

Spitzweidenweg 107
07743 Jena

☐ 03641-45 27-0

www.beb-jena-consult.de

Fax.03641-45 27-30 e-mail: beb-jena@beb-jena-consult.de

Geotechnischer Bericht
zur
Baugrunduntersuchung und
Gründungsberatung

Auftrags- Nr.: 5234/03/15/2

Bauvorhaben: Rudolstadt, Am Anger 1
Theater Rudolstadt, Funktionsanbau Großes Haus

Entwurfsplanung Architekturbüro Zapfe
Objektsbetreuung Weinbergstraße 4
und Auftraggeber: 07407 Rudolstadt
Tel.: 03672 / 829533-0 (Herr Zapfe)

Ausführungsplanung IBS Bauprojekt GmbH
und Statik: Im Rudolspark 1
07407 Rudolstadt
Tel.: 03672 / 4250-0 (Herr Birkfeld)

Der Bericht umfasst 28 Seiten und 10 Anlagen.

Jena, den 17.09.2015

BEB Jena Consult GmbH

Dipl.-Ing. H. Agsten
IngKTh: 1953-98-BI

Der Bearbeiter

Dipl.-Ing. Th. Löffler

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
UNTERLAGEN	3
ANLAGEN	4
0. VORGANG UND AUFTRAG	4
1. UNTERSUCHUNGSGEBIET	5
2. BAUAUFGABE	5
2.1 OBJEKT	5
2.2 KONSTRUKTION / BAUWEISE / GRÜNDUNGSART	5
3. BAUGRUNDMODELL - ERGEBNIS DER GEOTECHNISCHEN UNTERSUCHUNG	6
3.1 MORPHOLOGIE DES GELÄNDES	6
3.2 EINWIRKUNGEN	7
3.3 REGIONALE EINHEITEN/GEOLOGISCHER ÜBERBLICK	11
3.4 BAUGRUNDERKUNDUNG	11
3.5 BAUGRUNDSCHICHTUNG	12
3.6 WASSERFÜHRUNG / WASSERSTÄNDE	13
3.7 WASSEREIGENSCHAFTEN	14
4. BAUGRUNDEIGNUNG	15
4.1 BEBAUBARKEIT DES STANDORTES	15
4.2 BELASTBARKEIT	16
4.3 LÖSBARKEIT	16
4.4 RAMMBARKEIT	16
4.5 BOHRBARKEIT	17
4.6 VERWENDBARKEIT DER SCHÜTTSTOFFE AUS AUSHUB UND ABTRAG NACH BODENMECHANISCHEN ASPEKTEN	17
4.7 VERSICKERBARKEIT, UNTERGRUNDDURCHLÄSSIGKEIT	18
5. BAUTECHNISCHE FOLGERUNGEN	19
5.1 ALLGEMEINES	19
5.2 BAUWERKSEINORDNUNG	20
5.3 KONSTRUKTIONSSYSTEM / GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG	20
5.4 BAUWERKSSCHUTZ	21
5.5 SCHUTZ DER BAUGRUNDES	21
5.6 WASSERHALTUNG	22
5.7 SCHUTZ DER BAUGRUBE	22
5.8 PLANUMSSCHUTZ	23
5.9 GRÜNDUNGSPOLSTER	23
5.10 VERDICHTUNGS- UND MATERIALANFORDERUNGEN FÜR LIEFERMATERIAL UND AUSHUB	24
6. BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	25
6.1 ALLGEMEINE UND GELTUNG	25
6.2 SPEZIELLE BERECHNUNGSGRUNDLAGEN	25
6.3 ZUSÄTZLICH ERFORDERLICHE UNTERSUCHUNGEN	27
7. HINWEISE	29

Unterlagen

Für die Erstellung des Berichtes wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

U 1 - Aufträge:

- 1.1 - schriftlicher Auftrag des AB Zapfe vom 04.06.2015 für Angebot Nr. 240/15
- 1.2 - schriftlicher Auftrag des AB Zapfe vom 19.08.2015 für Angebot Nr. 240a/15

U 2 - Angebote der BEB Jena Consult GmbH, einschließlich Kostenaufstellungen:

- 2.1 - Nr. 240/15 vom 02.06.2015,
- 2.2 - Nr. 240a/15 vom 18.08.2015 (1. Nachtragsangebot)

U 3 - 4 Ortstermine im Zeitraum vom 07.07. bis 11.09.2015, Durchführung der Rammkernsondierungen RKS 1/15 – RKS 7/15, der mittelschweren Rammsondierungen DPM 1/15 – DPM 2/15, eines Versickerungsversuches in RKS 5/15 und Herstellung eines Rammpegels in RKS 7/15, Erweiterung des Schurfes im Bauwerksschacht, Entnahme von Boden- und Wasserproben, Einmessen der Aufschlüsse auf örtliche Festpunkte

U 4 - Topographische Karte M 1:10 000, Nr. 1304 – 432 (Rudolstadt)

U 5 - Geologische Karte M 1:25 000, Nr. 5234 (Rudolstadt)

U 6 - Karte der Auslaugungserscheinungen M 1:100 000, M 32 – 47 (Erfurt)

U 7 - verwendete Planungsunterlagen des AB Zapfe:

- 7.1 - Auszug Liegenschaftskataster / M 1 : 1000
- 7.2 - Grundrisse KG – EG / M 1 : 100
- 7.3 - Ansicht + Querschnitt / M 1 : 100

U 8 - verwendete Unterlagen der IBS Bauprojekt GmbH:

- 8.1 - Bauuntersuchung zur Feststellung der Realisierbarkeit von Gründungsvarianten zum Entwurf, Stand: 22.07.2015

U 9 - verwendete Unterlagen der BEB Jena Consult GmbH:

- 9.1 - Vorinformation zu den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung, Auftrag Nr. 5234/03/15, Aktennotiz vom 08.07.2015
- 9.2 - Vorinformation zu den Bemessungswasserständen, Auftrag Nr. 5234/03/15/1, Aktennotiz vom 09.09.2015

U10 - Leitungspläne der einzelnen Versorgungsträger

Anlagen

- A 1 - Übersichtsplan / M 1 : 5000
- A 2 - Lage- und Erkundungsplan / M ca. 1 : 350
- A 3 - Profildarstellungen:
 - 3.1 - Rammkernsondierungen RKS 1/15 – RKS 7/15
 - 3.2 - Sondierungen DPM 1/15 – DPM 2/15 (mittelschwere Rammsonde)
- A 4 - geologische Schnitte (2 Blätter)
- A 5 - Protokolle der Laboruntersuchungen
- A 6 - Protokoll zum Versickerungsversuch
- A 7 - Protokoll zur Grundbruch- und Setzungsberechnung (Streifenfundamente)
- A 8 - Prüfbericht EUROFINS Umwelt Ost GmbH
- A 9 - Protokoll zur Vorbemessung der Rigole
- A10 - Fotodokumentation (Fundamentschurf im Schacht)

0. Vorgang und Auftrag

Das Theater Rudolstadt plant die Errichtung eines Funktionsanbaues an das Große Haus. Die Entwurfsplanung und Objektbetreuung erfolgt durch das Architekturbüro Zapfe aus Rudolstadt. Die Ausführungsplanung und Statik wird von der IBS Bauprojekt GmbH aus Rudolstadt erstellt.

Planungsbegleitend sollen die Untergrundverhältnisse am Standort erkundet werden, um alle bodenmechanischen Kennwerte zur Bemessung der Gründung des Anbaues festzulegen. Mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung wurde die BEB Jena Consult GmbH durch den Bauherrn beauftragt (vgl. U 1).

Die Untersuchungsergebnisse sind nach bautechnischen, geologischen und hydrologischen Gesichtspunkten zu bewerten und abschließend in einem Geotechnischen Bericht zur Gründungsberatung zusammenzufassen, welcher Angaben zum Bemessungswiderstand des Sohldrucks und zum Bettungsmodul, Empfehlungen zur Herstellung der Baugrube und Trockenhaltung sowie weitere grundbautechnische Hinweise zur Bauausführung beinhaltet.

Zusätzlich soll im Rahmen der aktuellen Erkundung die Durchlässigkeit des Untergrundes eingeschätzt und Hinweise und Empfehlungen zu möglichen Versickerungsanlagen angegeben werden.

1. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich südwestlich vom Stadtzentrum von Rudolstadt und ist über die Albert-Lindner-Straße zu erreichen. Nach U 4 können dem Baufeld folgende, ungefähre Mittelpunktkoordinaten zugeordnet werden (Gauß – Krüger):

Hochwert: 5620500

Rechtswert: 4453210

2. Bauaufgabe

2.1 Objekt

Bei der Baumaßnahme handelt es sich um den Errichtung eines Funktionsanbaues an das Große Haus des Theaters Rudolstadt.

2.2 Konstruktion / Bauweise / Gründungsart

2.2.1 Neubau

Nach U 7 soll der Anbau umlaufend im westlichen, südlichen und östlichen Teil des Theatergebäudes 1-geschossig mit Teilunterkellerung im südlichen Abschnitt mit Breiten zwischen 3 – 6 m errichtet werden. Ursprünglich sollte der Anbau vollständig unterkellert werden. Im Ergebnis zusätzlicher Bauwerksuntersuchungen durch die IBS Bauprojekt GmbH ist nunmehr nur noch im Bereich der Unterkellerung des Bestandsgebäudes die Herstellung eines Untergeschosses geplant, um die Aufwendungen für erforderliche Gebäudeabfangungen zu begrenzen.

Das statische System des Anbaues besteht aus tragenden Wänden, die über massive Geschossdecken ausgesteift werden. Die Abtragung der Belastungen erfolgt durch konstruktiv bewehrte Bodenplatten (D ca. 0,3 m), die in den nicht unterkellerten Abschnitten noch auf Frostschrägen aufgesetzt werden. Genaue Angaben zu den abzutragenden Belastungen liegen momentan nicht vor.

Genaue Angaben zur Höheneinordnung bezüglich HN / NHN / NN liegen momentan nicht vor. Nach U 8 und erfolgtem Nivellement durch BEB ist von folgenden, ungefähren Bezugsordinaten auszugehen:

- OK Fu EG = 0,0 m (+/- 0,0 – Bezugshorizont, ca. 192,9 m NHN)
- OK Fu KG = -3,5 m (ca. 189,4 m NHN)

2.2.2 Bestandsgebäude

Das Bestandgebäude ist im südlichen Abschnitt (Bereich Foyer, Garderobe, Toiletten, Heizungsräume) ein 2-geschossiger Mauerwerksbau mit einfacher Unterkellerung. Im Bereich der Bühne / des Theatersaales ist das Bestandgebäude nicht unterkellert. Bei Schürfen durch die IBS Bauprojekt GmbH wurde hier lediglich eine frostfreie Einbindung der Fundamente von ca. 0,8 m unter GOK festgestellt (vgl. U 8). Die Fundamente bestanden in den freigelegten Abschnitten aus Mauerwerk und einem unbewehrten Kiesbeton.

Im Bereich der Unterkellerung wurde außen das Fundament in einem Schacht freigelegt. Zum 2.Ortstermin am 27.08.2015 wurde der Schurf durch BEB nochmals geöffnet und seitlich erweitert um die Beschaffenheit der Fundamente zu überprüfen. Demnach bestehen die Fundamente aus Magerbeton und binden gegenüber der Fußboden OK im KG ca. 0,8 m in den Untergrund ein. Die Fundamente sind sehr unregelmäßig und wurden in Erdschalung hergestellt. Zum Teil sind größere Saalegerölle in das Fundament eingebunden.

Nach U 8 und erfolgtem Nivellement durch BEB ist beim Bestandgebäude von folgenden ungefähren Bezugsordinaten auszugehen:

- OK Fu EG = 0,0 m (+- 0.0 Bezugshorizont, ca. 192,9 m NHN)
- UK FU KG Putzraum = - 3,14 m (ca. 189,76 m NHN)
- UK Fu KG Heizungskeller = - 3,00 m (ca. 189,9 m NHN)

3. Baugrundmodell - Ergebnis der Geotechnischen Untersuchung

3.1 Morphologie des Geländes

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in einer nördlichen Aue der Saale. Das Gelände ist im Baufeld eben und weist natürliche Gefälle von ca. 1 - 2 % in südliche Richtungen auf. Die mittleren Geländehöhen liegen nach U 4 zwischen 192 - 194 m NHN.

Die Saale fließt südlich am Standort vorbei. Der Abstand des Flusslaufes zum Baufeld beträgt ca. 80 m.

3.2 Einwirkungen

3.2.1 Nutzung geländenaher Tiefenbereiche

Bei der geplanten Maßnahme handelt es sich um die Errichtung eines Anbaues an ein Bestandsgebäude. Die an das Bestandsgebäude angeschlossenen Bereiche werden im Wesentlichen als Verkehrs- und Grünfläche genutzt.

Am Bestandsgebäude sind einzelne Anbauten (Schächte, Zugänge, Treppen usw.) vorhanden, die zum Anschluss des Anbaues rückzubauen sind. Somit sind zusätzliche Maßnahmen für das Lösen von „Bauwerks- und Fundamentresten“ vorzusehen.

In Baufeldnähe befinden sich Medienleitungen verschiedener Versorgungsträger. Der Leitungsverlauf ist planungsseitig gesondert einzuholen, um Beschädigungen bei den Erdarbeiten zu vermeiden. Optional sind zusätzliche Maßnahmen für die Umverlegung bzw. für den Rückbau gefährdeter Anlagen vorzusehen.

3.2.2 Bodenbelastung

Allgemeine Hinweise zur Verwertung von Bodenaushub

Das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchV) ist in der Bundesrepublik Deutschland die maßgebende rechtliche Vollzugshilfe für die Verwertung von Bodenmaterial. Als Hilfe zur Verwertung von Aushubböden wurde als ergänzende Richtlinie von den Bundesländern die LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) entwickelt. Die letzten Aktualisierungen der LAGA 2003/2004 sind in Thüringen noch nicht vollständig eingeführt.

Für jede Erdstoffdeponie gelten zusätzlich erweiterte Anforderungen des Thüringer Landesbergamtes, die über die LAGA hinausgehen.

Die LAGA definiert die Verwertbarkeit der Aushubböden in Einbauklassen. Für die jeweilige Einbauklasse sind Obergrenzen als Zuordnungswerte Z0 bis Z5 festgelegt. Bei Überschreitung der Zuordnungswerte Z2 sind Verwertungen nur in zugelassenen Deponien als Abfall (Z3 und Z4) bzw. als Sonderabfall (Z5) zulässig.

Die aktuelle Herangehensweise sieht deshalb zunächst eine Einstufung für sogenannte bodenähnliche Anwendungen nach LAGA 2004 vor. Wenn die Zuordnungswerte Z0 / Z0* überschritten werden gilt wieder die LAGA 1997. Die LAGA 1997 kennt aber nicht den Organik-Parameter TOC, weshalb die Anforderungen des Bergamtes für die jeweilige Deponie zu prüfen sind.

Aus den Rammkernsondierungen wurden mehrere Einzelproben aus den Auffüllungen und den natürlichen Böden gemäß Merkblatt PN 98 entnommen, zu repräsentativen Mischproben zusammengestellt und jeweils 1 Mischprobe aus den Auffüllungen und aus den natürlichen Böden zur Analyse gemäß Mindestuntersuchungsprogramm LAGA M20 Bauschutt (Tab. II.1.4-1) bzw. TR Boden (Tab. II.1.2-1) auf unspezifischen Verdacht an die EUROFINS Umwelt Ost GmbH übergeben.

Nach A 6 liegen in den Auffüllungen im Feststoff erhöhte PAK-Gehalte im Bereich des Z2 – Zuordnungswertes der LAGA M20 vor. Somit sind die Auffüllungen in die Einbauklasse 2 einzustufen und lediglich für den eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen geeignet.

Gemäß der LAGA M20 darf der Aushub als Tragschicht im Straßen-, Wege- und Verkehrsflächenbau sowie in befestigten Flächen in Industrie- und Gewerbegebieten unter wasserundurchlässigen Deckschichten bzw. in Lärm-, Sichtschutz- und Straßendämme mit entsprechenden Oberflächenabdichtungen zur Abhaltung des Niederschlagswassers eingebaut werden. Sollten derartige Verwertungsorte nicht verfügbar sein, kann das belastete Material der ungebundenen Tragschicht vor Ort mit einer Zementverfestigung wieder eingebaut werden (beachte FGSV – Merkblatt Nr. 560, Ausgabe 2009). Der Abstand der Schüttkörperbasis zum höchsten zu erwartenden Grundwasser muss mindestens 1 m betragen.

Aus Baugrundsicht können die grobkörnigen Auffüllungen zur Bauwerkshinterfüllung verwendet werden, wobei zusätzlich die Hinweise zur bodenmechanischen Eignung in Abs. 4.6 zu beachten sind. Nicht wieder einbaufähige Materialien im Sinne dieser Bewertung sind auf einer geeigneten Deponie zu entsorgen.

In den natürlichen Böden wurden keine erhöhten Schadstoffgehalte festgestellt (Werte $\leq z0^*$), so dass das Material gemäß der LAGA M 20 in die Einbauklasse 0 einzuordnen und somit für den uneingeschränkt offenen Wiedereinbau für bodenähnliche Anwendungen geeignet ist.

Demnach können die natürlichen Böden (Terrassenschotter) zur Bauwerkshinterfüllung verwendet werden, wobei zusätzlich die Hinweise zur bodenmechanischen Eignung in Abs. 4.6 zu beachten sind. Nicht wieder einbaufähige Materialien im Sinne dieser Bewertung sind auf einer geeigneten Deponie zu entsorgen.

Weiterhin ist zu beachten, dass die Probennahme im Baufeld nur punktuell erfolgte und in den Auffüllungen verschiedene Schadstoffkonzentrationen vorliegen können. Planungsseitig sind somit zusätzliche Maßnahmen für baubegleitende Verwertungsuntersuchungen und optional in der Ausschreibung Positionen für die Entsorgung / Deponierung schadstoffbelasteter Materialien in den Belastungsklassen Z1, Z2, Z3-4 und Z5 mit Kleinstmengen $< 2,5 \text{ t}$ vorzusehen.

Bei erforderlicher Entsorgung ist gemäß Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnisverordnung – AVV) den Auffüllungen der Abfallschlüssel 17 09 04 und den natürlichen Böden der Abfallschlüssel 17 05 04 zuzuordnen.

Gemäß den Hinweisen zur Zuordnung von Abfällen zu den Abfallarten eines Spiegelseintrages des TLBV sind die Auffüllungen und die natürlichen Böden jeweils als nicht gefährlicher Abfall einzustufen.

Vor dem Wiedereinbau der Aushubböden an anderen Einbauorten ist zusätzlich eine gesonderte Freigabe beim zuständigen Umweltamt einzuholen und sind die deponiespezifischen Zulassungen des Thüringer Bergamtes zu beachten.

3.2.3 Nutzung geländeferner Tiefenbereiche

Im Untersuchungsgebiet gibt es keine stillgelegten bergbaulichen Anlagen oder andere oberflächenferne künstliche Hohlräume.

3.2.4 Grundwassereinwirkung

Aus der Durchführung der geplanten Baumaßnahme sind keine grundwasserschädigenden Auswirkungen zu erwarten. Aufgrund der relativ oberflächennahen Grundwasserstände werden umweltschonende Bauweisen gefordert.

3.2.5 Dynamische Einflüsse

Das Baugelände befindet sich nach DIN 4149 - „Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten“ bzw. dem Thüringer Staatsanzeiger Nr. 50/2006, in der **Erdbebenzone 0**. Nennenswerte Einflüsse sind somit nicht zu erwarten.

3.2.6 Rezente potentielle Prozesse

Nach U 6 befindet sich das Baufeld im **Subrayon B – b – I – 2**. Erdfälle und Bodensenkungen sind somit möglich, kommen aber selten vor.

Nach Auswertung der geologischen Karte (vgl. U5) werden die Lockergesteine von Sedimenten der Oberen Zechstein-Letten und vom Bröckelschiefer [Leine- bis Fulda-Folge (Pz3T2-Pz7)] bzw. bereits Sandsteinen der Calvörde-Folge (suCS) unterlagert. Auslaugungsfähige Gesteine (Gips, Anhydrit) sind am Standort vermutlich nicht mehr vorhanden.

Zudem ist zu beachten, dass aufgrund der Lage des Standortes im Einflussbereich der Remdaer Störungszone die Gipse infolge des Grundwassereinflusses erfahrungsgemäß bereits weitestgehend gelöst und nur noch als Residualbildungen vorhanden sind. Erdfälle und Bodensenkungen sind in der näheren Umgebung aus der jüngsten Vergangenheit nicht bekannt.

Unter den gegebenen Bedingungen ist das Risiko gegenüber auslaugungsbedingten Oberflächenveränderungen als gering einzuschätzen. Aus Baugrundsicht sind somit keine zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Ein geringes Restrisiko verbleibt jedoch beim Bauherrn.

3.3 Regionale Einheiten/Geologischer Überblick

- naturräumlich: nördliche Talaue der Saale im Bereich des Mittleren Saaletals
- regionalgeologisch: Auffüllungen und quartäre Schwemmmassen / Ablagerungen der Saale über dem Tafeldeckgebirge der Mühlhausen – Orlamünder Scholle mit Ablagerungen der Oberen Zechstein-Letten und vom Bröckelschiefer [Leine- bis Fulda-Folge (Pz3T2-Pz7)]
- bodenmechanisch: Auffüllungen, über sandigen, schluffigen und steinigen Kiesen (Terrassenschotter), tiefer zersetzte bis entfestigte Ton- und Mergelsteine

Bemerkung: Die Ton- und Mergelsteine wurden bei der Erkundung nicht angeschnitten. Es erfolgt somit keine gesonderte Beschreibung der petrografischen Eigenschaften.

3.4 Baugrunderkundung

Felduntersuchungen

Zur Feststellung der Baugrundsichtung sowie zur Bestimmung der Lagerungsdichte der Bodenarten wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

Tabelle 1: Felduntersuchungen

Aufschlussart	DIN	Anzahl	Anlage
Kleinrammbohrungen RKS	EN ISO 22475-1:2006	4	3.1
Rammsondierungen DPM	EN ISO 22476-2:2005	2	3.2

Zusätzlich zu den o.g. Aufschlüssen wurden zur Durchführung eines Versickerungsversuches und für das Einbringen eines Grundwassermesspegels 3 zusätzliche Rammkernsondierungen (RKS 5/15 – RKS 7/15) durchgeführt. Des Weiteren wurde im Schachtbauwerk der vorhandene Schurf noch erweitert, um die Beschaffenheit des Fundamentes genauer zu überprüfen.

Die Aufschlüsse wurden auf einen örtlichen Festpunkt (Schacht OK) eingemessen, dem nach U 10 eine Höhe von 192,76 m NHN zugeordnet werden kann. Die Lage der Aufschlüsse und des Festpunktes ist aus der Anlage A2 zu entnehmen.

Laboruntersuchungen

Zur Klassifizierung des Bodens nach DIN 18196 und zur Bestimmung der Betonaggressivität des Grundwassers wurden im Labor der BEB Jena Consult GmbH die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

Tabelle 2: Laboruntersuchungen

Untersuchung / Bestimmung	DIN	Anzahl	Anlage
Korngrößenverteilung	18123	2	5.1
Betonaggressivität Boden	EN 201-6 / 4030	1	5.2

3.5 Baugrundsichtung

Die Angabe der Baugrundsichtung erfolgt auf der Grundlage der durchgeführten Feld- und Laboruntersuchungen. Am Standort ist demnach von der nachstehenden Schichtfolge auszugehen:

Schicht 0: Auffüllungen

Genese:	künstliche Ablagerung, Oberflächenbefestigung, Bauwerkshinterfüllung
Mächtigkeit, Verbreitung:	vgl. A 3, A 4
Bodenart (DIN 14688-1):	Auffüllungen / Kies, stark sandig bis sandig, schluffig bis stark schluffig, schwach steinig bis steinig; Schluff, kiesig, sandig, tonig, schwach steinig
Beimengungen:	Ziegel- und Bauschuttreste, Asche, Wurzeln, Frostschutzmaterial, Splitt
Bodengruppe (DIN 18196):	[GU, GU*, SU, SU*, UL, TL]
Bodenklasse (DIN 18300):	3 – 4 / 5 \Rightarrow Steinanteil > 30%
Farbe:	braun, grau, rot
Lagerungsdichte / Konsistenz:	locker, mitteldicht / weich, steif
Frostempfindlichkeit:	F2 – F3 (nach ZTVE – StB 09)
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 – V3 (nach ZTVA – StB 06) *
Bodengruppe nach ATV 127:	G2 – G4
Wasserempfindlichkeit:	gering bis sehr wasserempfindlich

Schicht 1: Terrassenschotter

Genese:	quartäre Ablagerungen der Saale
Mächtigkeit, Verbreitung:	vgl. A 3 / A 4
Bodenart (DIN 14688-1):	Kies, sandig, schwach schluffig bis schluffig, schwach steinig bis steinig

Beimengungen:	Gerölle (D = 10 – 20 cm), z.T. sandige und schluffige Zwischenlagen (D ca. 10 – 30 cm)
Bodengruppe (DIN 18196):	GW, GU, GU*
Bodenklasse (DIN 18300):	3 – 4 / 5 \Rightarrow Steinanteil > 30%
Farbe:	braun, grau
Lagerungsdichte	mitteldicht, dicht
Frostempfindlichkeit:	F1 – F2 (nach ZTVE – StB 09)
Verdichtbarkeitsklasse:	V1 – V2 (nach ZTVA – StB 06) *
Bodengruppe nach ATV 127:	G1 - G2
Wasserempfindlichkeit:	gering wasserempfindlich

Partielle Ablagerungen von Auelehm (sandiger Ton / Schluff) und Auesand (schluffiger Sand) über dem Terrassenschotter sind im Baufeld möglich. Planungsseitig sind für diese feinkörnigen Böden optional die Lösungsklassen 2 – 4 vorzusehen

Die Kennwerte und Kennzeichen der mineralischen Lockergesteine sind aus Abschnitt 6.2 zu entnehmen.

Bemerkung *: Für die Einstufung der Verdichtbarkeitsklassen wurde noch die alte ZTVA – StB 06 verwendet. In der neuen ZTVA – StB 2012 ist eine Einstufung in Verdichtbarkeitsklassen nicht mehr vorhanden.

3.6 Wasserführung / Wasserstände

Grundwasser wurde in den Aufschlüssen bis 5 m unter GOK zum 1. Erkundungstermin nicht angeschnitten. Zum 3. Ortstermin wurde zunächst im Außenbereich die Rammkernsondierung RKS 6/15 durchgeführt, in der bei ca. 5,4 m (ca. 187,8 m NHN) unter GOK im Terrassenschotter Grundwasser angeschnitten wurde. Ein Rammpegel konnte aufgrund des Nachfalls von Boden jedoch nicht eingebaut werden.

Daraufhin wurde in einem Schacht am Bestandsgebäude zusätzlich die Rammkernsondierung RKS 7/15 durchgeführt und im Anschluss ein Rammpegel bis ca. 3 m unter UK Schachtsohle eingebaut. Nach dem Einbau wurde ein Ruhewasserstand von -2,12 m unter OK Pegel (187,92 m NHN) gemessen. Bei Folgemessungen wurden die nachstehenden Pegelstände festgestellt (Stichtagsmessungen).

Tabelle 3: Pegel- / Grundwasserstände in RKS 7/15 (Rammpegel)

Datum	GW in [m] unter OK Pegel	GW in [m NHN]
11.09.2015	-2.12	187,92
15.09.2015	-2,12	187,92
21.09.2015	-2,15	187,89

Der Terrassenschotter (Schicht 1) ist als oberer Grundwasserleiter einzustufen. Die Grundwasserstände in der Aue korrespondieren mit dem Oberflächenwasser der Saale. Zum Ortstermin am 11.09.2015 wurde ein Wasserstand in der Saale von 190,28 m NHN und somit ca. 2,4 m über dem Grundwasserstand im Rammpegel festgestellt. Somit liegt ein starkes hydrologisches Gefälle zwischen dem Oberflächenwasser der Saale und den Auengrundwasserständen vor.

Genaue Bemessungswasserstände liegen für den Standort nicht vor und können nicht aus Messreihen vorhandener Grundwassermessstellen in Rudolstadt-Volkstedt abgeleitet werden.

Aus Baugrundsicht sollten die Beobachtungen zum Hochwasserereignis Ende Mai / Anfang Juni 2013 zugrunde gelegt werden. Damals wurde im Keller des Theaters ein Wasserstand von ca. 0,7 m über OK Fußboden festgestellt, was einem Grundwasserstand von ca. 190,6 m NHN entspricht. Da das Hochwasserereignis als HQ 100 der Saale eingestuft wird, sollte der damals gemessene Wasserstand auch als maßgebender höchster Bemessungsgrundwasserstand (HGW) angenommen werden.

Dieser Wert korrespondiert auch gut mit der hydrologischen Übersichtskarte (HÜK 200) der Oberen Wasserbehörde für das Stadtgebiet Rudolstadt, die bei einem HQ 200 – Hochwasser der Saale mittlere Grundwasserstände in der angeschlossenen Aue von ca. 2 m unter GOK angibt. Der angegebene Bemessungsgrundwasserstand ist jedoch noch durch eine zusätzliche Stellungnahme von der Oberen Wasserbehörde zu bestätigen.

3.7 Wassereigenschaften

In der untersuchten Wasserprobe wurden keine erhöhten Schadstoffgehalte festgestellt (vgl. A 5.2). Für erdberührte grundwasserberührte Bauwerksteile (Fundamente, Bodenplatte, Kellerwände) braucht bei der Betonherstellung nach DIN 1045-2 hinsichtlich des chemischen Angriffsgrades somit keine besondere Expositionsklasse berücksichtigt zu werden.

4. Baugrundeignung

Die Aussagen dieses Abschnittes sind aus dem Baugrundmodell abgeleitet und gelten in Verbindung mit der Geometrie nach Abschnitt 3 als unmittelbare Planungsgrundlage.

4.1 Bebaubarkeit des Standortes

Für die geplante Bebauung ist der Standort bedingt geeignet. Mit erhöhten Aufwendungen ist in der Bauausführung in folgenden Bereichen zu rechnen:

Das Bestandsgebäude ist z.T. nicht unterkellert. Im Übergang vom unterkellerten zum nicht unterkellerten Anbau sind somit Maßnahmen zur Abfangung / Unterfangung von Bestandsfundamenten vorzusehen.

Aufgrund der geplanten Höheneinordnung des Anbaues im Kellerbereich sind ggf. zusätzliche Maßnahmen zur Abfangung / Unterfangung von Bestandsfundamenten vorzusehen.

Unter Berücksichtigung des angegebenen Bemessungswasserstandes ist mit erhöhten Aufwendungen zur Abdichtung des Gebäudes zu rechnen.

In den Auffüllungen wurden erhöhte Schadstoffgehalte festgestellt, so dass optional Maßnahmen für baubegleitende Altlastenuntersuchungen und Positionen für die Entsorgung / Deponierung schadstoffbelasteter Materialien vorzusehen sind.

Aufgrund der Nähe baulicher Anlagen und Verkehrsflächen sind im Bereich der Unterkellerung planungsseitig zusätzliche Maßnahmen zur Sicherung der Baugrube vorzusehen (Verbau).

Die anstehenden Böden sind zur Bauwerkshinterfüllung z.T. nicht geeignet, so dass Maßnahmen zur Aufbereitung des Aushubes (Stabilisierung) bzw. Maßnahmen für den Einsatz geeigneter Fremdmaterialien (Bodenaustausch) vorzusehen sind (Anforderungen siehe Abs. 5.9).

4.2 Belastbarkeit

Die Belastbarkeit der Schichten ist wie folgt zu bewerten:

Schicht 0: Auffüllungen

Die Auffüllungen im Hinterfüllbereich des Bestandgebäudes wurden z.T. mit einer lockeren Lagerung angetroffen, sind somit als gering tragfähig einzustufen und lediglich zur Abtragung kleiner Bauwerkslasten geeignet.

Bei einem Belastungseintrag ist zu beachten, dass die zulässigen Grenzwerte für die Gesamtsetzung bzw. die Setzungsdifferenz zwischen benachbarten Bauwerksteilen nicht überschritten werden.

Schicht 1: Terrassenschotter

Der Terrassenschotter ist aufgrund seiner mitteldichten bis dichten Lagerung als tragfähig einzustufen und zur Abtragung mittlerer Belastungen geeignet.

4.3 Lösbarkeit

Die Lösbarkeit der Schichten ist nach DIN 18300 wie folgt zu bewerten:

Tabelle 4: Bodenklassen

Schicht Nr.	Bodenart	Bodenklasse
0	Auffüllungen	3 – 4 / 5 \Rightarrow Steinanteil > 30%
1	Terrassenschotter	3 – 4 / 5 \Rightarrow Steinanteil > 30%

Bemerkung: Gemäß den Aussagen in Abschn. 3.2.1 sind planungsseitig zusätzliche Maßnahmen für das Lösen von „Bauwerks- und Fundamentresten“ vorzusehen.

4.4 Rammpbarkeit

Die Rammpbarkeit der Schichten ist nach EAU 2004 für schlagende Verfahren wie folgt zu bewerten:

Tabelle 5: Rammpbarkeit

Schicht Nr.	Bodenart	Rammpbarkeit
0	Auffüllungen	leicht bis mittelschwer
1	Terrassenschotter	mittelschwer bis schwer

Bemerkung: Aufgrund der Nähe von Gebäuden bzw. baulichen Anlagen, in die ggf. keine Erschütterungen eingetragen werden dürfen, sind optional Maßnahmen für Lockerungsbohrungen vorzusehen.

Andere Kriterien gelten für das **Einbringverfahren mit Vibration**, manchmal auch **Rüttelrammen** genannt. Bei Anwendung dieses Verfahrens müsste aufgrund der z.T. dichten Lagerung des Terrassenschotter in der Ausschreibung von nahezu 100%igem Vorbohren ausgegangen werden.

Aus den genannten Gründen ist alternativ ein **Bohrträgerverbau** die sichere und wirtschaftlichere Methode zur Sicherung der Baugruben.

4.5 Bohrbarkeit

Die Bohrbarkeit der Schichten ist nach DIN 18301 wie folgt zu bewerten:

Tabelle 6: Bohrbarkeit

Schicht Nr.	Bodenart	Boden- bzw. Felsklasse / Zusatzklasse
0	Auffüllungen	BN1 – BN2, BB2 – BB3 / BS1 – BS3
1	Terrassenschotter	BN1 – BN2 / BS1 – BS3

Bemerkung: Bei tieferer Einbindung des Verbaus ist zur Bestimmung der weiteren Schichtfolge eine zusätzliche Kernbohrung auszuführen, da in den unterlagernden Festgesteinen härtere Felsbänke nicht ausgeschlossen werden können.

4.6 Verwendbarkeit der Schüttstoffe aus Aushub und Abtrag nach bodenmechanischen Aspekten

Beim Wiedereinbau gelösten Bodens sind die Bestimmungen der ZTVE - StB 09 und der DIN 18300 zu beachten. Unter Berücksichtigung dieser Richtlinien ist die Verwendbarkeit der Bodenarten wie folgt zu bewerten:

Schicht 0: Auffüllungen

Grobkörnige Auffüllungen (Bodengruppe: GW, GU \Rightarrow Oberflächenbefestigung) sind als Verfüllmaterial in statisch belasteten Abschnitten geeignet und können zur Bauwerkshinterfüllung, Grabenverfüllung (Hauptverfüllung) und zur Angleichung von Planumsflächen verwendet werden.

Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass schadstoffbelastete Auffüllungen zur Wiederverfüllung nicht geeignet und ggf. gesondert zu entsorgen sind.

Feinkörnige Auffüllungen (Bodengruppe: GU*, SU*, TL, UL) sind als Verfüllmaterialien in statisch belasteten Abschnitten nicht geeignet und sollten lediglich in Bereiche eingebaut werden, die keine besonderen qualitativen Anforderungen besitzen.

Durchfeuchtete Materialien sind generell auszuhalten bzw. vor dem Einbau entsprechend aufzubereiten (Trocknung, Stabilisierung durch hydraulische Bindemittel usw.).

Schicht 1: Terrassenschotter

Der Terrassenschotter ist als Verfüllmaterial in statisch belasteten Abschnitten geeignet und kann zur Bauwerkshinterfüllung bzw. Angleichung von Planumsflächen verwendet werden.

Grobkorn ($> 1/3$ der Schüttlage) ist auszusortieren bzw. in Brecheranlagen zu zerkleinern.

Durchfeuchtete Materialien sind generell auszuhalten bzw. vor dem Einbau entsprechend aufzubereiten (Trocknung, Stabilisierung durch hydraulische Bindemittel usw.).

4.7 Versickerbarkeit, Untergrunddurchlässigkeit

Zur Bewertung der Versickerbarkeit ist schichtbezogen die Angabe der Durchlässigkeit erforderlich. Gemäß den petrografischen Eigenschaften ist von folgenden, vorsichtig geschätzten k_f – Werten auszugehen:

Tabelle 7: Durchlässigkeitsbeiwerte k_f

Schicht Nr.	Bodenart	k_f – Wert in [m/s]	Einstufung nach DIN 18130
0	Auffüllungen	$10^{-4} - 10^{-7}$	durchlässig bis schwach durchlässig
1	Terrassen- schotter	$10^{-3} - 10^{-5}$	durchlässig

Zur genaueren Bestimmung der maßgebenden Untergrunddurchlässigkeit wurde zum 2.Ortstermin am 27.08.2015 zusätzlich die Rammkernsondierung RKS 5/15 abgeteuft, in das Bohrloch Filterrohre eingebaut und ein Versickerungsversuch mit instationären Druckverhältnissen (fallender Wasserspiegel) durchgeführt. Die Messergebnisse sind aus der Anlage A6 zu entnehmen.

Nach A 6 kann für den Terrassenschotter eine mittlere Durchlässigkeit von $k_f \approx 3 \times 10^{-4}$ m/s angenommen werden. Gemäß der „Richtlinie zur Beseitigung von Niederschlagswasser in Thüringen“ der Thüringer Landesanstalt für Umwelt bzw. des Arbeitsblattes ATV–DVWK-A 138 ist eine Versickerung in Böden gegeben, deren Durchlässigkeit zwischen 5×10^{-3} bis 5×10^{-6} m/s liegt. Demnach ist eine Versickerung im Terrassenschotter möglich, die aufgrund der relativ hohen Grundwasserstände vorzugsweise über Rigolen erfolgen sollte.

Im Zuge der aktuellen Untersuchung sollte zur Vorplanung auch eine überschlägliche Berechnung der erforderlichen Rigolenlänge erfolgen, wobei sämtliche befestigte Flächen im Bereich des Theaters und der angeschlossenen Verkehrsflächen zu berücksichtigen sind. In Abstimmung mit dem Planer wurden für die aktuelle Berechnung die Dachflächen des Theatergebäudes und die momentan befestigten Verkehrsflächen (Pflaster, Plattenbelag) im Bereich des Vorplatzes und vorhandener Umfahrungen angesetzt.

Nach A9 ergibt sich bei einer angenommen Breite / Höhe der Rigole von $1,5 \times 1,0$ m eine erforderliche Länge von ca. 52 m. Die Anordnung dieser Rigole bzw. die Prüfung alternativer Ausführungen / Varianten hat im Zuge einer gesonderten Planung zu erfolgen. Diese Planung ist im Vorfeld mit der zuständigen Umweltbehörde abzustimmen.

5. Bautechnische Folgerungen

5.1 Allgemeines

Die nachfolgenden Vorschläge sind Empfehlungen zur geotechnischen Entwurfsbearbeitung i.S. der DIN 4020 für die Bebauung auf einem **bedingt tragfähigen** bis **tragfähigen** Baugrund, über deren Realisierung der Anwender endgültig entscheidet.

5.2 Bauwerkseinordnung

Die Lage des Anbaues ist vorgegeben. Gegen die gewählte Anordnung bestehen keine Einwände. Planungsseitig sind lediglich die vorhandenen Leitungsverläufe zu beachten.

Hinsichtlich der Höheneinordnung sind im nicht unterkellerten Bereich die Anforderungen für die frostfreie Mindesteinbindung der Fundamente zu beachten. Demnach ist in den betreffenden Abschnitten eine Mindesteinbindung von 0,8 m einzuhalten.

In den unterkellerten Abschnitten wird die Fußboden OK unter dem Bestandsfußboden angeordnet. Somit sind ggf. Maßnahmen zur Abfangung der Bestandsfundamente vorzusehen, wobei die Bestimmungen der DIN 4123 strikt einzuhalten sind.

5.3 Konstruktionssystem / Gründungsempfehlung

Gegen das geplante Konstruktionssystem des Neubaus (Wandsystem mit aussteifenden Geschossdecken) bestehen aus Baugrundsicht keine Einwände.

Zwischen dem Anbau und dem Bestandsgebäude ist eine durchgängige Setzungsfuge auszubilden, um unterschiedliche Verformungen der Baukörper zu ermöglichen und Lastumlagerungen in den Abschlussbereichen auszuschließen.

5.3.1 Gründungsempfehlung

Nach aktueller Planung soll die Abtragung der Belastungen über konstruktiv bewehrte Bodenplatten (D ca. 0,3 m) erfolgen. Gegen die geplante Gründungsvariante bestehen aus Baugrundsicht keine Einwände.

Da bei der Erkundung z.T. oberflächennah locker gelagerte Auffüllungen festgestellt wurden, ist in den nicht unterkellerten Anbaubereichen zur Setzungsminimierung ggf. noch die Herstellung eines Gründungspolsters ($D \geq 0,5$ m) erforderlich. Hinweise zur Herstellung des Polsters sind aus Abs. 5.9 zu entnehmen.

Alternativ wird nach Angaben des Planers auch die Herstellung von Streifenfundamenten im nicht unterkellerten Bereich geprüft. Diese Gründungsvariante ist in den betreffenden Abschnitten aus Gutachtersicht möglich. Zur Festlegung der Vorzugsvariante sind dann zusätzliche Kostenvergleiche zu führen.

Die maßgebenden bodenmechanischen Kennwerte zur Bemessung der Gründungen (Bemessungswiderstand des Sohldrucks, Bettungsmodul, resultierende Setzungen usw.) sind aus Abs. 6.2 zu entnehmen.

5.4 Bauwerksschutz

Sperr- und Dichtungsmaßnahmen sind entsprechend den Trockenheitsanforderungen aus der Nutzung vorzunehmen. Am Standort ist im Bereich der Unterkellerung bei Bestätigung des angegebenen Bemessungswasserstandes mit einem Andrang von Grundwasser zu rechnen. Somit sind die wasserberührten Flächen gemäß DIN 18195 / Blatt 6 gegen von außen drückendes Wasser abzudichten.

Da die Unterkellerung komplett als weiße Wanne in wu-Bauweise hergestellt werden soll, sind für den Anbau keine zusätzlichen Maßnahmen zur Bauwerksabdichtung erforderlich.

Für das Bestandsgebäude ist zu prüfen, ob mit dem Anschluss des Anbaues eine ausreichende Abdichtung der vorhandenen Unterkellerung gegeben ist bzw. ob zusätzliche Maßnahmen zur Abdichtung erforderlich sind. Aufgrund der beschriebenen Sachverhalte ist die gesamte Bauwerksabdichtung von einem Fachingenieur gesondert zu planen.

In den nicht unterkellerten Abschnitten ist lediglich mit einem Andrang von Kapillar- und Sickerwasser zu rechnen. Somit sind in diesen Bereichen die erdberührten Flächen (Bodenplatte) gemäß DIN 18195 / Blatt 4 gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser abzudichten.

Bei Ausführung der Hausanschlussleitungen sind die Gräben vor den Bauwerken mit einer Betonitsperre auszuführen, um mögliche Sickerwässer von der Bauwerkswand dauerhaft fernzuhalten.

5.5 Schutz der Baugrundes

Im Untersuchungsgebiet gelten die Bestimmungen des Allgemeinen Frostschutzes in Frostperioden (DIN 1054). Demnach ist eine **Mindesteinbindetiefe von 0.80 m** erforderlich. Unter Bodenplatten ist eine umlaufende Frostschräge auszubilden.

Anfallendes Brauch- und Oberflächenwasser ist in dichten Leitungen sicher abzuleiten.

5.6 Wasserhaltung

Bauzeitlich ist lediglich mit einem Andrang von Oberflächen- und Niederschlagswasser zu rechnen. Das anfallende Wasser ist durch eine offene Haltung zu fassen und in den nächsten Vorfluter abzuleiten bzw. direkt in den Terrassenschotter einzuleiten.

Die Baumaßnahme sollte jedoch in Zeiten mit niedrigen Grundwasserständen durchgeführt werden, um bei partiell tieferer Einbindung der Baugrube die Aufwendungen für bauzeitliche Wasserhaltung zu minimieren.

5.7 Schutz der Baugrube

Baugruben und Gräben mit Tiefen über 1,25 m sind nach DIN 4124 abzusteiern oder abzuböschern. Bei der Herstellung von Baugruben bis 5 m Tiefe sind ohne rechnerischen Nachweis für unbelastete Böschungen (lastfreier Streifen je nach Verkehrslast bis 12 t > 1 m, über 12 t > 2 m) folgende Neigungswinkel nicht zu überschreiten:

Tabelle 8: Böschungswinkel β

Schicht Nr.	Bodenart	Böschungswinkel β in [°]
0	Auffüllungen	45
1	Terrassenschotter	45

Bei belasteten Böschungen ist ein gesonderter Standsicherheitsnachweis zu führen.

Aufgrund der Nähe von baulichen Anlagen (Straße, Verkehrsflächen) ist die Herstellung einer frei geböschten Baugrube im Bereich der Unterkellerung ggf. nicht möglich und somit Maßnahmen zur Sicherung erforderlich.

Zur Sicherung der betreffenden Abschnitte sollte die Herstellung eines Verbaues mit Trägerbohlwänden erfolgen, die in den Untergrund entsprechend statischem Nachweis frei einzuspannen sind. Hinsichtlich der Ramm- und Bohrbarkeit der Schichten sind die Aussagen der Abschnitte 4.4 / 4.5 zu beachten.

Bei Annäherung an Bauwerke sind die Bestimmungen der DIN 4123 einzuhalten und der Verbau ist statisch nachzuweisen.

Bei Leitungsquerungen sind entsprechende Hilfsverbauten vorzusehen, die den Einbruch des anstehenden Baugrundes in den Graben verhindern.

5.8 Planumsschutz

Die im Gründungsbereich anstehenden Bodenarten sind nicht bzw. gering witterungs-empfindlich einzustufen, so dass Maßnahmen zum Schutz der Planumsflächen eigentlich nicht erforderlich sind.

Unter der Bodenplatte in den nicht unterkellerten Abschnitten wird jedoch der Einbau einer Tragschicht ($D \geq 0,3 \text{ m}$) aus abgestuften, verdichtungsfähigen Brechkorngemischen (Körnungsbereich 0/45 bzw. 0/56 mm) empfohlen. Das Schottermaterial dient gleichzeitig als kapillarbrechende Schicht. Werden unter den Bodenplatten zusätzliche Gründungspolster hergestellt, ist die gesonderte Herstellung einer Tragschicht nicht erforderlich.

Zur Sicherung der Tragschicht / des Gründungspolsters bzw. des Planums in den unterkellerten Abschnitten als Arbeitsebene wird zusätzlich der Einbau einer Sauberkeitsschicht ($D = 5 - 8 \text{ cm}$) aus Magerbeton (Betongüte: C 8/10 nach DIN EN 206-1) empfohlen.

Nach Fertigstellung der Baugrube ist das Planum durch geeignete Geräte nachzuverdichten, um Auflockerungen im Gründungsbereich auszuschließen.

5.9 Gründungspolster

Zur Minimierung der Setzungen im nicht unterkellerten Abschnitt ist ggf. die Herstellung eines Gründungspolsters erforderlich, wobei erfahrungsgemäß von Mindestpolsterstärken $D \geq 0,5 \text{ m}$ auszugehen ist.

Als Polstermaterialien sind abgestufte, verdichtungsfähige Brechkorngemische (Körnungsbereich 0/45 bzw. 0/56 mm) oder gleichwertige verdichtungsfähige, schadstofffreie und volumenbeständige RC-Materialien zu verwenden. Beim Einbau / der Verdichtung der Materialien sind die Bestimmungen der ZTVE – StB 09 zu beachten.

Die Eignung des Materials ist durch entsprechende Untersuchungen bzw. gültige Zertifikate nachzuweisen, wobei zusätzlich die Bestimmungen der TL Gestein StB 2004 bzw. TL BuB E – StB 09 zu beachten sind.

Baubegleitend sind die erreichte Tragfähigkeit und die Verdichtung durch statische Plattendruckversuche nach DIN 18134 zu überprüfen, wobei folgende Werte nachzuweisen sind:

- Tragfähigkeit $E_{v2} \geq 60 \text{ MN/m}^2$
- Verdichtungsbeiwert $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,4$

Im Rahmen der Qualitätssicherung sind auf der Polster OK mindestens 3 – 4 Kontrollmessungen auszuführen. Über den genauen Zeitpunkt der Abnahme ist der Gutachter rechtzeitig zu informieren.

Das Polster ist durch eine Flächendränage zu entwässern, um Staunässe in der Gründungssohle zu vermeiden.

5.10 Verdichtungs- und Materialanforderungen für Liefermaterial und Aushub

- Bauwerkshinterfüllung

Bei der Herstellung der Bauwerkshinterfüllung sind die Bestimmungen der ZTVE – StB 09 zu beachten. Demnach sind zur Verfüllung in statisch belasteten Abschnitten vorzugsweise grobkörnige bzw. gemischtkörnige Böden zu verwenden (vgl. Abs. 10.2.4, Pkt. 1 + 2).

Der Boden ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Gemäß Abschnitt 10.3.5 ist in dem Hinterfüllbereich ein Verdichtungsgrad $D_{pr} \geq 100 \%$ nachzuweisen.

Gemäß der Klassifizierung in Abs. 3.5 sind lediglich grobkörnige, schadstoffunbelastete Auffüllungen (Schicht 0) und der Terrassenschotter (Schicht 1) zur Verfüllung in statisch belasteten Abschnitten geeignet. Feinkörnige und schadstoffbelastete Auffüllungen sind zur Verfüllung in statisch belasteten Abschnitten ohne vorherige Aufarbeitung (Stabilisierung durch hydraulische Bindemittel) nicht geeignet. Somit sind geeignete Fremdmaterialien zur Verfüllung vorzusehen (Bodenaustausch).

Als Bodenersatzmaterialien empfehlen wir die Verwendung kornabgestufter, natürlicher Hartgesteinsbrechkorngemische bzw. ein volumenbeständiges, kontaminationsfreies Beton - RC (Hinweise der TL Gestein StB 04 + TL BuB E –StB 09 beachten) der Körnung 0/45 - 0/56 mm.

Baubegleitend sind die erreichte Verdichtung lagenweise durch dynamische Plattendruckversuche mit dem leichten Fallgerät und die Homogenität der Hinterfüllung durch leichte Rammsondierungen DPL nach DIN 4094 zu überprüfen. In Abhängigkeit von der Prüfmethode sind folgende Werte nachzuweisen:

- Dynamische Plattendruckversuche $E_{\text{dyn.}} \geq 30 \text{ MN/m}^2$
- leichte Rammsondierungen DPL Schlagzahlen $N_{10} \geq 15 - 20$

Im Rahmen der Qualitätssicherung sind je 0,5 m Einbaulage mindestens 6 - 8 dynamische Plattendruckversuche DPDV durchzuführen und ist die Homogenität der Hinterfüllung durch 6 – 8 leichte Rammsondierungen DPL zu überprüfen. Über den Zeitpunkt der Abnahme ist der Gutachter rechtzeitig zu informieren.

6. Berechnungsgrundlagen

6.1 Allgemeine und Geltung

Die Aussagen des Abschnittes - Baugrundmodell - gelten unmittelbar als Planungsgrundlage. Bei ihrer Anwendung ist zu beachten, dass die Aussagen zur Geometrie des Baugrundes, wie Schichtgrenzen und Wasserstände, Abbildcharakter besitzen und noch nicht unter Beachtung von Sicherheitsbedürfnissen modifiziert wurden.

6.2 Spezielle Berechnungsgrundlagen

Zur Durchführung erdstatischer Berechnungen können neben den Angaben unter Abschnitt 3 die nachfolgenden Bodenkenngößen verwendet werden. Die angegebenen Merkmale wurden auf der Grundlage der Feld- und Laborversuche ermittelt und entsprechen Schichtmittelwerten, die z.T. auf territorialen Erfahrungswerten beruhen.

Tabelle 9: charakteristische Bodenkenngößen

Schicht Nr.	Bodenart	Wichte erdfeucht γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	wirks. Reibungswinkel ϕ'_k [°]	wirks. Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
0	Auffüllungen					
	- feinkörnig	18	8	22	0 - 5	4 - 8
	- grobkörnig	19	11	30	-	10 - 30
1	Terrassenschotter	20	12	34	-	30 - 50

Bemerkung: Aufgrund unterschiedlicher petrografischer Zusammensetzung und wechselnder Lagerungsdichten und Konsistenzen variieren bei den Böden z.T. die Werte für die Kohäsion und den Es-Wert. Für erdstatische Nachweise sind somit stets die unteren Grenzwerte anzusetzen.

6.2.1 Bemessungswiderstand des Sohldrucks für Streifenfundamente

In den nicht unterkellerten Abschnitten soll die Gründung des Anbaues ggf. auf Streifenfundamenten erfolgen. Der Bemessungswiderstand des Sohldrucks wird auf der Basis von Grundbruchbetrachtungen ermittelt. Bei der Berechnung wird von den nachstehenden Annahmen ausgegangen:

1. Die Fundamente binden in die Auffüllungen ein. Die Einbindetiefe wird mit $t \geq 0,8$ m angenommen.
2. Die Fundamentbreite wird in den Berechnungen schrittweise variiert.
3. Die Schichtfolge bei RKS 1/15 wird als maßgebende Gründungssituation angenommen. Die Bodenkennwerte werden aus Tabelle 9 entnommen.

Unter Berücksichtigung dieser Annahmen können der Bemessungswiderstand des Sohldrucks, die zugehörige rechnerische Setzung und der Bettungsmodul k_s für den Grenzzustand GEO-2 aus dem Berechnungsprotokoll der Anlage A7 entnommen werden.

Bei außermittiger Lasteintragung ist Abs. 7.7 der DIN 1054 zu beachten (Berechnung der charakteristischen Sohlspannung mit reduzierter Fundamentsohlfäche).

Die Verträglichkeit der angegebenen rechnerischen Setzungen ist für den Grenzzustand SLS planungsseitig zu prüfen.

6.2.2 Bemessungswiderstand des Sohldrucks für Bodenplatten

Die Bestimmung des Bemessungswiderstandes des Sohldrucks erfolgt auf der Basis einer Grundbruchbetrachtung. Bei der Berechnung wird von den nachstehenden Annahmen ausgegangen:

1. Die Plattendicke wird mit $D \geq 0,3$ m angenommen. Im Randbereich wird die mitwirkende Plattenbreite b_m mit 1,8 m angesetzt ($b_m = 6 \times D$). Die Einbindetiefe wird mit $t = 0,3$ m angenommen (gleich Plattendicke).
2. Die Schichtfolge bei RKS 1/15 wird als maßgebende Gründungssituation angenommen. Die Bodenkennwerte werden aus Tabelle 9 entnommen.

3. Unter der Bodenplatte wird ein Gründungspolster ($D \geq 0,5 \text{ m}$) mit folgenden Kennwerten hergestellt: $\gamma_k / \gamma'_k = 20 / 12 \text{ kN/m}^3$, $\phi'_k = 35^\circ$, $c'_k = 0$, $E_{s,k} = 25 \text{ MN/m}^2$

Unter Berücksichtigung dieser Annahmen wird für den Grenzzustand GEO-2 der **Bemessungswiderstand des Sohldrucks** von $\sigma_{R,d} \leq 250 \text{ kN/m}^2$ zugelassen.

Bei Ausnutzung des Bemessungswiderstandes des Sohldrucks ist mit **resultierenden Setzungen s zwischen 1,0 – 2,5 cm** zu rechnen. Die Verträglichkeit der Setzungen ist für den Grenzzustand SLS planungsseitig zu prüfen.

6.2.3 Bettungsmodul k_s

Für die Bemessung der Gründung mit dem Verfahren der elastischen Bettung ist die Angabe des k_s – Wertes erforderlich. Dieser Parameter ist eine last- und verformungsabhängige Größe und wird als Quotient aus vorhandenem Sohldruck und zugehöriger Setzung berechnet.

Unter Berücksichtigung der Eingangswerte in Abschnitt 6.2.2 sind zur Vorbemessung **mittlere Bettungsmodule k_s zwischen 10 - 25 MN/m³** anzunehmen.

Zur Erfassung aller maßgebenden Schnittkraftverläufe hat die Bemessung jeweils mit dem unteren und oberen Grenzwert zu erfolgen.

Die Verträglichkeit der in den Berechnungsprotokollen angegebenen rechnerischen Setzungen ist für den Grenzzustand SLS planungsseitig zu prüfen.

6.2.4 Erddruckansätze

Bei der Bemessung der Kellerwände sind ein erhöhter aktiver Erddruck ($0,5 E_a + 0,5 E_o$) und zusätzlich ein Verdichtungserddruck anzusetzen.

6.3 zusätzlich erforderliche Untersuchungen

Bei tieferer Einbindung der Verbauträger ist die Schichtfolge im Einbindebereich ggf. durch eine zusätzliche Kernbohrung nachzuerkunden.

Die Rigolenlänge wurde auf der Grundlage einer überschläglichen Flächenaufnahme bestimmt. Die Bestimmung der maßgebenden Rigolenlänge hat somit planungsbegleitend mit den tatsächlich angeschlossenen Flächen und auf der Grundlage einer zusätzlichen Baugrunduntersuchung am Standort der Versickerungsanlage zu erfolgen.

Momentan liegen keine Angaben zu geplanten Leitungsverlegungen und zur Anlage / Erneuerung von Verkehrsflächen vor. Diesbezügliche Angaben können im Rahmen einer planungsbegleitenden Stellungnahme erfolgen.

Die o.g. Untersuchungen / Stellungnahmen können kurzfristig von der BEB Jena Consult durchgeführt / erstellt werden. Bei gewünschter Durchführung der beschriebenen zusätzlichen Leistungen bitten wir um Rückmeldung zur Abstimmung der weiteren Vorgehensweise und der Ausführungstermine.

7. Hinweise

Die Baugrunduntersuchung beruht als Grundlage der bautechnischen Empfehlungen auf punktuellen Aufschlüssen. Eine Überprüfung während der Gründungs- und Erdarbeiten ist daher **erforderlich**, um die Übereinstimmung des Berichtes mit den tatsächlichen Verhältnissen festzustellen und zu bestätigen. Erst danach können die angegebenen Kennwerte endgültig als verbindlich bestätigt werden.

Vor Beginn der Bauarbeiten wird für die angrenzenden Gebäude und Flächen die Durchführung einer Beweissicherung empfohlen, um vorhandene Schäden zu dokumentieren und ungerechtfertigte Ersatzansprüche abzuwehren.

Zu Einzelheiten möglicher Bauverfahren wurde Stellung genommen, soweit dies anhand der übergebenen Unterlagen abschätzbar war.

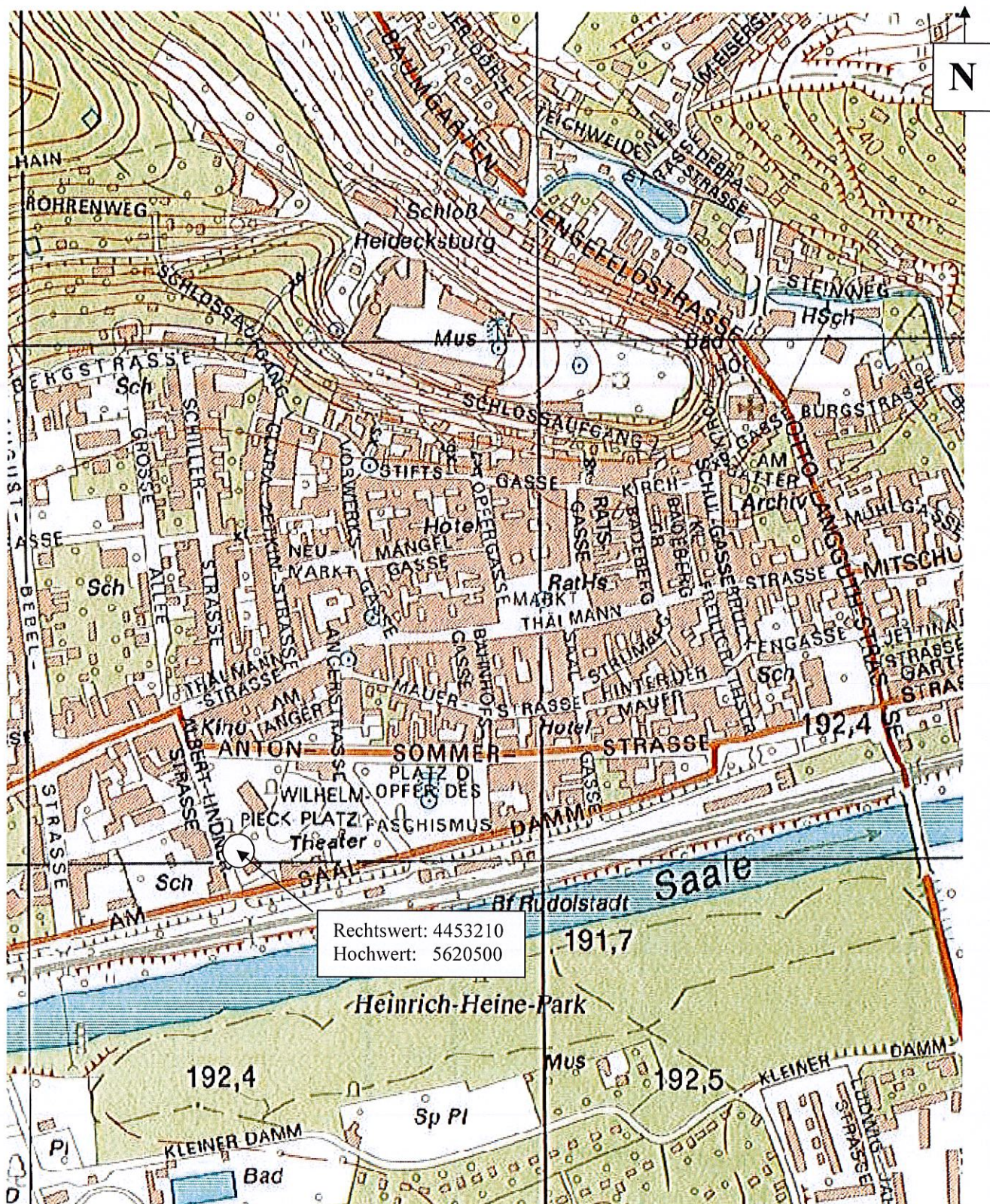
Es wird generell davon ausgegangen, dass die in Planung und Bauausführung beteiligten Ingenieure alle die den relevanten Normen und Regeln der Bautechnik entsprechenden Nachweise führen.

Soweit im Rahmen von Planungen, ausführenden Arbeiten, von Sondervorschlägen usw. weitere Verfahren vorgeschlagen werden, wird empfohlen, die zugehörigen Unterlagen bezüglich bodenmechanischer und gründungstechnischer Belange der BEB Jena Consult GmbH vorzulegen.

Bei allen Arbeiten sind die Festlegungen der einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften (z.B. Allgemeine Vorschriften, Bauarbeiten, Grabenverbaugeräte) zu beachten.

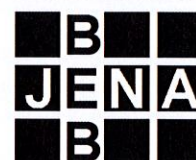
Anlagenübersicht

- A 1 - Übersichtsplan
- A 2 - Lageplan
- A 3 - Profildarstellungen
- A 4 - geologische Schnitte
- A 5 - Laboruntersuchungen
- A 6 - Protokoll Versickerungsversuch
- A 7 - Protokoll zur Grundbruch-
und Setzungsberechnung
- A 8 - Prüfbericht EUROFINS
Umwelt Ost GmbH
- A 9 - Vorbemessung Rigole
- A10 - Fotodokumentation



BEB Jena Consult GmbH

Baugrund – Erdbau – Beweissicherung
Spitzweidenweg 107
07743 Jena
☎ 03641-4527-0
Fax 03641-452730



Auftr.- Nr.: 5234/03/15

Anlage: A1 – Übersichtsplan

Vorhaben: Rudolstadt, Am Anger, Theater Rudolstadt,
Funktionsanbau Großes Haus

Maßstab: 1 : 5000

Datum: 14.09.2015

Bearbeiter: Iö

RKS 1/15

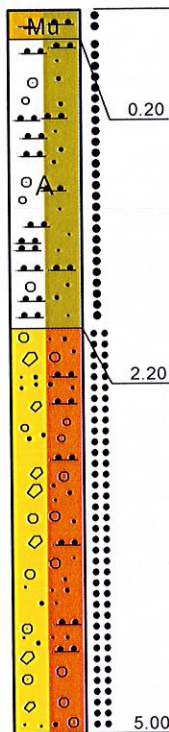
m NHN

193.5
 193.0
 192.5
 192.0
 191.5
 191.0
 190.5
 190.0
 189.5
 189.0
 188.5
 188.0
 187.5
 187.0

192,95 m NHN

Schicht 0

Schicht 1



Mutterboden + Schluff,
 sandig, humos,
 durchwurzelt, dunkelbraun

Auffüllung + Schluff,
 sandig, schwach
 kiesig - kiesig,
 tonig + Kies, stark
 schluffig, schwach
 sandig, tonig, Ziegelreste,
 Asche, braun, grau,
 rot

(A)

Kies, sandig - stark
 sandig, schwach
 schluffig - schluffig,
 schwach steinig,
 Terrassenschotter,
 braun, grau

GU GU* GW

ausgeführt am 07.07.2015

Bemerkung: kein Grundwasser angeschnitten !

Legende

••••• locker bis sehr locker
 ••••• mitteldicht

A

Auffüllung

Mu

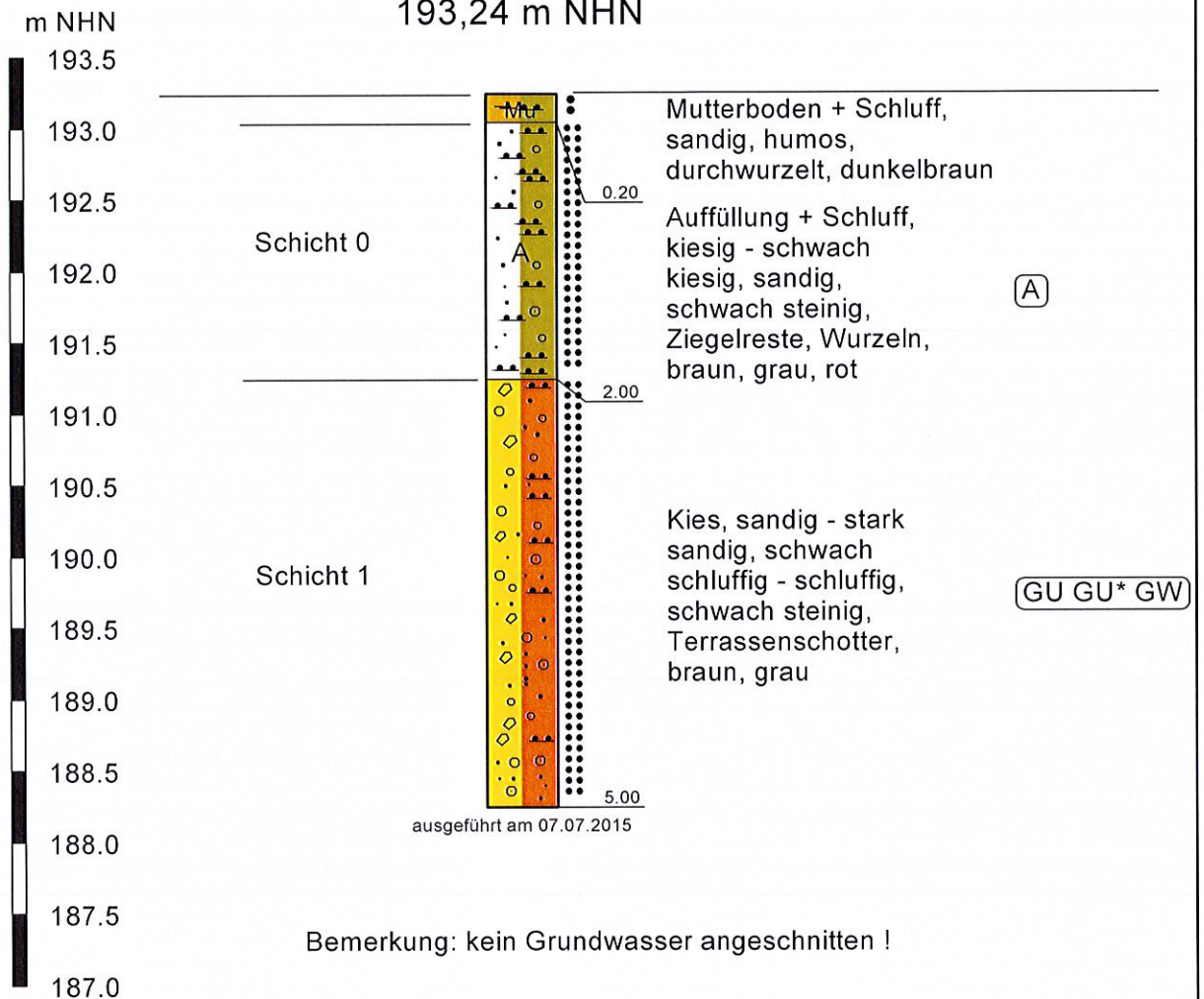
Mutterboden

Kies

Schluff

RKS 2/15

193,24 m NHN



Legende

locker bis sehr locker
 mitteldicht

A

Auffüllung

Mu

Mutterboden

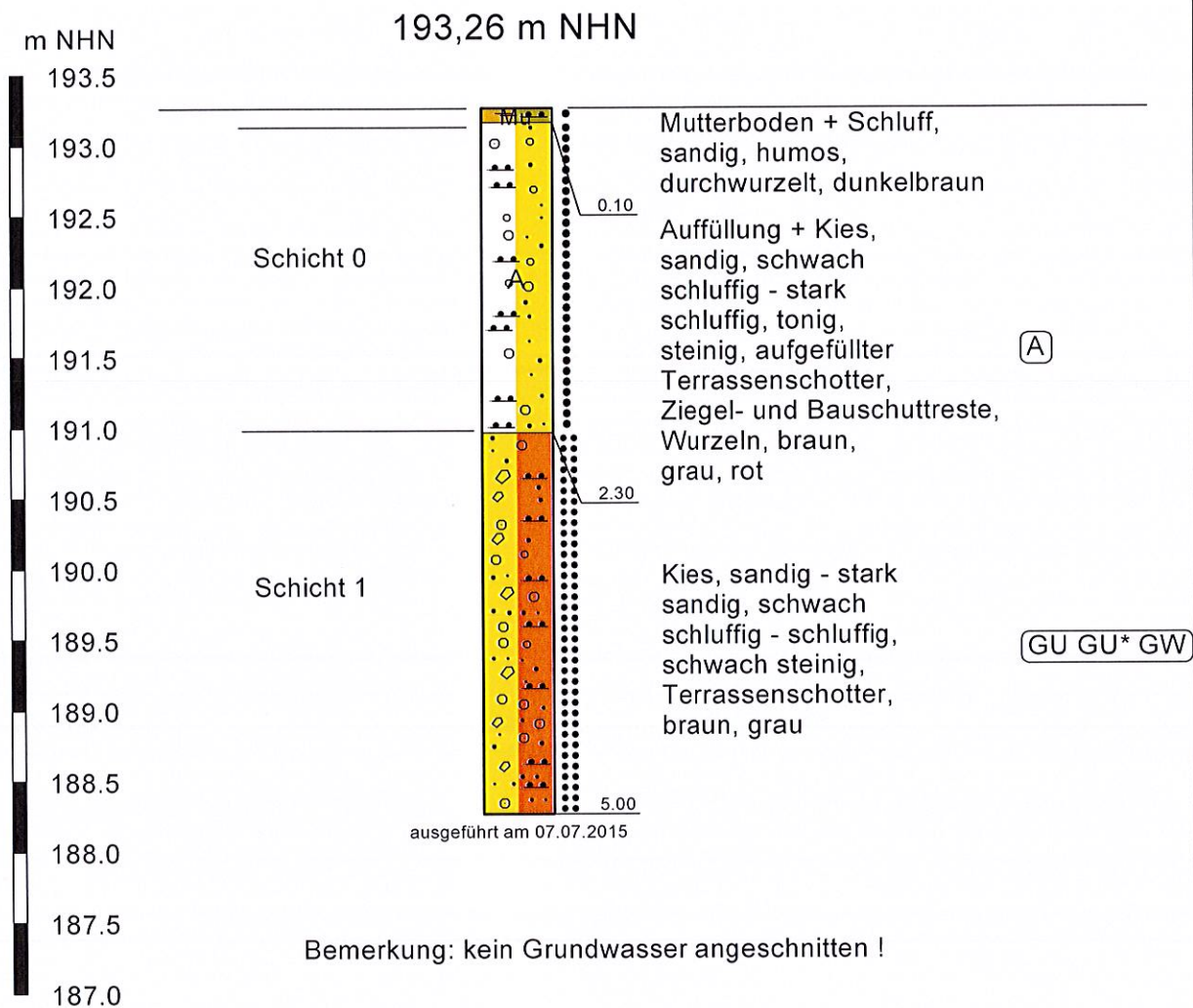
Kies

Schluff

Kies

Schluff

RKS 3/15



Legende

⋮ locker bis sehr locker
 ⋮⋮ mitteldicht

A
 Mu

Auffüllung

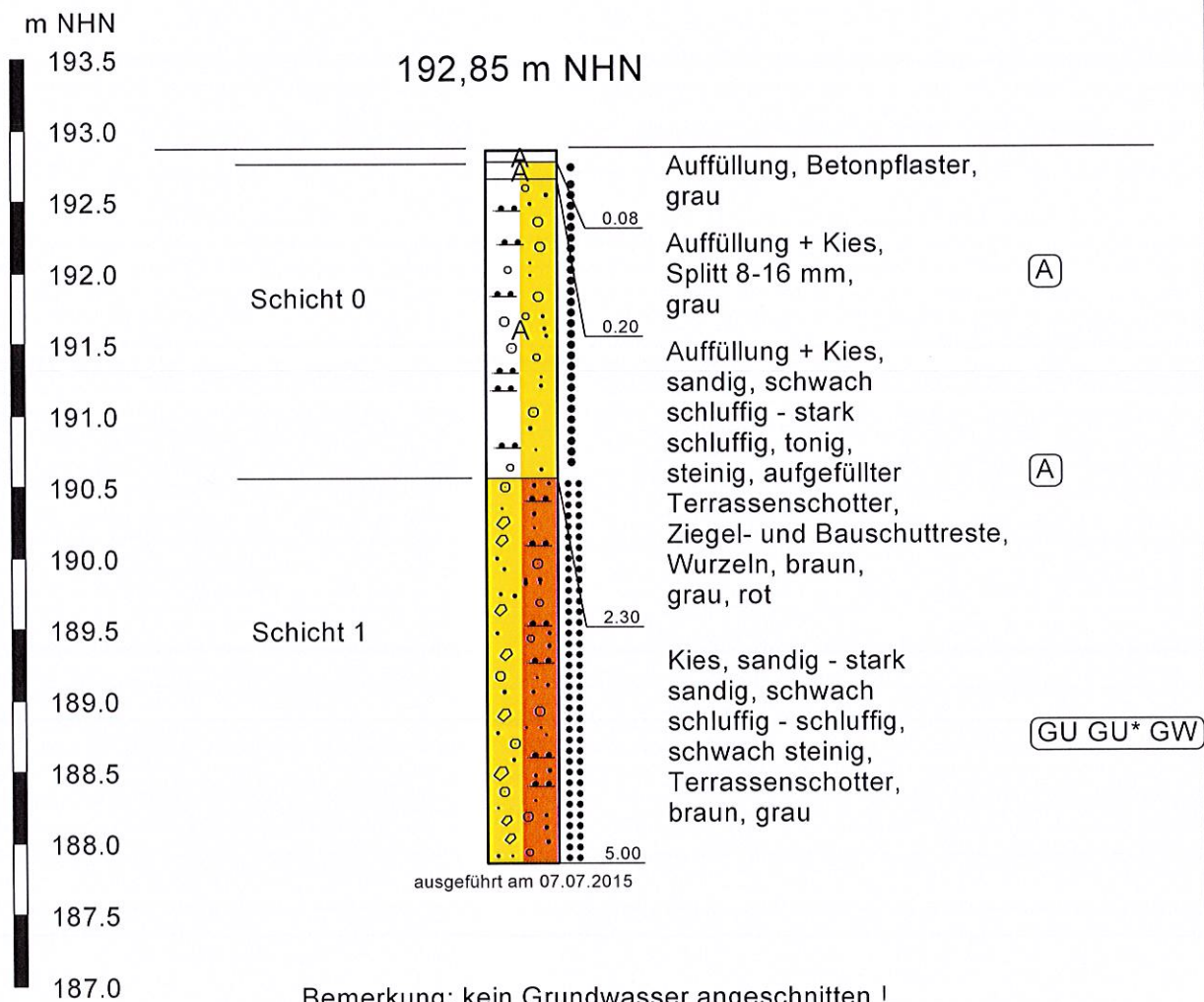
Mutterboden

Kies
 Schluff

Kies

Schluff

RKS 4/15

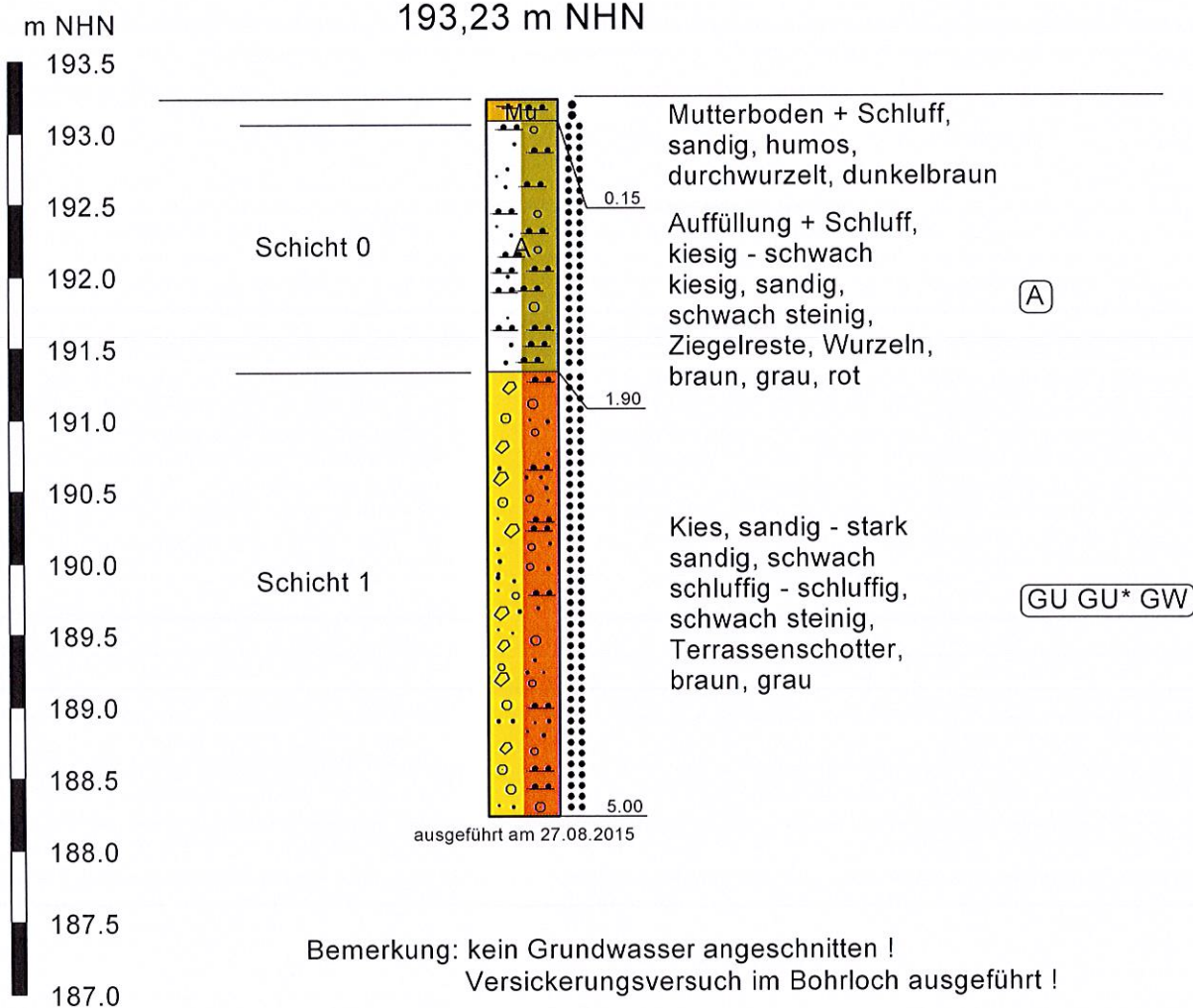


Legende

- | | | | |
|--|------------------------|--|------------|
| | locker bis sehr locker | | Auffüllung |
| | mitteldicht | | Kies |

RKS 5/15

193,23 m NHN



Legende

••••• locker bis sehr locker
 ••••• mitteldicht

A

Auffüllung

Mu

Mutterboden

○ ○

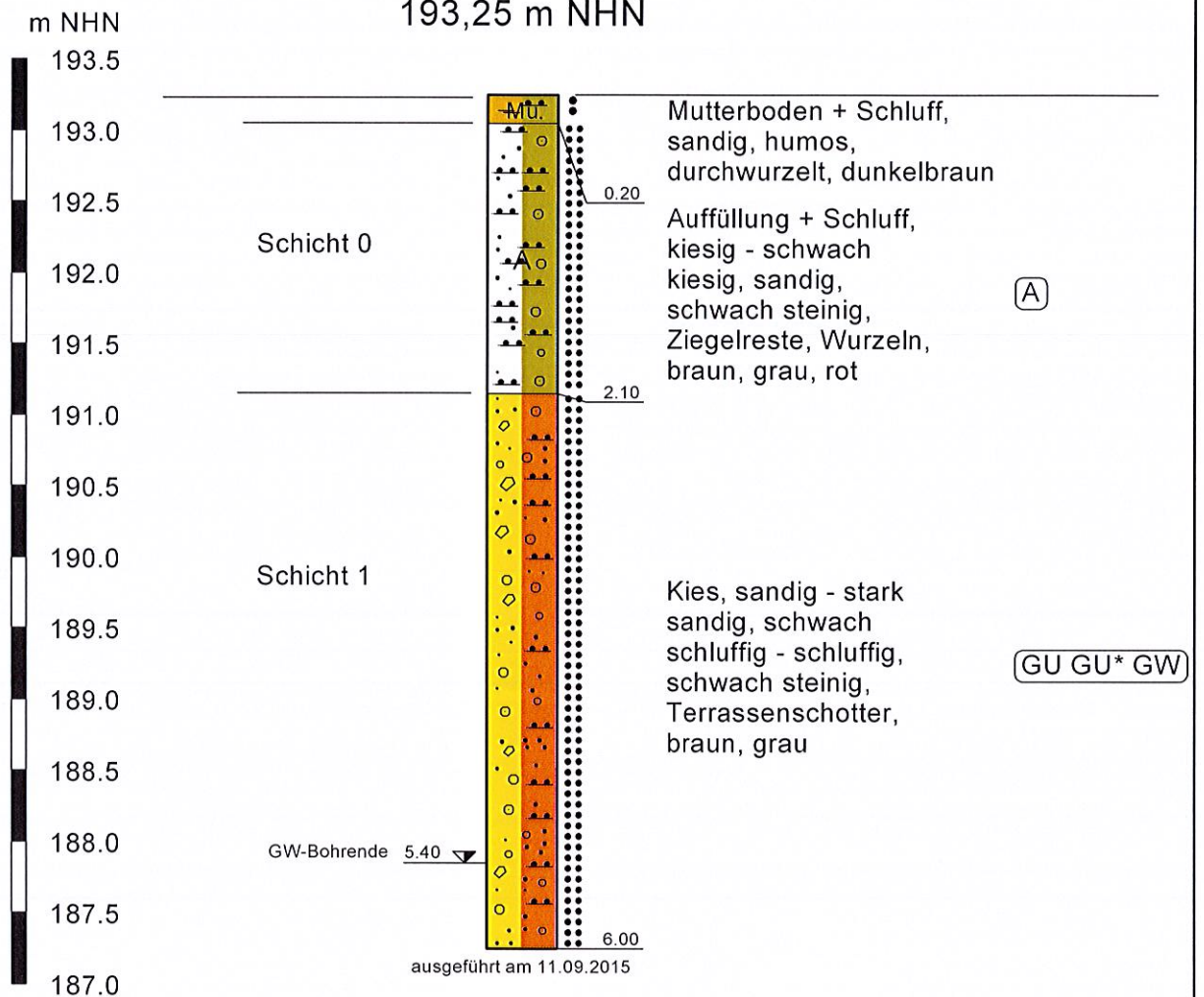
Kies

▲ ▲

Schluff

RKS 6/15

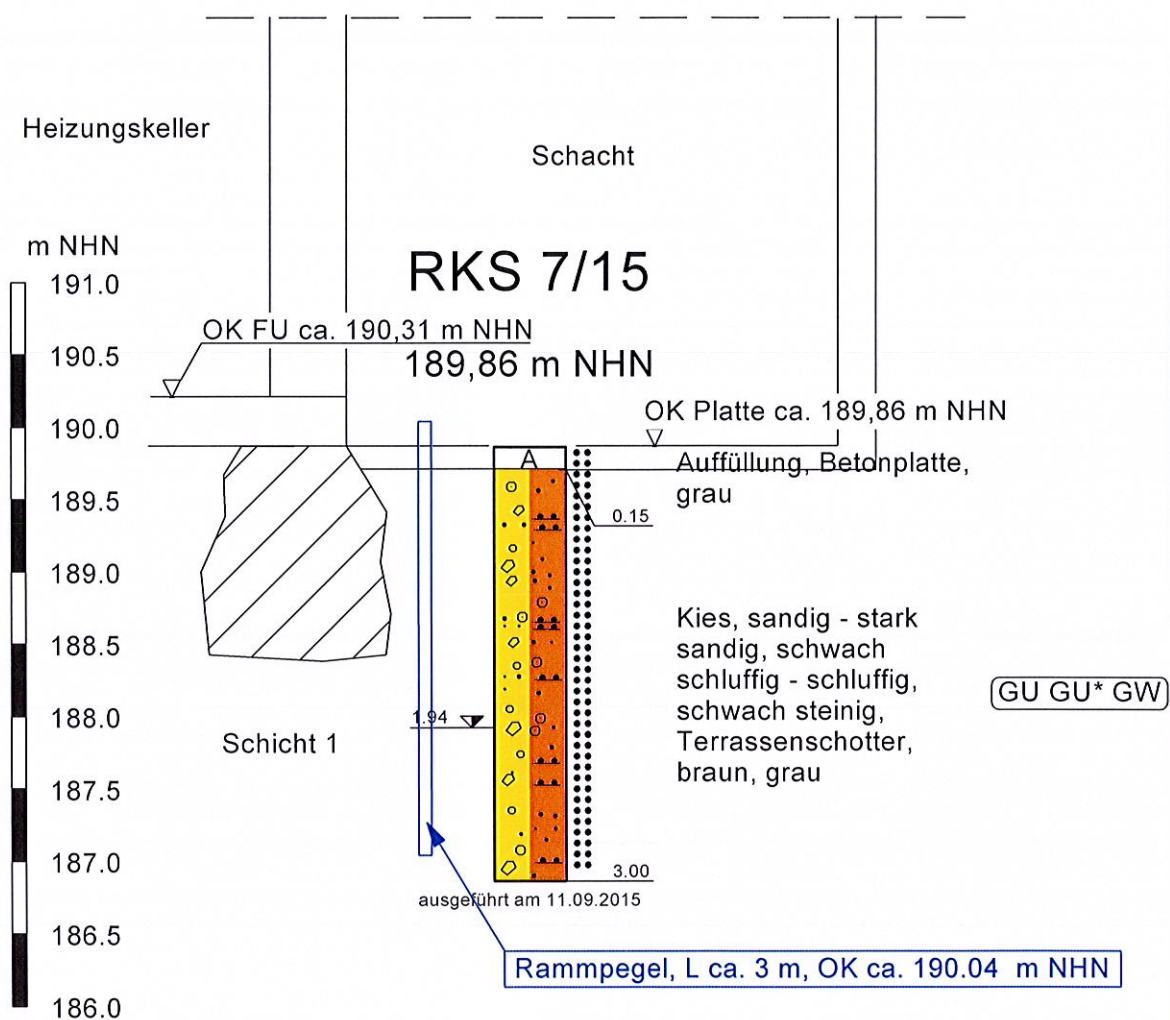
193,25 m NHN



Bemerkung: Rammpegel konnte wegen Bodennachfall nicht gesetzt werden !

Legende

- | | | | | | |
|--|------------------------|--|-------------|--|---------|
| | locker bis sehr locker | | Auffüllung | | Kies |
| | mitteldicht | | Mutterboden | | Schluff |



Legende

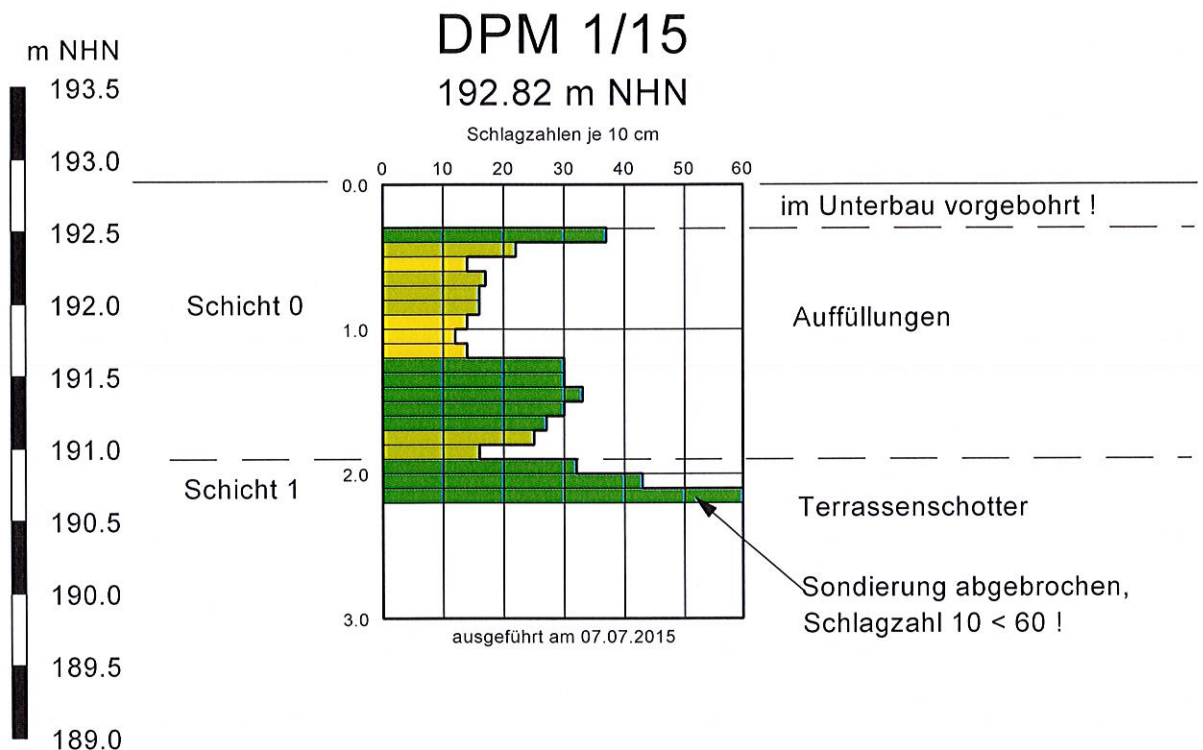
mitteldicht

A

Auffüllung

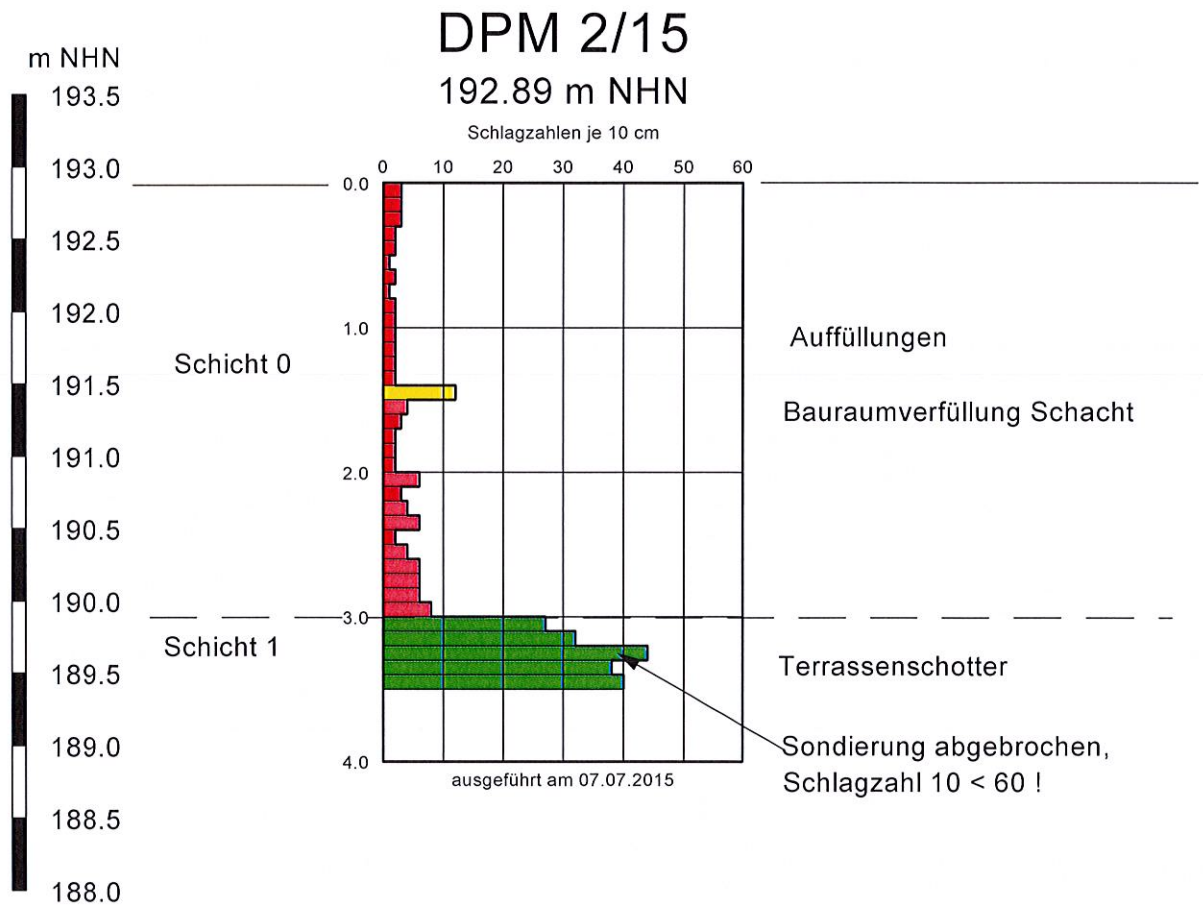
Kies

Kies



Legende DPM

	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht



Legende DPM

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht