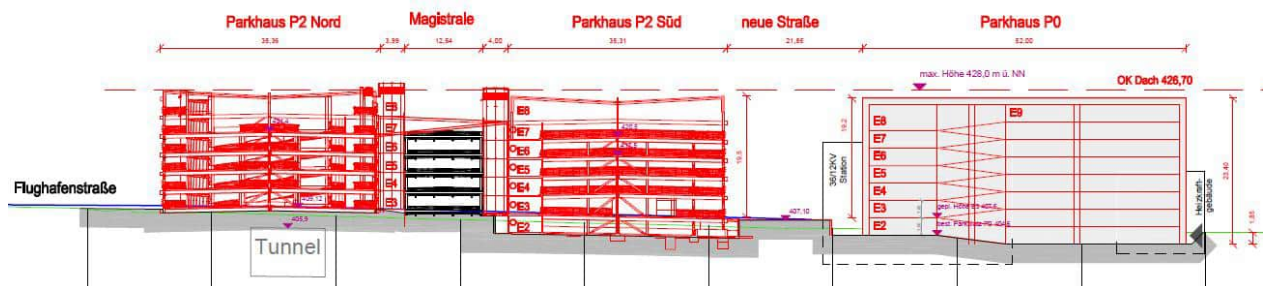


Abb. 2: Schnitt A-A' nach [1.2]



Abb. 3: Schnitt C-C' nach [1.2]

Als Anlage 1.1 liegt ein Übersichtslageplan und als Anlage 1.2 ein maßstäblicher Lageplan bei.

4. Geotechnische Kategorie

Entsprechend DIN EN 1997-1 und DIN 1054-10:12 A 2.1.2 ist die Baumaßnahme des Parkhaus P2 in die Geotechnische Kategorie GK 3 und das Parkhaus P0 in die Geotechnische Kategorie GK 2, d.h. im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund hohen Schwierigkeitsgrad und mittleren Schwierigkeitsgrad einzustufen.

5. Schutzgebietsausweisungen

Nach Angaben der LUBW liegt das Untersuchungsgebiet außerhalb von ausgewiesenen oder fachtechnisch abgegrenzten Wasserschutzgebieten und Quellenschutzgebieten sowie außerhalb von Überschwemmungsgebieten. Ebenso liegt das Untersuchungsgebiet außerhalb von direkten Einflussgebieten von Oberflächengewässern.

Weitere naturschutzrechtliche Ausweisungen sind uns ebenfalls nicht bekannt.

6. Geologischer Überblick

Das Gelände des Flughafens Stuttgart befindet sich auf der Filder-Hochfläche, die ihre Entstehung den sehr widerstandsfähigen Schichten des Unterjura (früher: Schwarzer Jura oder Lias) verdankt. Diese bestehen im Untersuchungsgebiet aus den ältesten und untersten Ablagerungen der Arietenkalk-Formation (juAK), einer Wechselfolge hellgrauer Kalksteineinbänke mit dunkelgrauen Tonsteinen und der im Liegenden folgenden Angulatensandstein-Formation (juAS), einer Abfolge von sandigen Tonsteinen, Sandsteinen und Kalksteinen.

Die Ablagerungen des Unterjura werden im Bereich der Filderebene zumeist von den für die Filderebene typischen Filderlehmen überlagert, bei denen es sich um Lößlehme handelt, die durch periglaziale Frostbodenbildungen mit den unterlagernden Bodenschichten vermengt wurden. Den Übergang der Filderlehme zum unterlagernden Unterjura bilden je nach Verwitterungsgrad unterschiedlich stark plastifizierte Verwitterungstone.

Oberflächennah ist aufgrund der bestehenden Verkehrsflächen, des S-Bahn Tunnels sowie Geländeprofilierungen mit künstlichen Auffüllungen unterschiedlicher Mächtigkeit und Zusammensetzung zu rechnen.

7. Baugrunderkundung

Zur Untersuchung des Untergrundes wurden vom 08.10.2018 bis zum 19.10.2018 insgesamt 5 Kernbohrungen und 6 Bohrsondierungen (BS) niedergebracht. Die ursprünglich vorgesehene 7. Bohrsondierung (BS 2) konnte nicht ausgeführt werden, da aufgrund von Leitungen im Umfeld des geplanten Ansatzpunktes das Freimessen auf Kampfmittel nicht möglich war. Alle anderen Untersuchungspunkte konnten durch den Kampfmittelräumer freigegeben werden.

Die Aufschlusspunkte wurden nach Abschluss der Arbeiten durch Mitarbeiter unseres Büros nach deren Lage und Höhe eingemessen. Der Lagebezug wurde über die bestehenden Verkehrsflächen und die Bestandsbebauung hergestellt, als Höhenbezug dienten 2 Kanaldeckel im Baufeld, deren Höhen dem Bestandsplan [2] entnommen wurde. Die Lage der Untersuchungspunkte geht ebenfalls aus dem Lageplan, der als Anlage 1.2 beigefügt ist, hervor.

7.1 Kernbohrungen

Durch die Bohrfirma Goller Bohrtechnik wurden im Zeitraum vom 08.10. – 19.10.2018 insgesamt 5 Kernbohrungen niedergebracht. Die Bohrungen wurden bis zu Tiefen von 7,0 m (KB 5) bis 12,0 m (KB1 und KB2) niedergebracht. Insgesamt wurden 49 lfm gebohrt. Die Bohrungen KB1, KB2 und KB4 wurden zu DN-50-Grundwasserbeobachtungsmessstellen ausgebaut.

Die Bohrkerne wurden von einem Diplomgeologen unseres Büros nach geologischen und bodenmechanischen Gesichtspunkten gemäß DIN EN ISO 14.688-1 aufgenommen und beschrieben. Die Bohrkerne wurden fotografisch dokumentiert. Die Bohrprofile mit zeichnerischer Darstellung in Anlehnung an die DIN 4023 sind in der Anlage 2.1.1 bis 2.5.1 beigefügt, die fotografische Dokumentation der Bohrkerne als Anlage 2.1.2 bis 2.5.2. Eine Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen liegt als Anlage 2.6 bei.

Die grafische Darstellung zum Messstellenausbau für die Grundwassermessstellen KB 1, KB 2 und KB 4 sind neben den Bohrprofilen in den Anlagen 2.1.1, 2.2.1 und 2.4.1 zu sehen. Die Grundwasserpegel, die im Zuge der Baumaßnahmen entfallen oder nicht mehr für eine Grundwasserstandsbe-

obachtung benötigt werden, sind vor Beginn von Bauarbeiten zu verschließen. Die Verschließungsarbeiten sind zu dokumentieren. Die Verschließungsarbeiten sind mit dem LRA Esslingen vorher abzustimmen und nach Abschluss in einem Kurzbericht zu dokumentieren. Die Anmeldung, Dokumentation und Koordination der Fachfirma zum Verschließen der Messstellen kann auf Wunsch von HuP veranlasst werden.

7.2 Bohrsondierungen

Die 6 Bohrsondierungen BS 1 bis BS 7 (BS 2 konnte wegen Grundleitungen und Kampfmittelverdacht nicht ausgeführt werden) wurden von HuP jeweils bis zur Rammbarkeitsgrenze abgeteuft, welche in Tiefen zwischen 3,2 m (BS 6) und 5,9 m (BS 1) erreicht wurde. Insgesamt wurden somit 23,2 lfm bohrsondiert.

Die gewonnenen Sondierkerne wurden von einem Diplomgeologen unseres Büros nach geologischen und bodenmechanischen Gesichtspunkten gemäß DIN EN ISO 14688-1 und DIN EN ISO 14689-1 aufgenommen und beschrieben. Die ausführlichen Schichtenbeschreibungen mit zeichnerischer Darstellung in Anlehnung an die DIN 4023 sind als Anlagen 3.1 und 3.6 beigelegt. Eine Legende der hierbei verwendeten Signaturen und Abkürzungen liegt als Anlage 2.6 bei.

7.3 Schichtenbeschreibung und Schichtlagerung

Zur Verdeutlichung der Schichtlagerungsverhältnisse wurden insgesamt 8 Profilschnitte (PS 1 bis PS 8) angefertigt, die dem Gutachten als Anlage 4.1 bis 4.8 beiliegen.

Es ist zu beachten, dass die Aufschlüsse in den Profilschnitt projiziert und die Schichtenverläufe linear zwischen den Aufschlusspunkten interpoliert wurden und daher naturgemäß vom tatsächlichen Verlauf abweichen können. Die Lage der Profilschnitte kann aus dem Lageplan in Anlage 1.2 entnommen werden.

Anhand der Aufschlüsse stellt sich die geologische Situation im Bereich der geplanten Bauvorhaben wie folgt dar:

Die Schichtenfolge beginnt durchweg mit künstlichen **Auffüllungen**, die Mächtigkeiten zwischen 0,6 m und 4,2 m aufweisen. In der KB1 (2,9 m) und in der KB 5 (4,2 m) wurden die größten Mächtigkeiten erkundet. Zur KB 5 hin taucht die Unterkante der Auffüllung stark ab. Hier muss ein verfüllter Graben oder eine verfüllte Grube liegen. generell beginnen die Auffüllungen mit den unterschiedli-

chen Oberflächenbefestigungen, die tlw. aus Asphalt und tlw. aus Schottermaterial bestehen. Zur Tiefe hin folgt dann überwiegend bindiges und steiniges Material mit Böden und Gesteinen, die im Umfeld auch anstehend sein können. Die anthropogenen Anteilen bleiben in den Aufschlüssen auf Ziegel- und Betonstücke beschränkt und treten nur untergeordnet auf.

Im Liegenden folgt mehrheitlich der Filderlehm, in der KB 2 wurde auch ein Auenlehm, in der KB 1 eine Fließerde und in den Bohrsondierungen BS 3, BS 5 und BS 7 ein Sumpfton aufgeschlossen. Diese bindige Böden werden zusammengefasst als **lehmige Deckschichten** ausgewiesen. In der KB 5 fehlt dieses Schichtglied.

Die lehmigen Deckschichten werden vom **Liaston** unterlagert. Der Liaston entsteht durch Verwitterung der ehemaligen Tonsteine zu Ton. Bereichsweise können auch noch zu Gesteinsschutt aufgewitterte ehemalige Kalksteinbänke im Liaston vorhanden sein.

Der Liaston geht nach unten in einen **Tonstein** über. Der Übergang ist hier nicht scharf abgegrenzt, sondern kontinuierlich. Der Tonstein ist sehr mürbe und wird aufgrund dessen, obwohl er stratigraphisch auch bereits der Arietenkalk-Formation zu zurechnen ist, als separate Schicht ausgewiesen.

Die Obergrenze der **Arietenkalk-Formation (juAK; früher: Arietenkalke, Lias $\alpha 3$)** wird hier mit der ersten auftretenden Kalksteinbank gezogen. Die Arietenkalk-Formation ist als Kalkstein-Tonstein-Wechselfolge ausgebildet und ist hier lediglich noch in Restmächtigkeiten (Maximum 3 m) vorhanden. Die unterste Bank wird als Kupferfelsbank bezeichnet und stellt die Grenze zur Angulatensandstein-Formation dar.

Das Liegende der aufgeschlossenen Schichtenfolge wird von der Angulatensandstein-Formation (**juAS; früher: Angulatenschichten, Lias $\alpha 2$)** gebildet. Die Angulatensandstein-Formation ist als Kalksandstein-Tonstein-Wechselfolge ausgebildet und zeichnet sich generell durch eine wechselnde Sandführung aus.

8. Umweltrelevante Untersuchungen und deren Bewertung

Eine detaillierte, umweltgeologische Beurteilung des anstehenden Bodenmaterials war nicht Gegenstand des Auftrags. Eine routinemäßig durchgeführte sensorische Prüfung des Bohrgutes ergab jedoch keine Hinweise auf anthropogene Belastungen des Unterbodens.

Im Hinblick auf eine Verwertung/Entsorgung des anfallenden Aushubmaterials wurden an Mischproben des Tragschichtmaterials (MP Tragschicht P0), der Auffüllungen (MP Auffüllung) und der lehmigen Deckschichten (MP Quartär) und gemäß dem Parametersatz der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden- Württemberg vom 14.03.2007 (VwV) untersucht. Zusätzlich wurde an einer Asphaltprobe im Hinblick auf teerhaltige Bestandteile eine PAK-Analyse veranlasst.

Die detaillierten Analysenergebnisse der Analysen gemäß VwV liegen als Anlage 9.1 bis 9.3 bei, das Ergebnis der PAK-Analyse der Asphaltprobe als Anlage 9.4.

Alle 3 untersuchten Mischproben weisen bei einer Bewertung auf der Grundlage der VwV keine relevanten Erhöhungen auf. Ein geringfügig erhöhter pH-Wert bei der Mischprobe Tragschicht P0 stellt kein Ausschlusskriterium dar. Auf der Grundlage der durchgeführten Analysen kann das Tragschichtmaterial, die Auffüllungen und die lehmigen Deckschichten entsprechend der Zuordnungsklasse Z0 verwertet werden.

Für die untersuchte Asphaltprobe wurde eine PAK-Konzentration von 24 mg/kg bestimmt. Bei einer Beurteilung auf der Grundlage der Deponieverordnung kann der Asphalt der Deponieklasse DK0 zugerechnet werden. Bei einer Beurteilung auf der Grundlage der RuVA-StB 01 kann der Asphalt gemäß der Verwertungsklasse A verwertet werden. Das detaillierte Analysenergebnis liegt dem Gutachten als Anlage 9.4 bei.

9. Hydrogeologische Situation

Die Deckschichten (bindige Auffüllungen, lehmige Deckschichten, Liaston) weisen aufgrund ihrer überwiegend bindigen Ausbildung nur eine sehr geringe Wasserwegsamkeit auf, und sind daher im Wesentlichen als Grundwassernichtleiter anzusprechen.

Grundwasserzutritte werden erst in den Schichten der Arietenkalk-Formation erwartet. Es handelt sich hierbei um einen Kluftgrundwasserleiter, in dem das Grundwasser in den Hohlräumen, die durch die Klüfte und Schichtflächen gebildet werden, zirkuliert. Die hydraulischen Eigenschaften werden dabei durch die Wechsellagerung von Kalkstein-, Kalksandstein- und Tonsteinbänken geprägt. Die Wasserführung ist dabei an Klüfte in einzelnen Kalksandstein- bzw. Kalksteinbänken gebunden, während die Tonsteinzwischenlagen eher grundwasserstauend und damit trennend wirken.

9.1 Grundwasserstände

Die Grundwasserstände wurden bisher an 5 Terminen gemessen. An der letzten Messung am 04.12.2018 wurde zusätzlich die Messstelle 4S, die unmittelbar auf der Südseite des S-Bahntunnels liegt, mit gemessen.

	KB 1		KB 2		KB 4		4S	
	m u. GOK	mNN	m u.GOK	mNN	m u.GOK	mNN	m u.GOK	mNN
25.10.18	10,07	398,73	5,30	401,57	3,55	402,73	-	-
30.10.18	10,10	398,70	5,46	401,41	3,55	402,73	-	-
12.11.18	10,23	398,57	Messstelle verstellt		3,68	402,60	-	-
20.11.18	10,29	398,51	5,45	401,42	3,72	402,56	-	-
04.12.18	10,27	398,53	Messstelle verstellt		3,71	402,57	7,24	398,73

Tabelle 1: gemessene Grundwasserspiegelstände

9.2 Bemessungsgrundwasserspiegel

Von den angrenzenden Bauwerken sind uns nachfolgende Bemessungswasserspiegel bekannt.

S-Bahn Tunnel:

Der Bemessungswasserspiegel am S-Bahn Tunnel ist nach der vorliegenden Ausführungsplanung [2.2] am Block 1 mit 402,0 mNN und an der Blockfuge 16/17 mit 400,66 m festgelegt. Der interpolierte Bemessungswasserspiegel am S-Bahn Tunnel liegt damit an den Brunnen 3N und 4S (Block 10/11) bei 401,17 mNN. Bei einer Stichtagsmessung am 01.08.94 wurde an beiden Messpegeln ein über dem Bemessungsniveau liegender Wasserstand von 400,96 mNN am Brunnen 3N und von 401,48 mNN am Brunnen 4S beobachtet.

P2 Bestand

Beim P2 Bestand (frühere Bezeichnung P1.1) wurde im Gutachten [3.1] auf der Ostseite ein Bemessungswasserspiel von 400,7 mNN festgelegt.

Übergabestation 36/12 KV/Heizzentrale

Bei der Übergabestation 36/12 KV [3.3] und der Heizzentrale [3.4] wurde ein Bemessungswasserspiegel von 401,5 mNN festgelegt.

Für die Festlegung des Bemessungsgrundwasserspiegels von P2 werden die neu eingerichteten Pegel KB 1 und KB 2 sowie die Festlegungen und Messungen an dem S-Bahn Tunnel berücksichtigt. Für den Neubau P0 werden die Messungen an den Pegeln KB 2 und KB 4 sowie die Bemessungsniveaus der Übergabestation und der Heizzentrale zur Festlegung des Bemessungswasserspiegels angesetzt.

Unter Berücksichtigung eines Zuschlages auf die derzeit gemessenen Werte wird der **Bemessungsgrundwasserspiegel** wie folgt festgelegt:

Neubau Parkhaus P2		402,0 mNN
Neubau Parkhaus P0	Westseite	403,5 mNN
	Ostseite	401,5 mNN

Der Bemessungsgrundwasserspiegel von P0 kann zwischen der Ost- und Westseite linear interpoliert werden.

9.3 Betonaggressivität

Aus der Grundwassermessstelle KB 1 wurde am 30.11.2018 eine Wasserprobe entnommen und eine Untersuchung hinsichtlich der Betonaggressivität im chemischen Labor AT veranlasst. Hierbei wurde ein erhöhter Gehalt an kalklösender Kohlensäure von 56 mg CO₂/l bestimmt. Dies hat entsprechend der DIN 4030 eine Einstufung in die Expositionsklasse **XA2** zur Folge.

In der Wasserprobe wurde kein erhöhter Sulfat-Gehalt festgestellt. Erfahrungsgemäß kann jedoch beim anstehenden Baugrund bei stagnierenden Grundwasserverhältnissen durch Oxidation von fein verteiltem Pyrit ein erhöhter Sulfatgehalt auftreten. Für die in das Grundwasser einbindenden Bauteile ist damit auch ein schwacher Sulfatangriff (XA1) zu berücksichtigen.

Das detaillierte Analysenergebnis liegt in der Anlage 9.5 bei.

10. Bodenmechanische/-physikalische und felsmechanische Laborversuche

Für bodenmechanische/-physikalische und felsmechanische Laboruntersuchungen wurden vom frischen Bodenmaterial aus den Kernbohrungen und Bohrsondierungen insgesamt

- 54 Becherproben (BP)
- 10 Felsproben

entnommen.

An den entnommenen Proben wurden folgende bodenmechanischen und -physikalischen Laborversuche durchgeführt:

- | | | | |
|----|------|---|------------------------------------|
| 30 | -mal | Bestimmung des natürlichen Wassergehalts | DIN EN ISO 17892-1, Teil 1:2015-03 |
| 3 | -mal | Bestimmung der Konsistenzgrenzen | DIN 18122 |
| 2 | -mal | Bestimmung des Steifemoduls | |
| 4 | -mal | Bestimmung des Glühverlusts | |
| 9 | -mal | Bestimmung der 1-axialen Druckfestigkeit durch Punktlastversuch | |

Eine tabellarische Zusammenstellung der bodenmechanischen/-physikalischen und felsmechanischen Laborergebnisse liegt als Anlage 7.1 – 7.3 bei.

Die Bestimmungen der Konsistenzgrenzen sind den Anlagen 8.1 – 8.4 zu entnehmen, die Last-Setzungsdiagramme der Ödometerversuche den Anlagen 8.5 – 8.6 und des Ergebnisblatt der Punktlastversuche der Anlage 8.7.

Der Filderlehm ist nach DIN 18196 anhand einer durchgeführten Konsistenzgrenzenbestimmung der Bodenart TM (mittel plastischer Ton) zuzuordnen. Die natürlichen Wassergehalte w_n schwanken lediglich zwischen 19,97 % und 27,6 % und liegen anhand der Konsistenzgrenzenbestimmung im Bereich einer steifen Konsistenz.

Für den Sumpfton wurde gleichfalls die Bodenart TM (mittel plastischer Ton) bestimmt. Die Konsistenz lag bei weich im Grenzbereich zu breiig.

An 2 Proben des Liaston wurde die Bodenart TA (ausgeprägt plastischer Ton) bei einer steif/halbfesten bzw. halbfesten Konsistenz. Für die Probe mit der etwas niedrigeren Konsistenz wurde im Last-Setzungs-Versuch (Ödometer) ein Steifemodul E_s von 9.647 kN/m² und beim zweiten Versuch, an der Probe mit höherer Konsistenzzahl ein Steifemodul E_s von 11.356 kN/m² im Lastintervall zwischen 200 und 400 kN/m² bestimmt.

An insgesamt 9 Felsproben wurde über Punktlastversuche die 1-axiale Druckfestigkeit bestimmt. Hierbei wurden Werte zwischen 54,2 MN/m² und 168,6 MN/m² ermittelt. Bei lediglich 2 der 9 Proben lag der Wert unter 100 MN/m². Bei den Proben handelt es sich durchweg um unterschiedlich stark Sand führende Kalksteine bzw. Kalksandsteine.

Die Festigkeiten der untersuchten Felsgesteine reichen nach der Empfehlung der IAEG¹ von **fester** (50 MN/m² - 120 MN/m²) bis zu **sehr fester Gesteinsdruckfestigkeit** (120 MN/m² - 230 MN/m²). Nach den Versuchen und den Bohraufnahmen lassen sich der Kalkstein hinsichtlich DIN 1054² bezüglich den Trennflächen als **mittelständig (mittelbankig)** bis **weitständig (dickbankig)** und **hart** einstufen. Nach den Feldversuchen und DIN EN ISO 14689-1³ Tab. 5 ist die Einaxiale Druckfestigkeit **sehr hoch**. Der Kalkstein ist in Bezug auf die Verwitterung sowohl unter Atmosphäre als auch unter Wasserabdeckung als nach Tab. 3 und 4 „**unveränderlich**“.

Spezielle 1-axiale Druckfestigkeiten an Proben aus den Tonsteinen und Mergelsteinen wurden nicht ausgeführt, da diese deutlich geringere Gesteinsfestigkeiten aufweisen. Die Tonsteine und Mergelsteine erreichen nach Erfahrungen von HuP 1-axiale Druckfestigkeiten überwiegend zwischen 3 MN/m² und 60 MN/m². Geringe Abweichungen sind aber auch nach unten wie nach oben möglich. Damit sind die Tonsteine und Mergelsteine nach IAEG in **geringe** bis **feste Gesteinsdruckfestigkeit** einzustufen und nach DIN 1054 hinsichtlich den Trennflächen als **engständig (dünnbankig)** bis **mittelständig (mittelbankig)** und überwiegend als **mürb** (< 5 MN/m²) bis mäßig hart (< 50 MN/m²) zu klassifizieren. Nach DIN EN ISO 14689-1 Tab. 5 ist der Fels des Tonsteins und Mergelsteins aus dem Feldversuch hinsichtlich den 1-axialen Druckfestigkeiten als überwiegend **gering** bis **mäßig hoch** und nach Tab. 3 und 4 hinsichtlich des Einflusses der Verwitterung unter Atmosphäre oder Wasserbedeckung in Grad 2 und 3 „**veränderlich**“ einzustufen.

11. Homogenbereiche nach DIN 18300: 2015-08 und DIN 18301: 2015-08

Die aufgeschlossenen Böden können entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen anhand der Geländeuntersuchungen, den durchgeführten bodenmechanischen Untersuchungen sowie allgemeine Erfahrung mit vergleichbaren Böden in nachfolgende Homogenbereiche nach DIN 18300 für Erdarbeiten und nach DIN 18301 für Bohrarbeiten eingeteilt werden:

¹ IAEG Rock and Soil Description and Classification for Engineering Geological Mapping: Report by the IAEG Commission on Engineering Geological Mapping

² DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1

³ DIN EN ISO 14689-1 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14689-1:2003);

Schicht	Gewerk	
	Erdarbeiten	Bohrarbeiten
Auffüllungen, überwiegend bindig	A 18300	A 18301
Lehmige Deckschichten	B 18300	B 18301
Liaston	C 18300	C 18301
Tonstein	D 18300	D 18301
juAK-Arietenkalk-Formation	E 18300	E 18301
juAS-Angulatensandstein-Formation	F 18300	E 18301

Tabelle 2: Homogenbereiche

Die den Homogenbereich zugeordneten Schichtgrenzen können den Bohrprofilen und Profilschnitten entnommen werden. Die in den genannten Anlagen angegebenen Werte sind nur z.T. durch Laboruntersuchungen direkt bestimmt worden. Andere Angaben beruhen auf Erfahrungen mit vergleichbaren Böden und Schätzungen, wodurch Abweichungen zu den tatsächlichen Werten nicht auszuschließen sind. Die Angaben zu den einzelnen Homogenbereichen sind in Anlage 10 und 11 aufgeführt.

Der im Bereich des Baufeldes anstehende Oberboden ist vor Beginn der eigentlichen Erdbauarbeiten abzuschieben und getrennt zu verwerten. Für Oberbodenarbeiten ist DIN 19731 maßgeblich.

Die aufgeführten Bodenparameter gelten ausschließlich zur Charakterisierung der anstehenden Böden hinsichtlich des Lösens, Förderns, Ladens und Transportierens oder Bohrens sowie des Einbaus entsprechend den Zielsetzungen der VOB. Die Werte gelten ausdrücklich nicht für erdstatische Berechnungen und sonstige Bemessungen.

12. Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können nachfolgende Bodenkennwerte als charakteristische Bodenkennwerte nach Eurocode 7 angesetzt werden. Die Boden- bzw. Berechnungskennwerte sind auf der Grundlage der Geländeaufnahmen, den durchgeführten Laboruntersuchungen sowie allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden festgelegt worden.

Bodenschichten	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte u. Auftrieb γ_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
Auffüllung, nichtbindig	(18,5 – 20) 19,5	- -	(30 – 37,5) 32,5	(0 – 1) 0	(40 – 80) 50
Auffüllung, bindig	(19 – 20,5) 19	- -	(20 – 27,5) 22,5	(0 – 10) 7,5	(5 – 20) 10
Lehmige Deckschichten	(19 – 20,5) 20	(9 – 10,5)- 10	(17,5 – 27,5) 22,5	(8 – 12) 5	(3 – 25) 8
Liaston	(19,5 – 21,5) 20,5	(9,5 – 11,5)- 10,5	(15 – 20) 17,5	(15 – 25) 20	(8 -15) 10
Tonstein, angewittert	(20 – 22) 21	(10 - 12)- 11	(25 – 30) 27,5	(20 – 30) 25	(25 -50) 35
Arietenkalk-Formation (juAK) Tonstein, Mergelstein angewittert / unverwittert	(22 – 23) 22,5	(12 – 13) 12,5	(25 – 30) 27,5	(30 – 80) 40	(40 – 100) 60
Kalkstein, Kalksandstein	(24 – 26) 25 24	(14 – 16) 15 14	(30 – 37,5) 35 30	(100 – 200) 150 60	(500 –1.500) 800 120
Angulatensandstein Formation (juAS) Tonstein, Mergelstein angewittert / unverwittert	(22 – 23) 22,5	(12 – 13) 12,5	(25 – 30) 27,5	(30 – 80) 50	(50 – 120) 80
Kalkstein, Kalksandstein	(24 – 26) 25 25	(14 – 16) 15 15	(30 – 37,5) 35 30	(150 – 300) 200 100	(800 –2.000) 1.000 200

fett = für Berechnungen empfohlene charakteristischer Bodenkennwerte

() Schwankungsbreite der Bodenkenngrößen (z. B. für Grenzwertbetrachtungen)

Tabelle 3: Charakteristische Bodenkennwerte

13. Geländeprofilierung

Mit den Gebäuden und geplanten Verkehrsflächen werden überwiegend vorhandene Parkplätze des P0 und Zufahrtsstraßen sowie untergeordnet Grünflächen überbaut. Im Baufeld sind neben dem S-Bahn Tunnel eine Vielzahl von Kanal- und Leitungstrassen in unterschiedlichen Tiefen und Breiten vorhanden.

13.1 Vorbereiten der Baufläche

In den Bauflächen ist der vorhandene Oberboden, durchwurzelte Böden und Asphaltbeläge sowie ungeeignete Auffüllungen vor der Überbauung bzw. einer Geländeprofilierung vollständig abzutragen.

Die vorhandenen Auffüllungen und lehmigen Deckschichten besitzen bereichsweise nur weiche Konsistenz. Zur Tragfähigkeitserhöhung des Erdplanums unter Verkehrsflächen und Bodenplatten sowie der Aushubsohlen unter dem bis zu ca. 3 m mächtigen Geländeauftrag für die neue Straße zwischen P0 und P2 Süd wird die Durchführung einer Bodenstabilisierung mit Bindemitteln empfohlen. Mit der Bodenstabilisierung wird auch die Witterungsempfindlichkeit der anstehenden lehmigen und tonigen Böden reduziert. Im Bauabschnitt P2 Nord wurde die Auffüllung aufgrund der angetroffenen günstigeren Konsistenz vermutlich bodenverbessert eingebaut.

Zur Prüfung der Ausgangstragfähigkeiten auf dem Erdplanum und Festlegung geeigneter Bodenverbesserungsmaßnahmen, sind nach dem Freilegen der Aushubsohle statische Plattendruckversuche durchzuführen.

Bei hohen Anforderungen an die zulässigen Verformungen (z.B. bei hoch belastete Bodenplatten oder mächtigen Geländeauffüllungen) ist die Bodenverbesserung bzw. ein Bodenaustausch bis auf die Böden mit mindestens steif-halbfester Konsistenz zu empfehlen. Dieses Niveau entspricht zu meist der Oberkante des Liastons.

Die üblichen Bearbeitungstiefen von Bodenfräsen liegen bei 40 cm, maximal 50 cm, für größere Bodenverbesserungstiefen ist ein Teilabtrag des zu verbessernden Bodenaufbaus erforderlich. Nach dem Abtrag kann die untere Lage direkt verbessert und verdichtet werden. Nach der Verdichtung kann zuvor auf der erforderlichen Zwischenlagermiete stabilisierter Boden eingebaut oder der unverbesserte Boden eingebaut und an der Einbaustelle wieder stabilisiert werden.

13.2 Geländeauffüllung

Für die Geländeauffüllungen können mit Ausnahme des Auenlehms und Sumpftons alle Böden aus den Abtragsbereichen verwendet werden. Lehmige Böden sind mit Bindemittel aufzubereiten. Die Schotterauffüllungen aus den Straßenunterbauten und der Parkplatzbefestigung können hochwertig wieder verwendet werden, sofern diese nicht mit bindigen Böden durchmischt werden. Durch die beim Aushub und einer eventuellen Zwischenlagerung entstehende Entmischung kann der Ausbau-schotter allerdings nicht unmittelbar unter die Asphalttragschicht der neuen Verkehrswege eingebaut werden.

Aushub, welcher bis in die Arietenkalk-Formation reicht (z.B. aus Kanalgräben), ist nur geeignet, wenn die vorhandenen Felsbänke von dem Ton und Tonstein separiert werden. Ein Boden-Felsgemisch ist aufgrund des unregelmäßigen Stein- und Blockanteils aus den Felsbänken für einen qualifizierten Erdbau nicht geeignet. Für eine Verwendung des Felsaushubes müssten die Felsbänke separiert und über eine Brecheranlage aufbereitet werden. Da der Felsanteil gemessen am Gesamtaushub jedoch gering sein dürfte, wird die Aufarbeitung und Wiederverwendung als unwirtschaftlich angesehen.

Für eine Geländeauffüllung mit Fremdmaterial eignen sich kornabgestuftes (Kornabstufung $U \geq 15$), grobkörniges Schüttmaterial (z.B. Bodenart GW, GI) oder gemischtkörniges Schüttmaterial mit einem Korn-zu-Korn Kontakt der Grobkomponenten (z.B. Bodenart GU, GT mit Feinkornanteil $\leq 15\%$). Bei einem Einbau von feinkörnigen oder gemischtkörnigen Böden (z.B. Bodenart TL, TM, GU*, GT*) ist eine Bodenstabilisierung mit Bindemittel, wie für das vor Ort vorhandene Bodenmaterial vorzusehen.

Zur Begrenzung der erforderlichen Bindemittelzugabemenge sollte der bindige Anteil der Anlieferungsböden eine mindestens steife Konsistenz besitzen. Der Lieferboden, der mit Bindemittel stabilisiert werden soll, darf maximal eine Sulfatkonzentration von 50 mg/l aufweisen. Die Lieferböden sollten die Kategorie Z0 nach der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die „Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ vom 14.03.2007 (nachfolgend als VwV bezeichnet) einhalten.

Der Geländeauftrag ist flächig aufzubauen, um ein gleichmäßiges Trag- und Verformungsverhalten zu erhalten. Die maximale Schütthöhe je Einbaulage ist auf das Schüttmaterial und das Verdichtungsgerät abzustimmen. Die verdichtete Schütthöhe ist jedoch auf maximal 40 cm zu beschränken.

Die Schüttlagen sind so aufzubauen, dass sich keine Stauhorizonte unter oder innerhalb der Schüttung durch einsickerndes Oberflächenwasser bilden können. Bei einem Einbau von durchlässigeren Schüttmaterialien sind diese bis an die Böschungsvorderkante zu führen oder über Filterschichten zu entwässern.

Aufgrund der großen Parkhausgrundflächen muss bei Niederschlägen, insbesondere bei Stark- und Gewitterregen mit großen Oberflächenwassermengen gerechnet werden. Die Erdplanien unter den Parkhäusern und von Verkehrsflächen sind zur Oberflächenentwässerung mit Gefälle und ggfs. zusätzlich mit Drägen auszubilden. Bei stabilisierten Böden wird ein Mindestgefälle von 2,5% zu Drägen oder der Vorflut hin empfohlen. Bei nicht verbesserten wasserempfindlichen Böden ist ein Gefälle von mindestens 4% vorzusehen. Ohne ein Gefälle auf dem Erdplanum muss mit Staunässe und einem Rückgang der Tragfähigkeiten auf dem Erdplanum und auf schon eingebauten Tragschichten gerechnet werden.

Bei direkter Befahrung des bodenverbesserten Planums, insbesondere bei hohen Radlasten oder beim Drehen von Kettenfahrzeugen ist mit einer Aufarbeitung der Erdplanums zu rechnen, so dass die Ebenheit und Tragfähigkeit verloren geht und eine Nachbearbeitung des Erdplanums durch nochmalige Bodenstabilisierung erforderlich werden kann. Durch den Einbau der Tragschichten und der Sauberkeitsschicht (Beton oder Asphalt) lässt sich die Tragfähigkeit auch bei ungünstigeren Witterungsverhältnissen über die Bauzeit erhalten. Für den Einbau der Stützen- und Randfundamente kann die Sauberkeitsschicht zwischen den Stützenachsen ausgespart werden.

13.2.1 Bodenstabilisierung

Für die Bodenstabilisierung der anstehenden bindigen Böden wird als Bindemittel ein Zement-Kalk Gemisch mit einem Mindestzementanteil von 50% (z.B. Dorosol C 50, C 30 der Firma Holcim oder Bodenbinder BB 500, BB 300 der Fa. Schwenk) empfohlen. Damit können auch die tlw. schwach organischen Böden mit verbessert werden. Durch den Zementanteil werden höhere Tragfähigkeiten und Scherfestigkeiten erreicht als bei einer reinen Kalkzugabe.

Die Zugabemenge ist bei der Bauausführung auf die geforderte Tragfähigkeit, die Feuchtdichte des Bodens und die Witterungsverhältnisse anzupassen. Die Durchführung einer Eignungsprüfung für eine Bodenverbesserung oder das Anlegen eines Probefeldes zu Beginn der Baumaßnahme wird empfohlen. Hierüber kann auch die Festigkeitsentwicklung bei der Verbesserung von tlw. schwach organischen Böden festgestellt werden. Die Mindestbindemittelzugabemenge wird mit ca. 3 Trockenmasseprozent, ca. 50 kg/m³, gefordert.

Um ein homogenes Boden-Bindemittel Gemisch zu erhalten, ist die Einarbeitung des Bindemittels mit einer leistungsfähigen Fräse auszuführen, die auch die steinigere Auffüllungen oder eine Verwitterungsschicht mit bearbeiten kann. Bei zu trockenen Böden ist eine Wasserzugabe erforderlich, um die Verdichtungsanforderungen einhalten zu können. Eine mindestens 2-fache Überfahrt mit der Bodenfräse wird als notwendig angesehen.

Die geforderte Tragfähigkeit ist durch statische Plattendruckversuche auf OK Erdplanum spätestens einen Tag nach dem Einbau nachzuweisen.

Bei Ausführung einer Bodenstabilisierung ist der geplante Ausführungszeitraum mit zu beachten. Üblicherweise müssen die stabilisierten Böden bei Temperaturen unter 5° geschützt werden. Gefrorener Boden kann nicht für eine Stabilisierung verwendet werden.

Durch die Lage des Baufeldes am Flughafen mit umliegender Bebauung und parkenden PKW's ist auf eine staubarme Ausbringung und Einarbeitung des Bindemittels (Ätzwirkung auf Aluminium, Glas, Autolack usw.) zu achten. Ist dies nicht möglich, kann der Boden alternativ auch auf einer geeigneten Zwischenlagermiete stabilisiert werden. Für den An- und Abtransport sowie die Baggerarbeiten zum Beladen und Verteilen entstehen Zusatzaufwendungen gegenüber der in-situ Aufbereitung.

13.2.2 Hebungsproblematik durch sulfathaltige Böden und Baustoffgemische

Bei Ausführung einer Bodenstabilisierung dürfen keine Böden verbessert oder eingebaut werden, die aufgrund der Sulfatkonzentration zu einem Sulfatreiben bzw. zu Ettringitbildung und damit zu einer Volumenvergrößerung bzw. zu Hebungen führen. In diesem Zusammenhang wird eine Begrenzung der Sulfatkonzentration auf 50 mg/l festgelegt.

13.3 Verdichtungsanforderungen

An die Verdichtung der Geländeauffüllung und der Erdplanien werden in Abhängigkeit von der Nutzung der überlagernden Flächen folgende Anforderungen an die einfache Proctordichte (D_{pr}) gestellt:

unter Gebäuden mit Lastausbreitung unter 45°

Aushubsohle bis OK Schüttung

$D_{pr} \geq 100 \%$ und $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$

unter Verkehrsflächen mit Lastausbreitung unter 45°

Aushubsohle bis 0,5 m unter Erdplanum

$D_{pr} \geq 97 \%$ und $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$

Erdplanum bis 0,5 m unter Erdplanum

$D_{pr} \geq 100 \%$ und $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$

unter Grünflächen

$D_{pr} \geq 95 \%$

Sofern sich bodenabhängig aus dem geforderten Verdichtungsgrad höhere Anforderungen an die Tragfähigkeit ergeben (z.B. für grobkörnige oder gemischtkörnige Böden), sind diese einzuhalten. Die gestellten Anforderungen sind über Verdichtungs- und Tragfähigkeitsversuche zu überprüfen.

13.4 Setzungsabschätzung aus der Geländeauffüllung

Durch die Geländeauffüllung für die neue Straße ist mit Setzungen aus der Konsolidation des Untergrundes und den Eigensetzungen der Auffüllung zu rechnen. Für die maximale Schüttmächtigkeit von 3 m wurden überschlägig die Setzungen ohne eine Untergrundverbesserung und mit einer Bodenverbesserung bis auf den Liaston berechnet.

Bei nicht verbessertem Baugrund wurden Konsolidationssetzungen für den Untergrund von ca. $s_{uu} = 3 \text{ cm}$ und bei dem bis auf den Liaston verbesserten Untergrund von ca. $s_{uv} = 1,5 \text{ cm}$ berechnet.

Die Eigensetzungen einer gut verdichteten Auffüllung betragen zwischen 0,2 - 0,5% der Schütthöhe. Der Anteil hängt von der Bodenart der Auffüllungsböden und der erreichten Verdichtung ab. Für die maximale Schütthöhe von 3 m liegt der Eigensetzungsanteil bei der geforderten guten Verdichtung zwischen $s_E = 0,5 \text{ cm}$ und $1,5 \text{ cm}$.

Aus den Anteilen ergeben sich Gesamtsetzungen (s_G) bei nicht verbessertem Baugrund in einer Größenordnung von s_{Gu} ca. 3,5 – 4,5 cm und bei einem verbesserten Baugrund von s_{Gv} ca. 2 – 3 cm. Im Zuge des Einbaus der Schüttung wird bereits ein Teil der Gesamtsetzungen von geschätzt 30% - 50% abklingen. Daraus ergeben sich nachträgliche Untergrund- und Eigensetzungsbeträge von ca. 1-2 cm ohne und 0,5 cm - 1,5 cm mit der Baugrundverbesserung. Ein Großteil dieser prognostizierten Setzungen wird im Zeitraum von 6 - 9 Monaten nach Abschluss der Geländeauffüllung abklingen. Die Geländeprofilierung ist zur Verringerung der Differenzverformungen an Bauwerksübergängen möglichst frühzeitig im Bauablauf vorzunehmen.

13.5 Böschungen

13.5.1 Baugrubenböschungen

Die temporären Baugruben- und Grabenböschungen bis 5 m Gesamthöhe können unter nachfolgenden Böschungswinkeln ausgebildet werden:

Bodenschicht	Böschungsneigung β [°]	
	Böschungshöhe bis 2,5 m	Böschungshöhe bis 5 m
Auffüllungen	≤ 45	≤ 45
Lehmige Deckschichten weich-steif	≤ 45	≤ 45
Lehmige Deckschichten steif-halbfest	≤ 60	≤ 45
Liaston / Tonstein	≤ 60	≤ 60
juAK / Arietenkalk-Formation	≤ 80	≤ 80
Geländeauffüllung, stabilisiert	≤ 70	≤ 60

Tabelle 4: Zulässige Baugrubenböschungsneigungen

Lose und aufgeweichte Böden in der Auffüllung sind abzutragen. Die Felsböschungen sind von losen Steinen zu beräumen, ein Unterschneiden der Felsbänke in der Arietenkalk-Formation ist zu vermeiden. Sofern größere Ausbrüche die Standsicherheit der Böschung herabsetzen, sind diese durch Mörtel oder Beton zu ersetzen oder die Böschungen abzuflachen.

Als Steinschlagschutz sind die Felsböschungen in der Arietenkalk-Formation mit einem Geotextilen Vlies abzuhängen. Zum Schutz vor Witterungseinflüssen sind die übrigen Böschungsflächen mit Kunststoffolie oder einem geotextilen Vlies abzudecken und gegen Verwehen zu sichern. Entlang der Böschungskrone ist eine Tagwassersperrung zur Vermeidung des Oberflächenwasserabflusses über die Böschung anzuordnen.

Die Böschungskronen sind für Baugeräte von 12 t bis 40 t auf eine Breite von mindestens 2 m, bei Fahrzeugen unter 12 t auf mindestens 1 m Breite lastfrei zu halten. Die begehbare Arbeitsraumbreite muss mindestens 0,5 m betragen. Bei Lasten entlang der Böschung oder Böschungshöhe über 5 m ist die Standsicherheit der Böschung rechnerisch nachzuweisen.

13.5.2 Dauerhafte Böschungen

Für dauerhaft angelegte Böschungen, die dem Witterungseinfluss unterliegen, sind nachfolgende Böschungsneigungen einzuhalten:

Geländeauffüllung, stabilisiert	$\beta \leq 30^\circ$
Lehmige Deckschichten	$\beta \leq 26^\circ$

Die Böschungsoberkanten sind auf mindestens 2 m lastfrei zu halten. Sofern Verkehrs- oder Lagerlasten entlang der Böschungskrone einwirken, ist ein rechnerischer Standsicherheitsnachweis zu führen.

13.6 Unterfangungen

Werden durch die Aushubarbeiten seitlich von Bestandsgebäuden, z.B. im Bereich des Verbindungsganges Bestand zu Neubau P2 in die Bodenaushubgrenze nach DIN 4123 (2011-05) „Ausschachtung, Gründung, Unterfangung - bestehende Gebäude“ eingegriffen, ist eine abschnittsweise Unterfangung der Bauwerke nach der genannten Norm, ein vorgesetzter steifer Verbau oder eine rückverankerte Vorsatzschale auszuführen.

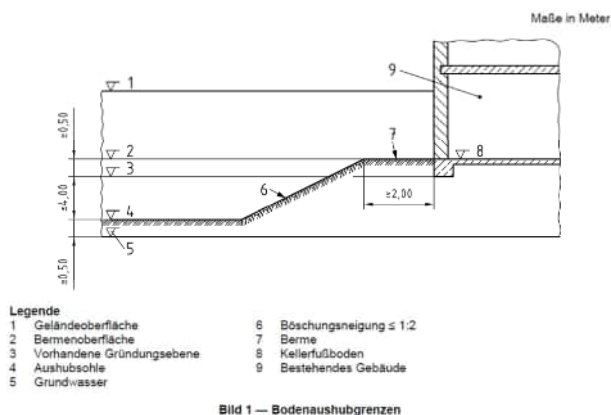


Abb. 4: Bodenaushubgrenzen nach Bild 1 DIN 4123

In der Regel können durch das dort beschriebene Vorgehen Schäden (z. B. Risse/ Putzabplatzungen) an den bestehenden Bauwerken vermieden werden, hundertprozentig ausschließen lassen sich diese jedoch nicht. Zur eindeutigen Abgrenzung von ursprünglich bereits vorhandenen Schäden wird vor Beginn der Erdarbeiten vorsorglich eine bautechnische Beweissicherung an dem Bestandsbauwerk empfohlen.

14. Gründung

14.1 Parkhaus P0

Ausgehend von einem 0,5 m mächtigen Aufbau für die Bodenplatte und den Unterbau liegt die flächige Aushubsohle entlang der Südseite bei ca. 402,8 mNN und auf der Nordseite bei 404,5 mNN. Über die geplante Gründung liegen uns noch keine detaillierten Angaben vor. Wir gehen von einer Einzel- fundamentgründung unter den Bauwerksstützen und Streifenfundamente unter den Aussteifungskernen aus. Mit einer angenommenen Gründungstiefe der Stützen-/Köcherfundamente von 1,5 m unter der Bodenplatte binden die Einzelfundamente im westlichen und nördlichen Teil des P0 bereits in den Liaston ein. Im südöstlichen Baufeld stehen noch gering tragfähige lehmige Deckschichten und Auffüllungen an. Die Auffüllungen in der KB 5 (Südostecke von P0) reichen bis in die Arietenkalk-Formation, ähnliche große Auffüllungsmächtigkeiten dürften auch im Bereich der Kanäle, insbesondere der Stauraumkanäle im südwestlichen Baufeld vorhanden sein.

Die Fundamentlasten sind bis in den mindestens steif-halbfesten, natürlich anstehenden Liaston, Tonstein oder die Arietenkalk-Formation abzutragen. Bei einer Flachgründung seitlich von Gräben müssen die Gründungssohlen so tief geführt werden, dass eine Lastausbreitung von der Fundamentaußenkante unter 35° auf die ehemalige Grabensohle eingehalten wird.

Zwischen den planmäßigen Fundamentsohlen und dem gründungsfähigen Horizont können Betonplomben (Mindestgüte C12/15) als Bodenaustausch angeordnet werden. Zur Prüfung des Verformungsverhaltens bei unterschiedlichen Gründungshorizonten sind Setzungsberechnungen durchzuführen. Sofern zu große Setzungsdifferenzen auftreten, sind die Fundamente zu vergrößern oder einheitlich bis in die Arietenkalk-Formation zu führen.

14.2 Parkhaus P2 Süd

Die Aushubsohle der untersten Ebene E2 des Parkhaus P2 Süd liegt zwischen ca. 403,8 mNN entlang der Südseite und 404,6 mNN entlang der Nordseite und bindet aufgrund unterschiedlicher Geländehöhen im Baufeld zwischen ca. 0,5 m und 2,5 m in den Baugrund ein. Die planmäßige flächige Aushubsohle liegt in den lehmigen Deckschichten und in Auffüllungen. Bei einer angenommenen Fundamentmächtigkeit von 1,5 m liegt die Gründungssohle in oder knapp über dem steif-halbfesten Liaston.

Das Baufeld von P2 Süd liegt südlich des S-Bahn Tunnels, wobei die Nordostecke des P2 Süd Grundrisses teilweise noch über die Blöcke 14 und 15 des Tunnels ragt. Die Aushubsohlen dieser Blöcke liegen nach [2.2] zwischen 395,3 mNN (Blockfuge 13/14) und 394,7 mNN (Blockfuge 15/16) und die Tunneloberkante zwischen ca. 403,6 mNN und 403,1 mNN. Über dem Tunnel wurden bei den Blöcken 1-16 noch eine 2-lagige Abdichtung und ein Schutzbeton in einer Mächtigkeit von etwa 0,1 m aufgebracht, so dass nur ein geringer Abstand zwischen der Aushubsohle für die Ebene E2 und der Tunneloberkante von etwa 0,9 m verbleibt. Seitlich des Tunnels ist eine Arbeitsraumverfüllung bis zum Felshorizont (Arietenkalk-Formation) vorhanden. Die genauen Abmessungen sind den Baugrubenplänen zum Tunnelbau zu entnehmen.

Über dem Tunnel können nur geringe Lasten abgetragen werden. Ohne weiteren Nachweis in der Größenordnung des Eigengewichtes des Bodenabtrages. Höhere punktuelle Lasten sind über Abfangträger in seitlich des Tunnels anzuordnende Pfähle, welche die Lasten in den Baugrund unterhalb der Tunnelsohle führen, abzutragen. Damit sollen ein vertikaler und horizontaler Lasteintrag in den Tunnel vermieden werden. Die vorgesehene Ausführung ist mit der Deutschen Bahn AG abzustimmen.

Südlich des S-Bahn Tunnels quert in einer Tiefe von etwa 398 mNN noch ein DN 700 Kanal das Baufeld. Der Kanal dient der Entwässerung des östlich des S-Bahn Tunnels vorhandenen Einschnittes. Falls der Kanal in offener Bauweise mit einem geböschten oder verbauten Graben hergestellt wurde, muss mit über 8 m mächtigen Auffüllungen über dem Kanal gerechnet werden. Bei einer geplanten Flachgründung des P2 Süd seitlich des Kanals müssen die Gründungssohlen so tief geführt werden, dass eine Lastausbreitung von der Fundamentaußenkante unter 35° auf die ehemalige Grabensohle eingehalten wird. Alternativ kann eine Pfahlgründung mit einem Lastabtrag unterhalb der Kanalsohle ausgebildet werden. Bei planmäßigen Lasten über dem Kanal sind Abfangträger mit einer Gründung neben dem Kanal auszubilden.

Wurde der Kanal mit einer geschlossenen Bauweise hergestellt ist zu prüfen, ob durch die über und unmittelbar seitlich des Kanals geplanten Fundamentlasten keine unzulässige Zusatzbeanspruchung auf den Kanal resultieren. Kann der Nachweis nicht erbracht werden sind die für die offene Kanalbauweise beschriebenen Maßnahmen umzusetzen.

Die entfernt vom S-Bahn Tunnel und dem tiefliegenden Kanal angeordnete Fundamente können flach gegründet werden. Der gründungsfähige Horizont beginnt ab dem mindestens steif-halbfesten natürlich anstehenden Liaston. Bei unzulässigen Setzungsdifferenzen zu den tiefergeführten Fundamenten

oder den Pfahlgründungen sind die Gründungssohlen mittels Betonplomben (Mindestgüte C12/15) in die Arietenkalk-Formation tiefer zu führen. Die Verformungen sind über Setzungsberechnungen zu ermitteln.

Das bestehende P2 Süd endet aufgrund der Tunnelüberbauung mit der Ebene E3, also eine Ebene höher als der geplante Neubau. Zwischen dem Bestand und Neubau P2 Süd ist eine Abstand von ca. 10 m vorgesehen in dem Verbindungswege vorgesehen werden. Ist ein tieferer Aushub vor den vorhandenen Fundamenten in diesem Zusammenhang geplant, müssen die vorhandenen Fundamente entweder nach DIN 4123 (2011-05) unterfangen werden oder es ist eine rückverhängte Vorsatzschale auszubilden. Vermutlich wurden die Fundamente von P2 Bestand jedoch bis auf den gut tragfähigen Baugrund geführt und gründen in der Arietenkalk Formation.

14.3 Parkhaus P2 Nord

Bei P2 Nord ist die Ebene E3 die unterste Parkebene. Die etwa geländegleich liegende Bodenplattenhöhe liegt zwischen ca. 409,3 mNN im Westen und 408,4 mNN im Osten bzw. am Übergang zu dem Bestand P2 Nord. Die planmäßige flächige Aushubsohle liegt über zum Teil mächtigen Auffüllungen. Bei einer angenommenen Fundamentmächtigkeit von 1,5 m liegt die Gründungssohle noch in den Auffüllungen oder den lehmigen Deckschichten. Die Fundamentlasten sind bis in den mindestens steif-halbfesten natürlich anstehenden Liaston, Tonstein oder die Arietenkalk-Formation abzutragen. Zur Begrenzung der Setzungsdifferenzen am Übergang zum Bestand wird zumindest für die erste folgende Stützenreihe eine Plombengründung in der Arietenkalk-Formation oder eine Pfahlgründung empfohlen. Die zu erwartenden Verformungen und Setzungsdifferenzen sind über Setzungsberechnungen zu ermitteln.

Die Blöcke 2-10 des S-Bahn Tunnels liegen unter dem Gebäudegrundriss. Die Tunnelaushubsohlen liegen zwischen 398,7 mNN (Blockfuge 1/2) und 396,1 mNN (Blockfuge 10/11) und die Tunneloberkante zwischen ca. 405,9 mNN und 404,5 mNN. Unter Berücksichtigung der beiden Abdichtungslagen und eines Schutzbeton in einer Gesamtmächtigkeit von etwa 0,1 m beträgt der Abstand zwischen der Aushubsohle für die Ebene E3 und der Tunneloberkante zwischen ca. 1,8 m im Westen und 3,3 m im Bereich des östlichen Gebäudeanschlusses.

Für den Abtrag von hohen Gebäudelasten über dem Tunnel ist eine Abfangung auszubilden, welche seitlich des Tunnels über Pfähle zu gründen ist. Damit ein vertikaler und horizontaler Lasteintrag in den Tunnel vermieden wird, sind die Pfähle in den Baugrund unterhalb der Tunnelsohle zu führen.

Am Übergang zum P2 Nord Bestand sind die Fundamente so tief zu führen, dass eine Lastausbreitung von der Fundamentaußenkante unter 35° auf die ehemalige Baugrubensohle eingehalten wird. Alternativ kann eine Pfahlgründung mit einem entsprechenden tieferen Lastabtrag ausgebildet werden.

14.4 Bauwerksgründung

14.4.1 Flachgründung

Zwischen den planmäßigen Fundamentsohlen und dem gründungsfähigen Horizont können Betonplomben als Bodenaustausch angeordnet werden. Die Betonplomben sind mit mindestens den Abmessungen der Fundamente auszuführen. Unter Streifenfundamenten können die Betonplomben streifenförmig oder bei einer Fundamentbemessung als Gurt auch punktuell angeordnet werden. Die Gruben für die Herstellung der Betonplomben sind kurzzeitig standsicher und können in den lehmigen Deckschichten und Liaston nahezu senkrecht ausgehoben werden. Die Aushubabschnitte für die Herstellung der Betonplomben unter Streifenfundamenten wird auf eine Länge von 4 m begrenzt.

In den nichtbindigen Auffüllungen kann es zu lokalen Ausbrüchen und Nachbrüchen kommen, so dass eine Abflachung der Gruben notwendig werden kann. Nach dem Aushub und Beräumen der Grubensohlen ist der Plombenbeton umgehend einzubringen. Treten beim Betonieren Nachbrüche auf, ist der mit Boden durchmischte Beton auszutauschen.

Die frostfreie Mindesteinbindetiefe beträgt 0,8 m. Bei freien Bodenplattenrändern ist eine Frostschräge auszubilden. Im Freien gegründete Bauteile oder der Frosteinwirkung unterliegende Bodenplatten (Stützmauern, Rampen, Parkhausbodenplatte usw.) sind frostfrei zu gründen bzw. auf einem frostsicheren und entwässerten Unterbau aufzulagern. Die Gründungssohlen sind nach dem Freilegen durch eine Sauberkeitsschicht bzw. die Betonplomben (Mindestgüte C12/15) vor Witterungseinflüssen zu schützen. Lose oder aufgeweichte Böden in der Gründungssohle sind abzutragen.

14.4.2 Bemessungswerte zur Flachgründung

Die nachstehenden Angaben basieren auf die EC 7, ständige Bemessungssituation BS-P („*Persistent situations*“ = ständige und während der Funktionszeit des Bauwerks regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen). Die Angabe des **Bemessungswertes des Sohlwiderstandes** ($\sigma_{R,d}$) gilt für die Gründung des Bauwerks über Einzel- und Streifenfundamente. Es werden eine Mindesteinbinde-

tiefe der Fundamente von $t = 1,5$ m unter GOK bzw. unter OK Bodenplatte und einem Anteil der Verkehrslast (Q) von 50 % angenommen.

Die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes wurden über die Grundbruchberechnung für ein quadratisches Einzelfundament mit einer Seitenlänge ≥ 1 m ($a / b = 1,0$) und für ein Streifenfundament mit einer Breite von $\geq 0,5$ m (Länge 10 m) für unterschiedliche Fundamentbreiten b mit den ausgewiesenen Berechnungskennwerten des Steifemoduls ermittelt.

Der Bemessungswert der Sohlspannungen wird wie folgt begrenzt:

Liaston , Konsistenz steif-halbfest	$\sigma_{R,d} \leq 400 \text{ kN/m}^2$
Tonstein , Konsistenz halbfest	$\sigma_{R,d} \leq 600 \text{ kN/m}^2$
Arietenkalk-Formation , Konsistenz halbfest-fest	$\sigma_{R,d} \leq 1.100 \text{ kN/m}^2$

Die Ergebnisse können den Fundamentdiagrammen in den Anlagen 12-14 entnommen werden. Die in Abhängigkeit der Fundamentgröße und Sohlwiderstand rechnerisch zu erwartenden Setzungen können aus den Fundamentdiagrammen abgelesen werden. Eine gegenseitige Beeinflussung von nahe beieinander liegenden Fundamenten oder Setzungen aus der Geländeauffüllung wurde bei den Setzungsangaben nicht berücksichtigt. Diese muss im spezifischen Fall mittels einer gesonderten Setzungsberechnung ermittelt werden.

Zur Prüfung des Verformungsverhaltens bei unterschiedlichen Gründungshorizonten sind Setzungsberechnungen durchzuführen. Sofern zu große Setzungsdifferenzen auftreten, sind die Fundamente zu vergrößern oder einheitlich bis in die Arietenkalk-Formation zu führen.

14.4.3 Pfahlgründung

Als Tiefgründungsverfahren wird in den anstehenden Böden die Ausführung von Großbohrpfählen empfohlen. Bei diesem Verfahren können auch die härteren Kalkstein- und Kalksandsteinbänke, insbesondere die abrasive Kupferfelsbank für eine ausreichende Pfahleinbindung durchörtert werden.

Für die Großbohrpfahlgründung wird eine mindestens 1 m Einbindung in die Arietenkalk-Formation gefordert. Um den nachfolgenden Pfahlspitzenwiderstand ansetzen zu können, müssen die Pfahlsohlen auf eine Kalkstein- bzw. Kalksandsteinbank innerhalb der Arietenkalk- oder Angulatensandstein-Formation auflagern. Bei der Pfahlherstellung ist auf ein sorgfältiges Ausräumen der Pfahlsohlen zu achten.

In Anlehnung an die EA-Pfähle und eigenen Erfahrungswerten können nachfolgende charakteristischen Pfahlwiderstandswerte (Bruchwerte) für Einzelpfähle mit einem Abstand $a \geq 3 D_s$ (D_s = Pfahlschaftdurchmesser) ab dem mindestens halbfesten Tonstein angenommen werden. Der ausgewiesene Pfahlspitzenwiderstand ist auf eine Aufstandsfläche auf einer Kalkstein- bzw. Kalksandsteinbank ausgelegt:

Bodenschicht	überwiegender Verwitterungsgrad "Tonstein"	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]	Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ [kN/m ²]
Tonstein	V4/V3	100	-
juAK / Arietenkalk-Formation	V3	200	5.000 ¹⁾
juAS / Angulatensandstein Formation	V2/V3	250	6.000 ¹⁾

¹⁾ bei kompakten Kalkstein- oder Kalksandsteinbänken in der Pfahlaufstandsfläche

Tabelle 5: Charakteristische Pfahlwiderstandsbeiwerte

Die charakteristischen Pfahlwiderstandsbeiwerte sind unter Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwerten auf Bemessungswerte umzurechnen.

Die Angaben gelten für Einzelpfähle mit einem Pfahlabstand von $\geq 3 \times D_s$ (D_s = Pfahldurchmesser). Bei geringeren Abständen als $3 \times D_s$ sind die Pfahlwiderstände abzumindern. Für Pfahlabstände zwischen $2 \times D_s$ und $3 \times D_s$ empfehlen wir folgende Abminderungen:

- Die Mantelreibungsfläche ergibt sich aus der die Pfahlgruppe umhüllenden Fläche, die Gesamtfläche darf jedoch nicht größer sein als die Summe der Mantelreibungsfläche der Einzelpfähle der Pfahlgruppe.
- Der Spitzendruck der Pfahlgruppe ergibt sich aus der Summe der um den Faktor 0,8 abgeminderten Spitzenwiderstände der Einzelpfähle.

Horizontallasten können durch den seitlichen Pfahlwiderstand über die Einbindelänge näherungsweise nach dem Bettungsmodulverfahren berechnet werden. Sofern es nur auf eine hinreichend zu treffende Ermittlung der Biegemomente ankommt, kann ab dem Lasten der Bettungsmodul über die charakteristischen Steifemoduli ($E_{s,k}$) der einzelnen Schichten und dem Pfahlschaftdurchmesser (D_s) wie folgt ermittelt werden:

$$k_{s,k} = E_{s,k}/D_s$$

Der Pfahlschaftdurchmesser ist bei $D_s > 1$ m rechnerisch auf 1 m zu begrenzen.

Die seitlich des S-Bahn Tunnels vorgesehenen Gründungspfähle sollten soweit vom Tunnel abgerückt werden, dass die Pfähle außerhalb des ehemaligen Arbeitsraums zu liegen kommen. Der lichte Mindestabstand zur Tunnelaußenkante wird mit mindestens 1 m gefordert.

Die Pfahlsohlen sind mindestens 2 m unter die Tunnelsohle zu führen. Die Mantelreibung darf nur unterhalb der Gründungssohle des Tunnels angesetzt werden, ansonsten müssen die Auswirkungen der Pfahlgründung auf den Tunnel nachgewiesen werden.

14.5 Bodenplattengründung

Bei der vorgesehenen PKW Nutzung der Bodenplatte kann unter der Voraussetzung der Stabilisierung der Aushubsohle und Einbau eines Flächenfilters die Bodenplatte aufliegend gegründet werden. Besteht keine Frosteinwirkung reicht auf einem nach den Kapiteln 13.2 und 13.3 hergestellten und tragfähigem Erdplanum ein Flächenfilteraufbau, z.B. mit einem Schotter-Splitt Gemisch 4-32 mm oder 4-45 mm in einer Mindeststärke von 20 cm aus.

Ein Nachweis der Verdichtung über Plattendruckversuche ist auf dem Schotter-Splitt-Gemisch wegen des fehlenden Feinanteils nur hinsichtlich der Tragfähigkeit nicht auf den Verhältniswert möglich. Aus Erfahrung wird der Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} bei $\leq 4,5$ liegen.

Zwischen der Betonplatte und den Konstruktionsteilen der Halle wird die Anordnung von Bewegungsfugen empfohlen. Die Betonplatte darf nicht direkt auf den Fundamenten aufliegen. Die Tragschicht sollte in voller Dicke über die Fundamente geführt werden.

Die innerhalb des Gebäudes liegenden Arbeitsräume sind mit geeigneten, gering setzungsempfindlichen Böden bei hoher Verdichtung aufzubauen oder mit einer freitragenden Bodenplatte zu überbauen.

Unterliegen die Bodenplatte oder Einfahrtsbereiche der Frosteinwirkung ist ein frostsicherer Aufbau von mindestens 0,8 m auszuführen. In diesem Fall kann unter dem Flächenfilter von 20 cm eine Schottertragschicht, z.B. FSS/STS 0-45 mm in der erforderlichen Mächtigkeit eingebaut werden. Zur

Optimierung des Aufbaus kann die Frosteinwirkung bzw. der erforderliche frostsichere Aufbau unter den Bodenplatten der Parkhäuser auch bauwerksspezifisch durch den Bauphysiker bestimmt werden.

15. Erddruck

Für die Bemessung der eingearbeiteten Wände auf Erddruck ist von einer annähernd unnachgiebigen Stützung auszugehen. Es wird daher empfohlen in der Erddruckbemessung den erhöht aktiven Erddruck anzusetzen. Der wirksame Erddruck ist aus 50% aktivem Erddruck und 50% Erdruchedruck ($E_{ah}=0,5 \times E_{ah} + 0,5 \times E_{oh}$) zu ermitteln. Bei unverschieblichen Bauwerken ist der Erdruchedruck als wirksamer Erddruck anzunehmen.

Die ermittelten Erddruckspannungen sind mit dem Verdichtungserddruck nach DIN 4085

$$e_{vh} = 25 \text{ kN/m}^2 \text{ bei } \geq 2,5 \text{ m Arbeitsraumbreite}$$

$$e_{vh} = 40 \text{ kN/m}^2 \text{ bei } \leq 1,0 \text{ m Arbeitsraumbreite}$$

zu überlagern. Zwischenwerte sind in Abhängigkeit der Arbeitsraumbreite zu interpolieren. Der maximale Erddruck ist in der Bauteilbemessung zu berücksichtigen.

16. Abdichtung von erdberührten Bauteilen und Dränageausbildung

Die Bodenplatten von P2 liegen über dem ausgewiesenen Bemessungsgrundwasserspiegel. Zur Vermeidung einer Stauwassereinwirkung auf die eingearbeiteten Bauteile ist eine Ring- bzw. Sicherheitsdränage auszubilden. Des Weiteren ist mit kapillar aufsteigendem Wasser aus den bindigen Böden zu rechnen.

Mit den Wasserstandbeobachtungen in der KB 4 und dem für das Parkhaus P0 festgelegten Bemessungsgrundwasserspiegel ist von einer Grundwassereinbindung auf der Westseite des Parkhauses auszugehen. Die Bodenplattenhöhen auf der Ostseite liegen über dem Bemessungsgrundwasserspiegel. Über die Länge des P0 wird eine Abstufung des Bemessungswasserspiegels für das Gebäude mittels Grundwassersperrern empfohlen. Damit kann der Grundriss in eine höheres (Westseite) und ein niedrigeres Bemessungsniveau (Ostseite) mit den unterschiedlichen Anforderungen an die Abdichtung unterteilt werden.

16.1 Gebäudeteile unterhalb des Bemessungswasserspiegels

Für das Parkhaus P0 ist ein Bemessungswasserspiegel festzulegen. Das Baufeld kann in 2 oder mehrere Abschnitte unterteilt werden. Zwischen den Abschnitten sind Grundwassersperren unter der Bodenplatte und im Arbeitsraum auszubilden.

Maximal auf Höhe des Bemessungswasserspiegels ist eine Sicherheitsdränage anzuordnen. Als Sicherheitsdränage sind ringsum gelochte Dränrohre mit einem Durchmesser $\geq$ DN 150 vorzusehen. Der Anschluss der Sicherheitsdränagen mit Überlauf auf dem Bemessungsniveau an das östlich folgende Baufeld bzw. an die Vorflut ist sicherzustellen. Bei einer Festlegung des Bemessungswasserspiegels auf den Bemessungswasserspiegel oder höher, ist eine Ableitung nur bei außergewöhnlichen Ereignissen zu erwarten, so dass eine Ableitung in das angrenzende Baufeld oder die Kanalisation für vertretbar erscheint.

Um eine Aufstauwirkung des Grundwassers durch das Bauwerk zu verhindern, ist eine Umläufigkeit auszubilden. Hierzu sind ein Flächenfilter unter der Bodenplatte sowie eine Dränage an den Außenwänden, die bis mindestens auf das Niveau des Bemessungswasserspiegels reicht und an den Sohlfilter anbindet, auszubilden.

Als Flächendrän unter der Bodenplatte wird eine mindestens 20 cm mächtige durchlässige Schotter-schicht, z.B. der Körnung 5-45 mm vorgeschlagen. Zwischen dem Schotter und der Bodenplatte ist eine Folie anzuordnen, die das Einsickern von Zementsuspension beim Betonieren verhindert. Auf der Baugrubensohle ist ein geotextiles Vlies der Georobustheitsklasse 3 zu verlegen. Im Bereich von Streifenfundamenten sind Rohrdurchführungen im Abstand von ≤ 5 m zur Sicherstellung der Umläufigkeit vorzusehen.

Die Umläufigkeit im Arbeitsraum kann durch eine Kiesdränage mit einer Mindeststärke von ca. 20 cm ausgeführt werden. Der Aufbau von Filtersteinen oder Dränmatten hinter der Außenwand ist gleichfalls möglich. Zwischen der Dränageschicht und dem anstehenden Boden bzw. bei bindigem Verfüllmaterial ist ein Filtervlies der Georobustheitsklasse 3 anzuordnen. Der Anschluss zwischen der Dränage im Arbeitsraum zur Flächendränage muss sichergestellt sein.

Erdberührte Wände und Bodenplatten, welche bis 3 m unter dem Bemessungswasserstand (Stau-, Grund- und Hochwasser bis 3 m Wassersäule) liegen, sind nach DIN 18533-1 nach der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E, Bei einer Einbindung über 3 m nach der Wassereinwirkungsklasse W2.2-E abzudichten.

Bei der Auswahl der Abdichtungsbauart ist vom Planer zusätzlich die Rissklasse, Rissüberbrückungsklasse, Raumnutzungs-kategorie und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18355-1 zu berücksichtigen.

Alternativ zu einer Abdichtung bei der Wassereinwirkungskategorie W2-E nach DIN 18533-1 kann auch eine Abdichtung nach der WU-Richtlinie erfolgen. Hierbei ist jedoch die Wasserdampfdiffusion durch den WU-Beton zu beachten.

Bei der Wassereinwirkungskategorie W2-E oder der WU Bauweise ist für das abzudichtende Bauwerk ein statischer Nachweis gegen Auftrieb und Wasserdruck unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes erforderlich. Zur Sicherung des Gebäudes gegen Aufschwimmen im Bauzustand sind ggf. Flutungsöffnungen in den Wänden vorzusehen.

16.2 Gebäudeteile oberhalb des Bemessungswasserspiegels

Eine Abdichtung von erdberührten Bauteilen nach DIN 18533-1⁴, ist auf der dem Wasser zugewandten Bauteilseite anzuordnen. Bodenplatten aus Beton dürfen in Abhängigkeit von der Wassereinwirkung auch oberseitig abgedichtet werden.

Erdberührte Wände und Bodenplatten oberhalb des Bemessungswasserstandes sind bei den anstehenden gering wasserdurchlässigen Böden ($k_f \leq 1 \times 10^{-4} \text{ m/s}$) nach DIN 18533-1 **mit Dränung** nach DIN 4095 gegen Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wassers nach der **Wassereinwirkungskategorie W1.2-E** abzudichten. Eine fachgerechte Dränung nach DIN 4095 erfordert filterfeste Dränschichten, Spül- und Kontrollvorrichtungen und eine rückstausichere Ableitung des anfallenden Wassers in eine zuverlässige Vorflut. Die unterste Abdichtungsebene muss mindestens 50 cm oberhalb des Bemessungsgrundwasserstandes liegen.

Wird **keine Dränung** nach DIN 4095 hergestellt, wirkt aufstauendes Wasser auf die Abdichtung als drückendes Wasser. Erdberührte Wände und Bodenplatten mit drückendem Wasser $\leq 3 \text{ m}$ Eintauchtiefe sind nach DIN 18533-1 nach der **Wassereinwirkungskategorie W2.1-E** abzudichten. Bei einer Bauweise ohne Dränung muss der Bemessungswasserstand aus Stauwasser mit der Geländeoberkante angenommen werden.

⁴ DIN 18 533-1 (Juli 2017) „Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze“

Für Abdichtungen von nicht drückendem Wasser von erdüberschütteten Decken sowie von Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel und Kapillarwasser in und unter erdberührten Wänden wird auf die DIN 18533-1 verwiesen.

Bei Anwendung der Wassereinwirkungsklasse W2-E ist für das abzudichtende Bauwerk ein statischer Nachweis gegen Auftrieb und Wasserdruck unter Berücksichtigung des Bemessungswasserstandes erforderlich.

Bei der Auswahl der Abdichtungsbauart ist vom Planer zusätzlich die Rissklasse, Rissüberbrückungsklasse, Raumnutzungsklasse und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18355-1 zu berücksichtigen.

16.3 Dränageausbildung

Für die Ableitung von zusickerndem und kapillar aufsteigendem Wasser zur Vermeidung von Stauwasser sind Dränagemaßnahmen nach DIN 4095 vorzusehen. Diese bestehen aus einer Sohlfilterschicht (kapillARBrechende Flächendränge z.B. Schotter 4-32 mm oder 4-45 mm) in einer Mindestmächtigkeit von 20 cm, einer Wanddränge sowie einer kontrollier- und spülbaren Ringdränge auf Höhe des Sohlfilters. Durch die Streifenfundamente sind Rohrdurchführungen (DN 100, Abstand ≤ 5 m) mit Verbindung zur Ringdränge vorzusehen. Die Ringdränge ist rückstausicher an eine Vorflut anzuschließen.

Die an den Bestandsbauwerken vorhandenen Drängen sind zu belassen oder in das neue Drängensystem einzubinden.

Die im Baufeld liegenden Grundwasserumlaufigkeitsbrunnen 3N und 4S der Deutschen Bahn AG werden für Grundwasserstandsbeobachtungen und ggfs. Grundwasserhaltungsmaßnahmen benötigt. Die vorhandenen Brunnen dürfen nicht zurückgebaut werden und müssen in das neue Bauwerk bzw. die geplante Infrastruktur integriert werden.

17. Erdbebensicherheit

Gemäß DIN EN 1998-1/NA⁵ - Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - sowie der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg liegt das Bauvorhaben außerhalb von Erdbebenzonen.

Erdbebenzone	1	Intensitätsintervalle $6,5 \leq I < 7$ Bemessungswert der Bodenbeschleunigung $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$
Untergrundklasse	R	Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund
Baugrundklasse	A	Unverwitterte (bergfrische) Festgesteine mit hoher Festigkeit Dominierende Scherwellengeschwindigkeiten liegen höher als etwa 800 m/s.

Tabelle 6: Erdbeben, Zuordnung des Bauvorhabens

18. Wasserhaltung

18.1 Wasserhaltung beim Parkhaus P0

Durch die Einbindung des Parkhaus P0 in das Grundwasser muss zeitweise eine Wasserhaltung betrieben werden. Für Aushubarbeiten unterhalb des Wasserspiegels ist die Einrichtung einer offenen Wasserhaltung vorzusehen. Das Wasser ist über Gräben entlang der Böschungen und an Tiefpunkten der Baugrubensohle zu fassen und Pumpensümpfen zuzuleiten. Von dort ist das Wasser aus der Baugrube heraus abzupumpen und unter Berücksichtigung von Einleitergrenzwerten in die Vorflut (in der Regel Schmutzwasserkanal) einzuleiten. Die Wasserhaltung ist über die Dauer der offenen Baugrubensohle zu betreiben. Den Grundwasseranfall schätzen wir aus Erfahrung mit maximal 0,3 l/s ab.

Die Auftriebssicherheit ist für alle Bauzustände sicherzustellen. Um Schäden bei einem Pumpenausfall zu vermeiden sind ggfs. Flutungsöffnungen vorzusehen.

Die Grundwasserabsenkung durch die Baumaßnahme wird im Bereich üblicher Wasserspiegelschwankungen liegen. Auswirkungen auf die angrenzenden Bebauungen werden nicht erwartet.

Die Wasserhaltung und die Grundwassereinbindung des Bauwerks müssen vom LRA Esslingen wasserrechtlich genehmigt werden.

⁵ DIN EN 1998-1/NA: 2011-01 Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter - Eurocode 8 Auslegung von Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau

18.2 Wasserhaltung an S-Bahn Brunnen beim Parkhaus P2

Zur Herstellung der Ebene E2 beim P2 Süd muss die Erdüberschüttung über dem S-Bahn Tunnel bereichsweise abgetragen werden. Kann dadurch die Auftriebssicherheit am S-Bahn Tunnel bezogen auf den für das P2 festgelegten Bemessungsgrundwasserspiegel (der über dem Bemessungswasserspiegel des Tunnels liegt) nicht mehr gewährleistet werden, ist eine Wasserhaltung an den vorhandenen Umläufigkeitsbrunnen 3N und 4S durchzuführen. Da das Dränagesystem entlang des Tunnels aus Grundwassersperren und Umläufigkeitsstellen besteht, sind Pumpversuche zur Feststellung des möglichen Absenkzieles durchzuführen und ggfs. zusätzliche Kontrollpegel seitlich des Tunnels zur Wasserstandbeobachtung anzuordnen. Die Durchführung einer Wasserhaltung am S-Bahn Tunnel bedarf einem ausreichenden Vorlauf zur Planung der Wasserhaltung und Durchführung der Versuche.

Beim Bau des bestehenden P2 war die Umläufigkeit an den beiden Brunnen 3N und 4S vorhanden. Über Pumpversuche (siehe Geotechnisches Gutachten zu den Pumpversuchen an den S-Bahn Brunnen [3.2]) wurde sogar eine hydraulische Verbindung zu den Brunnen 7N und 8S nachgewiesen. Über die genannten S-Bahn Brunnen wäre damit im Baufeld von P2 eine Grundwasserabsenkung entlang des S-Bahn Tunnels möglich.

Im Zusammenhang mit einem Abtrag der Erdaufschüttung für den Neubau von P2 wird empfohlen den maximal zulässigen Wasserstand zur Gewährleistung der Auftriebssicherheit des S-Bahn Tunnels festzulegen und den Wasserspiegel über die Bauzeit zur Beweissicherung an den beiden Brunnen zu beobachten bzw. bei höheren Wasserspiegel als zulässig eine Wasserhaltung an dem S-Bahn Brunnen bzw. dem Dränagesystem durchzuführen.

Eine Wasserhaltung an dem S-Bahn Tunnel ist mit der Deutschen Bahn AG abzustimmen und muss vom LRA Esslingen wasserrechtlich genehmigt werden.

19. Verkehrsflächen

19.1 Dimensionierung Oberbau

Für den Aufbau der Verkehrsflächen wird die Anwendung der Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 2012) empfohlen.

Die Aufbauten der Verkehrsflächen sind in Abhängigkeit der Straßenkategorie und Belastungsklassen nach der RStO bzw. der Nutzung durch den Verkehrsplaner festzulegen. Nachfolgend sind auszugswise Belastungsklassen nach typischen Entwurfssituationen nach RASSt (Tabelle 2 der RStO) aufgeführt:

Verbindungsstraße	Bk3,2 / Bk10
Industriestraße	Bk3,2 bis Bk100
Gewerbestraße	Bk1,8 bis Bk100
Quartiersstraße	Bk1,0 bis Bk3,2
Sammelstraße	Bk1,0 bis Bk3,2

Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen (Tabelle 4 der RStO):

Schwerverkehr	Bk3,2 bis Bk10
Pkw-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil	Bk0,3 bis Bk1,8

Abstellflächen (Tabelle 5 der RStO):

Schwerverkehr	Bk3,2 bis Bk10
Nicht ständig vom Schwerverkehr genutzte Flächen	Bk1,0/Bk1,8
Pkw-Verkehr (Befahren durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes möglich)	Bk0,3

Die Dicke des Straßenbaues ist so zu dimensionieren, dass zum einen die Tragfähigkeit und zum anderen die Frostsicherheit gewährleistet sind. Bei nachstehenden Angaben wird vorausgesetzt, dass eine dauerhaft wirksame Planumsentwässerung vorhanden ist.

Das Baufeld liegt nach Bild 6 der RStO in der Frosteinwirkungszone I, so dass kein Zuschlag auf den Ausgangswert zur Bestimmung eines frostsicheren Straßenaufbaues nach Tabelle 7 vorzusehen ist. Die oberflächennah anstehenden Böden Auffüllungen und lehmigen Deckschichten sind den Frostempfindlichkeitsklassen F3 zuzuordnen.

In Abhängigkeit der Belastungsklasse ergeben sich damit hinsichtlich der Frostsicherheit folgende Mindestaufbaumächtigkeiten:

Belastungsklasse	Frostempfindlichkeitsklasse	frostsichere Mindestdicke [cm]
Bk100 bis Bk10	F3	65
Bk3,2 bis Bk1,0	F3	60
Bk0,3	F3	50

Tabelle 7: Frostsichere Mindestdicke von Verkehrsflächen

In der RStO wird auf dem Erdplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ vorausgesetzt. Diese Anforderung wird auf dem nicht verbesserten Erdplanum der Auffüllung und den lehmigen Deckschichten nicht erreicht, so dass eine Bodenverbesserung oder Bodenaustausch erforderlich wird.

Aus Erfahrung werden (nach einer Nachverdichtung der Aushubsohle) auf den lehmigen Deckschichten Tragfähigkeiten von etwa $E_{v2} = 10 - 20 \text{ MN/m}^2$ und auf der Auffüllung von etwa $E_{v2} = 15 - 35 \text{ MN/m}^2$ abgeschätzt. Die vorhandenen Ausgangstragfähigkeiten sind nach dem Freilegen des Erdplanums über Lastplattendruckversuche zur Festlegung der Bodenverbesserungs- bzw. Bodenaustauschmaßnahmen zu prüfen.

Die Bodenstabilisierung unter dem Erdplanum von Verkehrsflächen wird mit einer Mindestmächtigkeit von 40 cm empfohlen. Die Ausführungsvoraussetzungen und Ausführungsempfehlungen sind den Kapitel 13.2.1 Bodenstabilisierung zu entnehmen.

19.2 Bodenaustausch

Bei einem Bodenaustausch mit kornabgestuftem Tragschichtmaterial (z.B. STS 0-45 mm) kann die erforderliche Mächtigkeit in Abhängigkeit der Ausgangstragfähigkeit auf dem Erdplanum aus nachfolgender Tabelle entnommen werden.

Ausgangstragfähigkeit auf dem Erdplanum E_{v2} [MN/m ²]	10	15	20	30	40
erforderlicher Bodenaustausch mit Tragschichtmaterial [cm]	40	30	25	15	5

Tabelle 8: Bodenaustauschmächtigkeit mit Tragschichtmaterial unter Verkehrsflächen

Über einem bindigen Erdplanum ist ein geotextiles Vlies der Georobustheitsklasse 3 (GRK 3) zu verlegen, über einem nichtbindigen Erdplanum kann auf diesen Einbau verzichtet werden

Eine genauere Eingrenzung der Bodenaustauschmaßnahmen und Abschätzung der erreichbaren Tragfähigkeit, lässt sich über Plattendruckversuche auf dem planmäßigen Erdplanum im Zuge der Bauausführung erreichen.

19.3 Erdplanum

Die nachstehenden Angaben setzen voraus, dass eine dauerhaft wirksame Entwässerung des Erdplanums (Quer- und Längsneigung, ausreichende Dränung, Kontrollschächte usw.) und der Verkehrsfläche vorhanden sind. Zur Entwässerung der gering durchlässigen, wasserempfindlichen Böden sind die Hinweise der ZTV-E-StB 2009⁶ zu beachten. Nach Pkt. 4.4.5 sind Querneigung von mindestens 4% und bei einer qualifizierten Bodenverbesserung/-verfestigung mindestens 2,5% vorzusehen. Das fertiggestellte Planum ist vor Witterungseinflüssen (Austrocknung, Niederschläge, Frost, usw.) zu schützen. Die erforderlichen Schutzmaßnahmen sind in Abhängigkeit der Liegezeit festzulegen. Das anfallende Wasser aus dem Erdplanum ist kontrolliert mittels einer Dränage abzuleiten.

19.4 Tragschicht

Für den Tragschichtaufbau wird ein korngestuftes, gebrochenes, frostunempfindliches Baustoffgemisch empfohlen, z.B. Schotter FSS/STS 0-45mm oder 0-56 mm. Der Einbau des Schotters hat lagenweise ($d \leq 30$ cm) bei einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 103$ % zu erfolgen. Der Nachweis kann näherungsweise mittels statischen Plattendruckversuchen bei Einhaltung eines Verhältniswertes von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ erfolgen.

20. Beweissicherung S-Bahn Tunnel

Aufgrund der Überbauung des S-Bahn Tunnels wird vorsorglich die Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens im überbauten Tunnelabschnitt empfohlen. Neben Rissaufnahmen in der Innenschale sollten Messmarken an den Blockfugenversätzen angeordnet werden. Das Beweissicherungsverfahren ist mit der Deutschen Bahn AG hinsichtlich des Messumfangs und der Beobachtungsabstände abzustimmen.

6 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTV E-StB 2009

21. Geothermische Energienutzung

Das Baufeld liegt außerhalb von Wasserschutzgebieten. Anderweitige Ausschlusskriterien für eine geothermische Nutzung sind ebenfalls nicht bekannt. Eine geothermische Energienutzung durch Erdwärmesonden ist im Baufeld damit mutmaßlich möglich.

Bohrtiefen bis zur Oberkante der **Steigerwald-Formation (Unteren Bunten Mergel)**, die ab einer Tiefe von ca. 150 m erwartet wird, erscheinen möglich, wobei die Zustimmung bei der Unteren Wasserbehörde und bei Bohrtiefen ab 100 m des Landesbergamtes (LGRB) einzuholen ist. Eine Einbindung der Sonden in die darunter erwarteten eventuell gipsführenden Schichten ist nach derzeitiger Genehmigungspraxis im Land nicht genehmigungsfähig (bzw. wäre der Nachweis zu erbringen, dass die Steigerwald-Formation (Unteren Bunten Mergel) nicht gipsführend sind). Bis zu der genannten Grenze sind keine besonderen geologischen Bohrrisiken und Erschwernisse zu erwarten.

Die Möglichkeiten einer geothermischen Energienutzung durch Erdwärmesonden wird damit als günstig angesehen. Eine direkte Grundwassernutzung zur Energiegewinnung ist mangels ausreichend wasserführender Schichten nicht möglich.

22. Schlussbemerkungen

Die Ausführungen im Geotechnischen Bericht beruhen auf punktuell durchgeführten Aufschlüssen. Die Darstellungen zu den Schichtgrenzen wurden zwischen den Aufschlüssen interpoliert. Treten von den beschriebenen Baugrund- und Grundwasserverhältnissen wesentliche Abweichungen auf, sind uns diese umgehend mitzuteilen.

Die Fundament-, Pfahl- und Aushubsohlen sind vom Gutachter abzunehmen, um die prognostizierten Baugrundverhältnisse mit den tatsächlichen auf Übereinstimmung zu überprüfen.

Sind aufgrund der Erdarbeiten Wasserhaltungsmaßnahmen am S-Bahn Tunnel erforderlich, sind Pumpversuche zur Feststellung der möglichen Grundwasserabsenkung durchzuführen.

Die temporäre Wasserhaltung, dauerhafte Grundwassereinbindung des Bauwerks und Herstellung der Gründungspfähle müssen vom Landratsamt Esslingen wasserrechtlich genehmigt werden.

Für die weitere geotechnische Beratungen, Setzungsberechnungen, Festlegung von Versuchsfeldern zur Bodenstabilisierung, Tragfähigkeits- und Verdichtungskontrollen sowie für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.



.....
(Projektbearbeitung Bautechnik + Geschäftsleitung)

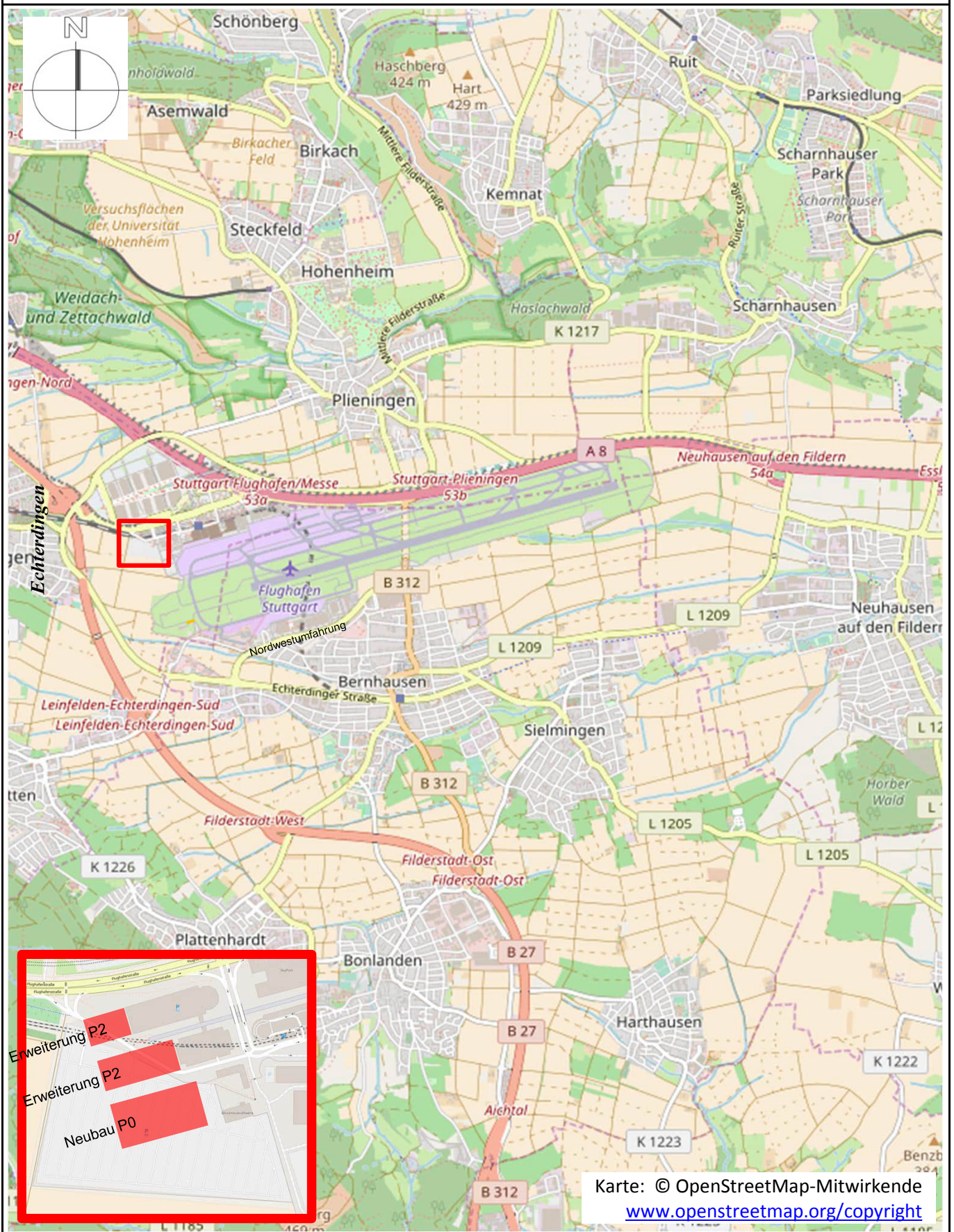
Dipl.-Ing. (FH) Markus Katz

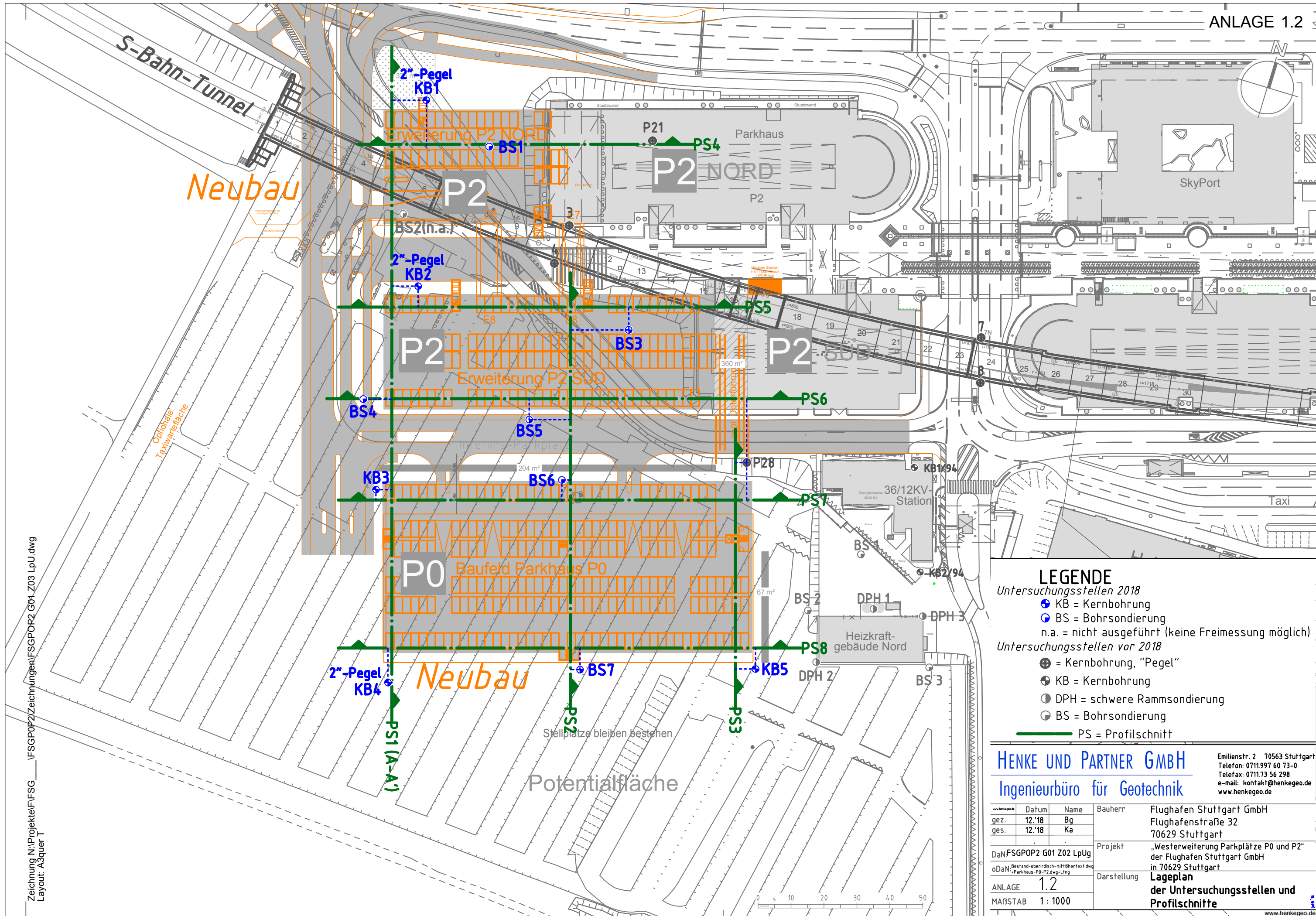


.....
(Projektbearbeitung Geologie)

Dipl.-Geol. Stefan Bader

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH – Westerweiterung Parkplätze P0 und P2





LEGENDE

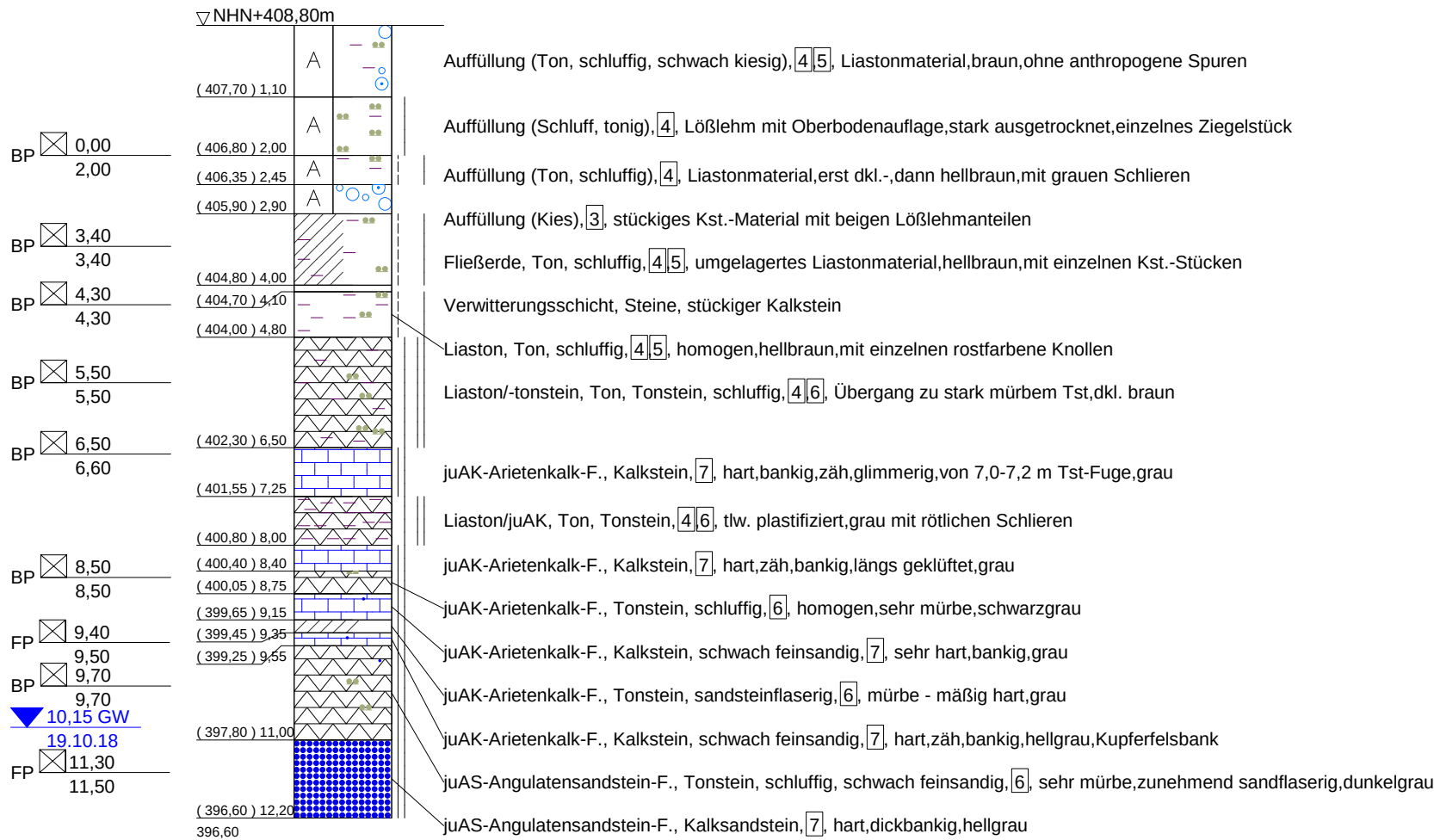
- Untersuchungsstellen 2018
- KB = Kernbohrung
 - BS = Bohrsondierung
 - n.a. = nicht ausgeführt (keine Freimessung möglich)
- Untersuchungsstellen vor 2018
- ⊕ = Kernbohrung, "Pegel"
 - ⊙ = Kernbohrung
 - ⊙ = DPH = schwere Rammsondierung
 - ⊙ = BS = Bohrsondierung
 - PS = Profilschnitt

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

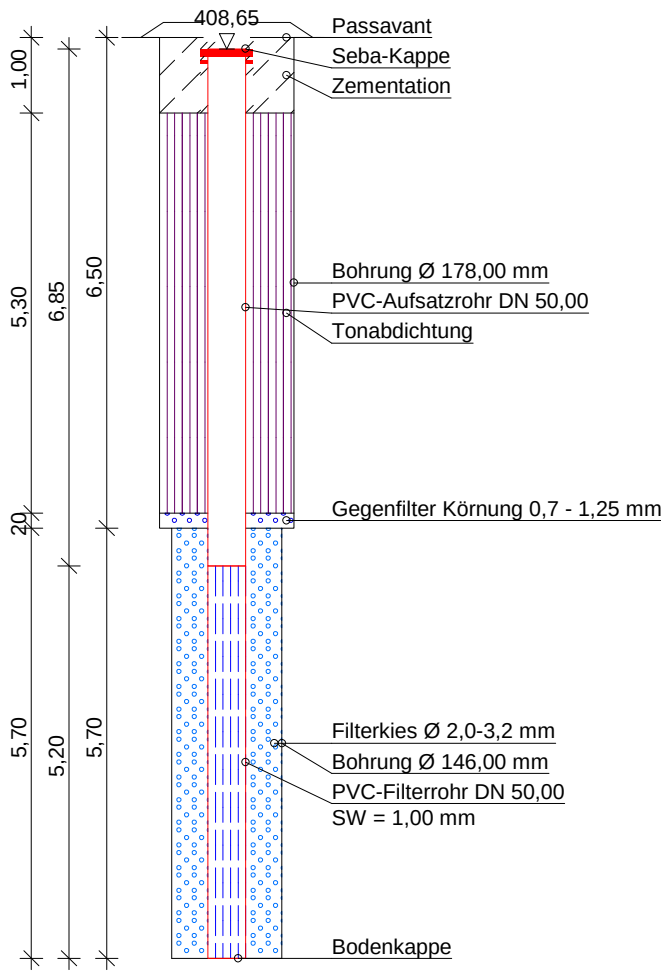
Emilienstr. 2 70563 Stuttgart
Telefon: 0711.997 60 73-0
Telefax: 0711.73 56 298
e-mail: kontakt@henkegeo.de
www.henkegeo.de

www.henkegeo.de	Datum	Name	Bauherr	Flughafen Stuttgart GmbH
gez.	12.'18	Bg	Flughafenstraße 32	
ges.	12.'18	Ka	70629 Stuttgart	
DaNFSGPOP2 G01 Z02 LpUg			Projekt	„Westerweiterung Parkplätze P0 und P2“ der Flughafen Stuttgart GmbH in 70629 Stuttgart
oDaN: Bestand-oberirdisch-mitHöhentext.dwg Parkhaus-P0-P2.dwg-Ltng			Darstellung	Lageplan der Untersuchungsstellen und Profilschnitte
ANLAGE	1.2			
MAßSTAB	1: 1000			

KB 1



Messstellenausbau



Bauvorhaben: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2		
Planbezeichnung: Kernbohrung KB 1		
Plan-Nr: FSGPOP2 KB01	Maßstab: 1 : 100	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. Stefan Bader	Datum: 19.10.18
	Gezeichnet: Ba	
	Geändert:	
	Gesehen:	
Projekt-Nr: FSGPOP2		

ANLAGE 2.1.2

Projekt: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

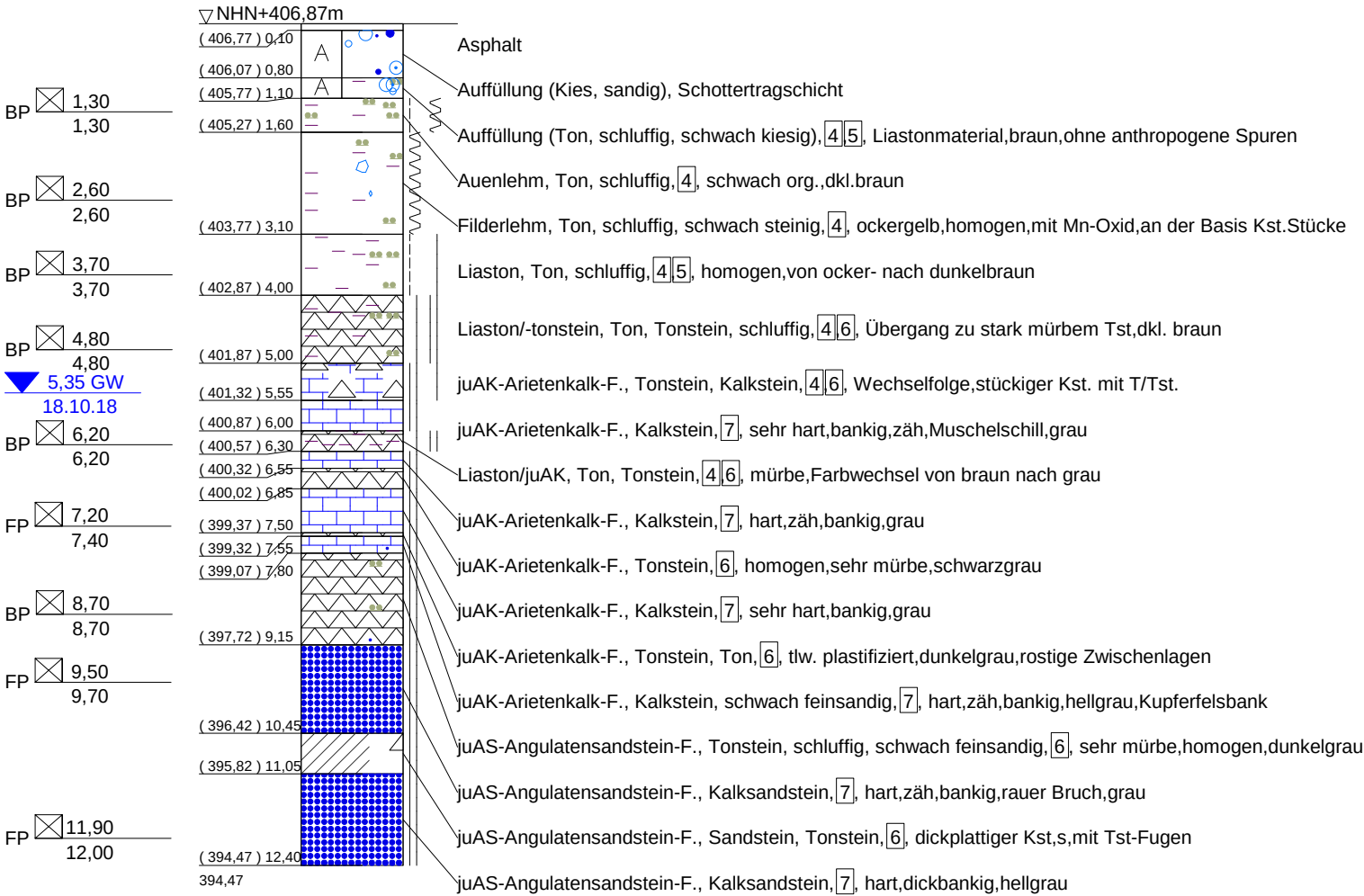
0m



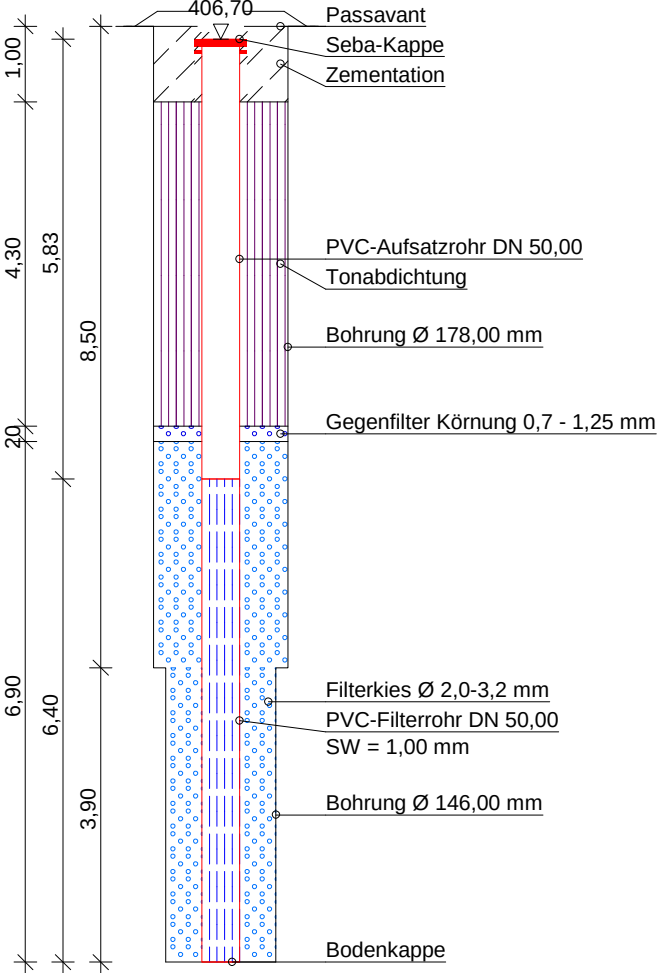
12m

bearb.		gepr.		geseh.	
--------	--	-------	--	--------	--

KB 2



Messstellenausbau



Bauvorhaben: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2		
Planbezeichnung: Kernbohrung KB 2		
Plan-Nr: FSGPOP2 KB02	Maßstab: 1 : 100	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. Stefan Bader	Datum: 12.10.18
	Gezeichnet: Ba	
	Geändert: _____	
	Gesehen: _____	
Projekt-Nr: FSGPOP2		

ANLAGE 2.2.2

Projekt: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

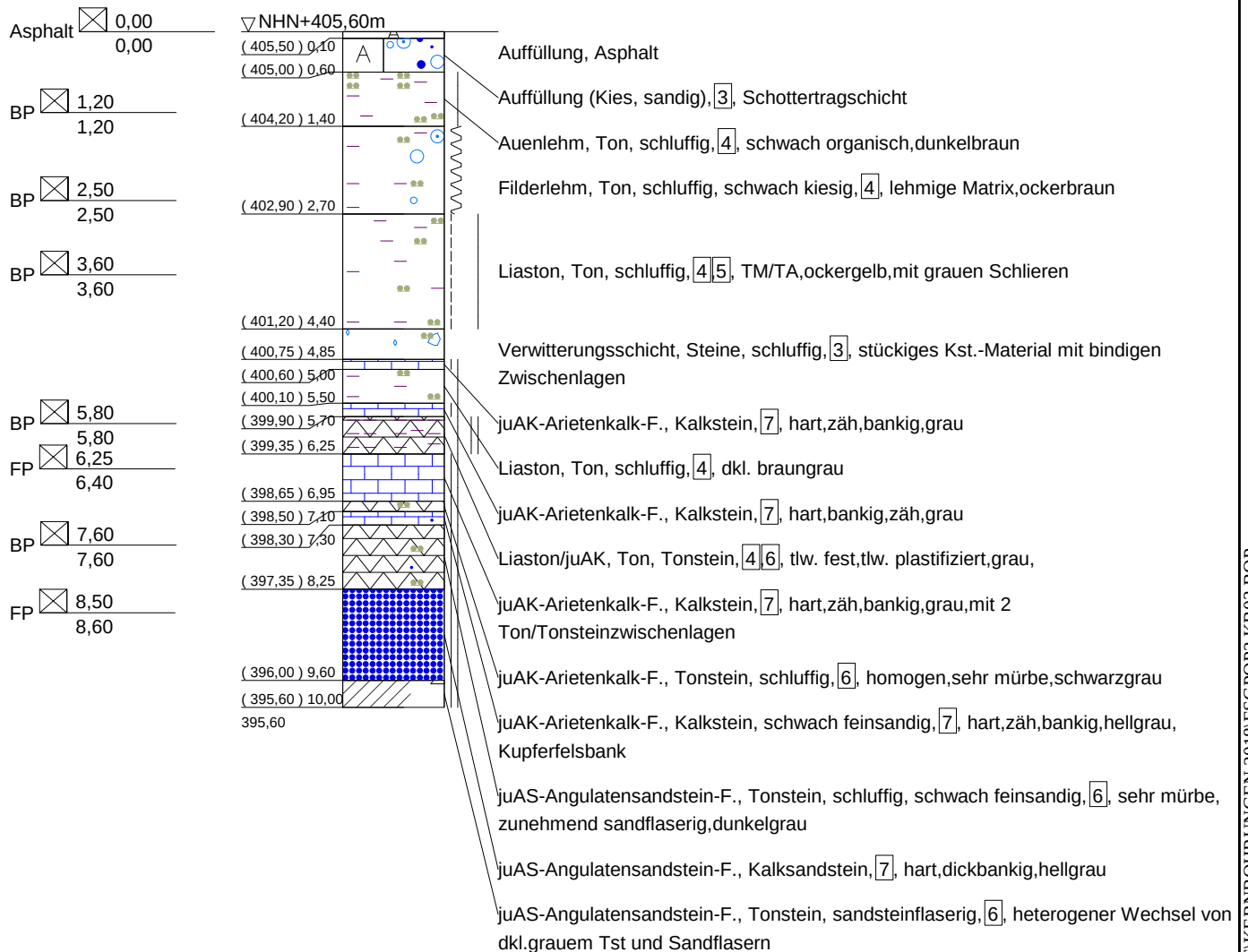
0m



12m

bearb.		gepr.		geseh.	
--------	--	-------	--	--------	--

KB 3



Bauvorhaben:

FSG, Westerweiterung Parkplätze
P0 und P2

Planbezeichnung:

Kernbohrung KB3

Plan-Nr: FSGPOP2 KB03

Maßstab: 1 : 100

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

Emilienstraße 2
70563 Stuttgart

Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0
Fax: 0711 / 73 56 298

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Stefan Bader Datum: 10.10.18
Gezeichnet: Ba

Geändert: _____

Gesehen: _____

Projekt-Nr: FSGPOP2

ANLAGE 2.3.2

Projekt: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

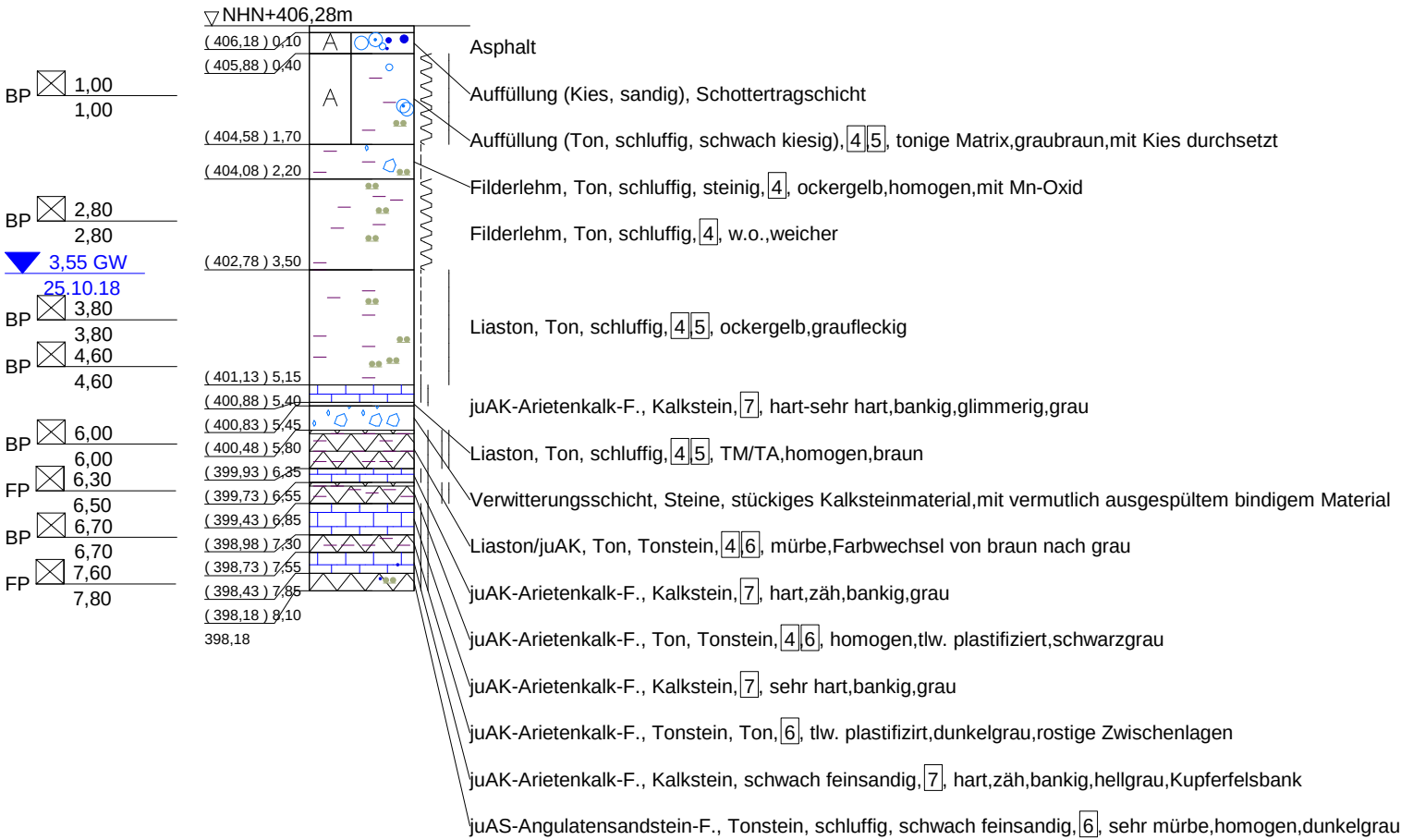
0m



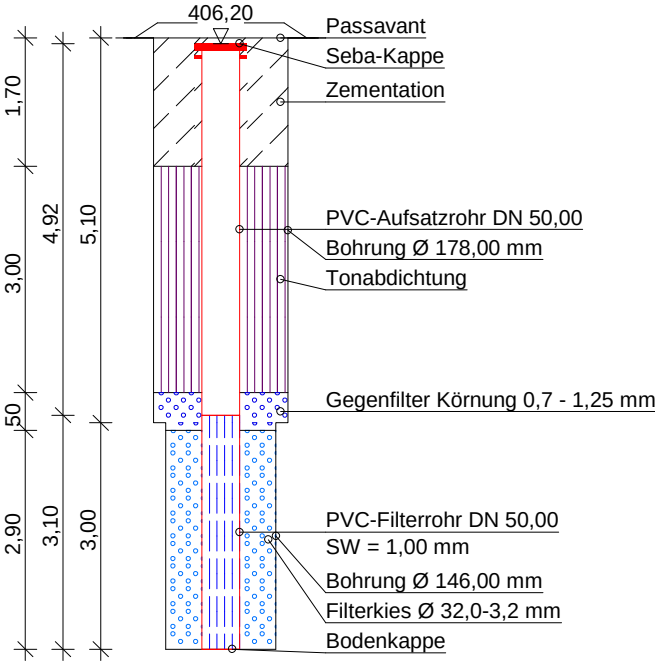
10m

bearb.		gepr.		geseh.	
--------	--	-------	--	--------	--

KB 4



Messstellenausbau

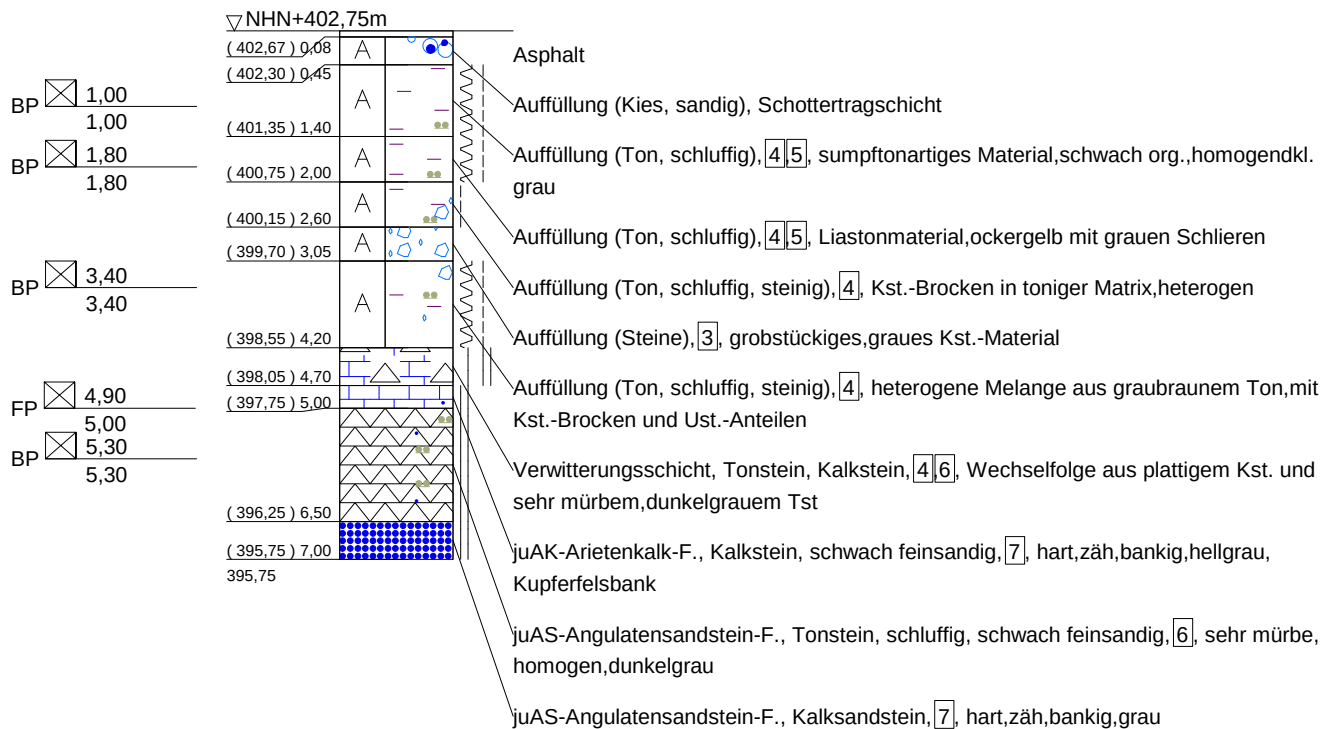


Bauvorhaben: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2		
Planbezeichnung: Kernbohrung KB 4		
Plan-Nr: FSGPOP2 KB04	Maßstab: 1 : 100	
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. Stefan Bader	Datum: 9.10.18
	Gezeichnet: Ba	
	Geändert: _____	
	Gesehen: _____	
	Projekt-Nr: FSGPOP2	

[illegible]

bearb.		gepr.		geseh.	
--------	--	-------	--	--------	--

KB 5



Bauvorhaben:

FSG, Westerweiterung Parkplätze
P0 und P2

Planbezeichnung:

Kernbohrung KB 5

Plan-Nr: FSGPOP2 KB05

Maßstab: 1 : 100

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

Emilienstraße 2
70563 Stuttgart

Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0
Fax: 0711 / 73 56 298

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Stefan Bader Datum:
Gezeichnet: Ba 8.10.18

Geändert: _____

Gesehen: _____

Projekt-Nr: FSGPOP2

ANLAGE 2.5.2

Projekt: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

0m



7m

bearb.		gepr.		geseh.	
--------	--	-------	--	--------	--

ANLAGE 2.6

Bodenarten

Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Steine	steinig	X x	
Kies	kiesig	G g	
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Ton	tonig	T t	
Torf	torfig	H h	
Mergel	mergelig	Mg mg	
Auffüllung		A	

Felsarten

Fels allgemein	Z	
Fels verwittert	Zv	
Brekzie, Konglomerat	Gst	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	
Kalkstein	Kst	
Mergelstein	Mst	
Granit, Gneis	Ma	

Korngrößenbereich

f	fein
m	mittel
g	grob

Nebenanteile

t'	schwach (< 15 %), z.B. schwach tonig
ḡ	stark (ca. 30-40 %), z.B. stark kiesig

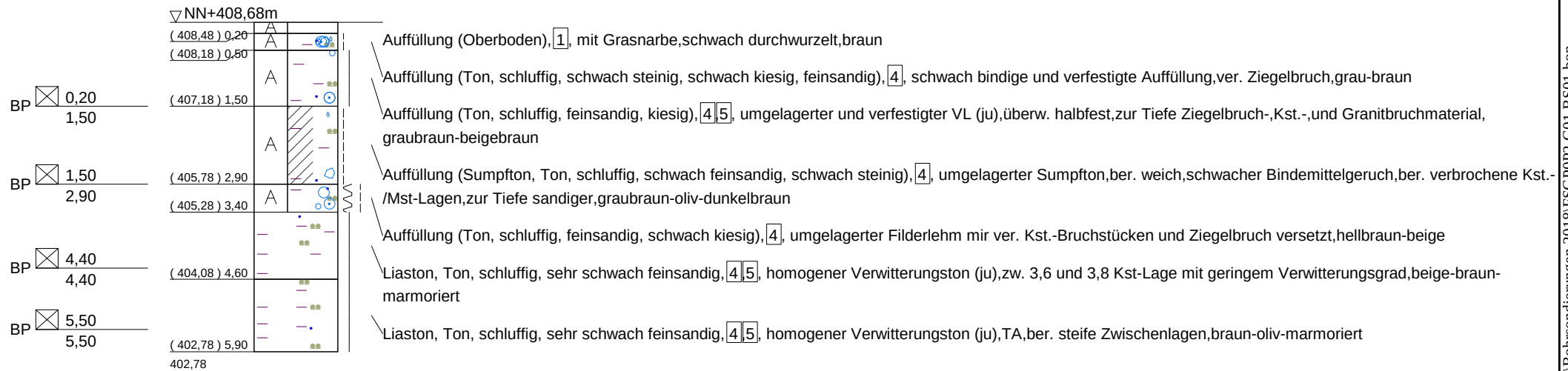
Konsistenz/ Lagerungsdichte

	flüssig		halbfest		locker
	breiig		fest		dicht
	weich	≋	klüftig		mittel dicht
	steif	≋≋	stark klüftig, brüchig		sehr dicht

Probenentnahmen und Grundwasser

BP		Becherprobe
EP		Eimerprobe
GP		Glasprobe
ZP		Zylinderprobe
HP		Head-Space Probe
UP		ungestörte Probe
		Grundwasser angebohrt
		Grundwasser nach Bohrende
		Ruhewasserstand
k. GW		kein Grundwasser

BS 1

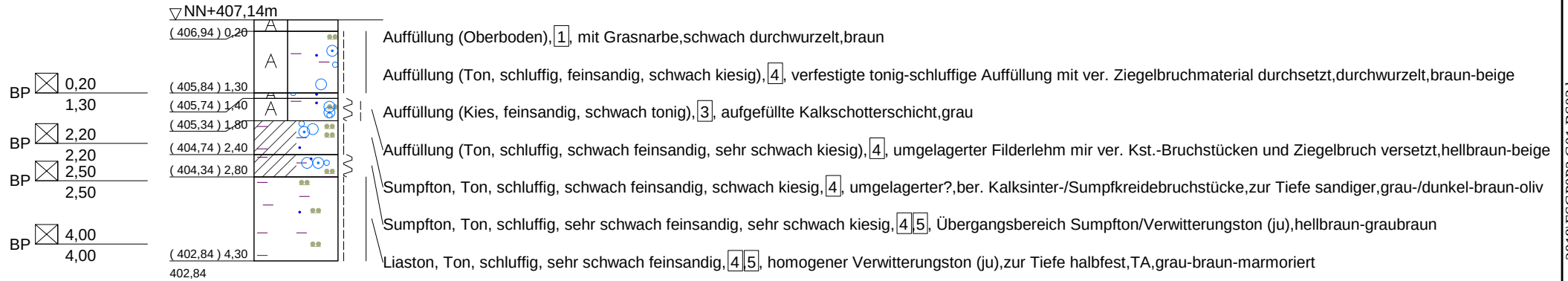


Ab 5,9 m u. GOK kein Bohrfortschritt mehr
Nach BE trocken; kein GW

ANLAGE 3.1

Bauvorhaben: Westerweiterung Parkplätze P0 und P2 Flughafen Stuttgart, FSG	
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 1	
Plan-Nr: FSGP0P2 G01 BS 1	Maßstab: 1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emiliienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Tobias Mangold, M.Sc. Datum: 15.10.18 Gezeichnet: Ma Geändert: Gesehen: Projekt-Nr: FSGP0P2 G01

BS 3

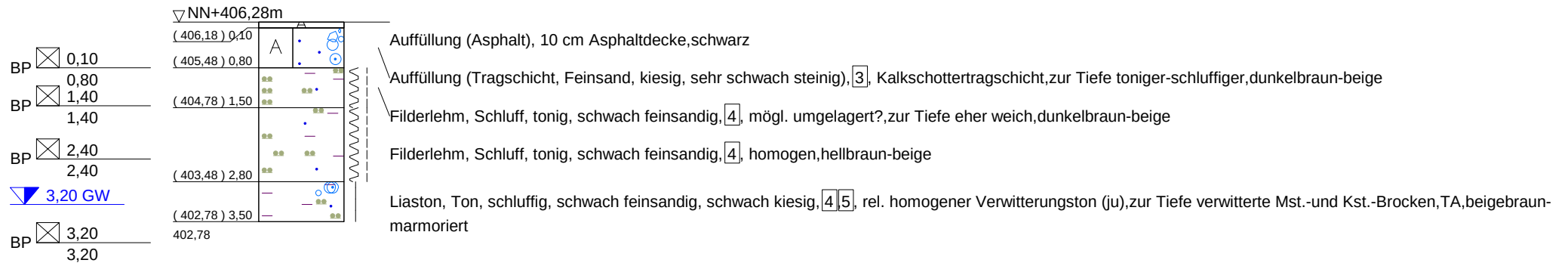


Ab 4,3 m u. GOK kein Bohrfortschritt mehr
Nach BE trocken; kein GW

ANLAGE 3.2

Bauvorhaben: Westerweiterung Parkplätze P0 und P2 Flughafen Stuttgart, FSG			
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 3			
Plan-Nr:	FSGP0P2 G01 BS 3	Maßstab:	1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Tobias Mangold, M.Sc.
		Gezeichnet:	Ma 15.10.18
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Projekt-Nr:	FSGP0P2 G01

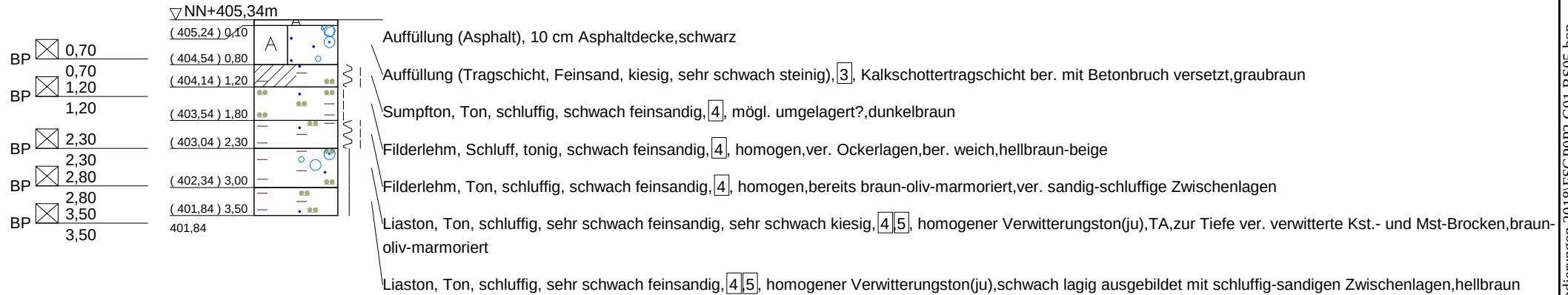
BS 4



ANLAGE 3.3

Bauvorhaben: Westerweiterung Parkplätze P0 und P2 Flughafen Stuttgart, FSG			
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 4			
Plan-Nr:	FSGP0P2 G01 BS 4	Maßstab:	1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Tobias Mangold, M.Sc.
		Gezeichnet:	Ma 15.10.18
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Projekt-Nr:	FSGP0P2 G01

BS 5

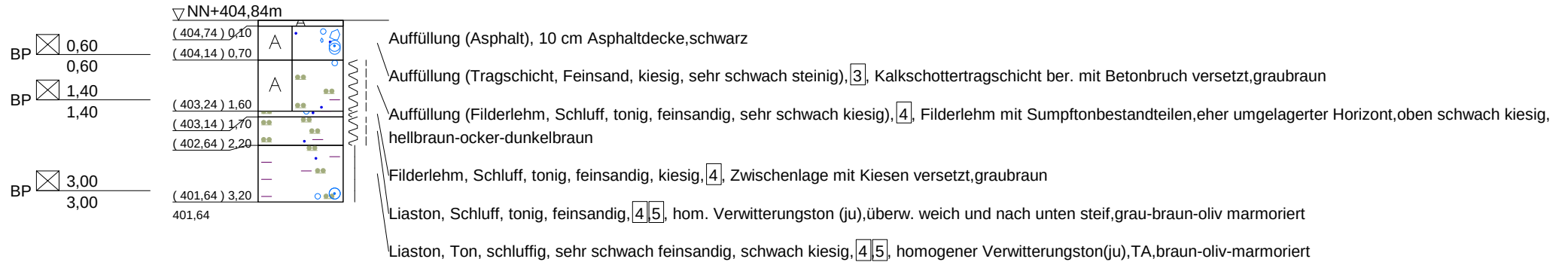


Ab 3,5 m u. GOK kein Bohrfortschritt mehr
Nach BE trocken; kein GW

ANLAGE 3.4

Bauvorhaben: Westerweiterung Parkplätze P0 und P2 Flughafen Stuttgart, FSG			
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 5			
Plan-Nr:	FSGP0P2 G01 BS 5	Maßstab:	1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Tobias Mangold, M.Sc.
		Gezeichnet:	Ma
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Datum:	11.10.18
		Projekt-Nr:	FSGP0P2 G01

BS 6

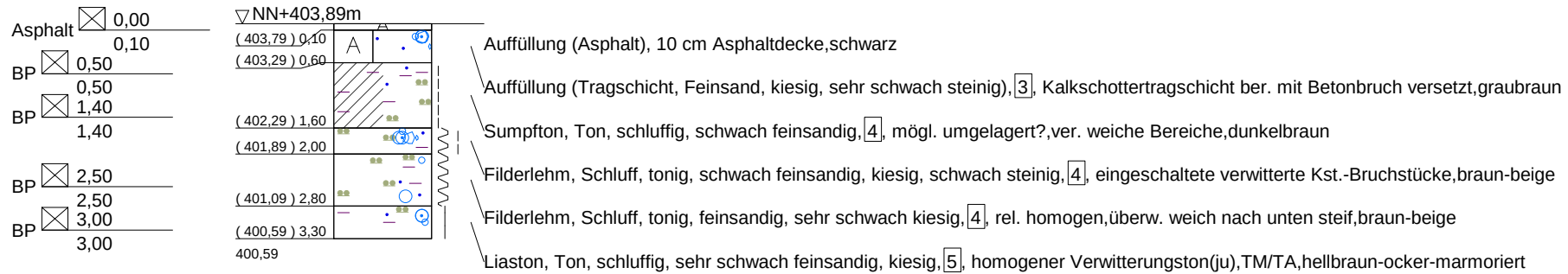


Ab 3,2 m u. GOK kein Bohrfortschritt mehr
Nach BE trocken; kein GW

ANLAGE 3.5

Bauvorhaben: Westerweiterung Parkplätze P0 und P2 Flughafen Stuttgart, FSG			
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 6			
Plan-Nr:	FSGP0P2 G01 BS 6	Maßstab:	1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Tobias Mangold, M.Sc.
		Gezeichnet:	Ma 11.10.18
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Projekt-Nr:	FSGP0P2 G01

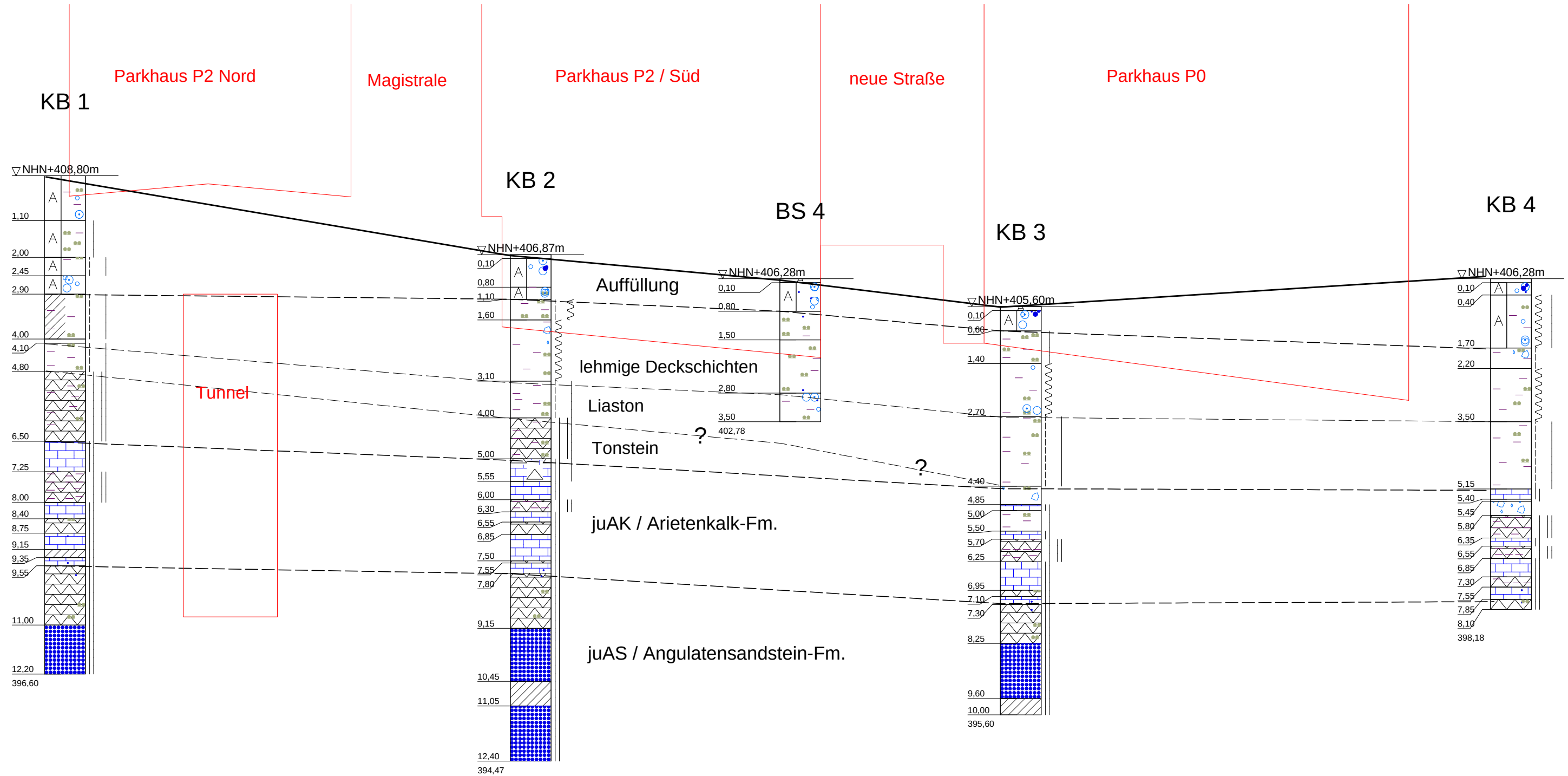
BS 7



Ab 3,3 m u. GOK kein Bohrfortschritt mehr
Nach BE trocken; kein GW

ANLAGE 3.6

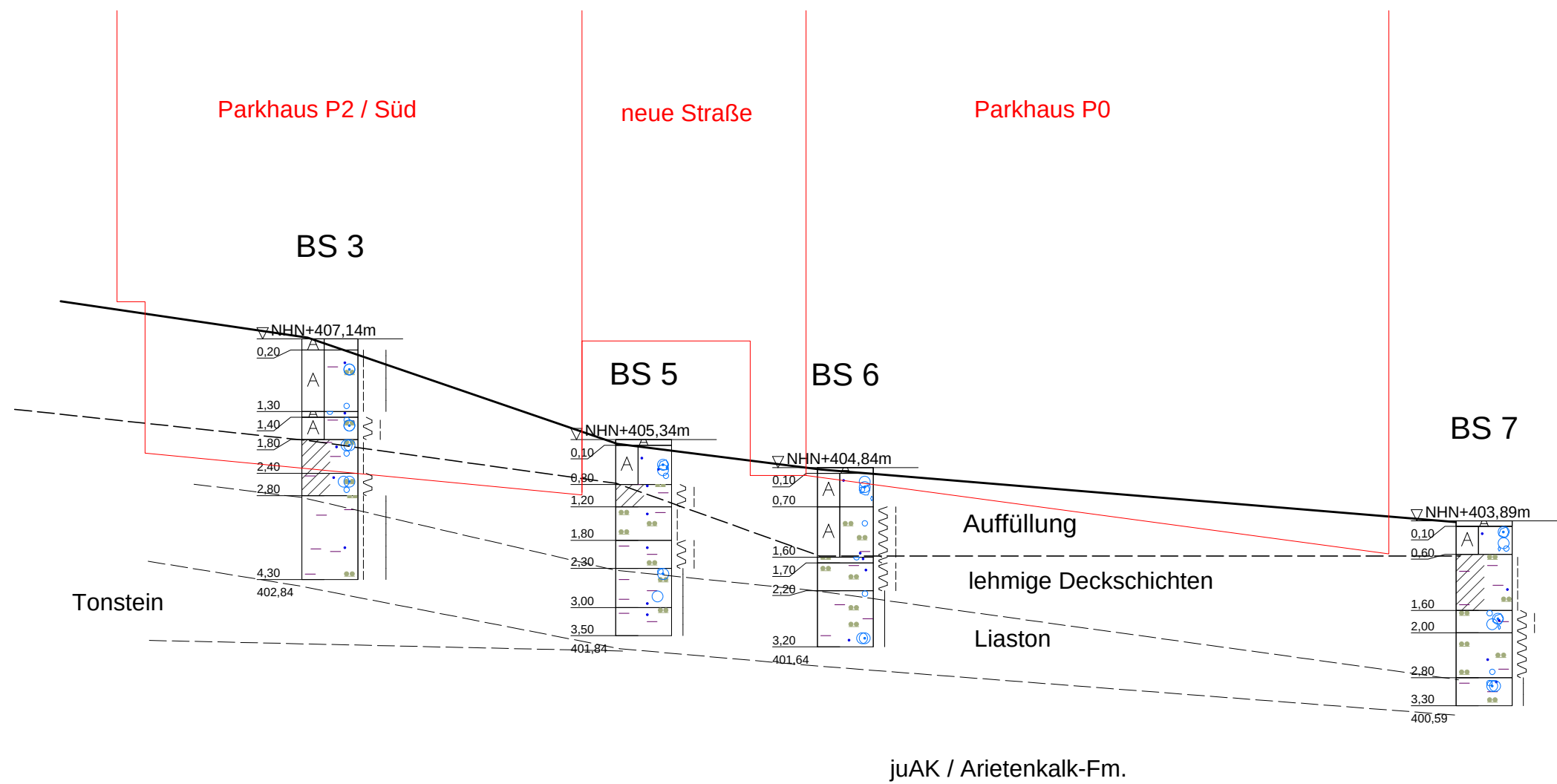
Bauvorhaben: Westerweiterung Parkplätze P0 und P2 Flughafen Stuttgart, FSG	
Planbezeichnung: Bohrsondierung (BS) 7	
Plan-Nr: FSGP0P2 G01 BS 7	Maßstab: 1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Tobias Mangold, M.Sc. Datum: 11.10.18
	Gezeichnet: Ma
	Geändert:
	Gesehen:
Projekt-Nr: FSGP0P2 G01	



Bauvorhaben:
FSG, Westerweiterung Parkplätze
P0 und P2

Planbezeichnung:
Profilschnitt PS1

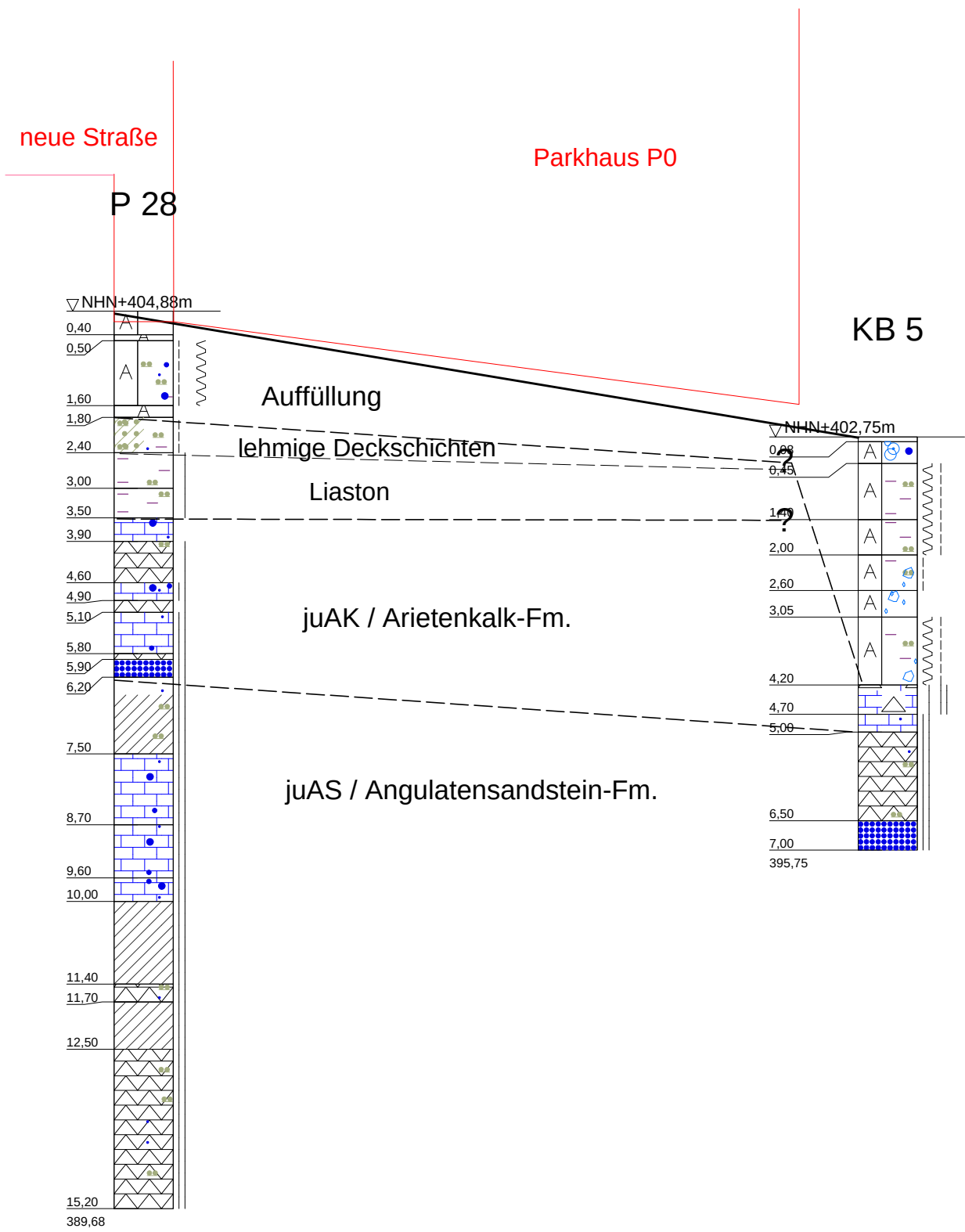
Plan-Nr:	FSGPOP2 PS1	Maßstab:	L1:500,H1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Dipl.-Geol. Stefan Bader
		Gezeichnet:	Wi
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Datum:	29.11.18
		Projekt-Nr:	FSGPOP2



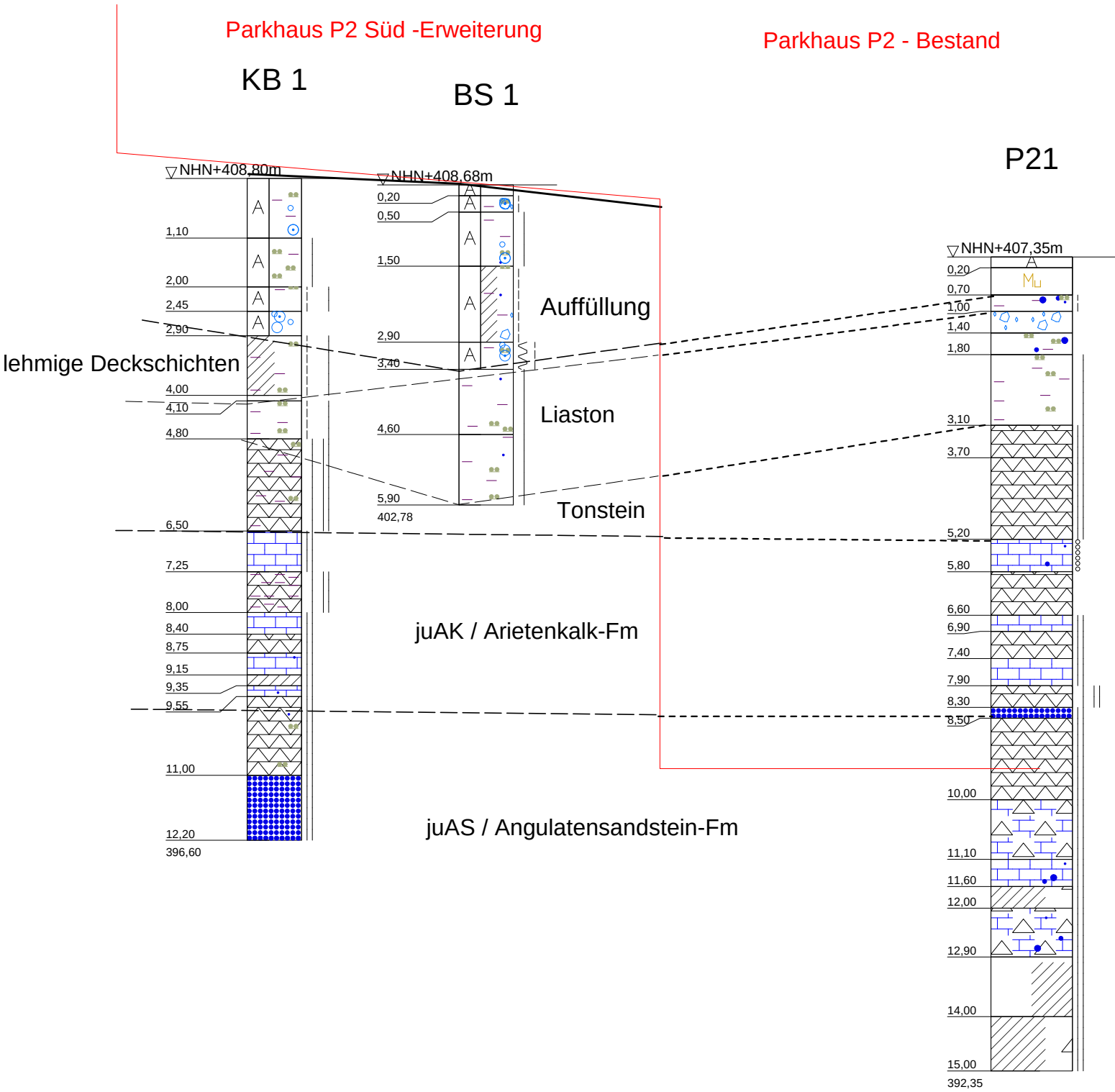
Bauvorhaben:
FSG, Westerweiterung Parkplätze
P0 und P2

Planbezeichnung:
Profilschnitt PS2

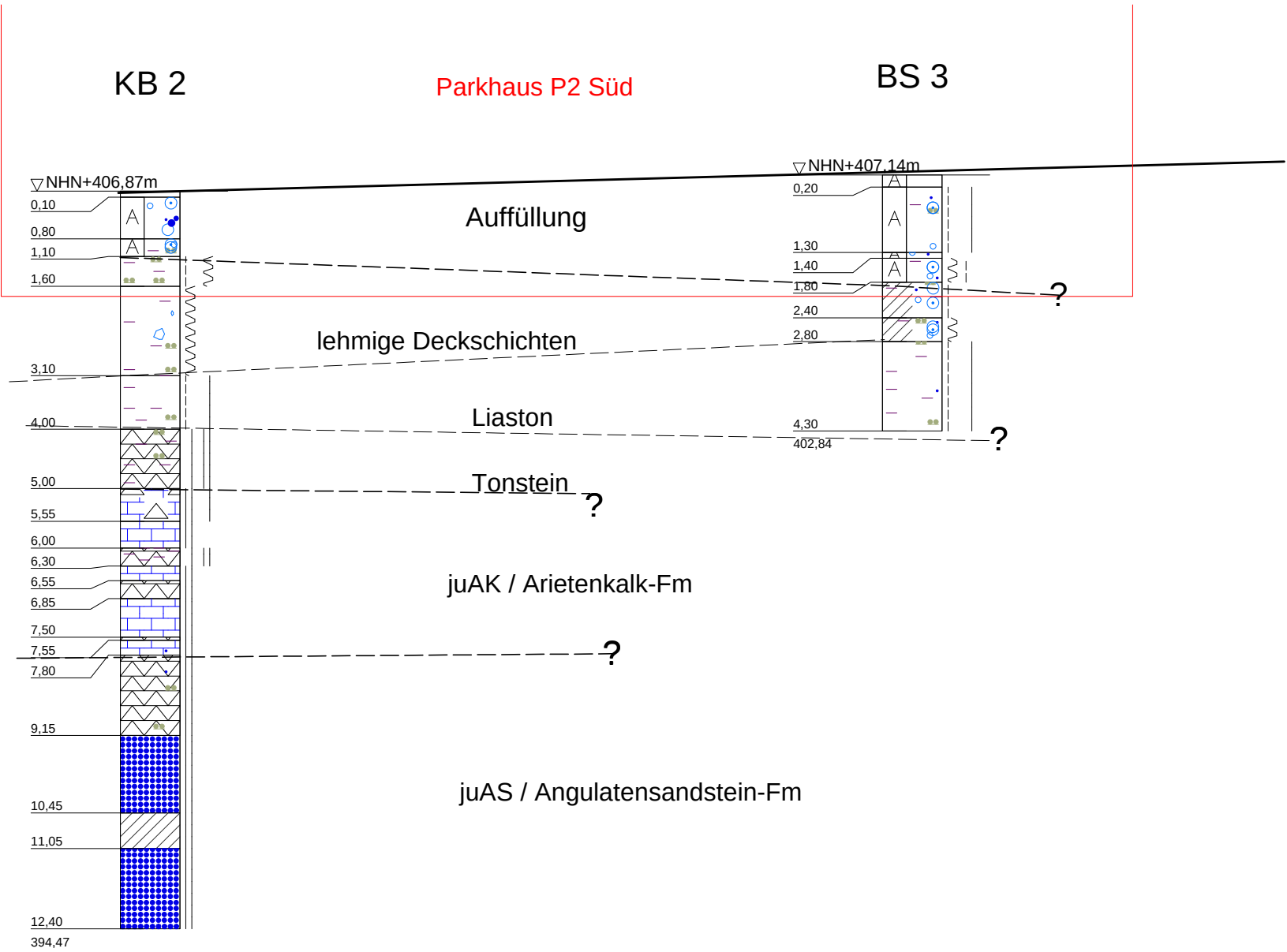
Plan-Nr:	FSGPOP2 PS2	Maßstab:	L1:500,H1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Dipl.-Geol. Stefan Bader
		Gezeichnet:	Wi
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Projekt-Nr:	FSGPOP2



Bauvorhaben: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2			
Planbezeichnung: Profilschnitt PS3			
Plan-Nr:	FSGPOP2 PS3	Maßstab:	L1:500,H1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Dipl.-Geol. Stefan Bader
		Gezeichnet:	Wi
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Projekt-Nr:	FSGPOP2



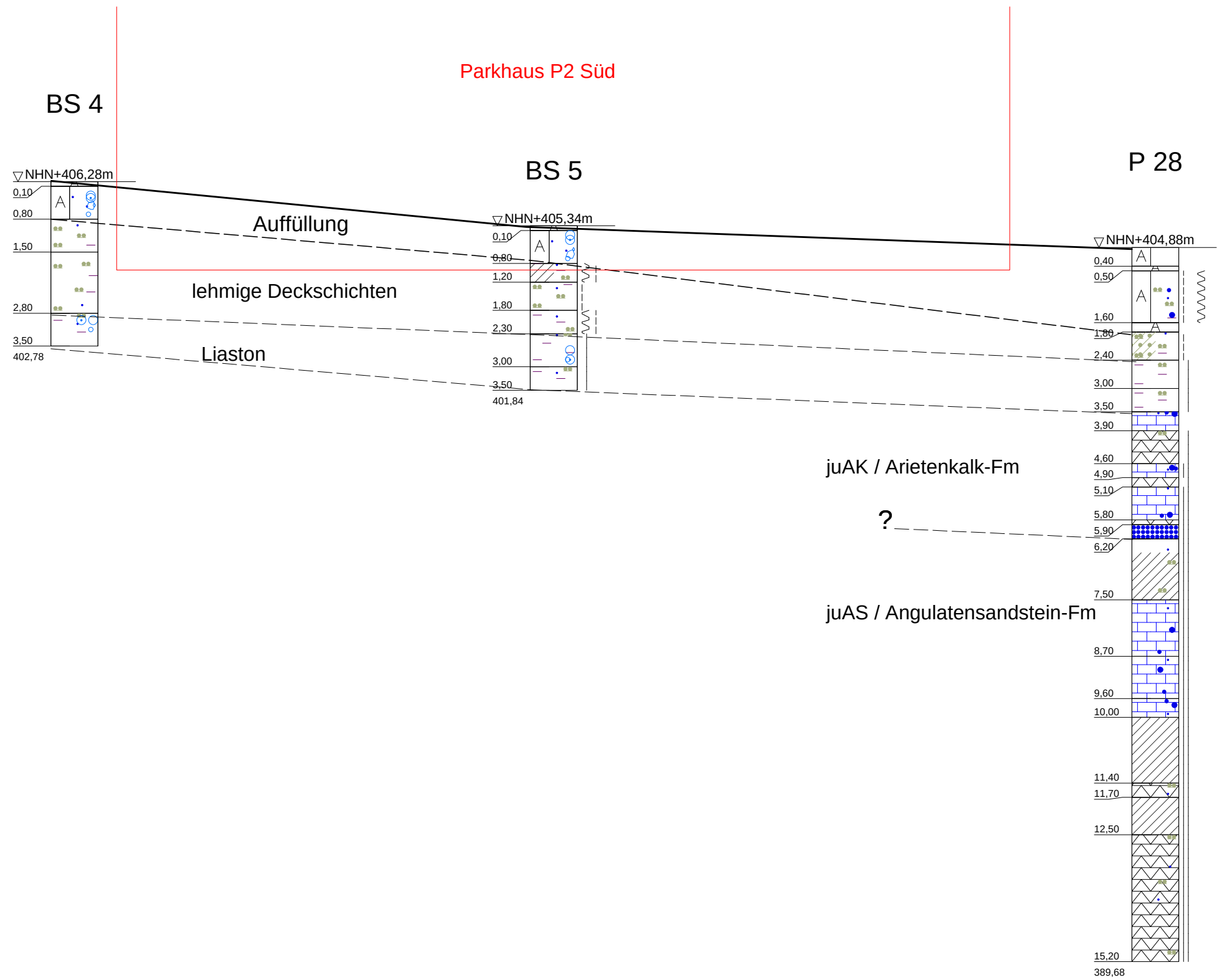
Bauvorhaben: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2			
Planbezeichnung: Profilschnitt PS4			
Plan-Nr:	FSGPOP2 PS4	Maßstab:	L1:500,H1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Dipl.-Geol. Stefan Bader
		Gezeichnet:	Wi
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Projekt-Nr:	FSGPOP2



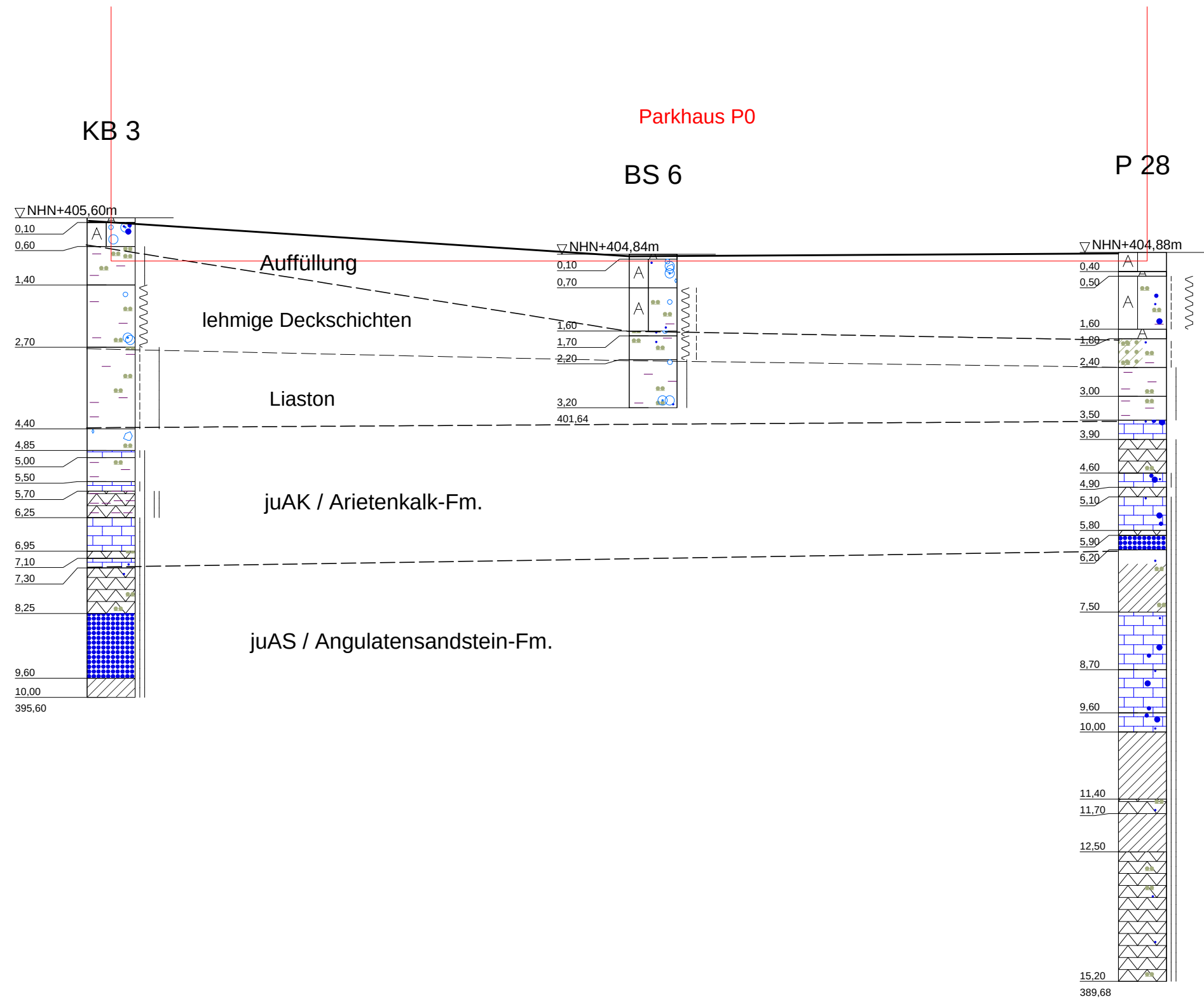
Bauvorhaben:
FSG, Westerweiterung Parkplätze
P0 und P2

Planbezeichnung:
Profilschnitt PS5

Plan-Nr:	FSGPOP2 PS5	Maßstab:	L1:500,H1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Dipl.-Geol. Stefan Bader
		Gezeichnet:	Wi
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Projekt-Nr:	FSGPOP2

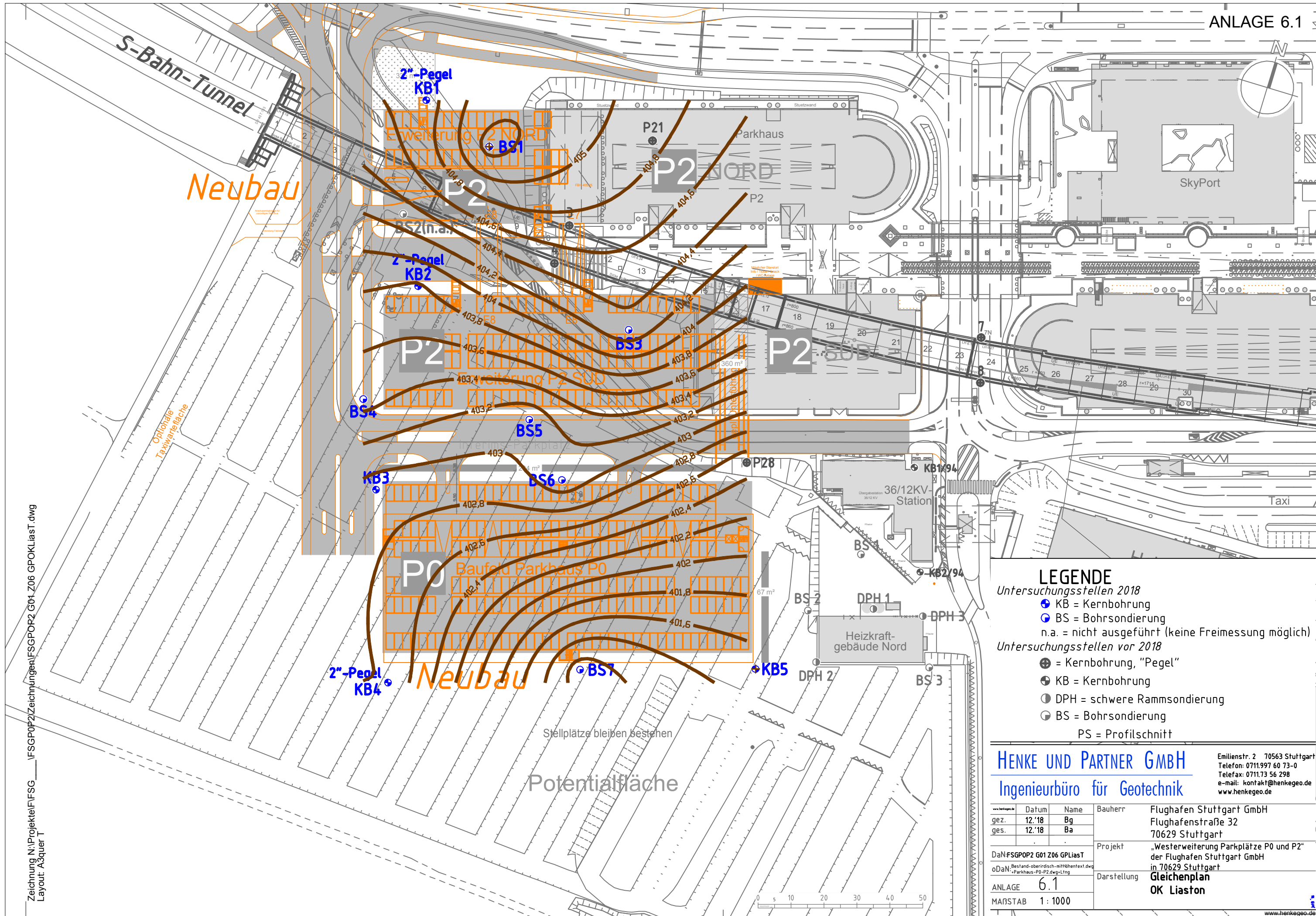


Bauvorhaben: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2			
Planbezeichnung: Profilschnitt PS6			
Plan-Nr:	FSGPOP2 PS6	Maßstab:	L1:500,H1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Dipl.-Geol. Stefan Bader
		Gezeichnet:	Wi
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Projekt-Nr:	FSGPOP2



Bauvorhaben: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2			
Planbezeichnung: Profilschnitt PS7			
Plan-Nr:	FSGPOP2 PS7	Maßstab:	L1:500,H1:100
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 997 60 73 - 0 Fax: 0711 / 73 56 298		Bearbeiter:	Dipl.-Geol. Stefan Bader
		Gezeichnet:	Wi
		Geändert:	
		Gesehen:	
		Projekt-Nr:	FSGPOP2





LEGENDE

Untersuchungsstellen 2018

- KB = Kernbohrung
- BS = Bohrsondierung
- n.a. = nicht ausgeführt (keine Freimessung möglich)

Untersuchungsstellen vor 2018

- ⊕ = Kernbohrung, "Pegel"
- ⊙ = Kernbohrung
- ⊙ = DPH = schwere Rammsondierung
- ⊙ = BS = Bohrsondierung
- PS = Profilschnitt

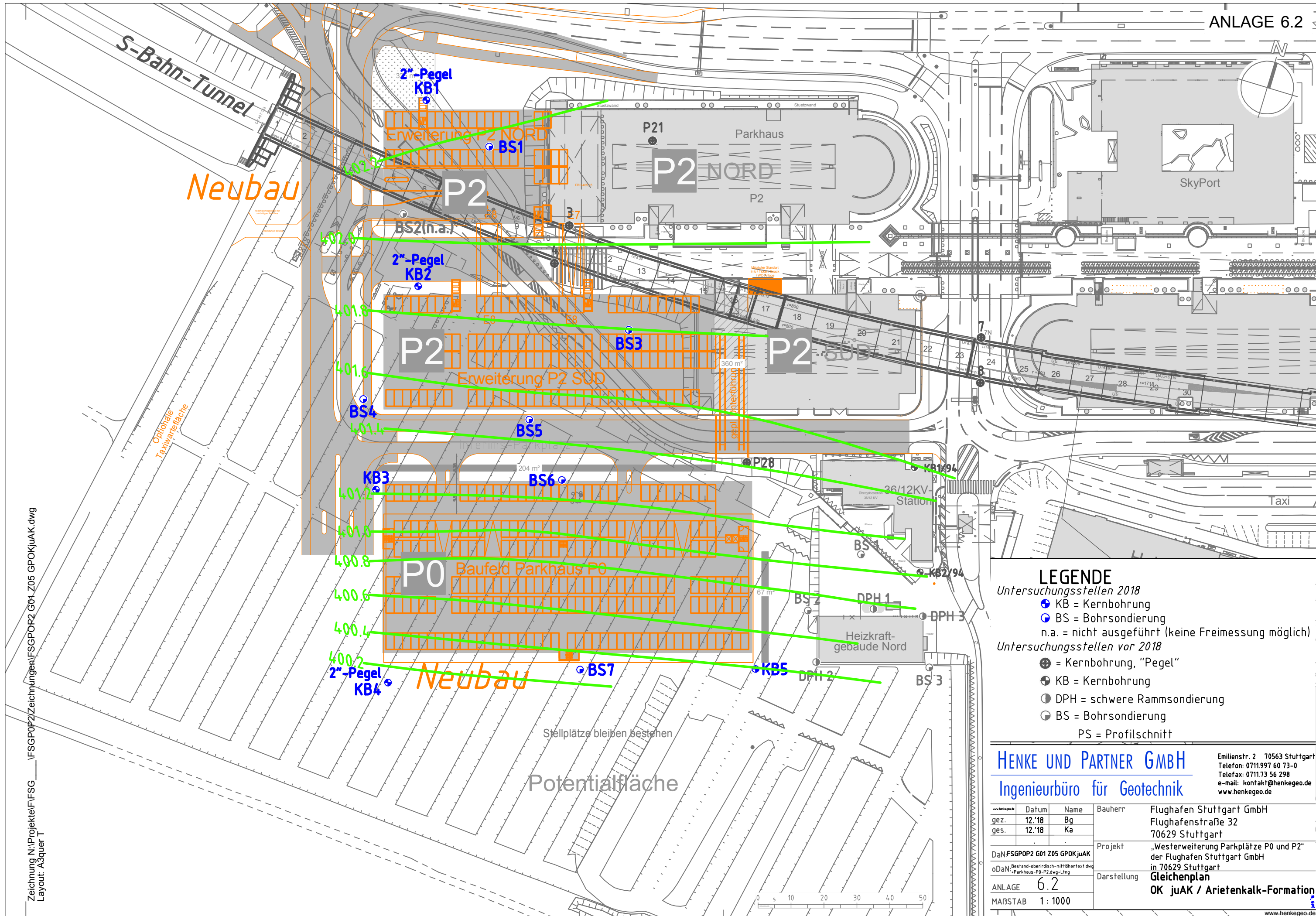
HENKE UND PARTNER GMBH

Ingenieurbüro für Geotechnik

Emilienstr. 2 70563 Stuttgart
 Telefon: 0711.997 60 73-0
 Telefax: 0711.73 56 298
 e-mail: kontakt@henkegeo.de
 www.henkegeo.de

www.henkegeo.de	Datum	Name	Bauherr	Flughafen Stuttgart GmbH Flughafenstraße 32 70629 Stuttgart
gez.	12.'18	Bg		
ges.	12.'18	Ba		
DaNFSGPOP2 G01 Z06 GPLIast				Projekt „Westerweiterung Parkplätze P0 und P2“ der Flughafen Stuttgart GmbH in 70629 Stuttgart
oDaN: Bestand-oberirdisch-mitHöhentext.dwg Parkhaus-P0-P2.dwg-Ltng				
ANLAGE 6.1				Darstellung Gleichenplan OK Liaston
MAßSTAB 1: 1000				

www.henkegeo.de



LEGENDE

- Untersuchungsstellen 2018
- KB = Kernbohrung
 - BS = Bohrsondierung
 - n.a. = nicht ausgeführt (keine Freimessung möglich)
- Untersuchungsstellen vor 2018
- ⊕ = Kernbohrung, "Pegel"
 - ⊙ = Kernbohrung
 - ⦿ = DPH = schwere Rammsondierung
 - ⦿ = BS = Bohrsondierung
 - PS = Profilschnitt

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

Emilienstr. 2 70563 Stuttgart
Telefon: 0711.997 60 73-0
Telefax: 0711.73 56 298
e-mail: kontakt@henkegeo.de
www.henkegeo.de

www.henkegeo.de	Datum	Name	Bauherr	Flughafen Stuttgart GmbH
gez.	12.'18	Bg		Flughafenstraße 32
ges.	12.'18	Ka		70629 Stuttgart
DaNFSGPOP2 G01 Z05 GPOKjuAK			Projekt	„Westerweiterung Parkplätze P0 und P2“
oDaN: Bestand-oberirdisch-mithöhentext.dwg -Parkhaus-P0-P2.dwg-Ltng				der Flughafen Stuttgart GmbH
			Darstellung	in 70629 Stuttgart
ANLAGE	6.2			Gleichenplan
MAßSTAB	1: 1000			OK juAK / Arietenkalk-Formation

Projekt:	Flughafen Stuttgart GmbH – Westerweiterung Parkplätze P0 und P2								PL / PB: Ka / Wr Projektkürzel: FSGP0P2							
Probe	Material	W _n %	W _l %	W _p %	I _p %	I _c	Kon- sistenz	Körnungsziffer T - U - S - G	BA nach DIN 18196	r t/m ³	r _D t/m ³	E _s kN/m ²	1-ax* MN/m ²	V _{GI} %		Bemerkungen
KB 1:																
3,4 m	Fließerde	16,4														
4,3 m	Liaston	20,5														
9,4 - 9,5 m	juAK Arietenkalk												93,7			
9,7 m	juAS Angulatensandstein															
11,3 - 11,5 m	juAS Angulatensandstein												102,9			
KB 2:																
2,6 m	Filderlehm	20,0	38,1	16,2	21,9	0,85	steif		TM							
3,7 m	Liaston	19,2														
4,8 m	Liaston/-tonstein	10,2														
7,2 - 7,4 m	juAK Arietenkalk												145,0			
9,5 - 9,7 m	juAS Angulatensandstein												121,7			
11,9 - 12,0 m	juAS Angulatensandstein												54,2			
KB 3:																
1,2 m	Auenlehm	23,7														
2,5 m	Filderlehm	24,8														
3,6 m	Liaston	20,2	54,6	19,6	34,9	0,98	steif		TA	1,97	1,63	9.647				
6,25 - 6,4 m	juAK Arietenkalk												162,8			
KB 4:																
2,8 m	Filderlehm	27,6														
3,8 m	Liaston	18,4	50,7	19,5	31,2	1,25	halbfest		TA	2,04	1,72	11.356				
4,6 m	Liaston	16,8														
6,0 m	Liaston/juAK	17,3														

kursiv angegebene Konsistenzen abgeschätzt anhand wn

** abgeschätzt nach BIENIAWSKI über Punktlastversuche*

ANLAGE 7.1

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH – Westerweiterung Parkplätze P0 und P2										PL / PB: Ka / Wr Projektkürzel: FSGP0P2						
Probe	Material	w _n %	w _l %	w _p %	I _p %	I _c	Kon- sistenz	Körnungsziffer T - U - S - G	BA nach DIN 18196	r t/m ³	r _D t/m ³	E _s kN/m ²	1-ax* MN/m ²	V _{GI} %		Bemerkungen
KB 4:																
6,3 - 6,5 m	juAK Arietenskalk												124,0			
7,6 - 7,8 m	juAS Angulatensandstein												168,6			
KB 5:																
1,0 m	Auffüllung	29,3												5,2		
4,9 - 5,0 m	juAK Arietenskalk												162,7			
BS 1:																
4,4 m	Liaston	20,1														
5,5 m	Liaston	18,3														
BS 3:																
2,2 m	Sumpfton	27,3														
2,5 m	Sumpfton	33,7	44,2	23,2	21,0	0,50	weich		TM					3,3		
4,0 m	Liaston	24,8														
BS 4:																
1,4 m	Filderlehm	19,9														
2,4 m	Filderlehm	22,7														
3,2 m	Liaston	18,3														
BS 5:																
1,2 m	Sumpfton	25,3												4,8		
2,3 m	Filderlehm	22,1														
2,8 m	Liaston	23,6														
3,5 m	Liaston	25,6														

kursiv angegebene Konsistenzen abgeschätzt anhand w_n

* abgeschätzt nach BIENIAWSKI über Punktlastversuche

ANLAGE 7.2

ANLAGE 7.3

* abgeschätzt nach BIENIAWSKI über Punktlastversuche

Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

ANLAGE 8.1

Projekt: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2		Kürzel: FSGP0P2	
Probe: KB2/2,6m	geol. Bez.: Filderlehm	Versuchsdatum: 06.11.18	

nat. Wassergehalt w_n :	20,0	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	-	%
Fließgrenze w_L :	38,1	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$:	-	%
Ausrollgrenze w_P :	16,2	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$:	21,9	
Konsistenz:	steif		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$:	0,82	
Bodenart:		TM			

Maximaler Wassergehalt halbfest ($I_C = 1,0$):	16,2	%			
Wassergehalt steif ($I_C = 0,75-1,0$) von:	21,6	%	bis	16,3	%
Wassergehalt weich ($I_C = 0,5-0,75$) von:	27,1	%	bis	21,7	%
Wassergehalt breiig ($I_C = 0,0-0,5$) von:	38,1	%	bis	27,2	%

Plastizitätsbereich

Zustandsform

verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 10452

Laborbearbeiter: VL/Er

ausgewertet & geprüft/freigegeben: Me/Wr

Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

ANLAGE 8.2

Projekt: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2		Kürzel: FSGP0P2	
Probe: KB3/3,6m	geol. Bez.: Liaston	Versuchsdatum: 06.11.18	

nat. Wassergehalt w_n :	20,2	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	-	%
Fließgrenze w_L :	54,6	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$:	-	%
Ausrollgrenze w_P :	19,6	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$:	34,9	
Konsistenz:	steif		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$:	0,98	
Bodenart: TA					

Maximaler Wassergehalt halbfest ($I_C = 1,0$):	19,6	%
Wassergehalt steif ($I_C = 0,75-1,0$) von:	28,4	%
Wassergehalt weich ($I_C = 0,5-0,75$) von:	37,1	%
Wassergehalt breiig ($I_C = 0,0-0,5$) von:	54,6	%

Wassergehalt [%]

Schlagzahl

Plastizitätsbereich

w [%]

Zustandsform

halbfest steif weich breiig

1 0,75 0,5 0

Plastizitätszahl I_P [%]

Fließgrenze w_L [%]

ausgeprägt plastische Tone TA

mittel plastische Tone TM

leicht plastische Tone TL

Sand-Ton Gemische ST

Zwischenbereich

Sand-Schluff-Gemische SU

leicht plastische Schluffe UL

Schluffe mit org. Beimeng. u. organog. Schluffe OU u. mittlplast. Schluffe UM

Tone mit org. Beimengungen und organog. Tone OT

A-Linie $I_P = 0,73 (w_L - 20)$

verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 10452

Laborbearbeiter: VL/Er

ausgewertet & geprüft/freigegeben: Me/Wr

Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

ANLAGE 8.3

Projekt: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2		Kürzel: FSGP0P2	
Probe: KB4/3,8m	geol. Bez.: Liaston	Versuchsdatum: 08.11.18	

nat. Wassergehalt w_n :	18,4	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	-	%
Fließgrenze w_L :	50,7	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$:	-	%
Ausrollgrenze w_P :	19,5	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$:	31,2	
Konsistenz:	halbfest		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$:	1,04	
Bodenart: TA					

Maximaler Wassergehalt halbfest ($I_C = 1,0$):	19,5	%
Wassergehalt steif ($I_C = 0,75-1,0$) von:	27,3	%
Wassergehalt weich ($I_C = 0,5-0,75$) von:	35,1	%
Wassergehalt breiig ($I_C = 0,0-0,5$) von:	50,7	%

Plastizitätsbereich

Zustandsform

A-Linie
 $I_P = 0,73 (w_L - 20)$

verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 10452

Laborbearbeiter: Me/AJ

ausgewertet & geprüft/freigegeben: Me/Wr

Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122

HENKE UND PARTNER GMBH
Ingenieurbüro für Geotechnik

ANLAGE 8.4

Projekt: FSG, Westerweiterung Parkplätze P0 und P2		Kürzel: FSGP0P2	
Probe: BS3/2,5m	geol. Bez.: Sumpfton	Versuchsdatum:	12.11.18

nat. Wassergehalt w_n :	33,7	%	Massenanteil > 0,4mm (ü):	-	%
Fließgrenze w_L :	44,2	%	Wassergehalt $w_{<0,4}$:	-	%
Ausrollgrenze w_P :	23,2	%	Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$:	21,0	
Konsistenz:	weich		Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$:	0,50	
Bodenart:		TM			

Maximaler Wassergehalt halbfest ($I_C = 1,0$):	23,2	%			
Wassergehalt steif ($I_C = 0,75-1,0$) von:	28,5	%	bis	23,3	%
Wassergehalt weich ($I_C = 0,5-0,75$) von:	33,7	%	bis	28,6	%
Wassergehalt breiig ($I_C = 0,0-0,5$) von:	44,2	%	bis	33,8	%

Plastizitätsbereich

Zustandsform

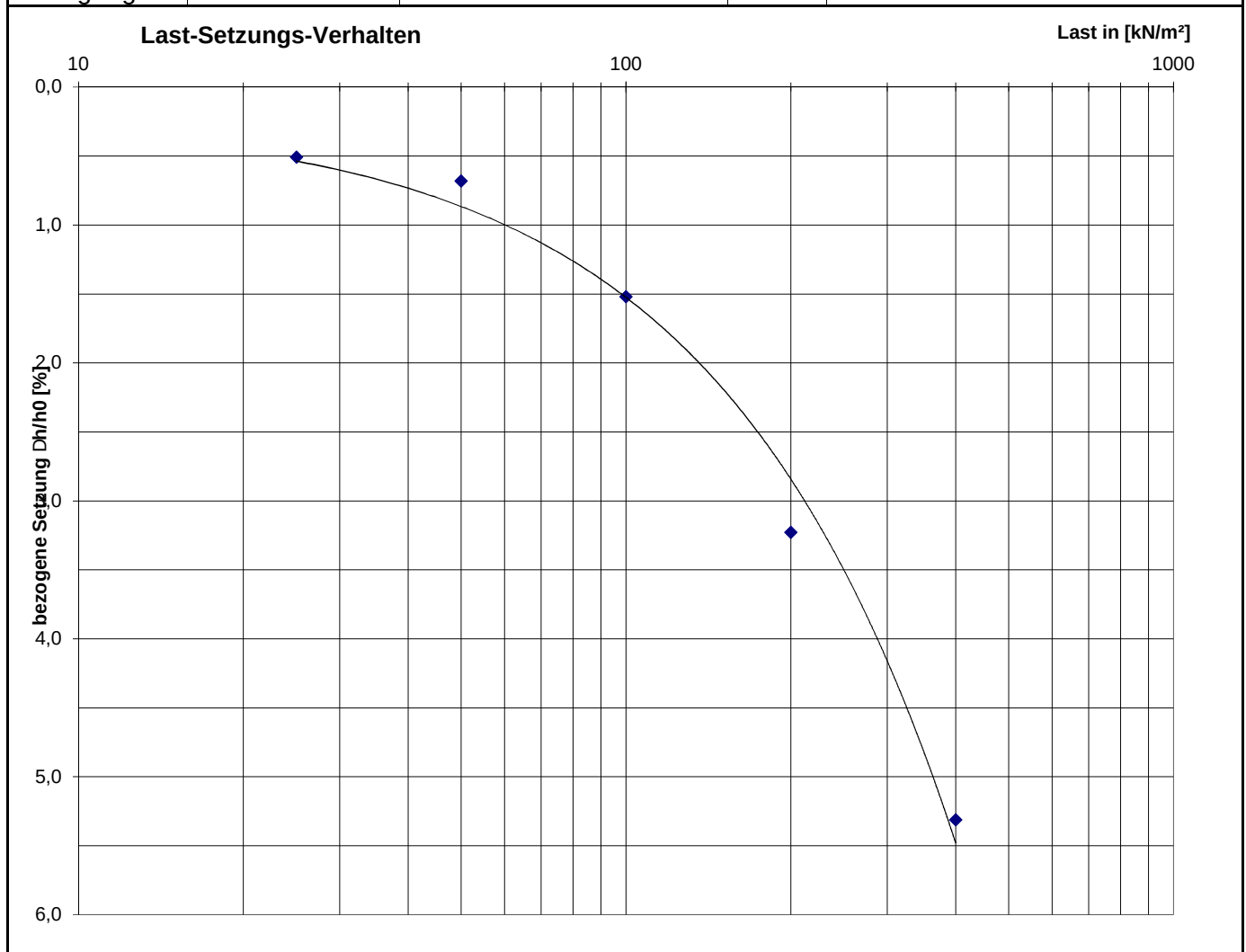
verwendete Prüfmittel (Inv.Nr.): 10452

Laborbearbeiter: ST

ausgewertet & geprüft/freigegeben:

ANLAGE 8.5

Projekt:	Flughafen Stuttgart GmbH – Westerweiterung Parkplätze P0 und P2				
Probe:	KB3 / 3,6m	Bodenart:	Liaston	Datum:	06.11.2018
	Ringfläche [mm ²]	Probenhöhe [mm]	Wassergehalt [%]	Feuchtdichte [g/cm ³]	Trockendichte [g/cm ³]
Einbau	4.000,0	20,00	20,5	1,97	1,63
Ausbau	4.000,0	18,96	22,5	2,10	1,71
Versuchs- bedingungen:	bewässert	Vorbelastung:	75,0	kN/m ²	

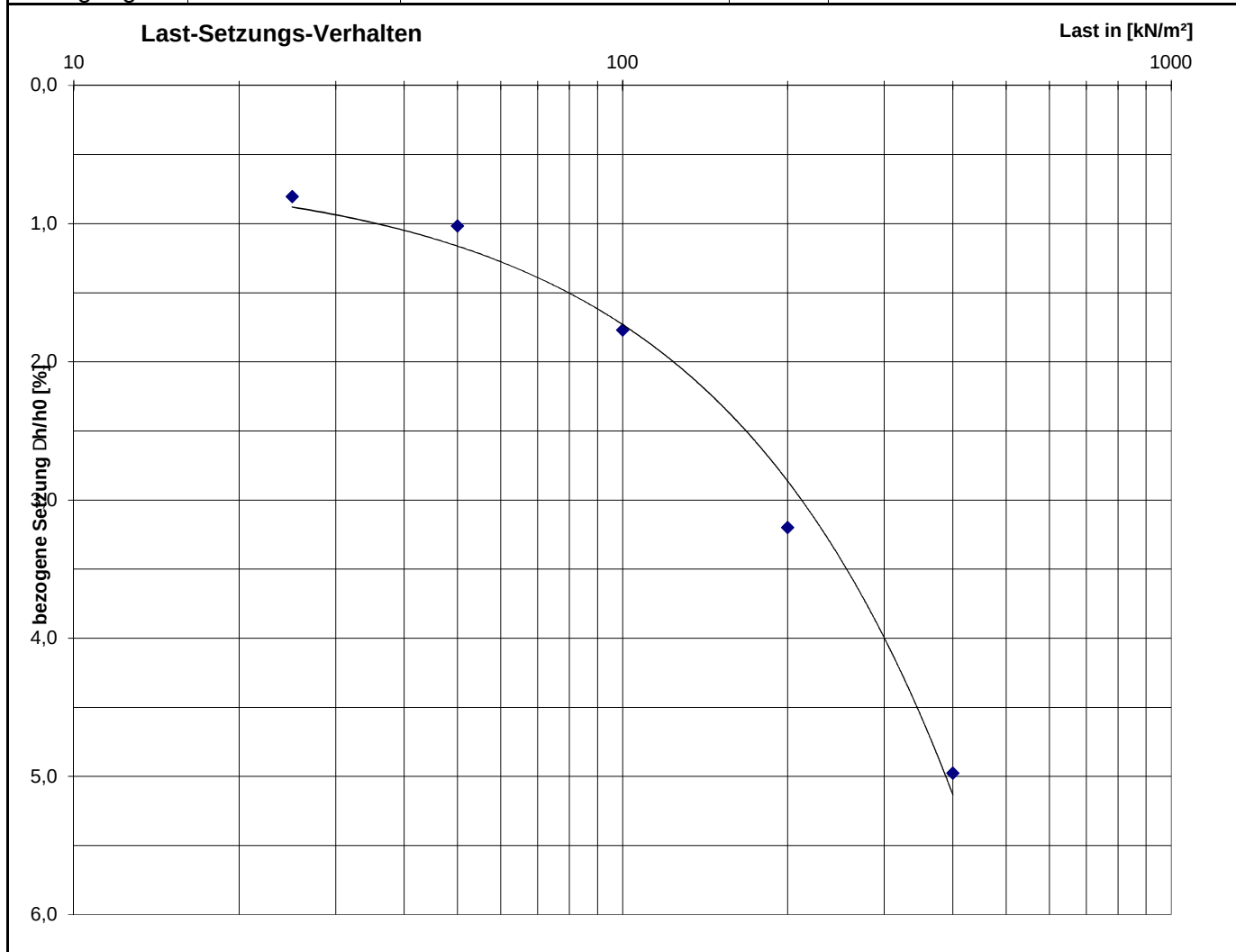


Laststufen [kN/m ²]	Steifemoduli E_s [kN/m ²]
25 - 50	14.541
50 - 100	5.993
100 - 200	5.886
200 - 400	9.647

bearb.		gepr.		geseh.	
--------	--	-------	--	--------	--

ANLAGE 8.6

Projekt:	Flughafen Stuttgart GmbH – Westerweiterung Parkplätze P0 und P2				
Probe:	KB4 / 3,8m	Bodenart:	Liaston	Datum:	06.11.2018
	Ringfläche [mm ²]	Probenhöhe [mm]	Wassergehalt [%]	Feuchtdichte [g/cm ³]	Trockendichte [g/cm ³]
Einbau	4.000,0	20,00	18,6	2,04	1,72
Ausbau	4.000,0	19,02	19,6	2,17	1,81
Versuchsbedingungen:	bewässert	Vorbelastung:	75,0	kN/m ²	



Laststufen [kN/m ²]	Steifemoduli E_s [kN/m ²]
25 - 50	11.795
50 - 100	6.695
100 - 200	7.052
200 - 400	11.356

bearb.		gepr.		geseh.	
--------	--	-------	--	--------	--

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH – Westerweiterung Parkplätze P0 und P2								Datum: 13.11.18
Proben- bezeichnung	Belastungs- richtung [l=liegend;s=stehend]	Proben- höhe [cm]	Proben- durchmesser [cm]	Lastpunkt- abstand a [cm]	abgelesene Kraft [kN]	Last* in [kg]	Festigkeitsindex I_s [MN/m ²]	geschätzte einaxiale Druckfestigkeit q_u (nach BIENIAWSKI) [MN/m ²]
KB1/9,4-9,5m	s	12,8	10,3	11,4	31,71	3233,5	2,77	93,7
KB1/11,3-11,5	l	15,0	10,3	10,1	21,53	2195,4	2,65	83,7
KB1/11,3-11,5	s	7,5	10,3	6,3	31,01	3162,1	4,86	122,0
KB2/7,2-7,4m	l	19,9	10,2	8,7	44,38	4525,4	5,54	161,9
KB2/7,2-7,4m	s	10,5	10,2	7,7	35,88	3658,7	4,66	128,0
KB2/9,5-9,7m	l	14,9	10,5	10,2	29,97	3056,0	3,55	112,6
KB2/9,5-9,7m	s	8,1	10,2	7,2	35,26	3595,5	4,93	130,7
KB2/ 11,9-12	s	11,4	10,2	9,0	28,98	2955,1	3,21	95,4
KB2/11,9-12	s	3,9	10,2	3,4	13	1325,6	3,85	76,6
KB2/11,9-12	l	6,7	10,2	10,2	8,05	820,9	1,00	31,7
KB3/6,25-6,4	l	18,8	10,2	10,1	41,7	4252,1	5,26	166,0
KB3/6,25-6,4	s	10,6	10,2	8,3	46,26	4717,1	5,59	159,5
KB4/6,3-6,5	l	14,9	10,3	10,1	32,11	3274,3	3,93	124,5
KB4/6,3-6,5	s	8,7	10,3	7,4	34,11	3478,2	4,59	123,4
KB4/7,6-7,8	l	17,6	10,2	10,0	34,02	3469,0	4,22	133,2
KB4/7,6-7,8	s	9,3	10,2	8,2	59,21	6037,6	7,20	204,0
KB5/4,9-5,0	s	12,6	10,3	11,6	55,58	5667,5	4,74	162,7
bearb.		gepr.		geseh.		*1 kN = 101,97 kg		

ANLAGE 8.7

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 1811013-2

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
Projekt: FSGPOP2/ Flughafen Stuttgart GmbH- Westerweiterung Parkplätze P0 und P2
Projektbearbeiter: Herr Winteroll
Probenahme: durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 05.11.- 07.11.2018

Untersuchungsbefund für die Probe: MP Tragschicht P0

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,01
Acenaphthylen	< 0,01
Acenaphthen	0,01
Fluoren	0,01
Phenanthren	0,19
Anthracen	0,06
Fluoranthren	0,20
Pyren	0,16
Benzo(a)anthracen	0,10
Chrysen	0,10
Benzo(b/k)fluoranthren	0,14
Benzo(a)pyren	0,07
Dibenzo(ah)anthracen	0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,02
Benzo(ghi)perylene	0,03
Summe PAK 16*	1,1
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	4,7
Blei Pb	5,6
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	8,5
Kupfer Cu	7,6
Nickel Ni	8,5
Quecksilber Hg	< 0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	19
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	90
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	10,6
Temperatur [°C]	21
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	96
Chlorid [mg/l]	4,4
Sulfat [mg/l]	8,3
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	0,0065
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	0,011
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
 PCB DIN EN 15308 : 2008-05
 LHKW DIN EN ISO 10301 : 1997
 Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
 SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
 EOX DIN 38414-17 : 1989-11
 MKW DIN EN 14039 : 2005-01
 Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
 AKW DIN 38407-9 : 1991-05
 Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN 38404-5 : 2009-07
 Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
 Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
 Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP Tragschicht P0
Labornummer:	1811013-2
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher
Probenmenge:	ca. 1,0kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 7. November 2018
 Analytik-Team GmbH



Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 1811013-3

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
Projekt: FSGPOP2/ Flughafen Stuttgart GmbH- Westerweiterung Parkplätze P0 und P2
Projektbearbeiter: Herr Winteroll
Probenahme: durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 05.11.- 07.11.2018

Untersuchungsbefund für die Probe: MP Auffüllung

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,01
Acenaphthylen	< 0,01
Acenaphthen	< 0,01
Fluoren	< 0,01
Phenanthren	0,01
Anthracen	< 0,01
Fluoranthren	0,01
Pyren	0,01
Benzo(a)anthracen	0,01
Chrysen	0,01
Benzo(b/k)fluoranthren	0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01
Benzo(ghi)perylene	< 0,01
Summe PAK 16*	0,06
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	13
Blei Pb	18
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	27
Kupfer Cu	20
Nickel Ni	27
Quecksilber Hg	0,11
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	49
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	9,5
Temperatur [°C]	21
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	140
Chlorid [mg/l]	6,7
Sulfat [mg/l]	4,2
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0003
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	0,011
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
 PCB DIN EN 15308 : 2008-05
 LHKW DIN EN ISO 10301 : 1997
 Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
 SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
 EOX DIN 38414-17 : 1989-11
 MKW DIN EN 14039 : 2005-01
 Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
 AKW DIN 38407-9 : 1991-05
 Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN 38404-5 : 2009-07
 Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
 Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
 Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP Auffüllung
Labornummer:	1811013-3
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher
Probenmenge:	ca. 1,0kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 7. November 2018
 Analytik-Team GmbH



Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 1811013-4

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff und Eluat

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
Projekt: FSGPOP2/ Flughafen Stuttgart GmbH- Westerweiterung Parkplätze P0 und P2
Projektbearbeiter: Herr Winteroll
Probenahme: durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 05.11.- 07.11.2018

Untersuchungsbefund für die Probe: MP Quartär

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe [mg/kg TS]	
Naphthalin	< 0,01
Acenaphthylen	< 0,01
Acenaphthen	< 0,01
Fluoren	< 0,01
Phenanthren	< 0,01
Anthracen	< 0,01
Fluoranthren	0,01
Pyren	< 0,01
Benzo(a)anthracen	< 0,01
Chrysen	0,01
Benzo(b/k)fluoranthren	< 0,01
Benzo(a)pyren	< 0,01
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01
Benzo(ghi)perylene	< 0,01
Summe PAK 16*	0,02
Polychlorierte Biphenyle [mg/kg TS]	
PCB 28	< 0,01
PCB 52	< 0,01
PCB 101	< 0,01
PCB 118	< 0,01
PCB 138	< 0,01
PCB 153	< 0,01
PCB 180	< 0,01
Summe PCB*	< 0,01

Chlorierte KW [mg/kg TS]	
Vinylchlorid	< 0,010
Dichlormethan	< 0,010
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010
1,1-Dichlorethan	< 0,010
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010
Trichlormethan	< 0,010
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010
Tetrachlormethan	< 0,010
Trichlorethen	< 0,010
Tetrachlorethen	< 0,010
Summe LHKW*	< 0,010
Schwermetalle im Festst. [mg/kg TS]	
Arsen As	14
Blei Pb	21
Cadmium Cd	< 0,40
Chrom, ges. Cr	36
Kupfer Cu	24
Nickel Ni	35
Quecksilber Hg	< 0,10
Thallium Tl	< 0,50
Zink Zn	55
EOX [mg/kg TS]	< 0,50
MKW C₁₀-C₂₂ [mg/kg TS]	< 50
MKW C₁₀-C₄₀ [mg/kg TS]	< 50
Cyanide, ges. [mg/kg TS]	< 0,10

Aromatische KW [mg/kg TS]	
Benzol	< 0,010
Toluol	< 0,010
Ethylbenzol	< 0,010
m/p-Xylol	< 0,010
o-Xylol	< 0,010
i-Propylbenzol (Cumol)	< 0,010
Styrol	< 0,010
Summe AKW*	< 0,010
Eluat	
pH-Wert	9,1
Temperatur [°C]	21
Leitf. bei 25°C [µS/cm]	160
Chlorid [mg/l]	16
Sulfat [mg/l]	3,5
Cyanide, ges. [mg/l]	< 0,0050
Phenolindex [mg/l]	< 0,010
Schwermetalle im Eluat [mg/l]	
Arsen As	< 0,0030
Blei Pb	< 0,010
Cadmium Cd	< 0,0010
Chrom Cr	< 0,010
Kupfer Cu	< 0,010
Nickel Ni	< 0,010
Quecksilber Hg	< 0,0001
Zink Zn	< 0,025

PAK DIN ISO 18287 : 2006-05
 PCB DIN EN 15308 : 2008-05
 LHKW DIN EN ISO 10301 : 1997
 Aufschluß DIN EN 13657 : 2003-01
 SM o. Hg DIN EN ISO 11885 : 2009-09

Hg DIN EN ISO 12846 : 2012-08
 EOX DIN 38414-17 : 1989-11
 MKW DIN EN 14039 : 2005-01
 Cyan. Fest. DIN ISO 11262 : 2012-04
 AKW DIN 38407-9 : 1991-05
 Eluat DIN EN 12457-4 : 2003-01

pH-Wert DIN 38404-5 : 2009-07
 Leitf. DIN EN 27888 : 1993-11
 Chlorid DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Sulfat DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Cyan. Eluat DIN 38405-13 : 2011-04
 Phenolind. DIN 38409-16 : 1984-07

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP Quartär
Labornummer:	1811013-4
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher
Probenmenge:	ca. 1,0kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 7. November 2018
 Analytik-Team GmbH



Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 1811013-1

Analytik im Feststoff

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
Projekt: FSGPOP2/ Flughafen Stuttgart GmbH- Westerweiterung Parkplätze P0 und P2
Projektbearbeiter: Herr Winteroll
Probenahme: durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 05.11.- 07.11.2018

Untersuchungsbefund:

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe / DIN ISO 18287 : 2006-05 / [mg/kg TS]	
Probenbezeichnung	MP Asphalt P0
Naphthalin	0,11
Acenaphthylen	0,05
Acenaphthen	0,30
Fluoren	0,27
Phenanthren	4,5
Anthracen	1,3
Fluoranthren	3,9
Pyren	3,3
Benzo(a)anthracen	2,0
Chrysen	2,4
Benzo(b/k)fluoranthren	3,4
Benzo(a)pyren	1,5
Dibenzo(ah)anthracen	0,22
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,40
Benzo(ghi)perylene	0,44
Summe PAK 16*	24

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP Asphalt P0
Labornummer:	1811013-1
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	SDG
Probenmenge:	200g

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 7. November 2018
 Analytik-Team GmbH



Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Prüfbericht: 1811002 Analytik gemäß DIN 4030

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
Projekt: FSGPOP2/ Flughafen Stuttgart GmbH- Westerweiterung Parkplätze P0 und P2
Projektbearbeiter: Herr Winteroll
Probenahme: 30.10.2018 durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 02.11.- 06.11.2018

Untersuchungsbefund:

Parameter	KB 1	Dimension
pH-Wert	7,0	---
Temperatur	15	°C
KMnO ₄ -Verbrauch	0,89	mg/l
Ammonium	< 0,050	mg/l
Calcium	170	mg/l
Magnesium	31	mg/l
Gesamthärte	31	°dH
Kalklösende Kohlensäure	56	mg CO ₂ /l
Chlorid	220	mg/l
Sulfat	110	mg/l
Sulfid	< 0,10	mg/l
Beurteilung nach DIN 4030	XA2	---

pH-Wert: DIN EN ISO 10523 : 2012-04
 Ammonium: DIN 38406-E 5-1 : 1983-10
 Kalklösende Kohlensäure: DIN 38404 C 10 : 2012-02
 Sulfid: DIN 38405 D 27 : 1992-07

KMnO₄-Verbrauch: DIN EN ISO 8467 : 1995-05
 Calcium/Magnesium: DIN EN ISO 11885 : 2009-09
 Chlorid/Sulfat: DIN EN ISO 10304-1 : 2009-07
 Gesamthärte: DIN 38409 H 6 : 1986-01

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	KB 1
Labornummer:	1811002
Matrix:	Wasser
Probenbehälter:	2 x 1l Glasflasche + 0,1l Glasflasche
Probenmenge:	2,1l

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 6. November 2018
 Analytik-Team GmbH



Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Homogenbereich: **A 18300**

ANLAGE 10.1

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Auffüllung, überwiegend bindig					
Bodengruppe		[-]					TL, TM, TA, GU*, GT*	
Korngrößenverteilung	T/ U	[%]					50	100
	S						0	10
	G						0	40
Massen- anteil	Steine	X	[%]				0	10
	Blöcke	Y					0	5
	gr. Blöcke	Y						0
Dichte	ρ	[g/cm³]					1,7	2,2
Wassergehalt	w_n	[%]	1		29,3	29,3	10	40
Plastizitätszahl	I_p	[-]					3	80
Konsistenzzahl	I_c	[-]					0,5	1,25
Konsistenz		[-]					weich	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					-	-
Kohäsion	c	[kN/m²]						
undräßierte Scherfestigkeit	c_u	[kN/m²]					40	300
Sensitivität	S_t	[-]						
Durchlässigkeit	k_f	[m/s]						
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
organischer Anteil	V_{gl}	[Gew.-%]	1		5,2	5,2	1	5,5
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	4 + 5					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **B 18300**

ANLAGE 10.2

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Lehmige Deckschichten					
Bodengruppe		[-]	2	TM			TM, TA	
Korngrößenverteilung	T/ U	[%]					60	100
	S						0	10
	G						0	30
Massen- anteil	Steine	X					0	10
	Blöcke	Y					0	5
	gr. Blöcke	Y						0
Dichte	ρ	[g/cm³]					1,8	2,2
Wassergehalt	w_n	[%]	13	16,4	33,7	24,8	10	35
Plastizitätszahl	I_p	[-]	2	21	21,9	21,5	10	50
Konsistenzzahl	I_c	[-]	2	0,5	0,85	0,68	0,5	1,25
Konsistenz		[-]		weich	steif		weich	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					-	-
Kohäsion	c	[kN/m²]						
undräßnierte Scherfestigkeit	c_u	[kN/m²]					20	300
Sensitivität	S_t	[-]						
Durchlässigkeit	k_f	[m/s]						
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
organischer Anteil	V_{gl}	[Gew.-%]	3	3,3	4,8	4,8	1	5
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	4 + 5					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **C 18300**

ANLAGE 10.3

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Liaston					
Bodengruppe		[-]	2	TA			TM, TA	
Korngrößenverteilung	T/ U	[%]					60	100
	S						0	10
	G						0	30
Massen- anteil	Steine	X					0	10
	Blöcke	Y					0	5
	gr. Blöcke	Y						0
Dichte	ρ	[g/cm³]					1,8	2,1
Wassergehalt	w_n	[%]	13	16,8	25,6	20,2	10	28
Plastizitätszahl	I_p	[-]	2	31,2	34,9	33,1	20	80
Konsistenzzahl	I_c	[-]	2	0,98	1,25	0,68	0,8	1,25
Konsistenz		[-]		steif	halbfest	halbfest	steif	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					-	-
Kohäsion	c	[kN/m²]						
undräßierte Scherfestigkeit	c_u	[kN/m²]					150	500
Sensitivität	S_t	[-]						
Durchlässigkeit	k_f	[m/s]						
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
organischer Anteil	V_{gl}	[Gew.-%]					0	3
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	5 + 4					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **D 18300**

ANLAGE 10.4

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Tonstein, angewittert					
Benennung von Fels		[-]	Sedimentgestein, geschichtet, feinkörnig, Tonmineralien					
Dichte	ρ	[g/cm³]					1,9	2,4
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[MN/m²]					1,0	30,0
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					V2	V4
Veränderlichkeit							3	4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					n.b.	n.b.
Trennflächenabstand		[cm]					5	20
Gesteinskörperform		[-]					n.b.	n.b.
Öffnungsweite und Kluftfüllung		[mm]						
Gebirgs- durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	6					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **E 18300**

ANLAGE 10.5

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	juAK / Arietenkalk-Formation					
Benennung von Fels		[-]	Sedimentgestein, geschichtet, feinkörnig, Karbonat und Tonmineralien					
Dichte	ρ	[g/cm³]					1,9	2,8
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[MN/m²]	5	93,70	162,80	145,00	1,0	200,0
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					V0	V3
Veränderlichkeit							1	4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					n.b.	n.b.
Trennflächenabstand		[cm]					5	120
Gesteinskörperform		[-]					n.b.	n.b.
Öffnungsweite und Kluftfüllung		[mm]						
Gebirgs- durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	6 + 7					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **F 18300**

ANLAGE 10.6

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	juAS / Angulatensandstein-Formation					
Benennung von Fels		[-]	Sedimentgestein, geschichtet, feinkörnig, Karbonat und Tonmineralien					
Dichte	ρ	[g/cm³]					1,9	2,8
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[MN/m²]	4	54,70	168,60	112,30	5,0	200,0
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					V0	V3
Veränderlichkeit							1	4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					n.b.	n.b.
Trennflächenabstand		[cm]					5	120
Gesteinskörperform		[-]					n.b.	n.b.
Öffnungsweite und Kluftfüllung		[mm]						
Gebirgs- durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	6 + 7					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **A 18301**

ANLAGE 11.1

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Auffüllung, überwiegend bindig					
Bodengruppe		[-]					TL, TM, TA, GU*, GT*	
Korngrößenverteilung	T/ U						50	100
	S	[%]					0	10
	G						0	40
Massen- anteil	Steine	X					0	10
	Blöcke	Y					0	5
	gr. Blöcke	Y						0
Dichte	ρ	[g/cm³]						
Wassergehalt	w_n	[%]	1		29,3	29,3	10	40
Plastizitätszahl	I_p	[-]					3	80
Konsistenzzahl	I_c	[-]					0,5	1,25
Konsistenz		[-]					weich	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					-	-
Kohäsion	c	[kN/m²]					5	20
undräßierte Scherfestigkeit	c_u	[kN/m²]					40	300
Sensitivität	S_t	[-]						
Durchlässigkeit	k_f	[m/s]						
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]					0,3	2
organischer Anteil	V_{gl}	[Gew.-%]						
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]						

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **B 18301**

ANLAGE 11.2

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Lehmige Deckschichten					
Bodengruppe		[-]	2	TM			TM, TA	
Korngrößenverteilung	T/ U	[%]					60	100
	S						0	10
	G						0	30
Massen- anteil	Steine	X	[%]				0	10
	Blöcke	Y					0	5
	gr. Blöcke	Y						0
Dichte	ρ	[g/cm³]						
Wassergehalt	w_n	[%]	13	16,4	33,7	24,8	10	35
Plastizitätszahl	I_p	[-]	2	21	21,9	21,5	10	50
Konsistenzzahl	I_c	[-]	2	0,5	0,85	0,68	0,5	1,25
Konsistenz		[-]		weich	steif		weich	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					-	-
Kohäsion	c	[kN/m²]					2	20
undräßierte Scherfestigkeit	c_u	[kN/m²]					20	300
Sensitivität	S_t	[-]						
Durchlässigkeit	k_f	[m/s]						
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]					0,3	2
organischer Anteil	V_{gl}	[Gew.-%]						
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]						

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **C 18301**

ANLAGE 11.3

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Liaston					
Bodengruppe		[-]	2	TA			TM, TA	
Korngrößenverteilung	T/ U	[%]					60	100
	S						0	10
	G						0	30
Massen- anteil	Steine	X	[%]				0	10
	Blöcke	Y					0	5
	gr. Blöcke	Y						0
Dichte	ρ	[g/cm³]						
Wassergehalt	w_n	[%]	13	16,8	25,6	20,2	10	28
Plastizitätszahl	I_p	[-]	2	31,2	34,9	33,1	20	80
Konsistenzzahl	I_c	[-]	2	0,98	1,25	0,68	0,8	1,25
Konsistenz		[-]		steif	halbfest	halbfest	steif	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					-	-
Kohäsion	c	[kN/m²]					10	25
undräßierte Scherfestigkeit	c_u	[kN/m²]					150	500
Sensitivität	S_t	[-]						
Durchlässigkeit	k_f	[m/s]						
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]					0,3	2
organischer Anteil	V_{gl}	[Gew.-%]						
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]						

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **D 18301**

ANLAGE 11.4

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Tonstein, angewittert					
Benennung von Fels		[-]	Sedimentgestein, geschichtet, feinkörnig, Tonmineralien					
Dichte	ρ	[g/cm³]						
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[MN/m²]					1,0	30,0
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					V2	V4
Veränderlichkeit							3	4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					n.b.	n.b.
Trennflächenabstand		[cm]					5	20
Gesteinskörperform		[-]					n.b.	n.b.
Öffnungsweite und Kluftfüllung		[mm]						
Gebirgs- durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]					0,3	1,0
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]						

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **E 18301**

ANLAGE 11.5

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	juAK / Arietenkalk-Formation					
Benennung von Fels		[-]	Sedimentgestein, geschichtet, feinkörnig, Karbonat und Tonmineralien					
Dichte	ρ	[g/cm³]						
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[MN/m²]	5	93,70	162,80	145,00	1,0	200,0
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					V0	V3
Veränderlichkeit							1	4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					n.b.	n.b.
Trennflächenabstand		[cm]					5	120
Gesteinskörperform		[-]					n.b.	n.b.
Öffnungsweite und Kluftfüllung		[mm]						
Gebirgs- durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]					0,3	2,0
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]						

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **F 18301**

ANLAGE 11.6

Projekt: Flughafen Stuttgart GmbH - Westerweiterung Parkplätze P0 und P2

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	juAS / Angulatensandstein-Formation					
Benennung von Fels		[-]	Sedimentgestein, geschichtet, feinkörnig, Karbonat und Tonminerale					
Dichte	ρ	[g/cm³]						
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[MN/m²]	4	54,70	168,60	112,30	5,0	200,0
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					V0	V3
Veränderlichkeit							1	4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					n.b.	n.b.
Trennflächenabstand		[cm]					5	120
Gesteinskörperform		[-]					n.b.	n.b.
Öffnungsweite und Kluftfüllung		[mm]						
Gebirgs-durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]					0,3	2,0
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]						

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

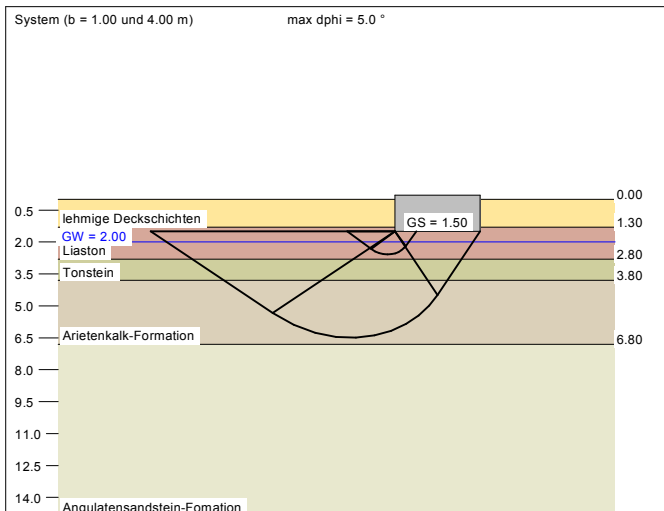
Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

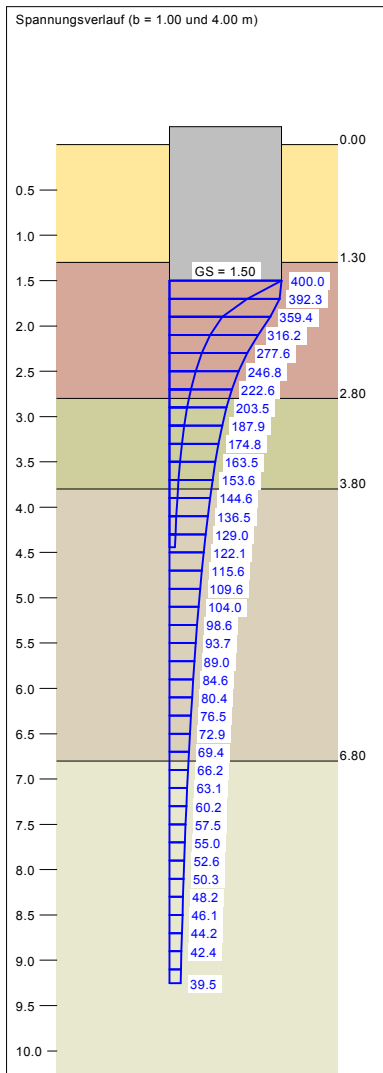
Gründung auf Liaston

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	22.5	5.0	8.0	0.00	lehmmige Deckschichten
	20.5	10.5	17.5	20.0	10.0	0.00	Liaston
	21.0	11.0	27.5	25.0	35.0	0.00	Tonstein
	24.0	14.0	30.0	60.0	120.0	0.00	Arietenkalk-Formation
	25.0	15.0	30.0	100.0	200.0	0.00	Angulatensandstein-Formation



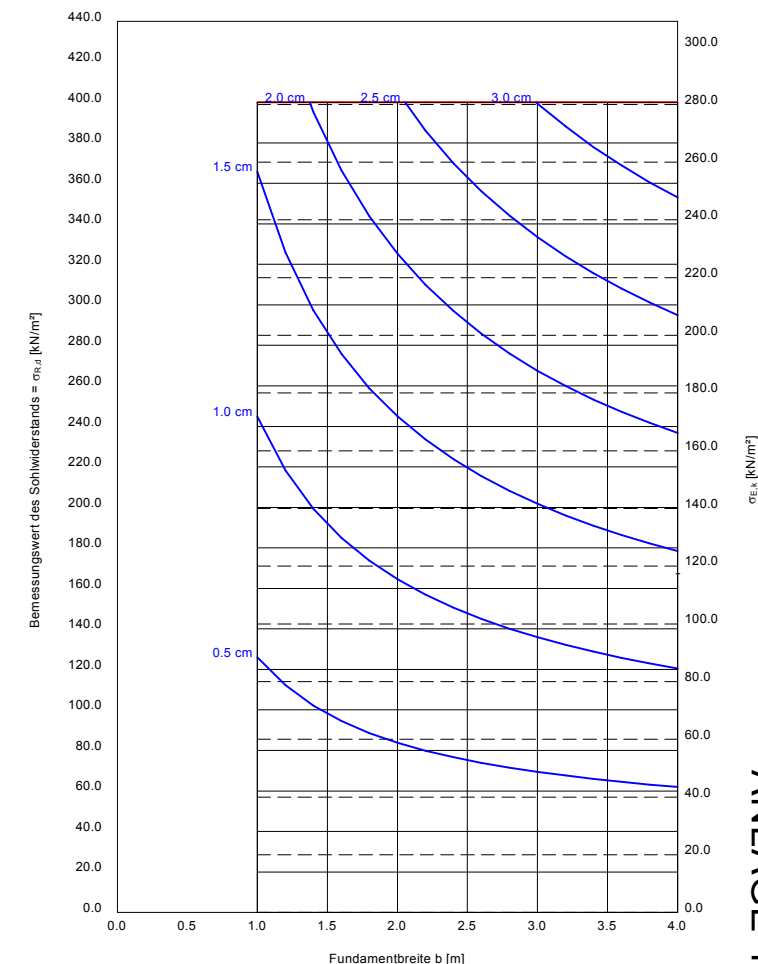
a [m]	b [m]	$\sigma_{0,k}$ [kN/m²]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{0,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal q [°]	cal c [kN/m²]	τ_2 [kN/m²]	σ_{ij} [kN/m²]	t ₃ [m]	UK LS [m]	k _s [MN/m²]
1.00	1.00	560.0	400.0	400.0	280.7	1.64	17.5	20.00	16.62	30.10	4.44	2.58	17.1
1.20	1.20	560.0	400.0	576.0	280.7	1.84	18.1 *	20.51	15.70	30.10	4.87	2.82	15.2
1.40	1.40	560.0	400.0	784.0	280.7	2.02	20.7 *	21.89	14.81	30.10	5.27	3.16	13.9
1.60	1.60	560.0	400.0	1024.0	280.7	2.19	22.5 *	22.45	14.22	30.10	5.65	3.50	12.8
1.80	1.80	560.0	400.0	1296.0	280.7	2.33	22.4 *	22.73	13.89	30.10	6.02	3.74	12.0
2.00	2.00	560.0	400.0	1600.0	280.7	2.47	22.4 *	30.69	13.68	30.10	6.37	3.99	11.4
2.20	2.20	560.0	400.0	1936.0	280.7	2.59	22.4 *	34.43	13.58	30.10	6.70	4.24	10.8
2.40	2.40	560.0	400.0	2304.0	280.7	2.71	22.5 *	37.00	13.53	30.10	7.02	4.49	10.4
2.60	2.60	560.0	400.0	2704.0	280.7	2.81	22.5 *	38.89	13.50	30.10	7.33	4.74	10.0
2.80	2.80	560.0	400.0	3136.0	280.7	2.91	22.5 *	40.45	13.49	30.10	7.63	4.99	9.6
3.00	3.00	560.0	400.0	3600.0	280.7	3.00	22.4 *	41.77	13.48	30.10	7.91	5.24	9.3
3.20	3.20	560.0	400.0	4096.0	280.7	3.09	22.5 *	42.94	13.48	30.10	8.20	5.50	9.1
3.40	3.40	560.0	400.0	4624.0	280.7	3.18	22.4 *	43.92	13.48	30.10	8.47	5.74	8.8
3.60	3.60	560.0	400.0	5184.0	280.7	3.26	22.4 *	44.80	13.49	30.10	8.74	5.99	8.6
3.80	3.80	560.0	400.0	5776.0	280.7	3.33	22.5 *	45.62	13.50	30.10	9.00	6.24	8.4
4.00	4.00	560.0	400.0	6400.0	280.7	3.40	22.5 *	46.35	13.51	30.10	9.25	6.49	8.2

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{0,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{0,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{0,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



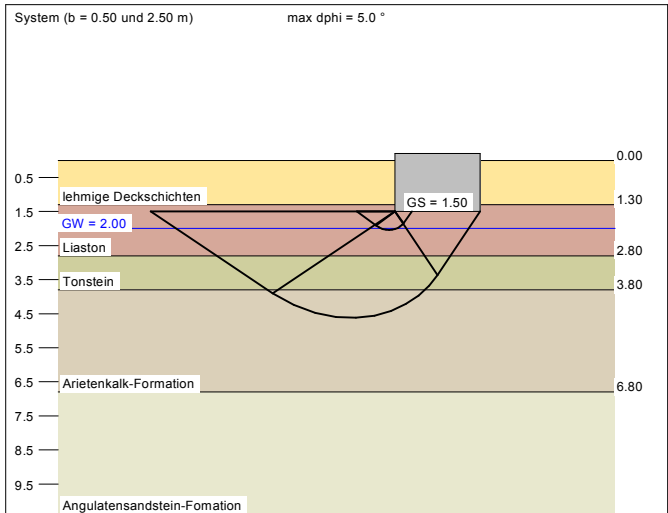
Henke und Partner GmbH Ingenieurbüro für Geotechnik

GGU-FOOTING / Version 8.32 / 27.10.2017 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
Berechnungsgrundlagen:
FSGP02 G01
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 400.00 kN/m² begrenzt
Gründungssohle = 1.50 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenzflächen spannungsvariabel bestimmt
— Sohlendruck
— Setzungen



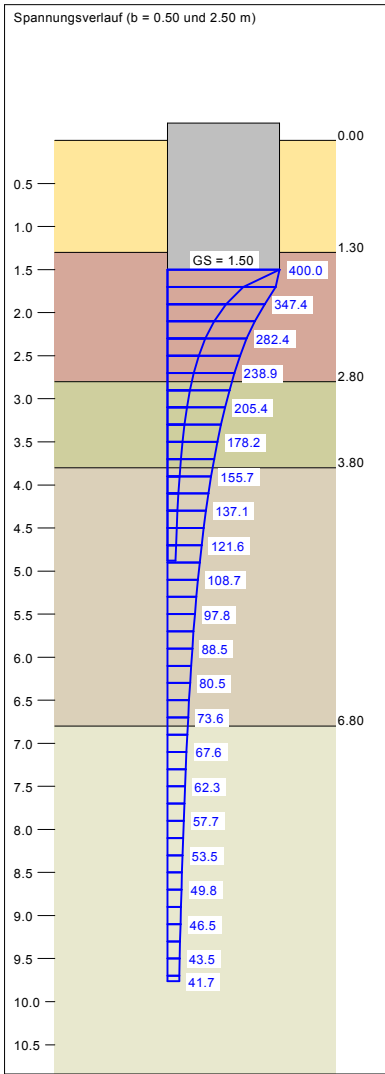
Gründung auf Liaston

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	22.5	5.0	8.0	0.00	lehmmige Deckschichten
	20.5	10.5	17.5	20.0	10.0	0.00	Liaston
	21.0	11.0	27.5	25.0	35.0	0.00	Tonstein
	24.0	14.0	30.0	60.0	120.0	0.00	Arietenkalk-Formation
	25.0	15.0	30.0	100.0	200.0	0.00	Angulatensandstein-Formation

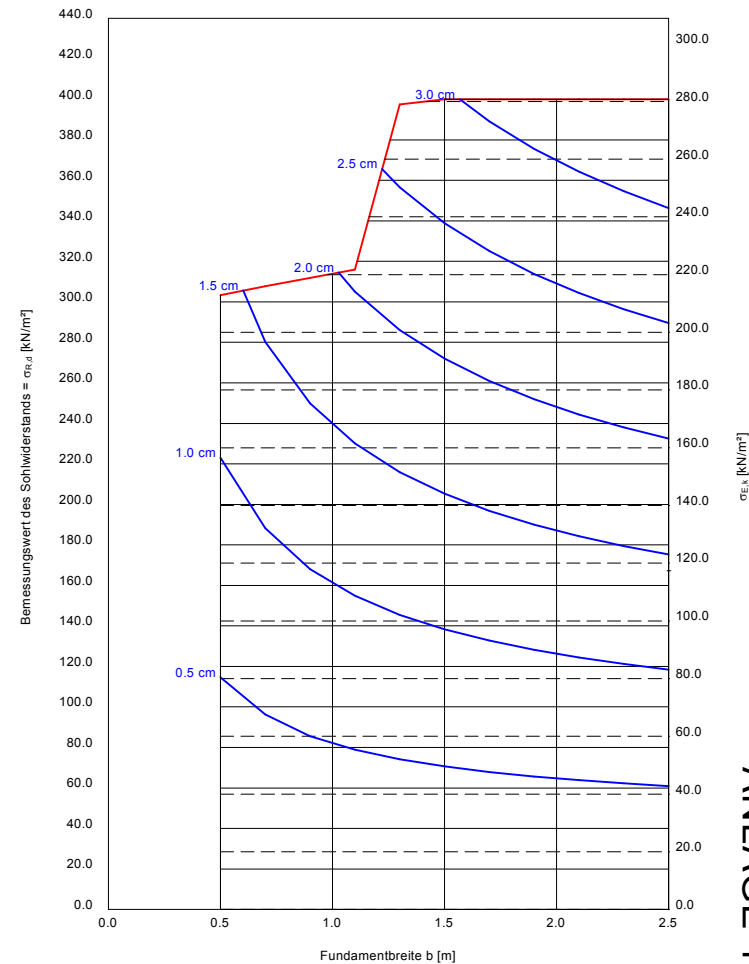


a [m]	b [m]	$\sigma_{0,k}$ [kN/m²]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{0,d}$ [kN/m²]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal q [°]	cal c [kN/m²]	τ_2 [kN/m²]	σ_{ij} [kN/m²]	t_3 [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m³]
10.00	0.50	424.7	303.3	151.7	212.9	1.37	17.5	20.00	20.28	30.10	4.88	2.04	15.6
10.00	0.70	430.9	307.8	215.5	216.0	1.65	17.5	20.00	18.52	30.10	5.54	2.26	13.1
10.00	0.90	436.7	311.9	280.7	218.9	1.88	17.5	20.00	17.16	30.10	6.11	2.48	11.6
10.00	1.10	442.2	315.9	347.5	221.7	2.07	17.5	20.00	16.16	30.10	6.61	2.69	10.7
10.00	1.30	556.4	397.5	516.7	278.9	2.79	19.6 *	21.46	15.19	30.10	7.68	3.00	10.0
10.00	1.50	560.0	400.0	600.0	280.7	2.96	21.7 *	22.20	14.49	30.10	8.11	3.33	9.5
10.00	1.70	560.0	400.0	680.0	280.7	3.09	22.5 *	22.60	14.04	30.10	8.49	3.62	9.1
10.00	1.90	560.0	400.0	760.0	280.7	3.20	21.2 *	22.77	13.84	30.10	8.84	3.79	8.8
10.00	2.10	560.0	400.0	840.0	280.7	3.30	22.5 *	32.95	13.62	30.10	9.17	4.12	8.5
10.00	2.30	560.0	400.0	920.0	280.7	3.39	22.4 *	35.79	13.55	30.10	9.47	4.37	8.3
10.00	2.50	560.0	400.0	1000.0	280.7	3.47	22.5 *	37.99	13.52	30.10	9.76	4.62	8.1

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{0,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{0,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{0,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

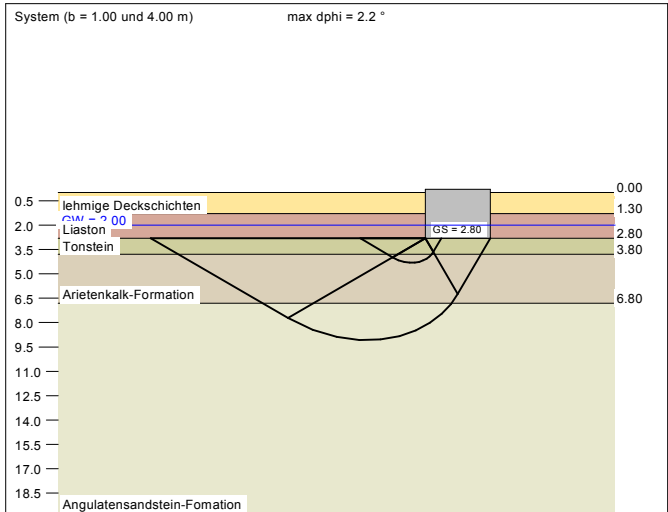


GGU-FOOTING / Version 8.32 / 27.10.2017 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
Berechnungsgrundlagen:
FSG0P2 G01
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 400.00 kN/m² begrenzt
Gründungssohle = 1.50 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
— Sohldruck
— Setzungen



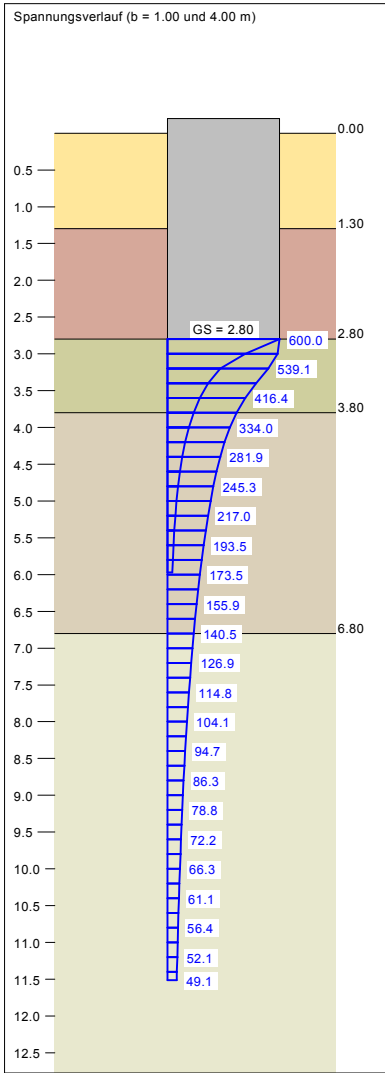
Gründung auf Tonstein

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	22.5	5.0	8.0	0.00	lehmige Deckschichten
	20.5	10.5	17.5	20.0	10.0	0.00	Liaston
	21.0	11.0	27.5	25.0	35.0	0.00	Tonstein
	24.0	14.0	30.0	60.0	120.0	0.00	Arietenkalk-Formation
	25.0	15.0	30.0	100.0	200.0	0.00	Angulatusandstein-Formation

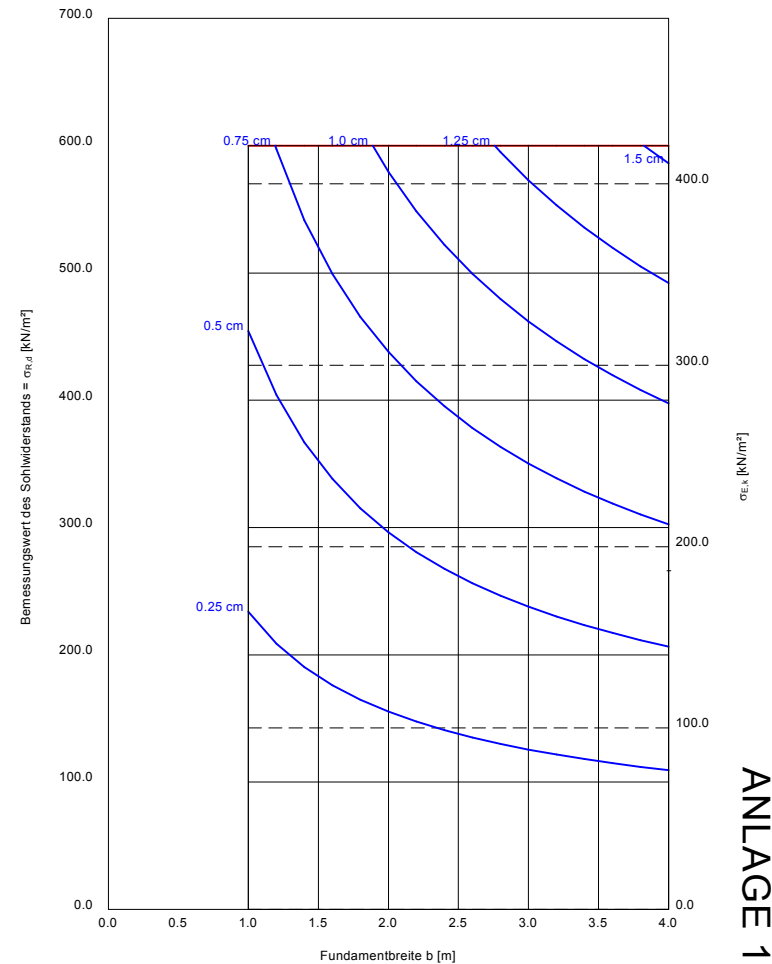


a [m]	b [m]	$\sigma_{0,k}$ [kN/m²]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{0,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal q [°]	cal c [kN/m²]	τ_2 [kN/m²]	σ_{ij} [kN/m²]	t ₃ [m]	UK LS [m]	k _s [MN/m²]
1.00	1.00	840.0	600.0	600.0	421.1	0.67	28.7	41.99	11.59	48.75	5.97	4.32	63.2
1.20	1.20	840.0	600.0	864.0	421.1	0.75	29.0	45.16	11.90	48.75	6.46	4.63	55.9
1.40	1.40	840.0	600.0	1176.0	421.1	0.83	29.1	47.35	12.15	48.75	6.91	4.95	50.5
1.60	1.60	840.0	600.0	1536.0	421.1	0.91	29.2	48.98	12.35	48.75	7.34	5.27	46.5
1.80	1.80	840.0	600.0	1944.0	421.1	0.97	29.3	50.24	12.51	48.75	7.75	5.58	43.3
2.00	2.00	840.0	600.0	2400.0	421.1	1.04	29.4	51.23	12.64	48.75	8.15	5.90	40.6
2.20	2.20	840.0	600.0	2904.0	421.1	1.10	29.4	52.05	12.75	48.75	8.53	6.22	38.4
2.40	2.40	840.0	600.0	3456.0	421.1	1.15	29.5	52.72	12.85	48.75	8.90	6.54	36.5
2.60	2.60	840.0	600.0	4056.0	421.1	1.21	29.5	56.77	12.93	48.75	9.26	6.85	34.8
2.80	2.80	840.0	600.0	4704.0	421.1	1.26	29.6	63.16	13.03	48.75	9.60	7.17	33.4
3.00	3.00	840.0	600.0	5400.0	421.1	1.31	29.6	66.56	13.12	48.75	9.94	7.49	32.1
3.20	3.20	840.0	600.0	6144.0	421.1	1.36	29.6	69.14	13.21	48.75	10.27	7.80	31.0
3.40	3.40	840.0	600.0	6936.0	421.1	1.41	29.6	71.23	13.29	48.75	10.59	8.12	29.9
3.60	3.60	840.0	600.0	7776.0	421.1	1.45	29.7	72.94	13.37	48.75	10.90	8.44	29.0
3.80	3.80	840.0	600.0	8664.0	421.1	1.49	29.7	74.46	13.44	48.75	11.21	8.76	28.2
4.00	4.00	840.0	600.0	9600.0	421.1	1.54	29.7	75.80	13.50	48.75	11.51	9.07	27.4

$\sigma_{E,k} = \sigma_{0,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{0,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{0,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

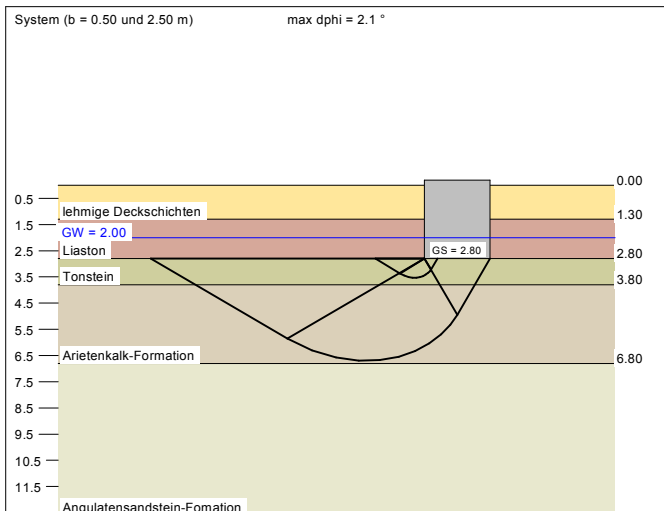


GGU-FOOTING / Version 8.32 / 27.10.2017 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
Berechnungsgrundlagen:
FSGP02 G01
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 600.00 kN/m² begrenzt
Gründungssohle = 2.80 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
— Sohldruck
— Setzungen



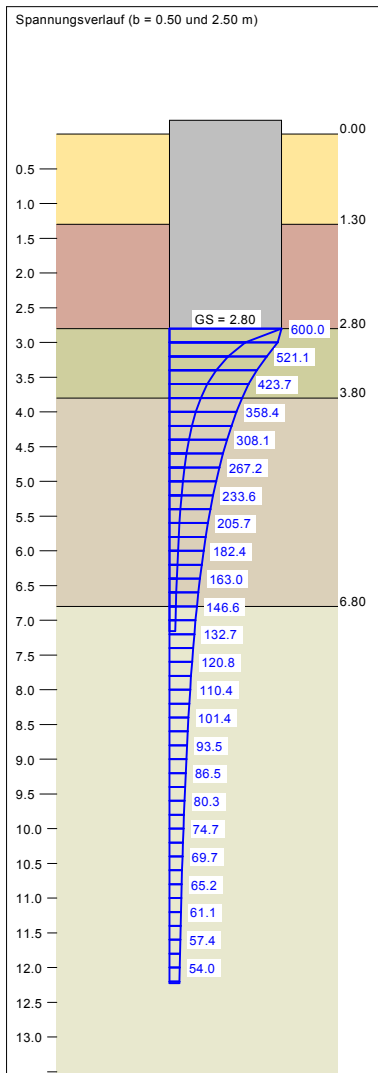
Gründung auf Tonstein

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	22.5	5.0	8.0	0.00	lehmige Deckschichten
	20.5	10.5	17.5	20.0	10.0	0.00	Liaston
	21.0	11.0	27.5	25.0	35.0	0.00	Tonstein
	24.0	14.0	30.0	60.0	120.0	0.00	Arietenkalk-Formation
	25.0	15.0	30.0	100.0	200.0	0.00	Angulatensandstein-Formation



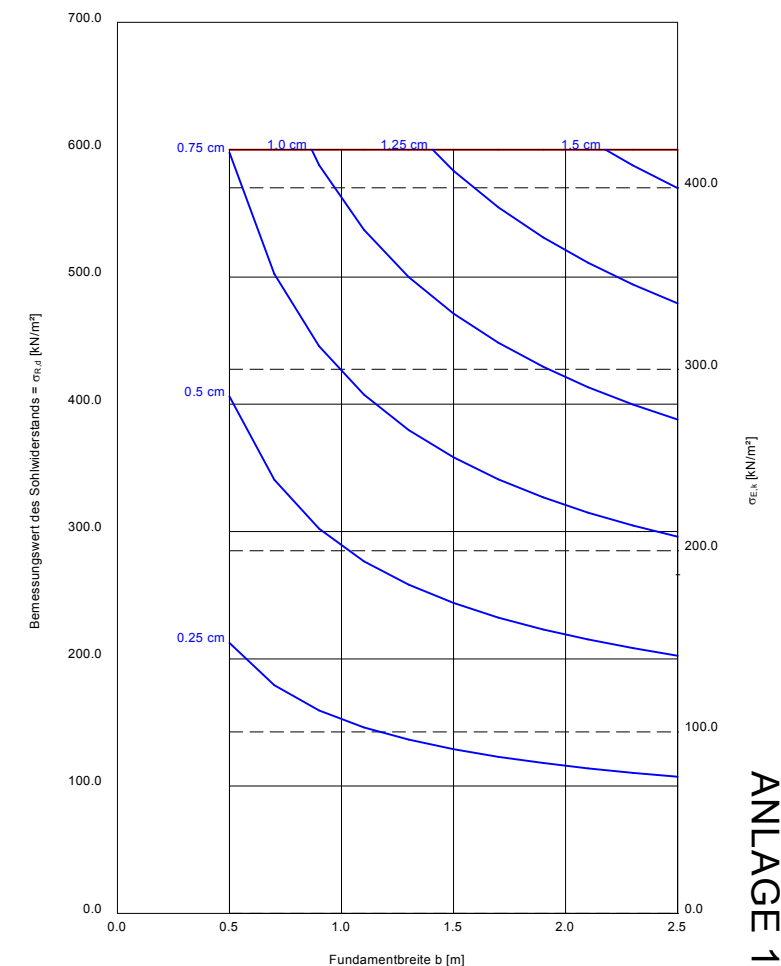
a [m]	b [m]	$\sigma_{0,k}$ [kN/m²]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{0,d}$ [kN/m²]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal q [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_{ij} [kN/m²]	t ₃ [m]	UK LS [m]	k _s [MN/m²]
10.00	0.50	840.0	600.0	300.0	421.1	0.75	27.5	25.00	11.00	48.75	7.16	3.53	55.9
10.00	0.70	840.0	600.0	420.0	421.1	0.90	27.9	29.98	11.02	48.75	7.98	3.83	46.7
10.00	0.90	840.0	600.0	540.0	421.1	1.02	28.6	39.70	11.40	48.75	8.67	4.15	41.2
10.00	1.10	840.0	600.0	660.0	421.1	1.12	28.9	43.73	11.76	48.75	9.28	4.47	37.5
10.00	1.30	840.0	600.0	780.0	421.1	1.21	29.0	46.35	12.04	48.75	9.81	4.79	34.8
10.00	1.50	840.0	600.0	900.0	421.1	1.29	29.2	48.22	12.26	48.75	10.30	5.11	32.7
10.00	1.70	840.0	600.0	1020.0	421.1	1.36	29.3	49.65	12.43	48.75	10.74	5.43	31.0
10.00	1.90	840.0	600.0	1140.0	421.1	1.42	29.4	50.76	12.58	48.75	11.15	5.74	29.6
10.00	2.10	840.0	600.0	1260.0	421.1	1.48	29.4	51.66	12.70	48.75	11.53	6.06	28.5
10.00	2.30	840.0	600.0	1380.0	421.1	1.53	29.5	52.40	12.80	48.75	11.89	6.38	27.5
10.00	2.50	840.0	600.0	1500.0	421.1	1.58	29.5	53.02	12.89	48.75	12.22	6.69	26.6

$\sigma_{E,k} = \sigma_{0,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{0,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{0,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



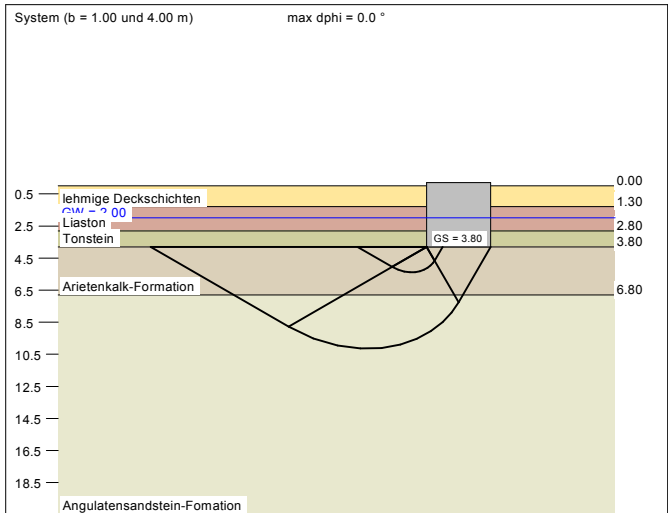
Henke und Partner GmbH Ingenieurbüro für Geotechnik

GGU-FOOTING / Version 8.32 / 27.10.2017 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
Berechnungsgrundlagen:
FSGP0P2 G01 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
Norm: EC 7 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006 $\sigma_{R,d}$ auf 600.00 kN/m² begrenzt
Teilsicherheitskonzept (EC 7) Gründungssohle = 2.80 m
Streifenfundament (a = 10.00 m) Grundwasser = 2.00 m
 $\gamma_{R,v} = 1.40$ Grenztiefe mit p = 20.0 %
 $\gamma_G = 1.35$ Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
 $\gamma_Q = 1.50$ ——— Sohldruck
————— Setzungen



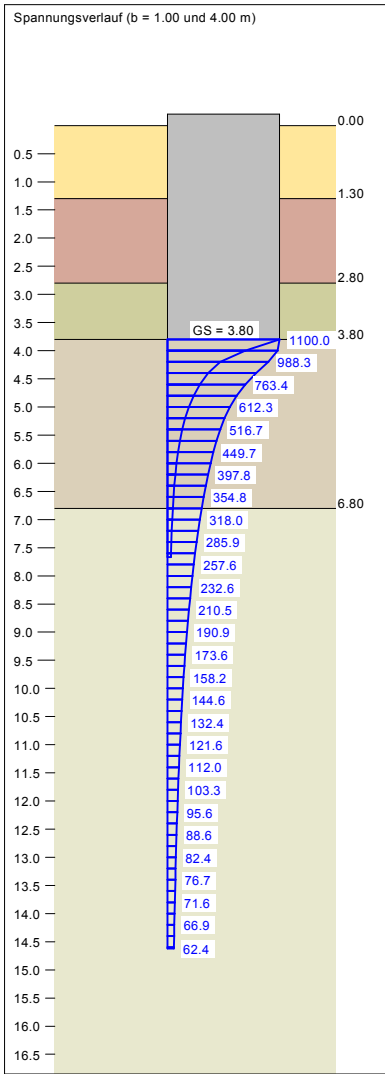
Gründung auf Arienkalk-Formation

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	22.5	5.0	8.0	0.00	lehmmige Deckschichten
	20.5	10.5	17.5	20.0	10.0	0.00	Liaston
	21.0	11.0	27.5	25.0	35.0	0.00	Tonstein
	24.0	14.0	30.0	60.0	120.0	0.00	Arienkalk-Formation
	25.0	15.0	30.0	100.0	200.0	0.00	Angulatsandstein-Formation

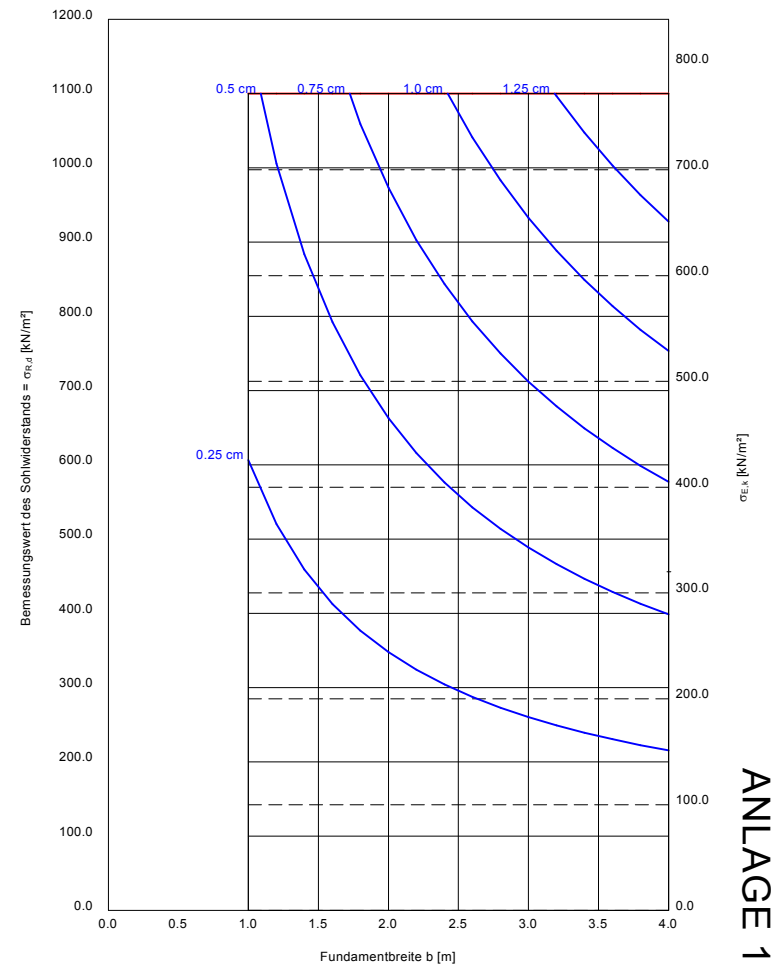


a	b	$\sigma_{d,k}$	$\sigma_{d,q}$	$R_{d,q}$	$\sigma_{c,k}$	s	cal q	cal c	γ_2	$\sigma_{d,q}$	t_d	UKLS	k_s
[m]	[m]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN]	[kN/m²]	[cm]	[°]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[MN/m²]
1.00	1.00	1540.0	1100.0	1100.0	771.9	0.47	30.0	60.00	14.00	59.75	7.67	5.39	165.5
1.20	1.20	1540.0	1100.0	1584.0	771.9	0.55	30.0	60.00	14.00	59.75	8.26	5.70	140.6
1.40	1.40	1540.0	1100.0	2156.0	771.9	0.63	30.0	60.00	14.00	59.75	8.82	6.02	122.8
1.60	1.60	1540.0	1100.0	2816.0	771.9	0.71	30.0	60.00	14.00	59.75	9.36	6.34	109.4
1.80	1.80	1540.0	1100.0	3564.0	771.9	0.78	30.0	60.00	14.00	59.75	9.87	6.65	98.9
2.00	2.00	1540.0	1100.0	4400.0	771.9	0.85	30.0	67.36	14.01	59.75	10.37	6.97	90.5
2.20	2.20	1540.0	1100.0	5324.0	771.9	0.92	30.0	72.04	14.05	59.75	10.84	7.29	83.6
2.40	2.40	1540.0	1100.0	6336.0	771.9	0.99	30.0	74.99	14.10	59.75	11.31	7.60	77.8
2.60	2.60	1540.0	1100.0	7436.0	771.9	1.06	30.0	77.15	14.14	59.75	11.76	7.92	72.8
2.80	2.80	1540.0	1100.0	8624.0	771.9	1.13	30.0	78.88	14.18	59.75	12.20	8.24	68.6
3.00	3.00	1540.0	1100.0	9900.0	771.9	1.19	30.0	80.35	14.22	59.75	12.62	8.56	64.8
3.20	3.20	1540.0	1100.0	11264.0	771.9	1.25	30.0	81.60	14.26	59.75	13.04	8.87	61.5
3.40	3.40	1540.0	1100.0	12716.0	771.9	1.32	30.0	82.70	14.29	59.75	13.45	9.19	58.6
3.60	3.60	1540.0	1100.0	14256.0	771.9	1.38	30.0	83.67	14.32	59.75	13.85	9.51	56.0
3.80	3.80	1540.0	1100.0	15884.0	771.9	1.44	30.0	84.53	14.35	59.75	14.24	9.82	53.6
4.00	4.00	1540.0	1100.0	17600.0	771.9	1.50	30.0	85.30	14.37	59.75	14.62	10.14	51.5

$\sigma_{c,k} = \sigma_{d,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{G,Q}) = \sigma_{d,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{d,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten (G+Q) [-] = 0.50

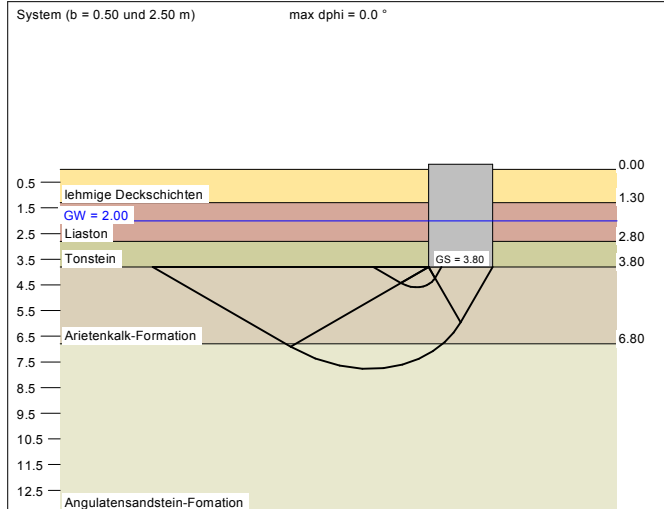


GGU-FOOTING / Version 8.32 / 27.10.2017 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
Berechnungsgrundlagen:
FSGP02 G01
Norm: EC 7
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 $\sigma_{R,d}$ auf 1100.00 kN/m² begrenzt
Gründungssohle = 3.80 m
Grundwasser = 2.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
— Sohlendruck
— Setzungen



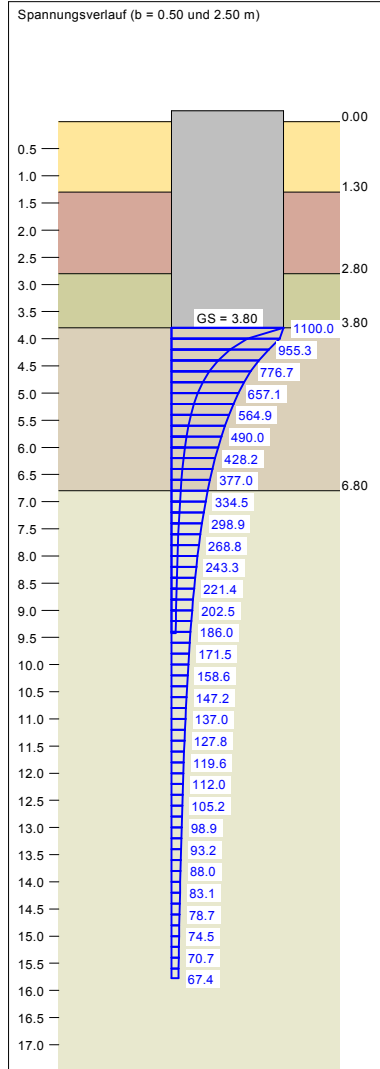
Gründung auf Arietenkalk-Formation

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	22.5	5.0	8.0	0.00	lehmmige Deckschichten
	20.5	10.5	17.5	20.0	10.0	0.00	Liaston
	21.0	11.0	27.5	25.0	35.0	0.00	Tonstein
	24.0	14.0	30.0	60.0	120.0	0.00	Arietenkalk-Formation
	25.0	15.0	30.0	100.0	200.0	0.00	Angulatensandstein-Formation



a [m]	b [m]	$\sigma_{0,k}$ [kN/m²]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{0,d}$ [kN/m²]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal q [°]	cal c [kN/m²]	τ_2 [kN/m²]	σ_{II} [kN/m²]	t_2 [m]	UK LS [m]	k _s [MN/m²]
10.00	0.50	1540.0	1100.0	550.0	771.9	0.58	30.0	60.00	14.00	59.75	9.42	4.59	133.6
10.00	0.70	1540.0	1100.0	770.0	771.9	0.73	30.0	60.00	14.00	59.75	10.47	4.91	105.4
10.00	0.90	1540.0	1100.0	990.0	771.9	0.87	30.0	60.00	14.00	59.75	11.35	5.23	88.9
10.00	1.10	1540.0	1100.0	1210.0	771.9	0.99	30.0	60.00	14.00	59.75	12.11	5.54	78.0
10.00	1.30	1540.0	1100.0	1430.0	771.9	1.10	30.0	60.00	14.00	59.75	12.79	5.86	70.2
10.00	1.50	1540.0	1100.0	1650.0	771.9	1.20	30.0	60.00	14.00	59.75	13.39	6.18	64.3
10.00	1.70	1540.0	1100.0	1870.0	771.9	1.29	30.0	60.00	14.00	59.75	13.94	6.49	59.7
10.00	1.90	1540.0	1100.0	2090.0	771.9	1.38	30.0	61.73	14.00	59.75	14.45	6.81	56.0
10.00	2.10	1540.0	1100.0	2310.0	771.9	1.46	30.0	70.24	14.03	59.75	14.92	7.13	52.9
10.00	2.30	1540.0	1100.0	2530.0	771.9	1.54	30.0	73.65	14.07	59.75	15.36	7.45	50.3
10.00	2.50	1540.0	1100.0	2750.0	771.9	1.61	30.0	76.13	14.12	59.75	15.77	7.76	48.0

$\sigma_{E,k} = \sigma_{0,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{0,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{0,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Henke und Partner GmbH Ingenieurbüro für Geotechnik

GGU-FOOTING / Version 8.32 / 27.10.2017 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
Berechnungsgrundlagen:
FSGP0P2 G01 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
Norm: EC 7 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006 $\sigma_{R,d}$ auf 1100.00 kN/m² begrenzt
Teilsicherheitskonzept (EC 7) Gründungssohle = 3.80 m
Streifenfundament (a = 10.00 m) Grundwasser = 2.00 m
 $\gamma_{R,v} = 1.40$ Grenztiefe mit p = 20.0 %
 $\gamma_G = 1.35$ Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
 $\gamma_Q = 1.50$ — Sohlendruck
— Setzungen

