

# **BEB Jena Consult GmbH**

## **Baugrund - Erdbau – Beweissicherung**

Tatzendpromenade 2

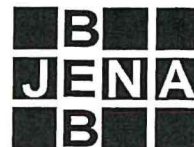
07745 Jena

Tel.: (03641) 45 27-0

Internet: beb-jena-consult.de

Fax 45 27 30

Email: beb-jena@beb-jena-consult.de



## **Geotechnischer Untersuchungsbericht nach EC 7.2**

### **Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung**

#### **1. Ergänzung**

**Auftrags-Nr.:** 5035/26/88/E-1

**Bauvorhaben:** Jena, Saalbahnstraße 21  
Neubau Wohnbebauung

**Geotechnische Kategorie:** GK 2

**Auftraggeber:** TW Wohnbau Saalbahnstraße GmbH & Co. KG  
August-Bebel-Straße 5  
07743 Jena


**Planer:** ETB Bauprojekt  
Architektur- und Ingenieurbüro Jena GmbH  
Alexander-Puschkin-Platz 5  
07745 Jena


Der Bericht umfasst 17 Seiten und 6 Anlagen.

Jena, den 20.05.2019

BEB Jena Consult GmbH

Der Bearbeiter

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

  
Dipl.-Geogr. S. Sonntag

Die Veröffentlichung – auch auszugsweise – bedarf der vorherigen Genehmigung des Verfassers. Bis zur endgültigen Bezahlung behält sich der Auftragnehmer alle Rechte, insbesondere die Verwendung und / oder Bekanntgabe des Inhalts (auch auszugsweise) gegenüber Dritten vor.

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>UNTERLAGEN</b>	<b>3</b>
<b>ANLAGEN</b>	<b>3</b>
<b>0. VORGANG UND AUFTRAG</b>	<b>4</b>
<b>1. UNTERSUCHUNGSGEBIET</b>	<b>4</b>
<b>2. BAUAUFGABE</b>	<b>5</b>
2.1 Objekt	5
2.2 Baubeschreibung	5
<b>3. BAUGRUNDMODELL, DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE DER GEOTECHNISCHEN UNTERSUCHUNG UND DEREN AUSWERTUNG</b>	<b>6</b>
3.1 Morphologie des Geländes	6
3.2 Einwirkungen	6
3.3 Regionale Einheiten/Geologischer Überblick	7
3.4 Baugrunderkundung	7
3.5 Baugrundsichtung / Homogenbereiche	8
3.6 Eigenschaften der Baugrundsichtung vor dem Lösen	8
3.7 Wasserführung	10
<b>4. BAUGRUNDEIGNUNG</b>	<b>11</b>
4.1 Bebaubarkeit des Untersuchungsgebietes	11
4.2 Belastbarkeit	11
4.3 Lösbarkeit (informativ)	11
4.4 Verwendbarkeit der Schüttstoffe aus Abtrag und Aushub	11
4.5 Rammbarkeit (informativ)	11
4.6 Bohrbarkeit (informativ)	12
<b>5. LÖSUNGSVORSCHLÄGE</b>	<b>12</b>
5.1 Bauwerkseinordnung	12
5.2 Gründungsmethode	12
5.3 Bauwerksschutz	12
5.4 Schutz des Baugrundes	12
5.5 Wasserhaltung	12
5.6 Schutz der Baugrube	12
5.7 Planumsschutz	12
5.8 Gründungspolster	12
<b>6. BERECHNUNGSGRUNDLAGEN</b>	<b>13</b>
6.1 Generelle Berechnungsgrundlagen	13
6.2 Spezielle Berechnungsgrundlagen	13
<b>7. HINWEISE</b>	<b>13</b>

## Unterlagen

- U 1** - schriftlicher Auftrag durch den Bauherrn, TW Wohnbau Saalbahnhofstraße GmbH & Co. KG am 14.02.2019
- U 2** - Angebot Nr. Je – 020/19 der BEB Jena Consult GmbH vom 15.01.2019 inkl. Leistungsverzeichnis.
- U 3** - Ortstermine am 09. und 10.04.2019 mit Durchführung von drei Kernbohrungen (KB 1/19 bis KB 3/19), Entnahme von Bodenproben sowie Einmessen auf einen örtlichen Festpunkt
- U 4** - Unterlagen des Planers / Auftraggebers:
  - 4.1** – Lageplan M 1:200, 07.05.2019
  - 4.2** – Grundrisse / Schnitte M 1:100, 07.05.2019
- U 5** - Topographische Karte M 1:10 000, Nr. 1304 - 114 (Jena)
- U 6** - Geologische Karte M 1:25 000, Nr. 5035 (Jena)
- U 7** - Karte der Auslaugungserscheinungen M 1:100 000, Blatt M 32 - 48 Jena
- U 8** - Archivunterlagen der BEB Jena Consult GmbH:
  - 8.1** - Baugrundvoruntersuchung 5035/26/88/E vom 31.08.2017

## Anlagen

- A 1** - Übersichtsplan
- A 2** - Lage- und Aufschlussplan
- A 3** - Profildarstellungen der Einzelaufschlüsse
- A 4** - Geländeschnitt
- A 5** - Protokolle der Laboruntersuchungen
- A 6** - Grundbruch- und Setzungsnachweis für Bodenplatten
- A 7** - Vorbemessung Bohrspfähle

## **0. Vorgang und Auftrag**

In Jena auf dem Grundstück der Saalbahnstraße ist der Abriss der Bestandsbebauung und der anschließende Neubau von Wohngebäuden mit einer großen Tiefgarage geplant. Die Planung des Bauvorhabens erfolgt durch das ETB Bauprojekt Architektur- und Ingenieurbüro Jena GmbH.

Für die weiteren Planungen wurden die Untergrundverhältnisse, die Altlastensituation und die Gründungssituation am Standort mit dem Gutachten U8.1 beurteilt.

Im Rahmen der Planung wird die Herstellung von Bohrpfählen für die Baugrubensicherung in Betracht gezogen.

Nach Angebot U1 wurde das Gutachterbüro mit U2 mit der Ausführung von zusätzlichen Kernbohrungen beauftragt, um die Untergrundverhältnisse in weiteren Bereichen des Baufeldes zu erkunden.

Der nachfolgende Bericht wertet die Kernbohrungen aus und ergänzt Angaben zur Gründungsberatung auf der Grundlage der Erkenntnisse aus den Aufschlüssen.

**Sofern keine Änderungen oder Ergänzungen notwendig sind, wird auf die Aussagen des vorliegenden Gutachtens U8.1 verwiesen, welches weiter gültig bleibt.**

## **1. Untersuchungsgebiet**

Das Untersuchungsgebiet befindet sich nordöstlich vom Stadtzentrum, zwischen der Saalbahnstraße, der Straße Am Anger und der Käthe-Kollwitz-Straße. Das Baufeld beinhaltete ursprünglich die Flurstücke 108/3, 110, 107/6, 107/4 und 124/10 der Flur 7 in der Gemarkung Jena. In der Planungsphase ist das Flurstück 111 der Flur zum Neubaugrundstück hinzugekommen. Die Lage der Untersuchungsfläche ist aus dem Übersichtsplan (vgl. A1) zu ersehen.

Nach U4 besitzt der Standort folgende Mittelpunktkoordinaten (Gauß-Krüger):

Hochwert: **56 44 231**

Rechtswert: **44 71 345**



## **2. Bauaufgabe**

### **2.1 Objekt**

Bei der Baumaßnahme handelt es sich um den Neubau eines unterkellerten 6-geschossigen Mehrfamilienhauses.

### **2.2 Konstruktion, Bauweise**

Nach U4 ist das Wohngebäude im südlichen Bauabschnitt angeordnet und soll 6-geschossig ausgebildet werden. Im Kellergeschoss ist eine Tiefgarage mit Doppelparkern und einem Installationsbereich geplant. Das Mehrfamilienhaus verläuft L-förmig entlang der Käthe-Kollwitz-Straße und Am Anger. Die Zufahrt zur Tiefgarage erfolgt über die Saalbahnhofstraße.

Nach den übergebenen Unterlagen besitzt der Neubau folgende Abmessungen:

Breite: ca. 40 m

Länge: ca. 52 m

Höhe: ca. 18 m

Das Konstruktionssystem ist als Mauerwerksbauweise zu beschreiben. Das statische System besteht aus tragenden Wänden, die über massive Geschossdecken ausgesteift werden. Die Gründung soll auf einer statisch bewehrten 30 cm dicken Bodenplatte erfolgen.

Hinsichtlich der Höhenanordnung ist in etwa von folgender Bezugshöhe auszugehen:

- OK FFB EG =  $\pm 0,00$  = 143,51 m NHN

- Gründungssohle Bodenplatte = - 7,11 = 136,40 m NHN

Genaue Angaben zu den abzutragenden Belastungen liegen momentan nicht vor.

---

### **3. Baugrundmodell, Darstellung der Ergebnisse der Geotechnischen Untersuchung und deren Auswertung**

#### **3.1 Morphologie des Geländes**

siehe U8.1

#### **3.2 Einwirkungen**

##### **3.2.1 Nutzung geländenaher Tiefenbereiche**

siehe U8.1

##### **3.2.2 Bodenbelastung**

siehe U8.1

##### **3.2.3 Nutzung geländeferner Tiefenbereiche**

siehe U8.1

##### **3.2.4 Dynamische Einflüsse/Seismik**

siehe U8.1

##### **3.2.5 Rezente potentielle Prozesse**

siehe U8.1

##### **3.2.6 Grundwassereinwirkung**

siehe U8.1

### **3.3 Regionale Einheiten/Geologischer Überblick**

naturräumlich:	westliche Talaue im Bereich des mittleren Saaletals
regionalgeologisch:	Anthropogen über quartären Auesedimenten und im Liegenden Gesteine des Oberen Buntsandsteins als Tafeldeckgebirge im Bereich der Bleicherode- Stadtrodaer- Scholle der Thüringer Mulde
bodenmechanisch:	Am Standort stehen kiesige Auffüllungen (Schicht 0.1) aus der Verkehrsflächenbefestigung und aus dem Bodenaustausch im Rahmen der früheren Sanierung als schwach schluffiger, sandiger Kies und kiesiger Sand und bindige Auffüllungen (Schicht 0.2) aus der Verfüllung der Lache mit umgelagertem Auelehm als toniger Schluff an. Weiterhin folgt Auelehm (Schicht 1) als schwach toniger, schwach kiesiger Schluff und darunter Saalekies (Schicht 2). Tiefer befindet sich der entfestigte Tonstein (Schicht 3) der Salinarröt-Folge des Oberen Buntsandsteins.

### **3.4 Baugrunderkundung**

#### Felduntersuchungen

Zur Feststellung der Baugrundsichtung bis in 15 m Tiefe wurden ergänzend zu den bisherigen Aufschlüssen die Kernbohrung KB 1 bis 3/19 ausgeführt.

Die Lage der Kernbohrungen kann dem Aufschlussplan der Anlage 2 entnommen werden.

Die Einmessung der Höhen der Aufschlüsse wurde auf örtliche Festpunkte, im Regelfall Schächte des Abwassersystems vorgenommen.

Der geförderte Baugrund wurde mit der Baugrunduntersuchung aus U8.1 verglichen.

Die erkundete und ausgewertete Baugrundsichtung ist aus der Anlage 3 als Einzelprofile und in der Anlage 4 als Geländeschnitt 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 1: Laboruntersuchungen**

Untersuchung / Bestimmung	DIN	Anzahl	Anlage
Wassergehalt	EN ISO 17892-1	4	5.1
Zustandsgrenzen	EN ISO 17892-12	2	5.2 – 5.3
Korngrößenverteilung	EN ISO 17892-4	1	5.4
Glühverlust	18128	1	5.5

### **3.5 Baugrundsichtung / Homogenbereiche**

Die Angabe der Baugrundsichtung erfolgt auf der Grundlage der durchgeführten Felduntersuchungen. Entsprechend der in der Anlage 2 dokumentierten Erkundungsergebnissen der Einzelprofile wurden folgende Baugrundsichten angetroffen und entsprechenden Homogenbereichen (HB) zugeordnet. Die Einstufung der Homogenbereiche (HB) nach dem aktuellen Normenstand der VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (ATV), z.B. DIN 18300 Erdarbeiten 2015, wird für Boden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen vorgenommen. Dabei ist der Homogenbereich ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder ggf. mehreren Boden- und Felschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte, Bohrarbeiten usw. vergleichbare Eigenschaften aufweist. Eine weiterführende Differenzierung, z.B. hinsichtlich Lösen, Laden, Fördern, Wiedereinbauen usw., erfolgt nicht.

**Tabelle 2: Einteilung der Homogenbereiche**

Baugrundsicht	Homogenbereich (HB)
0.1 – kiesige Auffüllungen	A
0.2 – bindige Auffüllungen	B
1 – Auelehm	B
2 – Saalekies	A
3 – Tonstein	C

### **3.6 Eigenschaften der Baugrundsichtung vor dem Lösen**

Die Angabe der Baugrundsichtung erfolgt auf der Grundlage der durchgeführten Felduntersuchungen. Am Standort ist von folgender Untergrundsichtung auszugehen:



### HB A (Schichten 0.1 und 2):

Genese:

Mächtigkeit, Verbreitung:

Bodenart (DIN EN ISO 14688-1):

Beimengungen:

Masseanteil Steine und Blöcke,  
 große Blöcke (DIN 14688-2):

Anteil Organik:

Dichte:

Bodengruppe (DIN 18196):

Bodenklasse (DIN 18300):

Farbe:

Lagerung:

Frostempfindlichkeit:

Wasserempfindlichkeit:

Bodenarten (ATV- Bl. 127):

Abrasivität:

### kiesige Auffüllungen und Saalekies

Auffüllung aus der Verkehrsflächenbefestigung, Bodenaustausch im Rahmen der Sanierung, Verfüllung der ehemaligen Lache und Saalekies als quartäres Auesediment vgl. A 3 - A 4

Kies, sandig - stark sandig, schwach schluffig – schluffig;  
 Sand, schwach schluffig – stark schluffig  
 Ziegel, Keramik

Steine: 10 - 35 %, Blöcke: 0 – 20 % (geschätzt)

$V_{gl} = 0 - 2 \%$

$\rho = 1,9 - 2,0 \text{ g/cm}^3$

A [GU / SU / SU\*]

3 – 4, 5 bei Steinanteil > 30 % (informativ)

grau, braungrau – graubraun

(locker – mitteldicht) D = 0,15 – 0,50

F2 - F3 (nach ZTVE – StB 17)

gering wasserempfindlich

Gruppe 2 - Gruppe 3

CAI = 2,0 – 4,0 stark abrasiv

### HB B (Schichten 0.2 und 1):

Genese:

Mächtigkeit, Verbreitung:

Bodenart (DIN EN ISO 14688-1):

Masseanteil Steine und Blöcke,  
 große Blöcke (DIN 14688-2):

Anteil Organik:

Dichte:

Bodengruppe (DIN 18196):

Bodenklasse (DIN 18300):

Farbe:

Konsistenz:

Frostempfindlichkeit:

Wasserempfindlichkeit:

Bodenarten (ATV- Bl. 127):

Abrasivität:

### bindige Auffüllungen / Auelehm

Auffüllungen aus der Verfüllung des ehemaligen Geländes und Auelehm als quartäres Auesediment

vgl. A 3 - A 4

Schluff, sandig bis stark sandig, teilweise tonig und kiesig

Steine: 0 - 5 %, keine Blöcke (geschätzt)

$V_{gl} = 2 - 5 \%$

$\rho = 2,0 - 2,1 \text{ g/cm}^3$

UM

4 (informativ)

braun

(weich – steif)  $I_c = 0,6 - 0,8$

F3 (nach ZTVE – StB 17)

stark wasserempfindlich

Gruppe 3

CAI = 0 – 0,5 nicht bis kaum abrasiv

### HB C (Schicht 3):

Genese:

Mächtigkeit, Verbreitung:

Benennung (DIN EN ISO 14689):

Bodengruppe (DIN 18196):

Festigkeit:

Einachsiale Druckfestigkeit:

Dichte:

### Tonstein

Feinkörniges Sedimentgestein (SF), Salinarröt

vgl. A 3, A 4

Tonstein, teilweise Schluffstein

TL

brüchig, geringhart

$q_u < 1 \text{ MN/m}^2$

$\rho = 2,1 - 2,2 \text{ g/cm}^3$

Verwitterung:	VE (entfestigt)
Boden- / Felsklasse:	4 – 6 (informativ)
Trennflächen / Schichtung:	A 01 – A 05, schiefrig - dünnplattig
Farbe:	grau - grüngrau
Wasserempfindlichkeit:	stark wasserempfindlich
Abrassivität:	CAI = 0,2 - 0,9 sehr gering abrasiv
Kalk- und Sulfatgehalt:	dünne Zwischenschichten aus Kalk- und Dolomitstein und erhöhter Sulfatgehalt aus Gipsresten möglich

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

### **3.7 Wasserführung**

Grundwasser wurde in den aktuellen Bohrungen im Saalekies der Schicht 2 angeschnitten. Diese Schicht ist auch als oberer Grundwasserleiter einzustufen. Die gemessenen Ruhewasserstände sind aus der folgenden Tabelle und den Profildarstellungen (vgl. A 3) zu entnehmen.

**Tabelle 3: Grundwasserstände**

<b>Punkt</b>	<b>GW in [m unter GOK]</b>	<b>GW in [m NHN]</b>	<b>Bemerkung</b>
KB 1/19	3,55	139,15	GW-Ruhe
KB 2/19	3,80	139,30	GW-Ruhe
KB 3/19	3,45	139,19	GW-Ruhe

Die Wasserstände am Standort korrespondieren mit dem Auengrundwasser, das durch das Oberflächenwasser der Saale beeinflusst wird. Aufgrund der Überdeckung des Wasserleiters mit schwach durchlässigen Auelehmen (Schicht 1) und bindigen Auffüllungen (Schicht 0.2) sind bei höheren Wasserständen in der Saaleaue auch gespannte Grundwasserstände möglich (vgl. KB 1/17 und KB 2/17).

Nach U 8.1 ist am Standort der höchste Grundwasserstand mit  $HGW \approx 140,40$  m NHN anzunehmen.

Diese Angabe basiert jedoch auf Auswertung älterer Archivunterlagen, so dass die aktuellen Bemessungswasserstände beim Fachdienst für Bauen und Umwelt einzuholen sind.

Nach U 8 ist nach örtlichen Erfahrungswerten bei einer Hochwasserführung der Saale mit einem höchsten Flusswasserstand zwischen den Ordinaten 141,00 m NHN (HQ 20) und 141,50 m NHN (HQ 100) zu rechnen.

### 3.8 Bodeneigenschaften

In der entnommenen Wasserprobe wurden geringfügig erhöhte Werte von angreifendem CO<sub>2</sub> und leicht erhöhte Sulfatgehalte festgestellt (vgl. A 5.6), so dass das Grundwasser nach DIN 4030 bzw. DIN EN 206-1 als **schwach betonangreifend** einzustufen wäre.

Bei älteren Untersuchungen sowie nach Informationen des Fachdienstes für Bauen und Umwelt der Stadt Jena ist im Untersuchungsgebiet jedoch von erhöhtem Sulfatgehalten zwischen 600 – 1000 mg/l zu rechnen, so dass eine Einstufung des Grundwassers nach DIN 4030 bzw. DIN EN 206-1 in **mäßig betonangreifend** erforderlich ist.

Für grundwasserberührte Bauwerksteile (Bohrpfähle, Bodenplatte, Kellergeschoss bis 50 cm über HGW-Pegel) ist bei der Betonherstellung nach DIN 1045-2 hinsichtlich des chemischen Angriffsgrades somit die Expositionsklasse **XA2** zu berücksichtigen.

## 4. Baugrundeignung

### 4.1 Bebaubarkeit des Untersuchungsgebietes

siehe U8.1

### 4.2 Belastbarkeit

siehe U8.1

### 4.3 Lösbarkeit (informativ)

siehe U8.1

### 4.4 Verwendbarkeit der Schüttstoffe aus Abtrag und Aushub

siehe U8.1

### 4.5 Rammbarkeit (informativ)

siehe U8.1

---

#### **4.6 Bohrbarkeit (informativ)**

siehe U8.1

#### **5. Lösungsvorschläge**

siehe U8.1

##### **5.1 Bauwerkseinordnung**

siehe U8.1

##### **5.2 Gründungsmethode**

Entsprechend den übergebenen Unterlagen erfolgt die Gründung des Neubaus mit einer Bodenplatte im tragfähigen Tonstein der Schicht 3.

##### **5.3 Bauwerksschutz**

siehe U8.1

##### **5.4 Schutz des Baugrundes**

siehe U8.1

##### **5.5 Wasserhaltung**

siehe U8.1

##### **5.6 Schutz der Baugrube**

siehe U8.1

##### **5.7 Planumsschutz**

siehe U8.1

##### **5.8 Gründungspolster**



siehe U8.1

## **6. Berechnungsgrundlagen**

### **6.1 Generelle Berechnungsgrundlagen**

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 Werte verwendet werden. Die angegebenen Merkmale wurden auf der Grundlage der durchgeführten Feldversuche bzw. der Archivunterlagen ermittelt und entsprechen Schichtenmittelwerten, die z.T. auf territorialen Erfahrungswerten beruhen.

**Tabelle 4: Bodenparameter**

Schicht Nr.	Homogenbereich	Bezeichnung	Wichte $\gamma$ [kN/m³]	Wichte $\gamma'$ [kN/m³]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kN/m²]	$E_s$ [MN/m²]
0.1	A	Auffüllungen grobkörnig	19	11	30	-	8 - 30
0.2	B	Auffüllungen -feinkörnig	19	9	24	2 - 5	4 - 8
1	B	Auelehm	19	9	24	2 - 5	6 - 10
2	A	Saalekies	20	12	33	-	20 - 45
3	C	Tonstein	21	11	29	10 - 20	20 - 40

worin bedeutet:  $\phi'$ : Reibungswinkel;  $c'$ : undränierte Scherfestigkeit;  $E_s$ : Steifemodul

Für alle Schichten sind die vorgefundenen sehr unterschiedlichen Konsistenzen bzw. Lagerungsdichten bei der Festlegung der Spannen der Scherfestigkeitswerte und der Steifemoduln als Maximal- und Minimalwerte berücksichtigt worden. Für erdstatische Nachweise müsste genau genommen mit den Spannen gerechnet werden, da die Eigenschaften teilweise auf kurze Entfernung schnell wechseln können.

## 6.2.1 Pfahlgründungen

Für die Nachweise der Bohrpfahlgründung können nach Auswertung der vorliegenden Unterlagen zunächst folgende Erfahrungswerte in Anlehnung an Anhang B der DIN 1054:2010 bzw. EA-Pfähle:2012 verwendet werden:

**Tabelle 10: charakteristische Kennwerte Pfahlspitzenwiderstand / Mantelreibung**

Schicht	Bodenart	Pfahlspitzenwiderstand $q_{b,k}$ in [MN/m <sup>2</sup> ]			Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ in [MN/m <sup>2</sup> ]
		bei Pfahlkopfssetzung $s / D$			
		0.02	0.03	0.10	
0	Auffüllungen	-	-	-	-
1	Auelehm	-	-	-	-
2	Saalekies	-	-	-	0,10
3	Tonstein	0,9	1,1	1,5	0,06 - 0,16

Nach Auswertung der Aufschlüsse ist davon auszugehen, dass der Tonsteinersatz im Übergang vom Saalekies infolge Grundwassereinwirkung z.T. aufgeweicht ist. Die Aufweichung kann Mächtigkeiten zwischen 0,5 – 1,5 m aufweisen. Dieser Sachverhalt ist bei der Festlegung der Pfahllängen entsprechend zu beachten. Bei der Angabe der Werte für den Tonstein wurde im Übergangsbereich zum Saalekies eine halbfeste Konsistenz angenommen.

Für den Saalekies wurden auf Grund der geringen Schichtmächtigkeit keine Werte für den Pfahlspitzenwiderstand angegeben.

Folgende Hinweise sind bei der Anwendung der Tabelle zu beachten:

Es ist in der Ausführung zu garantieren, dass die Einbindetiefe im Tonstein der Schicht 3 mindestens dem halben Pfahlfußdurchmesser und ab Oberkante des Saalekieses der Schicht 3 mindestens 2,5 m beträgt. Die Zersatzhorizonte der Schicht 3 variieren geologisch bedingt kleinräumig, so dass bei der Festlegung der endgültigen Bohrtiefe in der Ausführung Mehraufwendungen zu erwarten sind. Zur Planungssicherheit wird eine Mindestpfahleinbindung in die Schicht 3 nach den Geländeschnitten von 1 m empfohlen.

Zur Bemessung der Pfähle ist zusätzlich die Angabe des horizontalen Bettungsmoduls  $k_{s,k}$  erforderlich. Dieser Parameter wird schichtbezogen als Quotient aus dem Steifemodul des Bodens ( $E_{s,k}$ ) und dem Pfahldurchmesser ( $D_s$ ) berechnet ( $k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$ ). Die entsprechenden Steifemodule sind aus Tabelle 4 zu entnehmen.



Die Pfahlsohlen sind durch Begleitung der Bohrarbeiten durch den Gutachter stichprobenartig abzunehmen.

Für die Festlegung der Rezeptur des Pfahlbetons wird empfohlen, von einer Expositionsklasse XA 2 auszugehen.

Für Bohrpfähle ist die Herstellungsnorm DIN EN 1536 zu beachten.

### 6.2.2 Bemessungswiderstand des Sohldrucks für die Flachgründungen

Der Bemessungswiderstand des Sohldrucks bei Gründung im Tonstein der Schicht 3 wird für die Vorbemessung von **Bodenplatten** mit einer bewussten Begrenzung auf einen Wert von  $\sigma_{R,d} \leq 350$  kN/m<sup>2</sup> empfohlen. Bei Ausnutzung dieses Sohldrucks ist mit Setzungen  $s_m < 2,5$  cm zu rechnen.

Auf der **Anlage 6 wurden für eine Bodenplatte** mit Dicken zwischen 0,3 und 0,45 m erste Vorbemessungen zur vergleichenden Dimensionierung ausgeführt. Diese Nachweise sind vom Tragwerksplaner sorgfältig zu prüfen und ggf. bei abweichenden Geometrien mit den tatsächlichen Fundamentgrößen neue Nachweise vom Gutachter anzufordern.

### 6.2.3 Bettungsmoduln ( $k_s$ ) für Bodenplatten

Für die Bemessung als elastisch gebettete Bodenplatte wird als Berechnungsgrundlage der sogenannte Bettungsmodul  $k_s$  erforderlich, welcher im Sinne einer elastischen Feder-

steifigkeit des Untergrundes verstanden werden kann. Die Kopplung der Stützfedern nach Nachbarfedern hin wird jedoch beim Bettungsmodulverfahren nicht berücksichtigt.

Bei dieser Bemessungsmethode der Gründung hängt der tatsächlich wirkende Bettungsmodul neben dem Untergrund von der jeweiligen Breite und Größe der Lasteintragung und der Dicke und Steifigkeit der Bodenplatte ab und gilt nur für die Belastung unter der er ermittelt wurde. Der Bettungsmodul ist also keine Baugrundkonstante.

Unter Beachtung der Tragkraftbegrenzung aus dem Absatz 6.2.2 kann für die Bettung der Bodenplatte je nach Dicke ein Bettungsmodul zwischen  $k_s = 10$  und  $14$  MN/m<sup>3</sup> angenommen werden. Die Empfehlungen sind vom Tragwerksplaner in Abhängigkeit von mittlerem Sohldruck und tatsächlicher Setzung auf ihre Zulässigkeit zu überprüfen.

#### 6.2.4 Erddruckansätze

Für die Erddruckansätze zur erdstatischen Bemessung von eingeeordneten Bauwerksteilen wird zunächst allgemein auf DIN 4085:2007-10 verwiesen.

Bei der Ermittlung des Erddrucks sind die Scherfestigkeitswerte im dränierten Zustand des Baugrunds wirksamer Reibungswinkel  $\phi'$  und wirksame Kohäsion  $c'$  anzusetzen.

Die Größe der Erddruckkraft ist von der möglichen Wandverschiebung abhängig.

Für das massive Bauwerk ist aus Baugrundsicht von einer erhöhten Steifigkeit auszugehen, die den Ansatz eines erhöhten aktiven Erddrucks rechtfertigen. Aus fachlicher Sicht wird der Ansatz von 50% aktiver Erddruck und 50% Erdruhedruck empfohlen. Alternativen je nach möglichen Verformungen des Bauwerkes sind möglich.

Bei einem lagenweisen Einbau des Bodens in den Bauwerkshinterfüllungen mit intensiver Verdichtung, zur Erzielung ausreichender Tragfähigkeit in benachbarten Verkehrsflächen, kommt es zum Anwachsen des Erdrucks über den Erddruck aus Eigenlast des Bodens hinaus. Die Erddruckzunahme aus dem Verdichtungserddruck als Sonderfall darf nach Bild 19 und Tabelle 3 der o.g. DIN bestimmt werden.

### 7. Hinweise

Die Baugrunduntersuchung beruht als Grundlage der bautechnischen Empfehlungen auf punktuellen Aufschlüssen. Im Rahmen der weiteren Planung sollte eine Abstimmung mit dem Gutachterbüro erfolgen um weitere Nacherkundungsmaßnahmen für genaue Planung der Gebäude Baugrubensicherungsmaßnahmen abzustimmen. Eine Überprüfung während der Gründungs- und Erdarbeiten ist erforderlich, um die Entsorgungssituation zu begleiten und die Übereinstimmung des Berichtes mit den tatsächlichen Verhältnissen festzustellen und zu bestätigen. Erst danach können die angegebenen Kennwerte endgültig als verbindlich bestätigt werden.

Bei der Festlegung des Untersuchungsumfanges wurden auf der Grundlage der DIN 4020: 2003-09 Vorkenntnisse, örtliche Erfahrungen und Altgutachten berücksichtigt. Die Aufschlüsse tragen punktuellen Charakter. Abweichungen von den dargestellten Baugrundsichtprofilen sind generell nicht ausgeschlossen.

Die Aussagen und Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind vom Planer sorgfältig zu prüfen. Weitergehende Untersuchungen für noch nicht beurteilte Bauwerke und Stützkonstruktionen werden empfohlen und sollten im Rahmen der Genehmigungsplanung bzw. zur Ausführungsplanung vorliegen.



Bei der vorliegenden komplexen Bauaufgabe kann der geotechnische Sachverständige nicht alle Eventualitäten erkennen und abarbeiten. Das entsprechende umfassende Wissen hat nur der Objektplaner. Deshalb muss er das Baugrundgutachten umfassend prüfen und seine Erkenntnisse mit dem Gutachter abstimmen. Nur so ist es ihm möglich, aus der Schichtbeschreibung des Bodengutachtens für die Ausschreibung die Homogenbereiche festzulegen und entsprechende Massen zu ermitteln.

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.

Die verfahrensspezifischen Hinweise hinsichtlich Bauausführung, Baugrubengestaltung und Gründung haben empfehlenden Aussagegehalt und wollen den Entscheidungen des Planers, betreffend den erforderlichen Einsatz von Baumaterialien, Baugeräten etc. nicht vorgreifen.

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

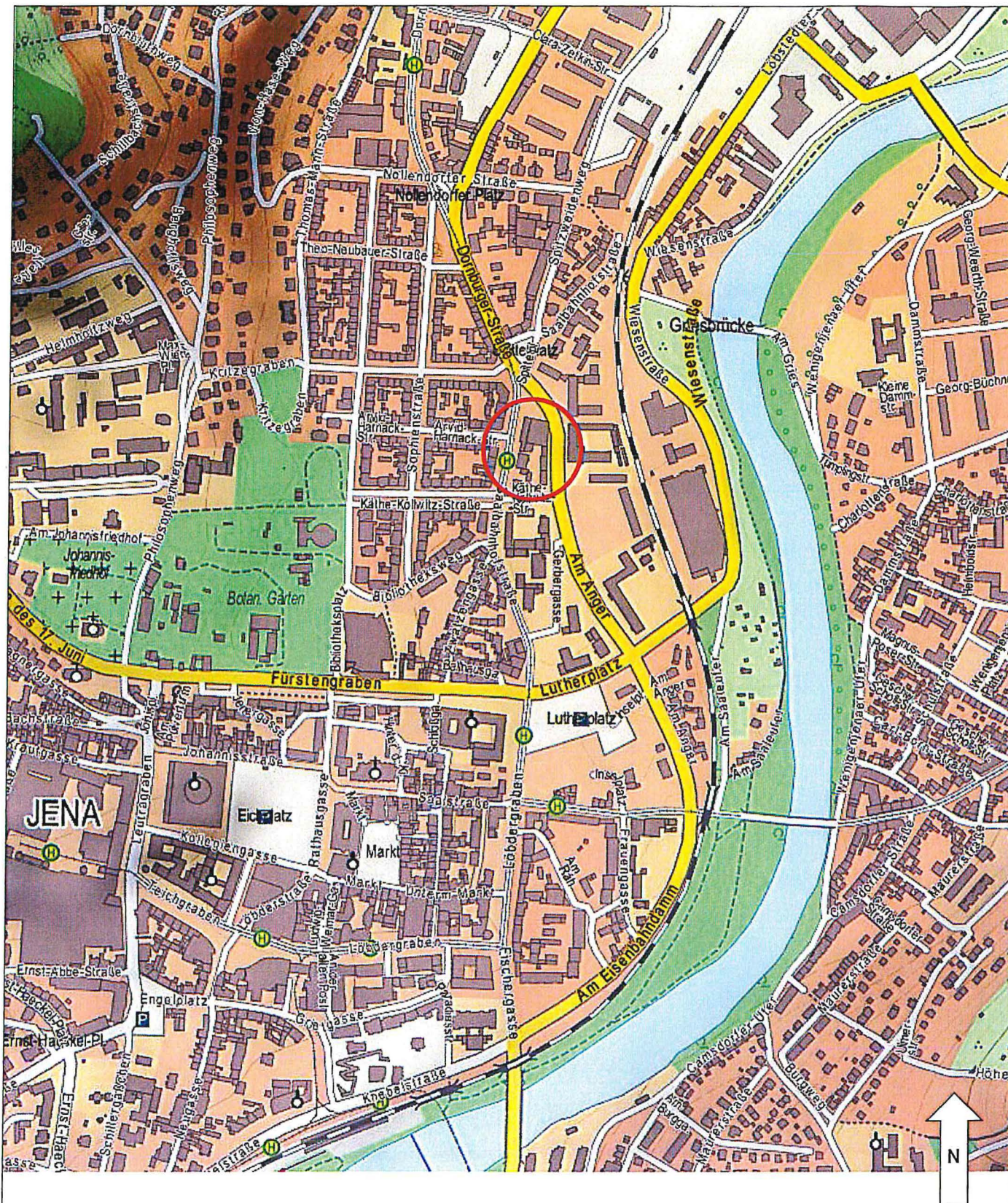
Es wird generell davon ausgegangen, dass die in Planung und Bauausführung beteiligten Ingenieure alle die den relevanten Normen und Regeln der Bautechnik entsprechenden Nachweise führen.

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

Die Bauherrschaft sollte zur Wahrung ihrer Rechtssicherheit gegenüber den Eigentümern der Nachbargebäude, als auch gegenüber der Baufirmen der einzelnen Bauabschnitte vor Beginn der Bauarbeiten ein Beweissicherungsverfahren des Bestandes und der Nachbargebäude innen und außen beauftragen (s. DIN 4123 5.5 und 4107).

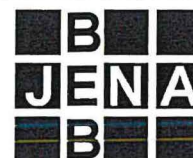
BEB Jena Consult GmbH





# **BEB Jena Consult GmbH**

Baugrund – Erdbau – Beweissicherung  
Tatzendpromenade 2  
07745 Jena  
☎ 03641-4527-0  
Fax 03641-452730



**Auftr.- Nr.:** 5035/26/88/E-1

**Anlage:** A 1 - Übersichtsplan

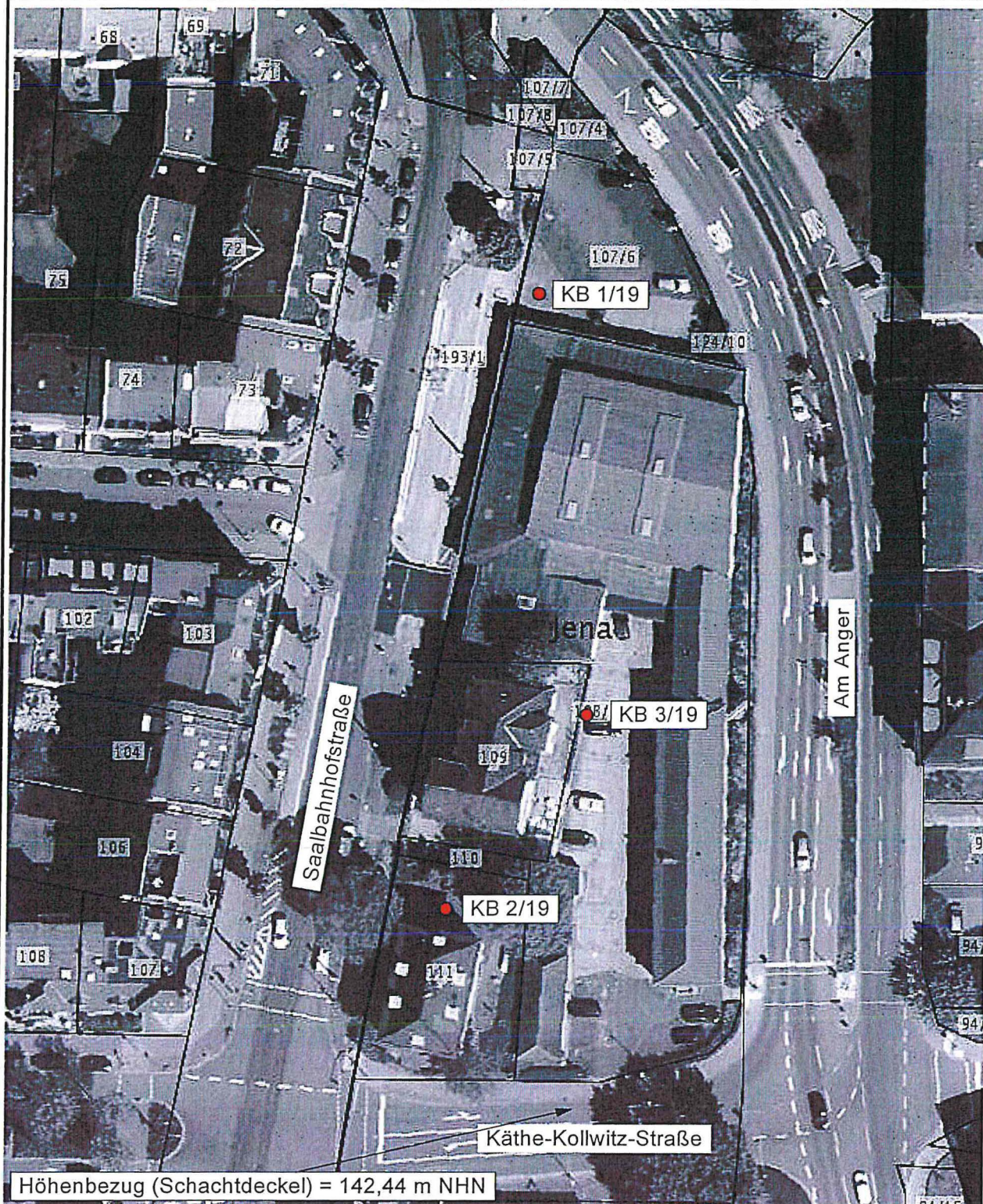
**Vorhaben:** Jena, Saalbahnhofstraße 21  
Neubau Wohnbebauung

**Maßstab:** 1:10.000

**Datum:** 20.05.19

**Bearbeiter:** So





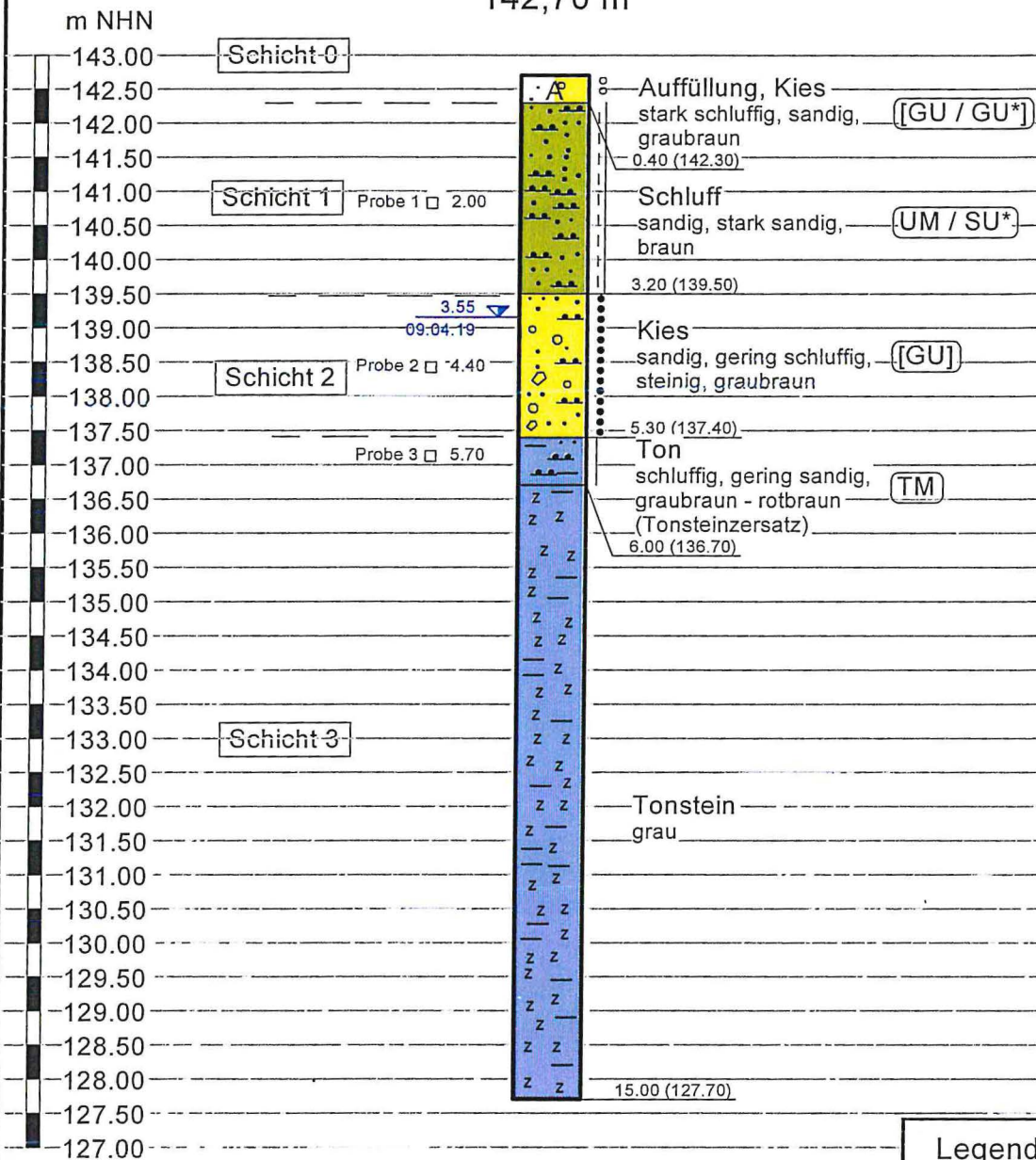
● Kernbohrung (KB)





# KB 1/19

142,70 m



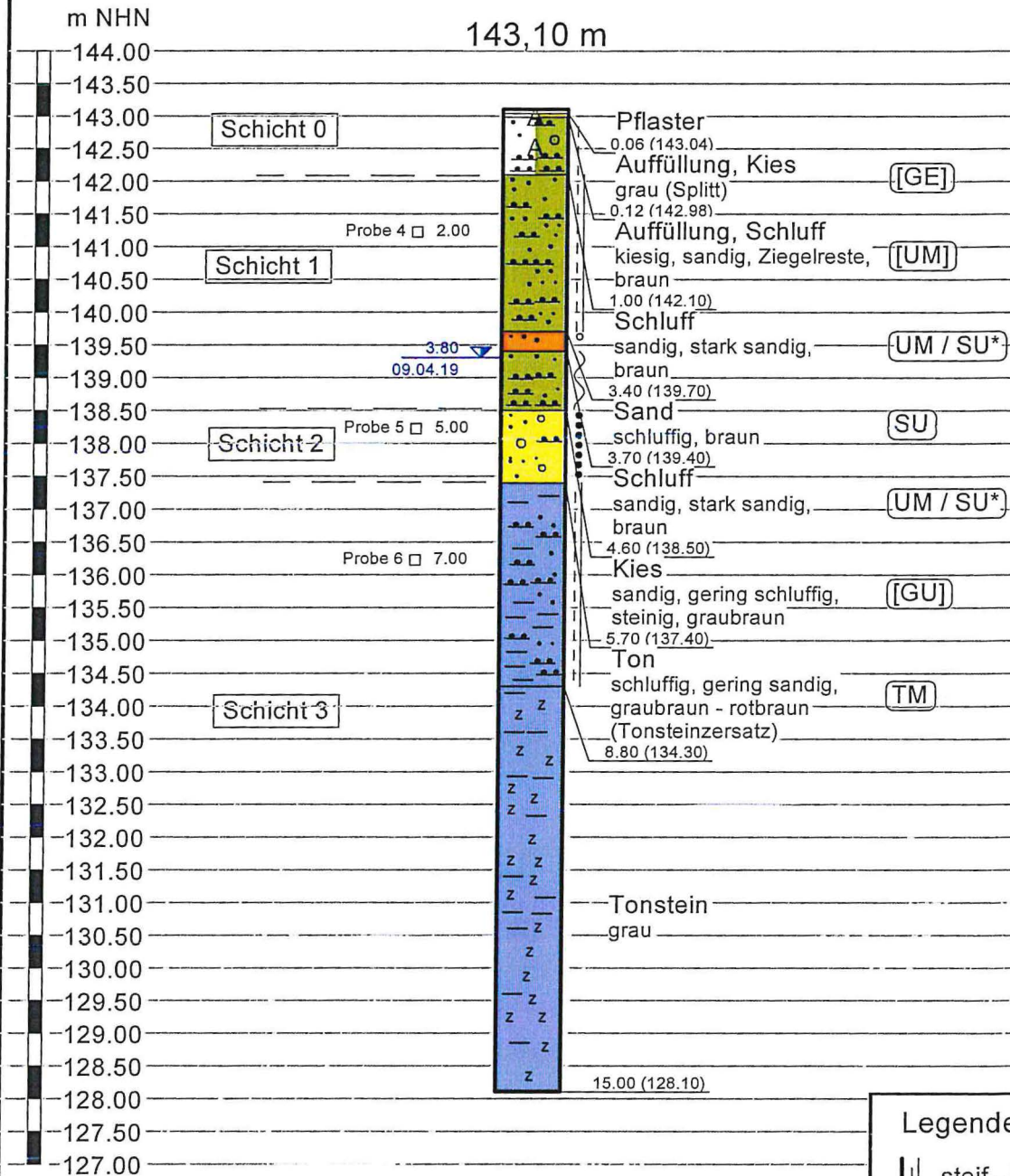
## Legende

- halbfest
- steif - halbfest
- locker
- mitteldicht

3,55  
 09.04.19 Grundwasser Bohrende



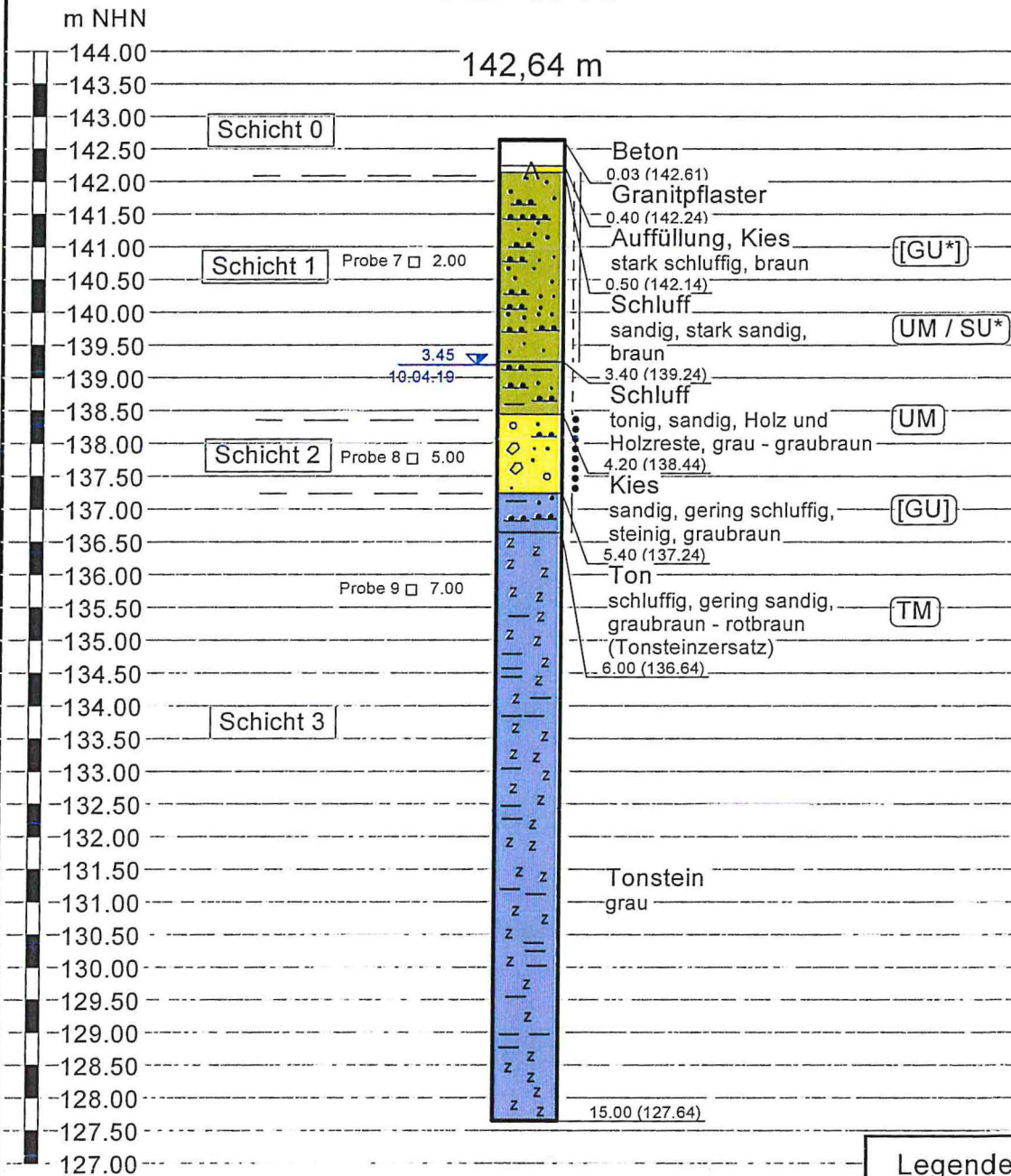
## KB 2/19



### Legende

- steif - halbfest
- steif
- weich
- locker
- mitteldicht

## KB 3/19



### Legende

- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- mitteldicht



KB 2/19

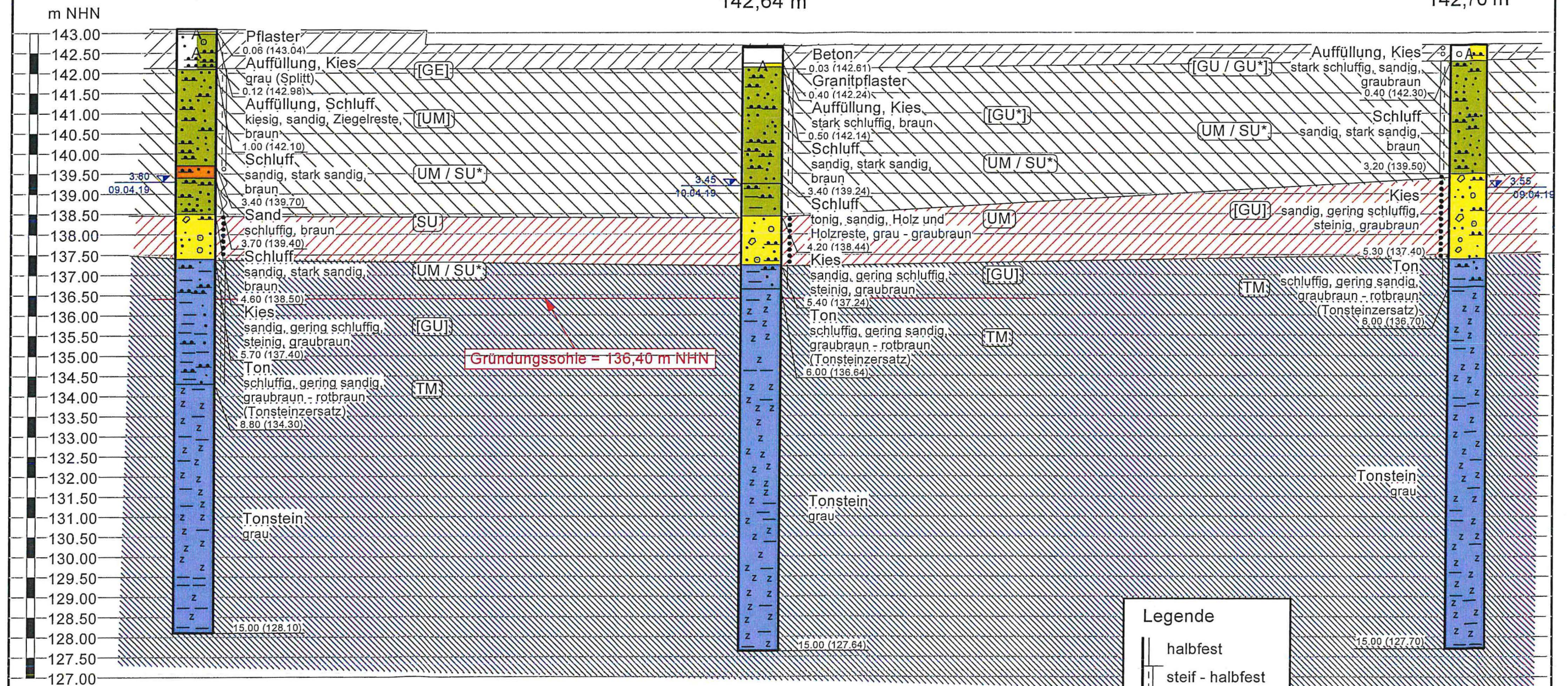
143,10 m

KB 3/19

142,64 m

KB 1/19

142,70 m



Legende

- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich
- locker
- mitteldicht

3,55  
09.04.19 Grundwasser Bohrende



# Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Jena  
Saalbahnhofstr.

Bearbeiter: Sonntag

Datum: 02.05.2019

Prüfungsnummer:

Entnahmestelle: BK2-3/19

Tiefe: 1,0 - 8,8 m

Bodenart:

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 09.04.2019/ Sonntag

Probenbezeichnung:	BK2/19 1,0 - 3,5 m	BK2/19 4,7 - 5,7 m	BK2/19 6,7 - 8,8 m	BK3/19 3,4 - 4,2 m		
Feuchte Probe + Behälter [g]:	295.23	2688.85	380.48	211.70		
Trockene Probe + Behälter [g]:	262.91	2563.82	315.80	161.34		
Behälter [g]:	71.41	576.91	65.44	58.02		
Porenwasser [g]:	32.32	125.03	64.68	50.36		
Trockene Probe [g]:	191.50	1986.91	250.36	103.32		
Wassergehalt [%]	16.88	6.29	25.83	48.74		

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

# Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Jena

Saalbahnstr.

Bearbeiter: Sonntag

Datum: 21.05.2019

Prüfungsnummer:

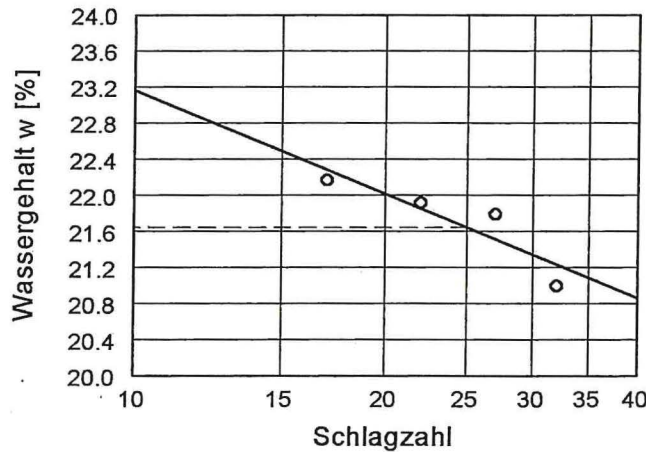
Entnahmestelle: BK2/19

Tiefe: 1,0 - 3,5 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Zwischenbereich/SU

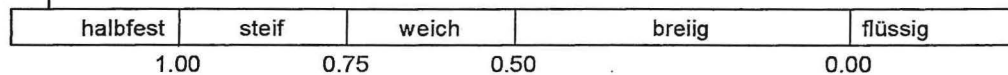
Probe entnommen am: 09.04.2019/ Sonntag



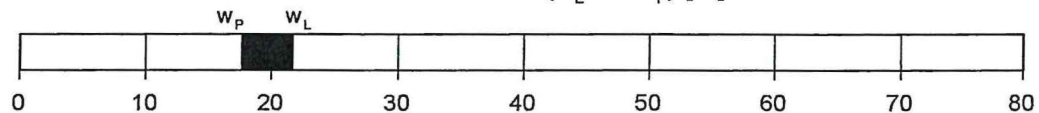
Wassergehalt  $w = 16.9 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 21.6 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_p = 17.7 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_p = 3.9 \%$   
 Konsistenzzahl  $I_c = 1.19$

$I_c = 1.19$

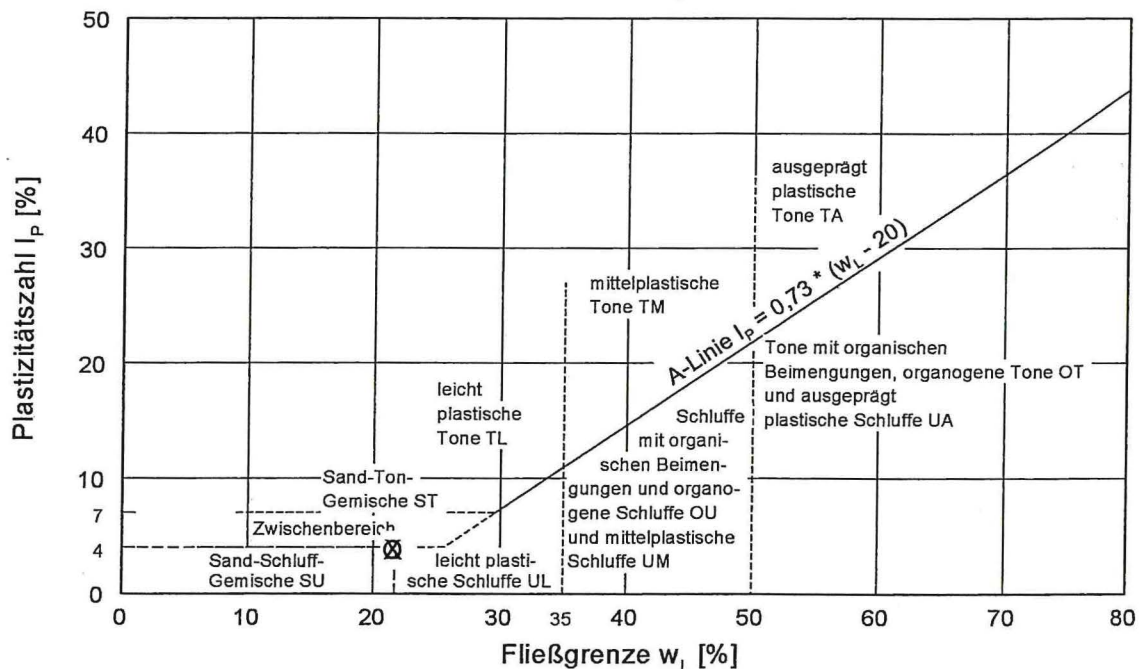
Zustandsform



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_p$ ) [%]



## Plastizitätsdiagramm



# Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Jena

Saalbahnstr.

Bearbeiter: Sonntag

Datum: 21.05.2019

Prüfungsnummer:

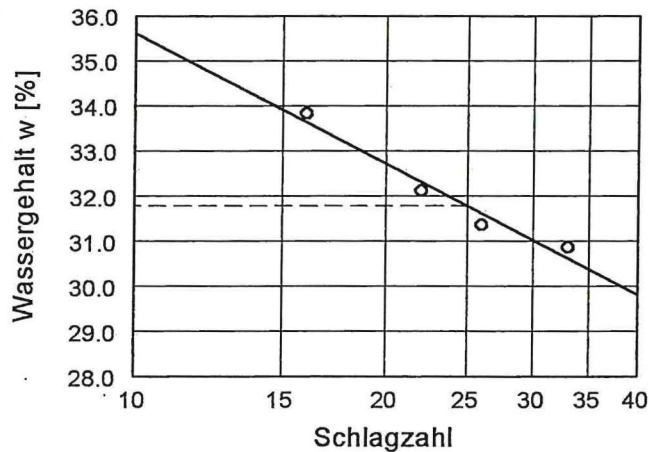
Entnahmestelle: BK2/19

Tiefe: 6,7 - 8,8 m

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: TL/UL

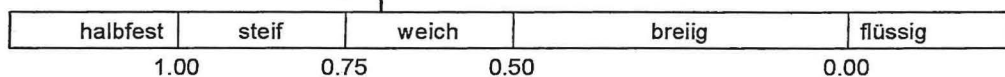
Probe entnommen am: 09.04.2019/ Sonntag



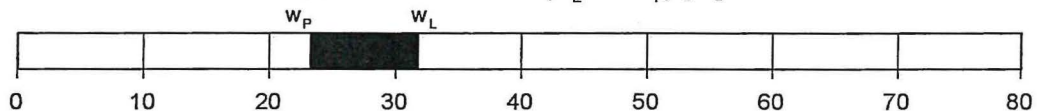
Wassergehalt  $w = 25.8 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 31.8 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_p = 23.2 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_p = 8.6 \%$   
 Konsistenzzahl  $I_c = 0.70$

Zustandsform

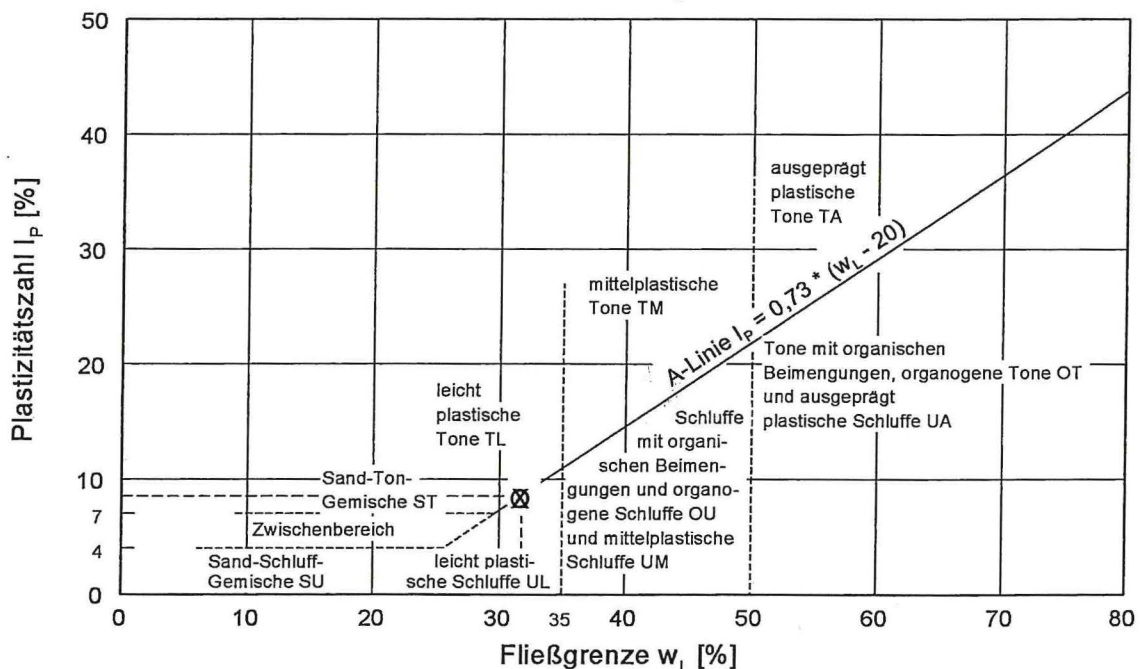
$I_c = 0.70$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_p$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm





BEB Jena Consult GmbH  
 Baugrund - Erdbau - Beweissicherung  
 Tatzendpromenade 2  
 07745 Jena

Bearbeiter: Sonntag

Datum: 09.05.2019

# Körnungslinie

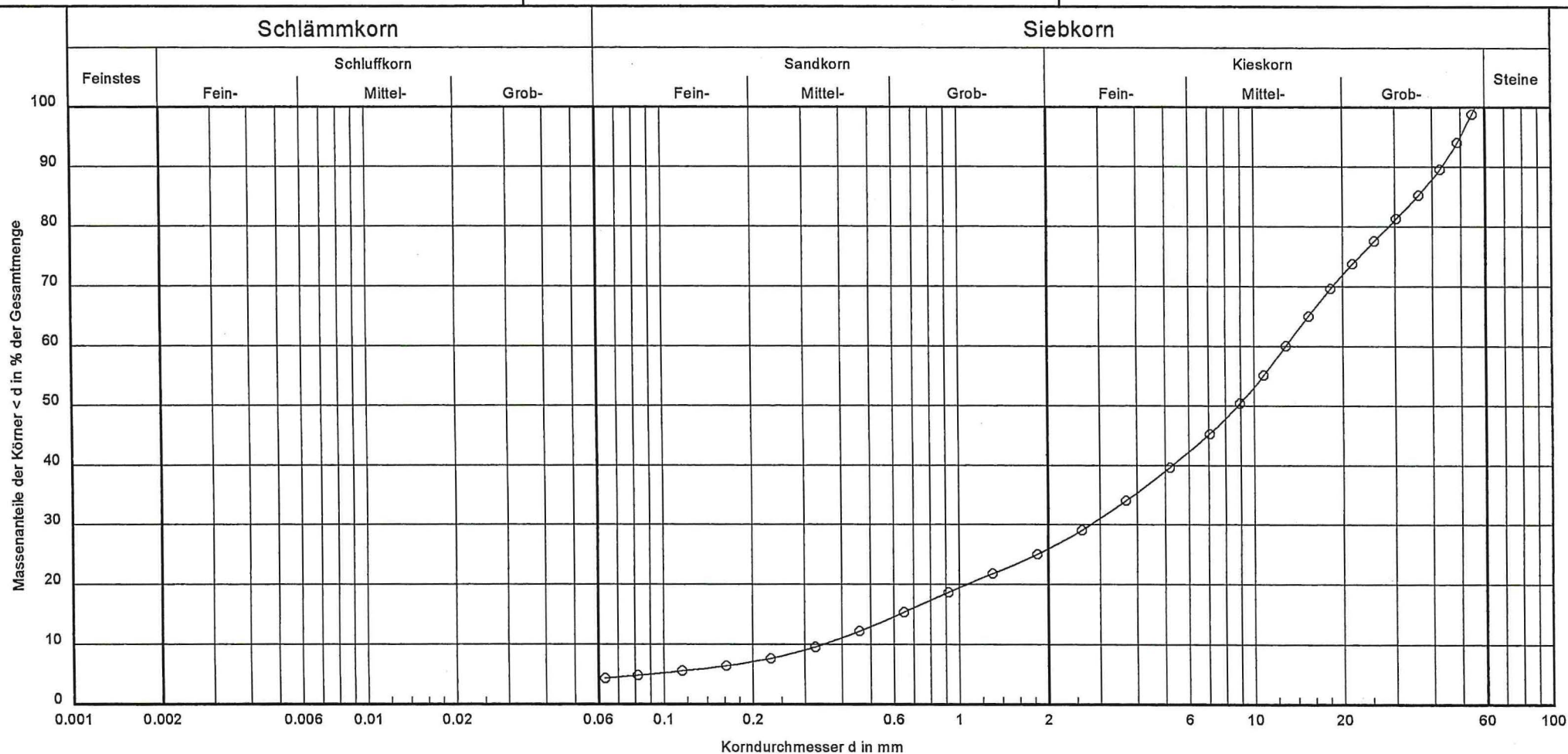
Jena  
 Saalbahnhofstr.

Prüfungsnummer:

Probe entnommen am: 09.04.2019/ Sonntag

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Naßsiebung



Bodengruppe:	GW	Bemerkungen:	Bericht: 5035/26/88/E-1 Anlage: 5
Bodenart:	G, ms', gs'		
Entnahmestelle:	BK2/19		
Tiefe:	4,7 - 5,7 m		
k [m/s] (Hazen):	$1.4 \cdot 10^{-3}$		
U/Cc:	37.1/1.7		

# **Bestimmung des Glühverlustes**

nach DIN 18128

Bemerkung :

Bauvorhaben : Jena

Saalbahnhofstr.

Ausgeführt durch : Ba

am : 07.05.2019

Dateiname : Jena

Art der Entnahme:

gestört

Entnahme am : 09.04.19

durch : Sonntag

Proben-Nr.

1

2

3

4

5

Entnahmestelle

BK3/19

Entnahmetiefe [m]

3,4 - 4,2

Behälter Nr.

4

Behälter

$m_B$  [g] 62,67

Probe + Behälter

$m+m_B$  [g] 98,06

Probe n.d. Glühen + Behälter

$m_O+m_B$  [g] 95,57

Massenverlust

$(m+m_B)-(m_O+m_B) = m_{gl}$  [g] 2,49

Probemenge

$(m+m_B)-m_O = m$  [g] 35,39

Glühverlust

$m_{gl} \cdot 100/m = V_{gl}$  [%] 7,04

Bodenart

Bodengruppe

Bemerkungen:

## **Einteilung der Böden nach DIN 1054, 4022 T1 und 18196**

organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen

organische Böden

bindig

nicht bindig

$V_{gl} > 2\% - 5\%$  schwach organisch  
- Bodengruppe nach DIN 18196

$V_{gl} > 5\% - 10\%$  organisch  
> 10% - < 20% stark organisch

OU - Schluffe mit organischen  
Beimengungen und  
organogene Schluffe

OT - Tone mit organischen  
Beimengungen und  
organogene Tone

$V_{gl} > 1\% - 3\%$  schwach organisch  
- Bodengruppe nach DIN 18196

$V_{gl} > 3\% - 5\%$  organisch  
> 5% - < 20% stark organisch

grob- bis gemischtkörnige  
Böden:

OH - mit humusartigen Beimengungen  
OK - mit kalkigen, kieseligen  
Bildungen

$V_{gl} \geq 20\%$

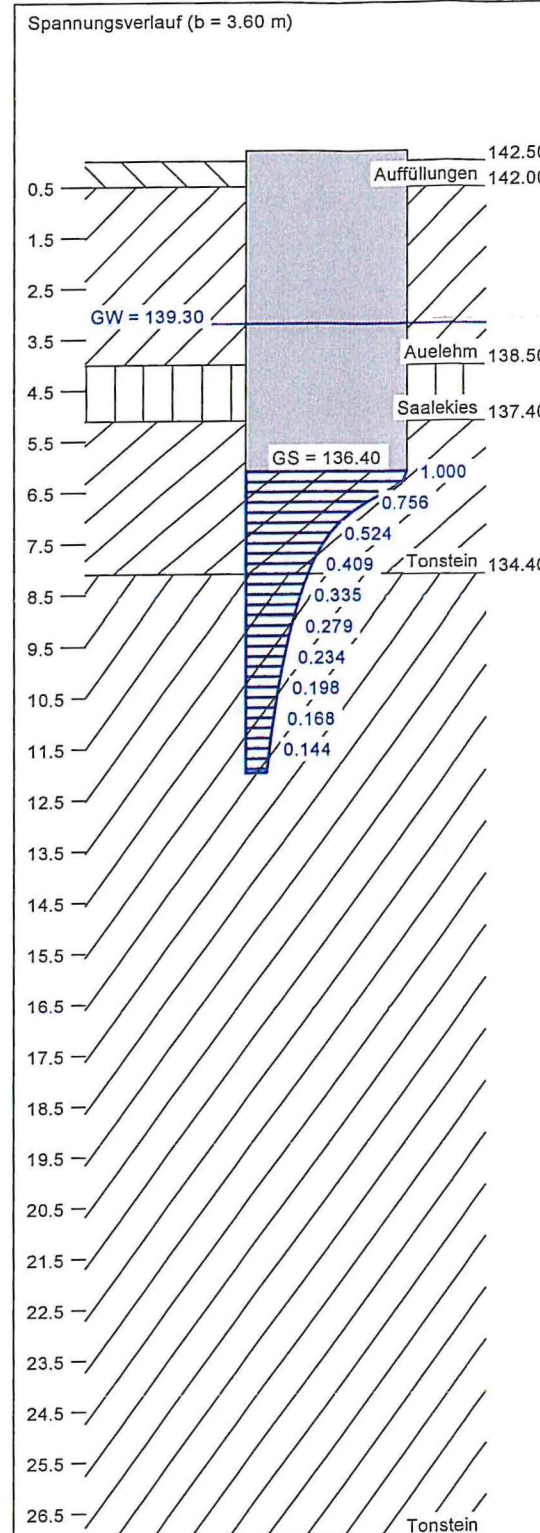
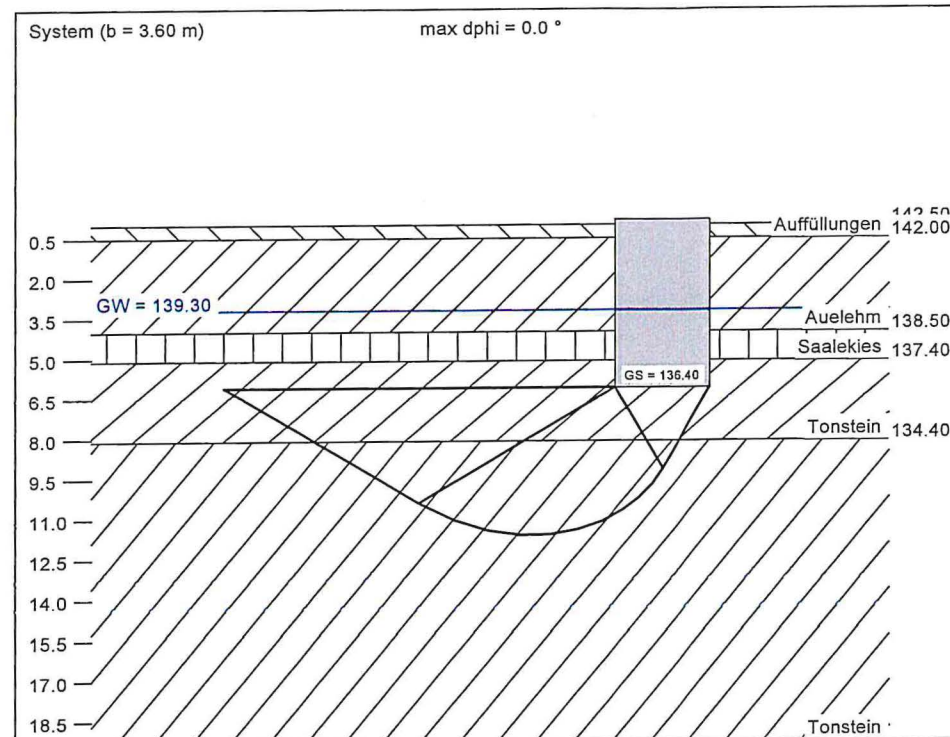
HN - Torfe, nicht zersetzt  
HZ - Torfe, zersetzt  
(Zersetzungsgrad nach  
DIN 4022 T1 und 19682)

F - Mudde, Faulschlamm



Boden	Tiefe [m]	$\gamma$ [kN/m³]	$\gamma'$ [kN/m³]	$\varphi$ [°]	c [kN/m²]	$E_s$ [MN/m²]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	142.00	19.0	10.0	24.0	1.0	5.0	0.00	Auffüllungen
	138.50	19.0	9.0	24.0	3.0	10.0	0.00	Auelehm
	137.40	20.0	12.0	33.0	0.0	30.0	0.00	Saalekies
	134.40	21.0	11.0	29.0	10.0	25.0	0.00	Tonstein
	<134.40	21.0	11.0	29.0	15.0	40.0	0.00	Tonstein

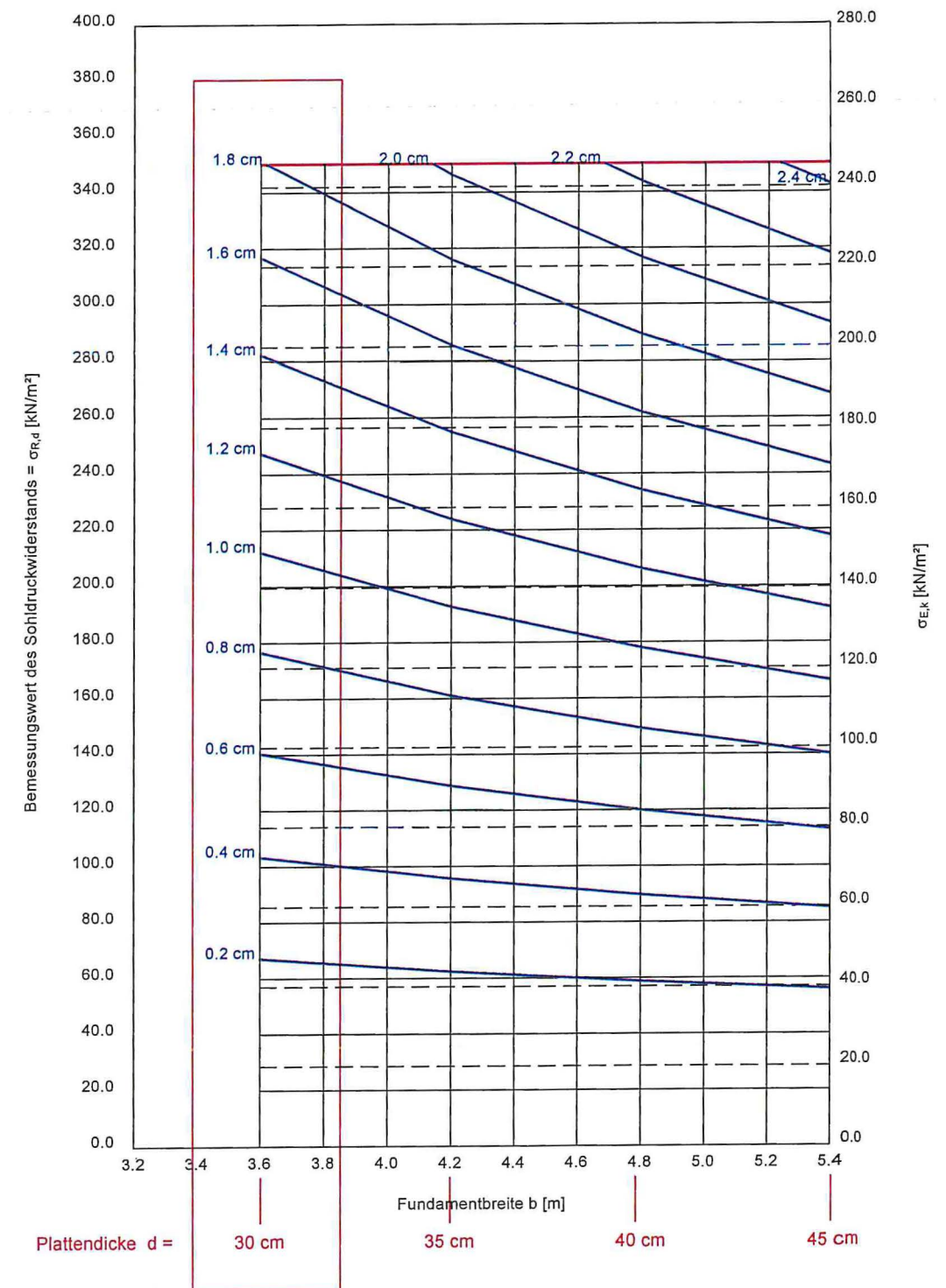
OK Gelände = 142.50 m



Berechnungsgrundlagen:  
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
Einzelfundament (a/b = 1.00)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 350.00 kN/m² begrenzt  
OK Gelände = 142.50 m  
Gründungssohle = 136.40 m  
Grundwasser = 139.30 m  
Grenztiefe mit p = 20.0 %  
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

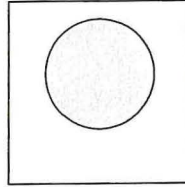
— Sohldruck  
— Setzungen



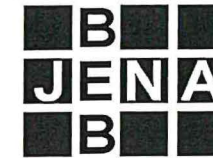
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{R,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m²]	$\gamma_2$ [kN/m³]	$\sigma_0$ [kN/m²]	$t_g$ [m]	UK LS [m]	$k_s$ [MN/m²]
Bodenplatte d = 0,30 m												
3.60	3.60	350.0	4536.0	245.6	1.79	29.0	13.59	11.00	92.20	11.98	11.61	13.7
Bodenplatte d = 0,35 m												
4.20	4.20	350.0	6174.0	245.6	2.02	29.0	13.79	11.00	92.20	12.72	12.53	12.1
Bodenplatte d = 0,40 m												
4.80	4.80	350.0	8064.0	245.6	2.25	29.0	13.94	11.00	92.20	13.42	13.45	10.9
Bodenplatte d = 0,45 m												
5.40	5.40	350.0	10206.0	245.6	2.46	29.0	14.06	11.00	92.20	14.09	14.37	10.0

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



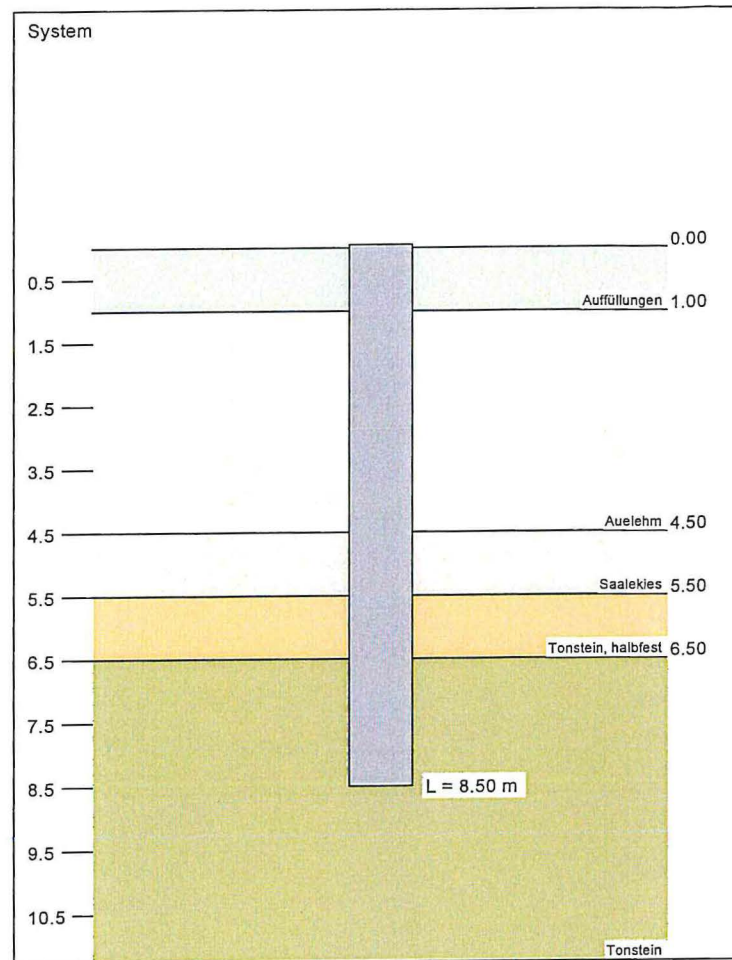


BEB Jena Consult GmbH  
Tatzendpromenade 2  
07745 Jena  
Tel.: 03641-4527-0



Jena, Saalbahnstraße  
Neubau Wohnbebauung  
Vorbemessung Bohrpfähle  
(äußere Tragfähigkeit)

Datum: 20.05.19  
Bericht Nr.  
5035/26/88/E-1  
Anlage: 7.1



Boden	$q_{b,k02}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k03}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.000	0.000	0.000	0.000	Auffüllungen
	0.000	0.000	0.000	0.000	Auelehm
	0.000	0.000	0.000	0.100	Saalekies
	0.900	1.100	1.500	0.060	Tonstein, halbfest
	0.900	1.100	1.500	0.160	Tonstein

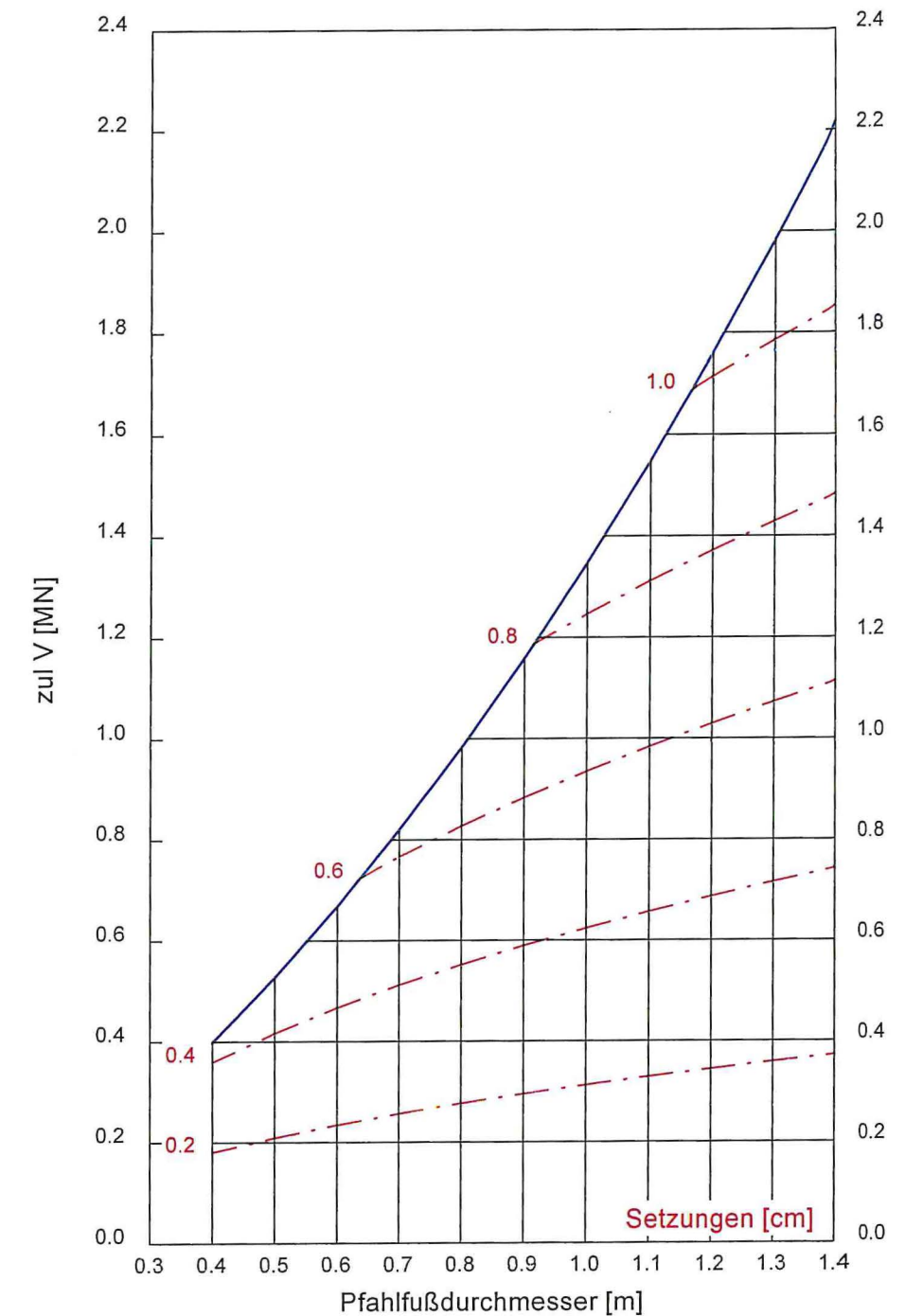
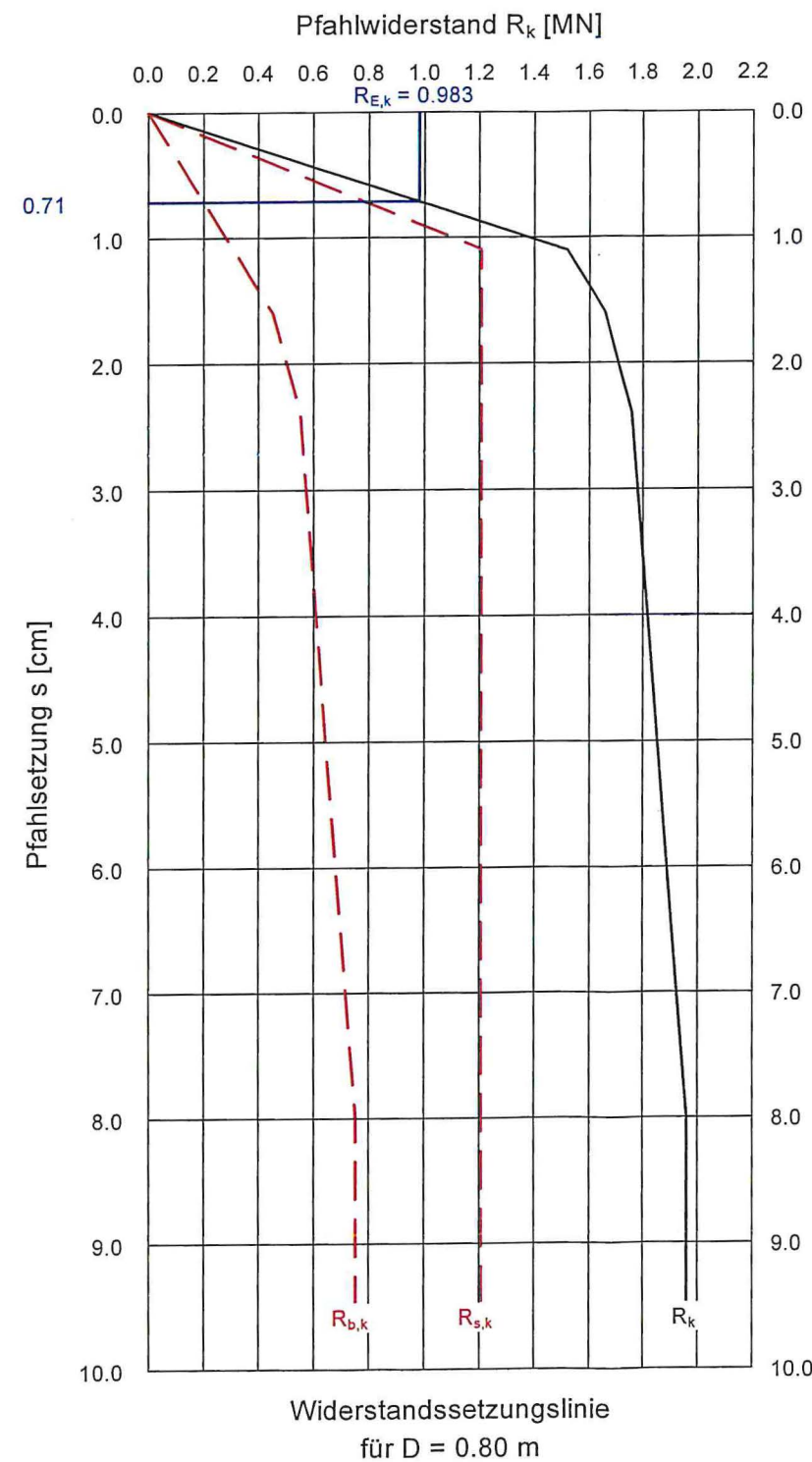
Berechnungsgrundlagen  
Bohrpfahl (DIN 4014)  
Pfahllänge = 8.50 m  
 $\gamma_P = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$$
$$\gamma_{(G,Q)} = 1.425$$

Zul V  
Setzung

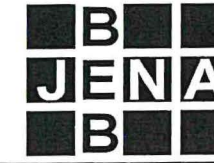
D [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.400	8.50	0.792	0.565	0.397	0.397	0.44
0.500	8.50	1.049	0.749	0.526	0.526	0.51
0.600	8.50	1.329	0.949	0.666	0.666	0.57
0.700	8.50	1.633	1.166	0.818	0.818	0.64
0.800	8.50	1.960	1.400	0.983	0.983	0.71
0.900	8.50	2.311	1.651	1.159	1.159	0.79
1.000	8.50	2.686	1.919	1.346	1.346	0.87
1.100	8.50	3.084	2.203	1.546	1.546	0.94
1.200	8.50	3.506	2.504	1.757	1.757	1.03
1.300	8.50	3.951	2.822	1.981	1.981	1.11
1.400	8.50	4.420	3.157	2.216	2.216	1.20

$$\text{zul V} = R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$$



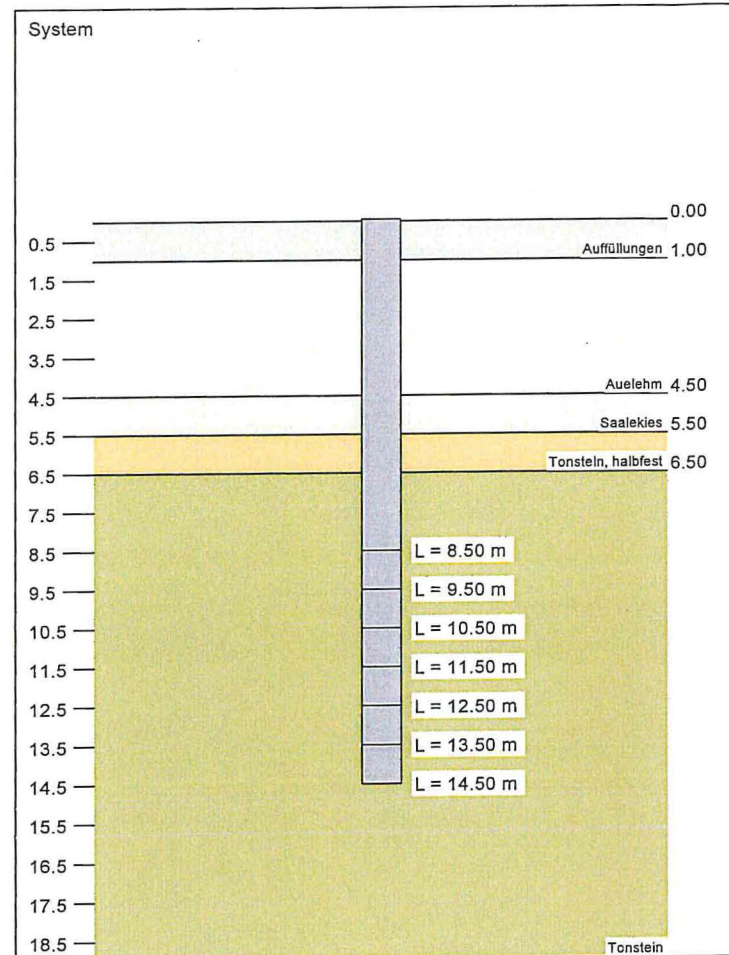


BEB Jena Consult GmbH  
Tatzendpromenade 2  
07745 Jena  
Tel.: 03641-4527-0



Jena, Saalbahnstraße  
Neubau Wohnbebauung  
Vorbemessung Bohrpfähle  
(äußere Tragfähigkeit)

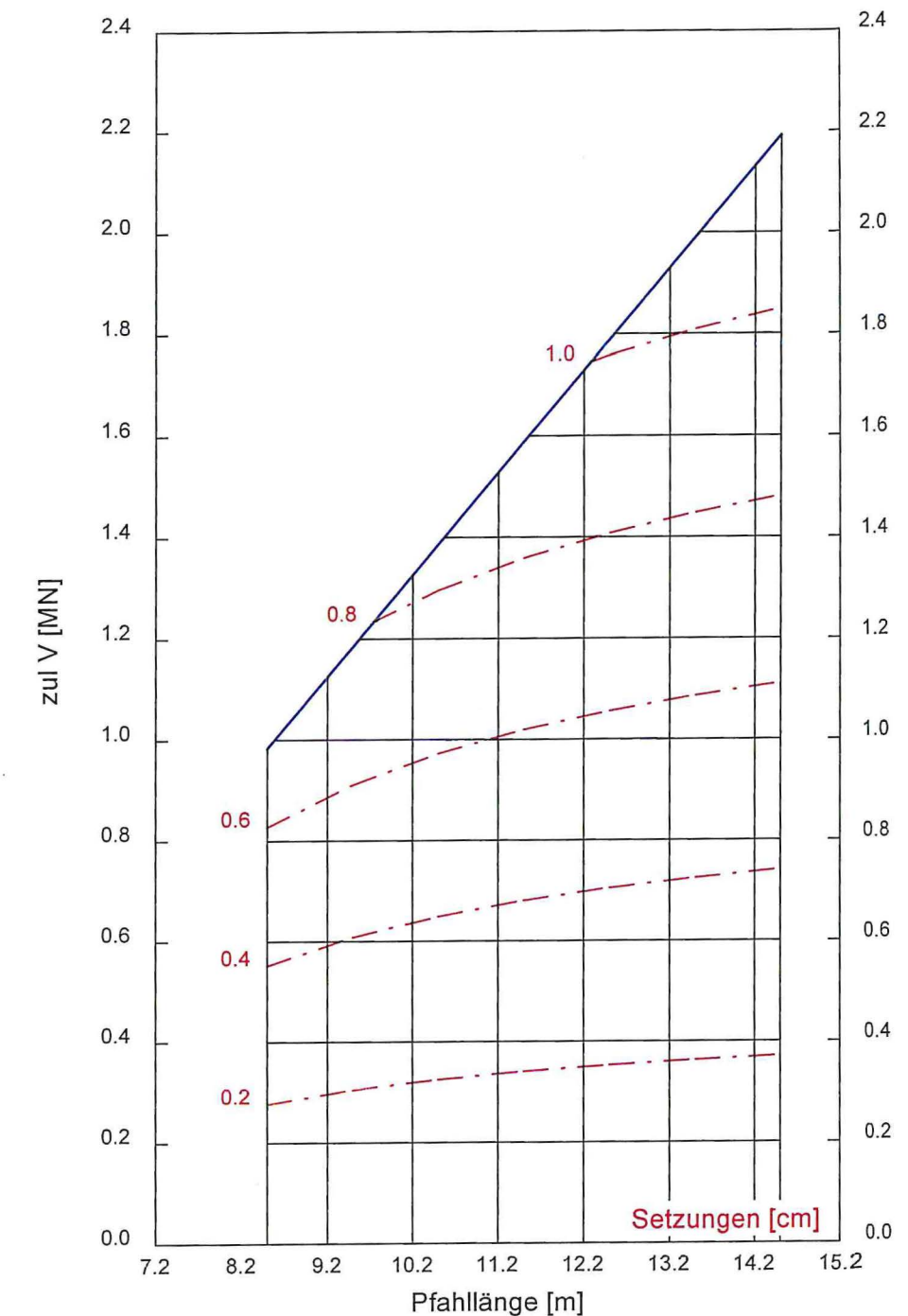
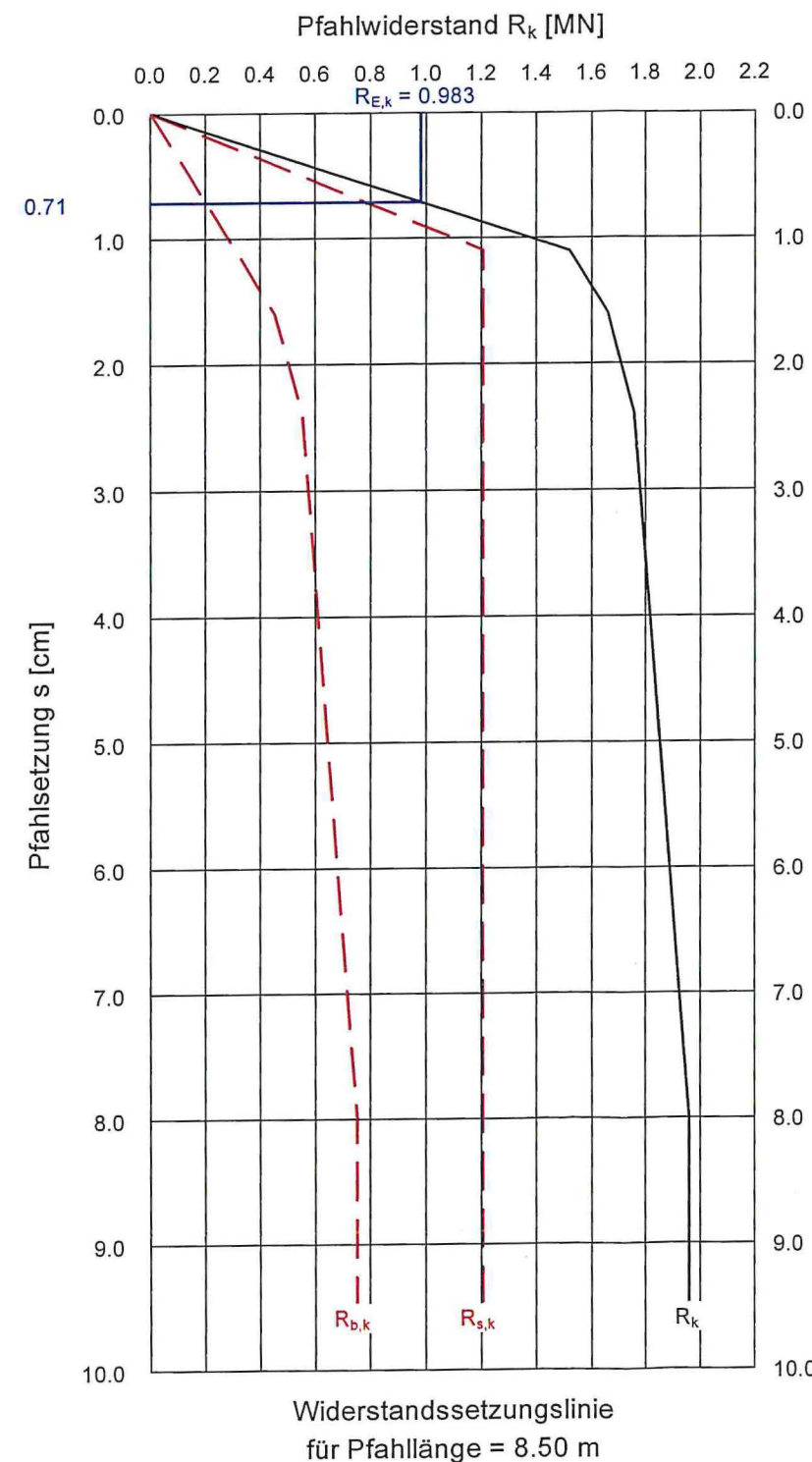
Datum: 20.05.19  
Bericht Nr.  
5035/26/88/E-1  
Anlage: 7.2



Boden	$Q_{b,k02}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$Q_{b,k03}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$Q_{b,k10}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$Q_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	0.000	0.000	0.000	0.000	Auffüllungen
	0.000	0.000	0.000	0.000	Auelehm
	0.000	0.000	0.000	0.100	Saalekies
	0.900	1.100	1.500	0.060	Tonstein, halbfest
	0.900	1.100	1.500	0.160	Tonstein

Berechnungsgrundlagen  
Bohrpfahl (DIN 4014)  
Pfahldurchmesser = 0.800 m  
 $\gamma_P = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
Zul V  
Setzung



D [m]	Länge [m]	$R_k$ [MN]	$R_d$ [MN]	$R_{E,k}$ [MN]	zul V [MN]	s [cm]
0.800	8.50	1.960	1.400	0.983	0.983	0.71
0.800	9.50	2.362	1.687	1.184	1.184	0.78
0.800	10.50	2.765	1.975	1.386	1.386	0.86
0.800	11.50	3.167	2.262	1.587	1.587	0.94
0.800	12.50	3.569	2.549	1.789	1.789	1.02
0.800	13.50	3.971	2.836	1.990	1.990	1.10
0.800	14.50	4.373	3.124	2.192	2.192	1.19

$$\text{zul V} = R_{E,k} = R_k / (\gamma_P \cdot \gamma_{(G,Q)}) = R_k / (1.400 \cdot 1.425) = R_k / 1.99 \quad [\gamma_{(G,Q)} = 1.425]$$