



Sarstedt

Die Stadt an der Innerste

Unterlage: 20

Planfeststellung

**Geotechnische
Untersuchungen**

**Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt**

Vorhabenträger:

Stadt Sarstedt

Sarstedt, den 16.07.2018

Rembert Andermann

Stadt Sarstedt

**Planung einer Eisenbahnüberführung
für den innerörtlichen
Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover - Kassel,
km 17,850**

Baugrunduntersuchungen,
Baugrund- und Gründungsbeurteilung

Bericht Nr. 3.463

Hannover, den 22.02.2018

IGH

**INGENIEURGESELLSCHAFT GRUNDBAUINSTITUT
DR.-ING. WESELOH - PROF. DR.-ING. MÜLLER-KIRCHENBAUER mbH**

INHALTSVERZEICHNIS

1. Bauvorhaben.	1
2. Unterlagen.	4
3. Baugrund.	6
3.1 Allgemeines.	6
3.2 Untersuchungsumfang.	7
3.3 Rammkernsondierungen und Bohrungen.	8
3.4 Schwere Rammsondierungen.	9
3.5 Grundwasser, Bemessungswasserstand.	11
3.6 Gleis- und Straßenaufbau.	11
3.7 Geotechnische Laborversuche.	12
3.8 Einteilung der Böden in Homogenbereiche.	15
4. Baugrundmodell, Bodenrechenwerte.	15
5. Beurteilung.	17
5.1 Vorbemerkung.	17
5.2 Gründungsvorschlag.	18
5.2.1 Konstruktion, Bemessungsgrundlagen.	18
5.2.2 Gründungsplanum, Bodenersatz.	19
5.2.3 Hinterfüllung des Bauwerks, Schutzschichten.	20
5.2.4 Baugrubenverbauten, Rückverankerung.	20
5.2.5 Hilfsbrückenauflagerung.	25
5.2.6 Grundwasserhaltung.	26
5.3 Ergänzende Hinweise.	27

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1:	Lageplan
Anlagen 2.1 bis 2.5:	Bohrprofile und Rammdiagramme
Anlage 2.6:	Schurfprofile
Anlage 2.7:	Erläuterungen zu den Profilen
Anlagen 3.1 bis 3.6:	Korngrößenverteilungen
Anlagen 4.1 bis 4.6:	Plastizitäts- und Konsistenzgrenzen
Anlagen 5.1 und 5.2:	Einaxiale Druckfestigkeiten
Anlage 6:	Direkter Scherversuch
Anlagen 7.1 bis 7.6:	Homogenbereiche
Anlage 8:	Prinzipieller Schnitt durch das Bauwerk und die Baugrube

IGH mbH · Volgersweg 58 · 30175 Hannover

Stadt Sarstedt
Herrn Kuntze (Bauverwaltung)
Steinstraße 22
31157 Sarstedt

Beratende Ingenieure

Gutachten · Baugrunduntersuchungen
Gründungsberatung · Fachbauleitung

Grundbau · Boden- und Felsmechanik
Baugrubenplanungen · Dammbau ·
Spezialtiefbau · Untergrundhydraulik ·
Deponiegrundbau · Eignungsprüfungen ·
Sonderverfahren · Entwicklungen ·
Überwachungen · Qualitätssicherung

Ihr Zeichen:

Unser Zeichen:

Datum: 22.02.2018

3.463

PS/Sta

**Betr.: Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover – Kassel, km 17,850
- Baugrunduntersuchungen, Baugrund- und
Gründungsbeurteilung -**

1. Bauvorhaben.

Geplant ist die Aufhebung des vorhandenen Bahnübergangs (BÜ) im Zuge der Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße in Sarstedt in km 17,730 der Strecke 1732 Hannover – Kassel. Als Ersatz für den BÜ ist in km 17,850 der Neubau einer Eisenbahnüberführung (EÜ) in Form eines Straßentrogs mit einem teilweise gemeinsam geführten Fuß- und Radwegtrog sowie einer parallel zur EÜ verlaufenden Fuß- und Radwegbrücke vorgesehen.

Mit Herstellung der EÜ wird eine neue Straßenführung erforderlich. Die Straße fädelt im Kreuzungsbereich Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße/Nordring Richtung Westen aus, verläuft dann als Trog unter den Gleisen und nimmt anschließend einen weiten Bo-

HR B Hannover 52 469 VAT/UST-IdNr.: DE 115 659 424
Steuer-Nr. Finanzamt Hannover-Nord: 25 / 204 / 28125

Geschäftsführer: Dr.-Ing. Werner Friedrich, Dipl.-Ing. Sigrid Stavesand, Dipl.-Geogr. Ralf Struckmann
Prokuristen: Dipl.-Ing. Sergej Benke, Dipl.-Ing. (FH) Thomas Bistri, Dipl.-Ing. Paiman Saqi

Bankverbindungen: Commerzbank AG Hannover IBAN: DE17 2508 0020 0855 1005 00 BIC: DRESDEFF250
Sparkasse Hannover IBAN: DE70 2505 0180 0000 5705 59 BIC: SPKHDE2HXXX

**Anerkannte Sachverständige
für Erd- und Grundbau**

Telefon (05 11) 34 32 05

Telefax (05 11) 34 15 44

e-mail info@igh-grundbauinstitut.de

www.igh-grundbauinstitut.de

gen durch bislang überwiegend unbebautes Gelände, um dann über den Dachsteinweg wieder in die Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße einzumünden.

Der baulich getrennte Fuß- und Radwegtrog verläuft auf der Ostseite der Straße zunächst parallel zum Straßentrog und anschließend unmittelbar hinter der geplanten EÜ auf der Westseite parallel zur Strecke über die Ziegeleistraße wieder in Richtung Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße. Die Fuß- und Radwegbrücke überquert den Straßentrog im Zuge der Ziegeleistraße parallel der Gleise. Entlang der Strecke sind Lärmschutzwände geplant. Eine Lageübersicht gibt die Anlage 1.

Gemäß vorliegender aktueller Entwurfsplanung beträgt die lichte Weite des Straßentroges ca. 10,0 m und die des Fuß- und Radwegtroges etwa 4,0 m, so dass sich unter Berücksichtigung der dazwischen liegenden Trennwand die lichte Weite der EÜ zu rund 14,50 m ergibt. Die lichte Höhe des Straßentroges beträgt im Bereich der EÜ ca. 4,80 m und die des Fuß- und Radwegtroges etwa 2,90 m.

Bezüglich der Höhendaten lässt sich Folgendes aus den vorliegenden Entwurfsplanunterlagen entnehmen:

- Schienenoberkante (SO) = + 64,20 mNN
- Gründungsebene Straßentroges im mittleren Bereich der EÜ = rd. 9,20 m unter SO = ca. + 55,00 mNN

Geplant ist, die Baugrube zur Herstellung des neuen Trogbauwerks als eine quasi wasserdichte Spundwandumschließung auszubilden und die Hilfsbrückenauflagerung mittels Bohrpfählen hinter der Baugrubenumschließung zu errichten (= Variante 1). Alternativ soll je nach Ergebnis der noch geplanten und weiter unten erwähnten Proberammungen von Spundbohlen im Bereich der

EÜ (= ungünstigste Baugrubengebiete) die Baugrubenumschließung mit Hilfe von überschnittenen Bohrpfählen zur Ausführung kommen, die gleichzeitig Verbau und Hilfsbrückenaufleger sind (= Variante 2). Die Verbauten sollen entweder mittels Verpressankern oder mit Hilfe von verpressten Mikropfählen rückverantwortet werden.

Wir wurden im Jahr 2015 beauftragt, unter Zugrundelegung der damals verfügbaren Vorplanung Baugrunduntersuchungen für das Bauvorhaben durchzuführen und auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse eine Baugrund- und Gründungsbeurteilung zu erstellen. Des Weiteren wurden orientierende umweltchemische Untersuchungen an Bodenmischproben und Asphaltproben ausgeführt. Die Ergebnisse der im Jahr 2015 ausgeführten Untersuchungen wurden durch unser Büro planungsbegleitend in verschiedenen themenorientierten Stellungnahmen bereits mitgeteilt (s. Abschnitt 2, Unterlage /4/), auf deren Grundlage beispielsweise auch die zuvor beschriebene Baugrubenausbildung geplant wurde. Gegenstand des vorliegenden Berichtes ist die Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse die Gründung des Trogbauwerks und der EÜ sowie die Baugrubenherstellung betreffend.

Während der Felduntersuchungen im Jahr 2015 wurden anhand der Vorplanung unter anderem auch Sondierungen entlang der zum damaligen Zeitpunkt geplanten Straßentrasse ausgeführt, die westlich der EÜ den "Alten Tonweg" querte und wieder zur Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße führte. Im Zuge der Entwurfsplanung wurde die Straßentrasse weiter in westlicher Richtung über den "Dachsteinweg" verlegt, wie auch oben näher beschrieben. Der neue Trassenverlauf befindet sich teils im Bereich einer Altablagerung. Für die neue Straßenführung sind weitere Baugrunduntersuchungen sowie umweltchemische Untersuchungen im Jahr 2018 geplant, deren Ergebnisse in einem gesonderten Bericht mitgeteilt werden. In diesem Zusammenhang werden auch für die geplanten Lärmschutzwände Baugrunduntersuchungen durchge-

führt und eine Gründungsbeurteilung dazu in einem gesonderten Bericht vorgelegt.

Desweiteren sind im Jahr 2018 mit Bezug auf die geplante Baugrubenumschließung hinsichtlich der Einbringung der Spundbohlen Proberammungen sowie Untersuchungsprüfungen von Verpressankern und Probelastungen von Mikropfählen im Vorfeld der weiteren Planung vorgesehen. Diese Ergebnisse würden ebenfalls nach der Ausführung der Untersuchungen in einem separaten Bericht mitgeteilt.

Die Baumaßnahme kann in die Geotechnische Kategorie GK 2 nach DIN 1054 eingeordnet werden.

2. Unterlagen.

Zur Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

I) Von den planenden Büros: Ingenieurgemeinschaft BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Künne & Partner Beratende Ingenieure mbB, grbv Ingenieure im Bau-wesen GmbH & Co. KG und Ingenieurbüro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH:

/1/ BPR: Vorplanung Verkehrsanlagen vom 06.2015 bis 03.2016

/2/ BPR, grbv und Vössing:

a) Entwurfsplanung vom 06.2017 bis 12.2017.

b) Feststellungsentwurf vom 06.2017 bis 12.2017.

/3/ Weitere Details zum Bauvorhaben und zu den Lasten gingen aus den monatlich stattfindenden Jours fixes bei der BPR sowie aus den Abstimmungsgesprächen mit der grbv hervor.

II) Von der IGH Ingenieurgesellschaft Grundbauinstitut
Dr.-Ing. Weseloh - Prof. Dr.-Ing. Müller-Kirchenbauer mbH:

/4/ Unsere folgenden Stellungnahmen:

- a) Hinweise zur Versickerung, 22.09.2015.
- b) Umweltchemische Analysen an Boden- und Asphaltproben, 10.09.2015.
- c) Baugrund und Gründung, 18.11.2015.
- d) Angaben zur Bemessung der Spundwände, Rückverankerung und überschnittener Bohrpfahlwände 08.08. und 11.09.2017.
- e) Proberammung der Spundwände und Untersuchungsprüfung der Anker, 22.09.2017.

III) Weitere verwendete Unterlagen sind:

- /5/ Richtlinie 836 - Erdbauwerke und sonstige geotechnische Bauwerke planen, bauen und instandhalten; 2.Aktualisierung, gültig ab 01.02.2013.
- /6/ Richtlinie 836 w.v.; 3. Aktualisierung: Einführung des neuen Moduls 836.4106 (Übergänge zwischen Erd- und Kunstbauwerken).
- /7/ Richtlinie 836 w.v.; 4. Aktualisierung: Einführung des neuen Moduls 836.4102 (Böschungen - Grundlagen, Lockergesteins- und Felsböschungen).
- /8/ Technische Mitteilung zur Ril 804.1101, Abschnitt 2, Absätze 13 bis 15 "Brückenabschlüsse".
- /9/ ZTV E-StB 17: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, FGSV, Ausgabe 2017.
- /10/ Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle „EA Pfähle“, 2. Auflage.
- /11/ Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB), 5. Auflage.

- /12/ TL SoB-StB 04 - Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau.
- /13/ DIN-Vorschriften in jeweils gültiger Fassung.
- /14/ Grundbau-Taschenbuch, Teil 2: Geotechnische Verfahren, 6. Auflage.
- /15/ LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
Geodatenzentrum Hannover: Geologische Kartenunterlagen.

3. Baugrund.

3.1 Allgemeines.

Nach den verfügbaren geologischen und ingenieurgeologischen Kartenunterlagen in /15/ sind im Bereich der EÜ geländeoberflächennah zunächst gering bis mäßig konsolidierte feinkörnige bindige und bindig-gemischtkörnige Lockergesteine in Form von holozänen sandigen Schluffen und Tonen, zum Teil mit organischen Einlagerungen, zu erwarten. Diese werden von nichtbindigen grobkörnigen Lockergesteinen in Form von quartären Fluss- und Schmelzwasserablagerungen, die aus nichtbindigen Sanden und/oder Kiesen bestehen, unterlagert. Tieferreichend folgen schwach schluffige bis schluffige, teils schwach sandige Tone nach.

Im weiteren westlichen Verlauf der Straßenführung sind im Bereich der Altablagerung künstliche Auffüllungen angegeben.

3.2 Untersuchungsumfang.

Zur näheren Erkundung des Baugrundes wurden durch unser Büro im Jahr 2015 im Bereich des geplanten Trogbauwerks bzw. der EÜ sowie entlang der zum damaligen Zeitpunkt geplanten Straßentrasse insgesamt 9 Rammkernsondierungen (= Kleinbohrungen RKS 1 bis RKS 9) zur Bodenprobenentnahme und 6 Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde DPH nach DIN EN ISO 22476 (R 1 bis R 6) zur Festigkeitsabschätzung der Böden durchgeführt. Desweiteren wurden 2 zusätzliche Rammkernsondierungen (RKS N1 und RKS N2) sowie 2 Schürfe (SCH 1 und SCH 2) im Gleisbereich unter anderem zur Entnahme von Bodenproben zwecks umweltchemischer Untersuchungen niedergebracht. Dabei wurden die Sondierungen im Bereich des geplanten Trogbauwerks bis in Tiefen zwischen 6 m und rund 19 m unter Gelände bzw. bis zur Geräteauslastung niedergebracht. Die Sondierungen im Gleisbereich sowie entlang der Straßentrasse wurden bis 3,0 m Tiefe unter Gelände abgeteuft.

Zudem sind durch die Kressebuch GmbH 2 verrohrte Bohrungen (B 1 und B 2) nach DIN EN ISO 22475 bis jeweils etwa 20 m Tiefe unter Gelände zur Ausführung gekommen.

Die Ortslagen der Aufschlüsse gehen aus dem Lageplan in Anlage 1 hervor. Die Ergebnisse der Bohrungen und der Sondierungen sind dargestellt in:

Anlagen 2.1 bis 2.5: Bohrprofile und Rammdiagramme
Anlage 2.6: Schurfprofile
Anlage 2.7: Erläuterungen

Die Sondierungen und Bohrungen mit Angaben der Ansatzhöhen sowie ihrer Aufschlusstiefen sind in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Baugrundaufschlüsse

Sondierungen und Bohrungen	Ansatzhöhe [mNN]	Aufschlusstiefe	
		[m]	[mNN]
RKS 1 / R 3	64,1	11,8 / 12,0	52,3 / 52,1
RKS 2 / R 4	63,0	10,2 / 12,0	52,8 / 51,0
RKS 3 / R 5	63,1	8,0	55,1
RKS 4 / R 6	64,3	6,0	58,3
RKS 5	63,6	3,0	60,6
RKS 6	62,4	3,0	59,4
RKS 7	63,1	3,0	60,1
RKS 8	62,4	3,0	59,4
RKS 9	61,8	3,0	58,8
B 1 / R 1	64,2	20,5 / 17,5	43,7 / 46,7
B 2 / R 2	63,0	20,5 / 18,7	42,5 / 44,3
RKS N 1 / RKS N 2	0,8 m / 0,4 m u. SO	3,0 / 3,0	-3,8 m / -3,4 m u. SO
SCH 1 / SCH 2	0,4 m / 0,4 u. SO	1,2 / 1,2	-1,4 m u. SO

3.3 Rammkernsondierungen und Bohrungen.

Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen besteht der Baugrund zunächst bis in Tiefen zwischen 0,30 m und 2,30 m unter Gelände aus Auffüllungen, die je nach Ortslage bis auf ein Niveau zwischen etwa 60,30 mNN und 63,70 mNN und im Bereich des geplanten Trogbauwerks bzw. der EÜ bis auf ein mittleres Niveau von rund 63,0 mNN hinabreichen. Die Auffüllungen bestehen in erster Linie aus schwach sandigen bis sandigen Kiesen und aus schwach kiesigen bis stark kiesigen Sanden bzw. Sand-Kies-Gemischen, die jeweils lokal schwach schluffige bis schluffige und humose Anteile sowie Bauschutt- und/oder Wurzelbeimengungen aufweisen. Örtlich wurden auch geländeoberflächennah Mutterbodendeckschichten und aufgefüllte Schluffe oder Bauschutt erkundet. Im Gleisbereich wurden zudem Schotter mit sandigen und kiesigen Anteilen oder Packlagen ermittelt.

Der gewachsene Boden im Anschluss an die Auffüllungen setzt sich zunächst aus sandigen bis stark sandigen, überwiegend schwach tonigen bis tonigen, teils schwach kiesigen Schluffen mit Lagen aus schluffigen, teils schwach kiesigen Sanden zusammen, die im Weiteren vereinfachend als "**schluffige Deckschichten**" bezeichnet werden. Die schluffigen Deckschichten reichen im Bereich der flach ausgeführten Sondierungen zu meist bis zu den Sondierendtiefen von 3,0 m unter Gelände und im Bereich der tiefer ausgeführten Sondierungen und Bohrungen bis in Tiefen zwischen 3,30 m und 6,0 m unter Gelände bzw. bis auf ein mittleres Niveau von etwa 59,0 mNN hinab. Danach folgen **sandige Kiese** mit teils geringen schluffigen und teils steinigen Beimengungen. Die sandigen Kiese werden ab etwa 53,0 mNN von **Tonmergel** unterlagert. Der Tonmergel stellt sich körnungsmäßig als sandige, tonige Schluffe und/oder als Ton-Schluff-Gemische dar, die jeweils Kalk enthalten.

3.4 Schwere Rammsondierungen.

Zur Abschätzung der Festigkeit der durchfahrenen Böden wurden die Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde ausgeführt. Die daraus gewonnenen Rammdiagramme sind in den Anlagen 2.1, 2.2 und 2.4 dargestellt. Für die angetroffenen in erster Linie nichtbindigen weitgestuften Auffüllungen sowie für die sandigen Kiese des gewachsenen Bodens mit nur geringen Feinkornanteilen besteht etwa folgender Zusammenhang zwischen Schlagzahl n_{10} pro 10 cm Sondeneindringung und Lagerungsdichte:

Tabelle 2: Zusammenhang zwischen Schlagzahl n_{10} pro 10 cm Sondeneindringung und Lagerungsdichte bei weitgestuften Böden

Schlagzahl n_{10}		Grenzen der Lagerungsdichte
über GW	unter GW	
5	1 – 2	D = 0,20 / sehr locker – locker
15	8	D = 0,45 / locker – mitteldicht
34	24	D = 0,65 / mitteldicht – dicht

Für die bindigen bzw. bindig-gemischtkörnigen Auffüllungen mit vermehrten Feinkornanteilen, für die gewachsenen schluffigen Deckschichten sowie für den Tonmergel kann von etwa folgendem Zusammenhang zwischen Schlagzahl n_{10} pro 10 cm Sondeneindringung und Konsistenz ausgegangen werden:

Tabelle 3: Zusammenhang zwischen Schlagzahl n_{10} pro 10 cm Sondeneindringung und Konsistenz bei bindigen und bindig-gemischtkörnigen Böden

Konsistenz	Schlagzahl n_{10}
weich	2 – 5
steif	5 – 9
halbfest	9 – 17
fest	> 17

Gemäß diesen Zusammenhängen sowie den Bodenansprachen vor Ort sind die Auffüllungen zumeist locker gelagert bzw. von weicher Konsistenz. Die schluffigen Deckschichten weisen eine weiche bis steife Konsistenz auf. Die sich anschließenden sandigen Kiese sind bis auf ein mittleres Niveau von etwa 55,50 mNN zunächst locker bis mitteldicht und nachfolgend mitteldicht bis dicht gelagert. Der Tonmergel weist zunächst bis auf ein mittleres Niveau von ca. 51,50 mNN eine steife bis halbfeste, dann aber rasch mindestens eine halbfeste Konsistenz auf. Ab einem mittleren Niveau von etwa 48,50 mNN kann für den Tonmergel eine feste Konsistenz angenommen werden.

3.5 Grundwasser, Bemessungswasserstand.

Die sandigen Kiese sind grundwasserführend. Jahreszeitlich bedingt kann das Grundwasser in gespannter Form unterhalb der überlagernden wenig durchlässigen Schluffe anstehen. Während der Baugrundaufschlüsse im Zeitraum von Juni bis August 2015 befand sich das Grundwasser etwa auf einem Niveau zwischen 59,10 mNN und 60,10 mNN.

Die Baufläche befindet sich im Einflussgebiet der Innerste und der Leine. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass dahingehend mit größeren Schwankungen des Grundwasserstandes gerechnet werden muss. Für die in der Nähe befindliche EÜ am Bf Sarstedt wurde ein 5-jähriges Hochwasser von 61,50 mNN angegeben. Für das Trogbauwerk selber wurde ein Bemessungswasserstand von 62,50 mNN zugrunde gelegt.

Der **höchste Grundwasserstand während der Bauzeit** sollte mit dem vorgenannten Niveau des 5-jährigen Hochwassers von **61,50 mNN** angesetzt werden.

3.6 Gleis- und Straßenaufbau.

Die Schurfprofile sind in Anlage 2.6 dargestellt. Im Bereich des Schurfes SCH 1, reicht der Gleisschotter bis - 0,50 m unter Schienenoberkante (SO) hinab. Im Bereich des Schurfes SCH 2 fehlt dagegen der "saubere Schotter" ohne Fremd Beimengungen. Die sogenannte Schottermischzone reicht bis - 0,85 m bzw. - 0,80 m unter SO hinab und besteht aus Schotter mit kiesigen und sandigen Beimengungen. Nachfolgend wurden bis ca. - 1,20 m unter SO Auffüllungen in Form von stark sandigen Kiesen bzw. Kies-Sand-Gemischen mit schwach schluffigen bis schluffigen Anteilen erkundet, die im Bereich des Schurfes SCH 2 von einer Packlage überlagert werden. Die weiteren

Auffüllungen bis zu den Schurfendtiefen bestehen aus sandigen, kiesigen Schluffen und schluffigen, schwach tonigen Sanden.

Der Straßenaufbau bei den Sondierungen RKS 6 und RKS 7, die im Bereich der Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße und der Straße "Auf der Bleiche" ausgeführt wurden, stellt sich von oben nach unten wie folgt dar:

- 8 cm bis 10 cm Asphalt
- 60 cm bis 80 cm Kiestragschicht aus sandigen, teils schwach schluffigen Kiesen

Im Bereich der Bohrung B 1 (bei der Ladestraße) wurde der Straßenaufbau wie folgt festgestellt:

- 15 cm Pflaster
- 35 cm Tragschicht aus kiesigen Sanden

3.7 Geotechnische Laborversuche.

An einigen aus den Sondierungen und Bohrungen gewonnen Bodenproben wurden Laborversuche durchgeführt. Bestimmt wurden Korngrößenverteilung, Wassergehalt, Plastizität und Konsistenz, einaxiale Druckfestigkeit sowie Reibungswinkel und Kohäsion.

a) Korngrößenverteilungen (Anlagen 3.1 bis 3.6).

Die Versuche Nr. 1, 9, 12 und 13 wurden an Proben aus den nichtbindigen und bindig-gemischtkörnigen Auffüllungen ausgeführt. Die Versuche ergaben Kiesanteile von 40 % bis 82 %, Sandanteile von 8 % bis 44 % sowie Feinanteile mit Korndurchmesser $\leq 0,06$ mm von 7 % bis 21 %.

Die Versuche Nr. 2, 5 und 10 kennzeichnen die Körnungslinien von Proben aus den anstehenden schluffigen Deckschichten. Ermittelt wurden Schluffanteile zwischen 19 % und 49 %, Sandanteile zwischen 18 % und 52 %, Tonanteile von bis zu 33 % sowie Kiesanteile von bis zu 29 %.

Die Versuche Nr. 3, 4, 6 und 7 zeigen Körnungslinien von Proben aus den gewachsenen sandigen Kiesen. Neben Kiesanteilen wurden Sandanteile von 26 % bis 40 % sowie Feinanteile mit Korndurchmesser $\leq 0,06$ mm von 5 % bis 11 % ermittelt.

Die Versuche Nr. 8 und 11 wurden an Proben aus dem Tonmergel ausgeführt, der sich körnungsmäßig als sandiger und toniger Schluff darstellt. Bestimmt wurden Schluffanteile von 46 % und 56 %, Sandanteile von 22 % und 33 % sowie Tonanteile von 21 % und 22 %.

**b) Wassergehalt, Plastizität, Konsistenz
(Anlagen 4.1 bis 4.6).**

An einer Probe aus den schluffigen Deckschichten sowie an fünf weiteren Proben aus dem Tonmergel wurden Wassergehalt, Fließ- und Ausrollgrenze wie folgt bestimmt:

Tabelle 4: Wassergehalt, Plastizität, Konsistenz

Aufschluss / Tiefe [m]	Wassergehalt w_N [%]	Fließgrenze w_L [%]	Ausrollgrenze w_p [%]	Plastizität I_p [%]	Konsistenz I_c [-]
RKS 4 / 3,30 – 4,30	20,8	54,4	19,9	34,5	0,97
B 1 / 15,70 – 16,00	16,5	41,5	22,9	18,6	1,34
B 1 / 18,50 – 20,50	16,6	45,6	23,6	22,0	1,32
B 2 / 12,90 – 15,50	18,5	44,5	23,2	21,3	1,22
B 2 / 15,50 – 15,80	19,1	47,7	25,6	22,1	1,29
B 2 / 16,00 – 17,30	15,6	49,4	24,8	24,6	1,37

Die Probe aus den schluffigen Deckschichten aus der Sondierung RKS 4 weist das Verhalten eines ausgeprägt plastischen Tones bei einer steifen Probenkonsistenz auf. Die Proben aus dem Tonmergel zeigen zumeist das Verhalten von mittelplastischen Tonen, teils an der Grenze zu den ausgeprägt plastischen Tonen und/oder mittelplastischen Schluffen. Die Konsistenzen dieser Proben sind halbfest bis fest.

c) Einaxiale Druckfestigkeiten (Anlagen 5.1 und 5.2).

An zwei ungestört aus den Bohrungen entnommenen Tonmergelproben wurden die einaxialen Druckfestigkeiten q_u mit $0,45 \text{ N/mm}^2$ und $0,47 \text{ N/mm}^2$ bei Stauchungen ε_u zwischen $4,2 \%$ und $4,4 \%$ ermittelt.

d) Direkter Scherversuch (Anlage 6).

An einer eingelagerten Tonmergelprobe aus dem Jahr 2015 wurde im Zuge der weiteren Planung im Nachgang in 2017 ein direkter Scherversuch durchgeführt. Da sich die Probe seit 2015 im Lager befand, wies sie entsprechende Wassergehaltsverluste auf. Insofern wurde der natürliche Wassergehalt der Probe in der Triaxialzelle unter Berücksichtigung ihrer Entnahmetiefe wieder eingestellt bzw. rekonstruiert. So wurde sichergestellt, dass sich die Struktur der ungestörten Probe nicht wesentlich ändert. Die Versuchsergebnisse lieferten für die Probe einen charakteristischen Reibungswinkel von $\varphi_k = 26,5^\circ$ und eine Kohäsion von $c_k = 47,6 \text{ kN/m}^2$.

3.8 Einteilung der Böden in Homogenbereiche.

Die Einteilung der Böden in Homogenbereiche erfolgt gemäß VOB, Teil C, DIN 18300 (Erdarbeiten), DIN 18301 (Bohrarbeiten) und DIN 18304 (Ramm- Rüttel- und Pressarbeiten), jeweils Ausgabe 2015. Für Verbauarbeiten in DIN 18303 gelten bezüglich der Einteilung der Böden in Homogenbereiche die Regelungen in DIN 18 300. Die tabellarischen Bewertungen mit Körnungsbändern sind in den Anlagen 7.1 bis 7.6 mitgeteilt.

4. Baugrundmodell, Bodenrechenwerte.

Den angetroffenen Böden können nach den Ergebnissen der Feld- und Laborversuche sowie nach Erfahrung in vergleichbaren Fällen die in nachfolgender Tabelle 5 angegebenen mittleren Bodenrechenwerte zugeordnet werden.

Tabelle 5: Baugrundmodell und Bodenrechenwerte

Mittlere Tiefe unter SO [m] / Mittlere Geländehöhe [mNN]	Bodenart	Reibungswinkel Kohäsion [kN/m ²]	Wichte [kN/m ³]	Steifemodul [MN/m ²]
bis 1,20/ bis 63,0	Auffüllungen Sand, kiesig bis stark kiesig, teils schwach schluffig; Sand, schwach schluffig bis schluffig, teils schwach kiesig; Kies, schwach sandig bis stark sandig, schwach schluffig bis schluffig; Sand-Kies-Gemische, schwach schluffig; jeweils örtlich mit Anteilen an Bauschutt und humosen Anteilen vorwiegend locker bzw. weich	$\varphi_k = 30^\circ$ $c_k = 0$	$\gamma_k/\gamma_k' = 19/11$	$E_{s,k} = 10$ bis 40
1,20 bis 5,20/ 63,0 bis 59,0	Gewachsener Untergrund <i>Schluffige Deckschichten</i> = Schluff, sandig bis stark sandig, schwach tonig bis stark tonig mit Lagen aus Sand, schluffig, schwach kiesig bis kiesig weich bis steif	$\varphi_k = 27,5^\circ$ $c_k = 2$	$\gamma_k/\gamma_k' = 20/10$	$E_{s,k} = 5$ bis 15
5,20 bis 8,70 59,00 bis 55,50	<i>Sandige Kiese</i> = Kies, sandig bis stark sandig, überwiegend schwach schluffig, teils steinig; Kies und Sand, schwach schluffig; Sand, stark kiesig, schwach schluffig - locker bis mitteldicht	$\varphi_k = 32,5^\circ$ $c_k = 0$	$\gamma_k/\gamma_k' = 19/11$	$E_{s,k} = 30$ bis 80
8,70 bis 11,20 55,50 bis 53,00	- mitteldicht bis dicht	$\varphi_k = 35^\circ$ $c_k = 0$	$\gamma_k/\gamma_k' = 20/12$	$E_{s,k} = 80$ bis 150
11,20 bis 12,70 53,00 bis 51,50	<i>Tonmergel</i> = Ton-Schluff-Gemische, kalkhaltig - steif bis halbfest	$\varphi_k = 25^\circ$ $c_k = 10$	$\gamma_k/\gamma_k' = 19/9$	$E_{s,k} = 10$ bis 20
12,70 bis 15,70 51,50 bis 48,50	- halbfest	$\varphi_k = 25^\circ$ $c_k = 20$	$\gamma_k/\gamma_k' = 20/10$	$E_{s,k} = 20$ bis 30
ab 15,70 ab 48,50	- fest	$\varphi_k = 25^\circ$ $c_k \geq 30$	$\gamma_k/\gamma_k' = 20/10$	$E_{s,k} = > 30$

5. Beurteilung.

5.1 Vorbemerkung.

Erläuterungen zu den nachfolgenden Hinweisen finden sich als prinzipielle Darstellungen in der Anlage 8 wieder, wobei sich die Darstellung bezüglich der Anordnung des Verbaus und der Hilfsbrückenauflagerung auf die Variante 1 bezieht.

Wie in Abschnitt 1 dargelegt, ist als Ersatz für den Bahnübergang (BÜ) in km 17,730 der Neubau einer Eisenbahnüberführung (EÜ) in km 17,850 geplant, die aufgrund des hohen Grundwasserstandes in Form eines Straßentroges mit einem teilweise gemeinsam geführten Fuß- und Radwegtrog ausgebildet werden soll.

Die Gründungsebene des Straßentroges im Bereich der Mitte der EÜ befindet in ca. 9,20 m Tiefe unter SO bzw. auf einem Niveau von rund 55,0 mNN. Nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen sind auf diesem Niveau mitteldicht bis dicht gelagerte Kiese vorhanden, die günstige Tragfähigkeitseigenschaften aufweisen und zur Aufnahme der zu erwartenden Bauwerkslasten geeignet sind. Die EÜ kann damit flachgegründet werden. Bodenersatzmaßnahmen unterhalb der Gründungskonstruktion werden planmäßig nicht erforderlich. Es genügt die Nachverdichtung des Gründungsplanums.

Für die Auslaufbereiche der Trogstrecken, wo sich die Gründungsebene des Straßentroges innerhalb der geländeoberflächennahen schluffigen Deckschichten befindet, sollte für die weitere Planung vorbehaltlich der weiteren Untersuchungen gemäß Abschnitt 1 von einem gewissen Bodenersatzpolster ausgegangen werden. Die Unterkante der schluffigen Deckschichten wurde mit den bislang ausgeführten Untersuchungen auf einem Niveau zwischen ca. 58,10 mNN und 59,80 mNN

erkundet. Für den Bereich der Altablagerung können Angaben bezüglich Bodenersatzstärke und gegebenenfalls weiterer geotechnischer Maßnahmen, wie zum Beispiel Abdichtungsmaßnahmen o.ä., erst nach Ausführung der ergänzenden Untersuchungen gemacht werden.

Geplant ist, die Baugrube zur Herstellung des neuen Trogbauwerks als eine quasi wasserdichte Spundwandumschließung auszubilden und die Hilfsbrückenauflagerung mittels Bohrpfählen hinter der Baugrubenumschließung zu errichten (= Variante 1). Je nach Ergebnis der in Abschnitt 1 genannten Proberammungen der Spundbohlen, soll alternativ im Bereich der EÜ (= ungünstigste Baugrubengebiete) die Baugrubenumschließung mit Hilfe von überschnittenen Bohrpfählen zur Ausführung kommen, die gleichzeitig Verbau und Hilfsbrückenauflager sind (= Variante 2). Die Verbauten sollen entweder mittels Verpressankern oder mit Hilfe von verpressten Mikropfählen rückverankert werden.

Nachfolgend werden Bemessungsgrundlagen für die neue EÜ mitgeteilt. Desweiteren werden Angaben zum Gründungsplanum und zum Bodenersatz, zur Hinterfüllung des Bauwerks, zu den Verbauten, zur Hilfsbrückenauflagerung und zur Grundwasserhaltung gemacht.

5.2 Gründungsvorschlag.

5.2.1 Konstruktion, Bemessungsgrundlagen.

Gemäß den Darlegungen in Abschnitt 3.5 taucht die neue EÜ bzw. das neue Trogbauwerk in das Grundwasser ein und ist als wasserdruckhaltende „weiße Wanne“ in Stahlbetonbauweise auszubilden. Der Bemessungswasserstand soll bei 62,50 mNN angesetzt werden.

Für die Bemessung der Gründungskonstruktion der neuen EÜ kann der mittlere Bemessungswert des Sohlwiderstandes unter Berücksichtigung der Maßnahmen in Abschnitt 5.2.2 mit

$$\sigma_{R,d} = 420 \text{ kN/m}^2$$

angesetzt werden. Bettungsmoduln können in der Größenordnung von

$$k_s = 20 \text{ MN/m}^3 \text{ bis } 40 \text{ MN/m}^3$$

in Ansatz gebracht werden.

Die Bemessungswerte sind im Zuge der weiteren Planung anhand noch zu ermittelnder Lasten mittels Setzungsberechnungen zu überprüfen und gegebenenfalls zu modifizieren.

5.2.2 Gründungsplanum, Bodenersatz.

Wie in Abschnitt 5.1 dargelegt, werden nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen unterhalb des Trogbauwerks im Bereich der Gründungskonstruktion der neuen EÜ planmäßig keine Bodenersatzmaßnahmen erforderlich. Vor Einbringung der Sauberkeitsschicht ist das Gründungsplanum innerhalb der sandigen Kiese nachzuverdichten. Zum Nachweis der Verdichtung sind auf der Oberkante des nachverdichteten Gründungsplanums mittels statischer Plattendruckversuche E_{v2} -Werte von $\geq 80 \text{ MN/m}^2$ bzw. beim Einsatz von dynamischen Plattendruckversuchen E_{vd} -Werte von $\geq 40 \text{ MN/m}^2$ zu erzielen.

Für die Auslaufbereiche der Trogstrecken, wo sich die Gründungsebene des Straßentroges innerhalb der geländeoberflächennahen schluffigen Deckschichten befindet, soll für

die weitere Planung von einem mittleren Bodenersatzpolster von mindestens 0,50 m ausgegangen werden.

Als Bodenersatzmaterial ist ein gebrochenes, gut verdichtbares und gut abgestuftes Tragschichtmaterial der Boden- gruppen GW, GI nach DIN 18196 (z.B. der Körnung 0/32 mm) zu verwenden. Das Material ist lagenweise ausreichend zu verdichten und unter Berücksichtigung einer 45°-Druckausbrei- tung vom Bauwerksrand einzubauen. Auf der Oberkante des Bodenersatzes sollen zum Nachweis der Tragfähigkeit stati- sche und/oder dynamische Plattendruckversuche ausgeführt werden. Hinsichtlich der dabei zu erzielenden statischen bzw. dynamischen Verformungsmoduln gelten die o.g. Angaben sinngemäß.

5.2.3 Hinterfüllung des Bauwerks, Schutzschichten.

Die Hinterfüllung des Bauwerks erfolgt nach /6/ und /8/. Aufgrund der Schiefwinkligkeit des Bauwerks von ca. 62° zur Achse der Gleise sollte die Hinterfüllung zwischen Trogbau- werk und Verbau mit Beton vorgenommen werden. Die Verbau- achse ist im Grundriss senkrecht zur Gleisache anzuordnen. Der obere Abschluss der Hinterfüllung soll gemäß /6/ mit HGT-Material erfolgen.

An den HGT-Keil schließt sich dann außerhalb der Baugrube die Schutzschicht (PSS) an, die mit mindestens 30 cm Stärke auszubilden ist.

5.2.4 Baugrubenverbauten, Rückverankerung.

Die Baugrubensohlen befinden sich im Bereich der EÜ etwa 9,20 m unterhalb der SO und auch des umgebenden Geländes. Da

das Grundwasser jahreszeitlich bedingt deutlich, d.h. bis etwa 6,50 m (s. Abschnitt 3.5) oberhalb der Baugrubensohle auftritt, werden die Baugruben zur Herstellung des neuen Bauwerks als quasi wasserdichte Tröge mit Spundwandumschließungen ausgebildet. Je nach Ergebnis der diesbezüglich geplanten Proberammungen der Spundbohlen, wird die Hilfsbrückenauflagerung mittels Bohrpfählen entweder nach Variante 1 oder Variante 2 gemäß Abschnitt 5.1 ausgeführt. Aussagen zur Tiefgründung der Hilfsbrückenauflagerung finden sich im folgenden Abschnitt 5.2.5.

Soll der anstehende Tonmergeluntergrund als untere natürlich vorhandene Abdichtung der geplanten Baugrubenumschließung während der Bauphase genutzt werden, sind die Spundbohlen unabhängig vom statischen Erfordernis 2,0 m in den mittleren Tonmergelhorizont einzubringen, um Unsicherheiten hinsichtlich der Schwankungen des Tonmergelhorizontes Rechnung zu tragen. Somit sollten die Spundbohlen auch in den Auslaufbereichen der Trogstrecken nicht höher als 51,0 mNN abgesetzt werden.

Da sich die Spundwände im Einflussbereich der Hilfsbrückenauflager befinden, soll die statische Berechnung für den erhöhten aktiven Erddruck erfolgen. Der Erdrückdruckanteil soll nach Ril 836 50 % betragen. Die Bodenrechenwerte finden sich in Abschnitt 4.

Die Verteilung der Bahnlasten kann quer zum Gleis über die Spundwände erfolgen. Voraussetzung ist ein Verschweißen der Schlösser.

Der Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen EB 62 nach Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" EAB /11/ (Abschnitt 10.5) wird im vorliegenden Fall nicht erforderlich.

Nach der vorliegenden statischen Berechnung der Baugrubenumschließungen in /2a/ und erhaltenen Informationen während der Baubesprechungen /3/ müssen die Spundwände durch die vergleichsweise sehr hohen Ankerlasten von ca. 550 kN/m bis 650 kN/m bzw. von rund 1000 kN pro Anker in der unteren Ankerlage des Verbaus, den hohen Grundwasserstand sowie die anzusetzenden Verkehrslasten oberhalb des Verbaus auch Vertikallasten in größerem Umfang abtragen. Die Spundbohlen müssen im Bereich der späteren EÜ mit einer maximalen Baugrubentiefe von rund 9,0 m auf einem Niveau von ca. 46,50 mNN abgesetzt werden. Damit binden die Spundbohlen etwa 6,50 m in den Tonmergel ein.

Für den Nachweis des vertikalen Lastabtrags können in Anlehnung an die Erfahrungswerte für Fertigrammpfähle in "EAPfähle" /10/ sowie nach den Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" EAB /11/ folgende charakteristische Werte für den Spitzendruck und die Mantelreibung angesetzt werden:

Tabelle 6: Spitzendruck- und Mantelreibungswerte zur Bemessung der Spundwände

Tiefe unter SO [m] / Geländehöhe [mNN]	Bodenart	Charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Charakteristischer Pfahlsitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
ab 5,20/ ab 59,00	Sandige Kiese locker bis mitteldicht	0,040*	-
ab 8,70/ ab 55,50	Sandige Kiese mitteldicht bis dicht	0,050*	-
ab 11,20 / ab 53,00	Tonmergel steif bis halbfest	0,025	0,90
ab 12,70 / ab 51,50	Tonmergel halbfest	0,035	1,10
ab 15,70 / ab 48,50	Tonmergel fest	0,050	1,50

* Die angegebenen Mantelreibungs- und Spitzendruckwerte unter gelten nur für die Einbringung der Spundbohlen mittels langsam schlagender Rammung. Werden die Spundbohlen innerhalb der sandigen Kiese einvibriert, sind den Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" EAB (5. Auflage) folgend die angegebenen Werte mit 75 % anzusetzen.

Nach den aktuell geltenden Regeln in EAB /11/ ist bei der Bemessung von Spundwänden als Aufstandsfläche nur die Stahlquerschnittsfläche anzusetzen. Insofern erfolgt die Lastabtragung im Wesentlichen nur noch über die Mantelreibung.

Die Ergebnisse der schweren Rammsondierungen geben einen Hinweis auf die zu erwartende Rammung. Innerhalb der sandigen Kiese ist danach bis etwa 55 mNN mit leichter bis mittelschwerer und anschließend bis etwa 53 mNN mit mittelschwerer bis sehr schwerer Rammung zu rechnen. Die Einbringung der Spundbohlen innerhalb des Tonmergeluntergrundes ab 53 mNN ist nach Einschätzung nur mit langsam schlagender Rammung und nur mit einem entsprechend gewählten Gerät möglich. Nach den schweren Rammsondierungen R 1 und R 2, die neben den tieferreichenden Bohrungen B 1 und B 2 zur Ausführung gekommen sind, zu urteilen, ist eine Rammung der Spundbohlen bis auf ein Niveau von etwa 48 mNN bis 47 mNN hinab wahrscheinlich nicht mehr möglich. Um diesbezüglich eine gesicherte Aussage treffen zu können, sind gemäß Abschnitt 1 Proberammungen im Vorfeld der weiteren Planung bzw. der Baumaßnahme geplant.

Ergeben die Proberammungen, dass die Spundbohlen nicht tiefer als das vorgenannte Niveau abgesetzt werden können, würde das Trogbauwerk im Bereich der späteren EÜ mit Hilfe von überschnittenen Bohrpfählen hergestellt werden, die gleichzeitig Verbau und Hilfsbrückenaufleger sind. Die benötigten Bodenkennwerte für die Bemessung der Bohrpfahlwand sind in Abschnitt 5.2.5 mitgeteilt. In den Trogstrecken kann dann ab einer bestimmten Baugrubentiefe wieder mit Spundwänden gearbeitet werden. Kriterium für den Einsatz von Spundwänden ist ein noch mittels Rammung zu erreichendes Niveau, das durch die geplanten Proberammungen noch festzustellen ist.

Die Spundwände werden z.B. mittels Verpressankern nach DIN EN 1537 und DIN SPEC 18537 rückverankert. Die Verpressstrecken der Anker sind bis in die sandigen Kiese zu führen. Die Oberkante der Verpresskörper sollte nicht höher als ca. 6,20 m unter SO oder etwa 58,0 mNN angeordnet werden. Die Grenzlast von Anker kann z.B. nach Ostermayer "Verpressanker" abgeschätzt werden (s. /14/). Danach hatten wir in unserer Stellungnahme in /4c/ für die sandigen Kiese die Grenzlast F_{Ult} (= Bruchlast nach früherem globalen Sicherheitskonzept) der Anker für einen 6,0 m langen Verpresskörper mit 600 kN angegeben. Letztlich sind die Ankerkräfte durch die Abnahmeprüfungen zu bestätigen.

Im Zuge der weiteren Planung sollten für die Bemessung der Anker Mantelreibungskennwerte $q_{s,k}$ sowie maximal zulässige Verpresskörperlängen und -durchmesser angegeben werden. Die zulässigen Verpresskörperlängen können zwischen 6,0 m und 8,0 m gewählt werden. Nach Einschätzung können die Verpresskörper mit einem Durchmesser von etwa 12 cm und 15 cm hergestellt werden. Die Mantelreibung wurde in Ableitung der o.a. Werte für die weitere Planung einheitlich für die sandigen Kiese und für den Tonmergel mit $q_{s,k} = 250 \text{ kN/m}^2$ angegeben. Dabei gilt die Mantelreibung für den Tonmergel, wenn eine Nachverpressung erfolgt. Im Vorfeld der weiteren Planung bzw. der Baumaßnahme sind gemäß Abschnitt 1 Untersuchungsprüfungen von Verpressankern vorgesehen.

Kann die Lastabtragung nicht mittels Verpressankern realisiert werden, können auch verpresste Mikropfähle zur Rückverankerung herangezogen werden. Für die Bemessung der Mikropfähle können nach den Erfahrungswerten in /10/ folgende charakteristische Mantelreibungswerte angesetzt werden:

Tabelle 7: Mantelreibungswerte zur Bemessung der Mikropfähle

Tiefe unter SO [m] / Geländehöhe [mNN]	Bodenart	Charakteristische Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]
ab 5,20/ ab 59,00	Sandige Kiese locker bis mitteldicht	120
ab 8,70/ ab 55,50	Sandige Kiese mitteldicht bis dicht	250
ab 11,20 / ab 53,00	Tonmergel steif bis halbfest	80
ab 12,70 / ab 51,50	Tonmergel halbfest	100
ab 15,70 / ab 48,50	Tonmergel fest	120

Die mitgeteilten Kennwerte gelten für die Dimensionierung von verpressten Mikropfählen mit einem Durchmesser zwischen 15 cm und 20 cm. Auch diesbezüglich sind, wie in Abschnitt 1 erwähnt, im Vorfeld der weiteren Planung bzw. der Baumaßnahme Probelastungen geplant.

5.2.5 Hilfsbrückenauflagerung.

Kommt gemäß Abschnitt 5.1 die Variante 1 in Betracht, erfolgt die Hilfsbrückenauflagerung unabhängig hinter den Spundwänden. Die Träger als Hilfsbrückenaufleger sind im Bohrverfahren einzubringen. Dazu werden die Träger in Bohrlöcher gestellt, die im Fußbereich ausbetoniert werden. Eine prinzipielle Darstellung ist in der Anlage 8 mitgeteilt.

Bei Variante 2 wird die Baugrubenumschließung mit Hilfe von überschnittenen Bohrpfählen hergestellt, die gleichzeitig Verbau und Hilfsbrückenaufleger sind.

Die Abtragung der Lasten aus den Hilfsbrücken erfolgt innerhalb des Tonmergels.

Für den Nachweis des vertikalen Lastabtrags können nach den Erfahrungswerten in /10/ folgende charakteristische Werte für den Spitzendruck und die Mantelreibung angesetzt werden:

Tabelle 8: Spitzendruck- und Mantelreibungswerte zur Bemessung der Bohrpfähle

Tiefe unter SO [m] / Geländehöhe [mNN] /	Bodenart	Charakteristische Pfahlmantel- reibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Charakteristischer Pfahlspitzen- widerstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]	
			Bezogene Pfahl- kopfsetzung s/D^*	Pfahlspitzen- widerstand $q_{b,k}$
ab 5,20/ ab 59,00	Sandige Kiese locker bis mitteldicht	0,060	-	-
ab 8,70/ ab 55,50	Sandige Kiese mitteldicht bis dicht	0,100	-	-
ab 11,20 / ab 53,00	Tonmergel	0,080	0,02 0,03 0,10 = s_g	1,20 1,45 2,00

* D = Durchmesser des Bohrlochs

Die Empfehlungen in "EA-Pfähle" /10/ sind bei der Herstellung der Hilfsbrückenaufleger grundsätzlich zu beachten.

5.2.6 Grundwasserhaltung.

Um Grundwasserabsenkungen während der Bauzeit zu vermeiden, wird die beschriebene Troglösung mit Spundwandumschließungen ausgeführt.

Diese Baugrubenausbildung bietet auch mit speziellen Schlossdichtungen keine 100 %-ige Wasserdichtigkeit. Mit dem Zulauf von sogenannten Restwassermengen über die Spundwandschlösser und über die Baugrubensohle ist zu rechnen. Die Beseitigung der Restwassermengen erfolgt über offene Wasserhaltungen, gegebenenfalls unterstützt mit Spülfilteranlagen (Vakuumanlagen).

5.3 Ergänzende Hinweise.

Die durchgeführten Sondierungen und Bohrungen liefern nur stichprobenartigen Aufschluss. Um sicherzustellen, dass die erkundeten Untergrundverhältnisse und die daraus abgeleiteten Gründungsmaßnahmen auch zwischen den Sondieransatzpunkten zutreffend sind, sind nach /5/ baubegleitende Prüfungen durchzuführen. Art und Umfang der Prüfungen wird nach /5/ bzw. nach Erfordernis durch den unterzeichnenden Sachverständigen für Geotechnik festgelegt.

Sollten sich Änderungen der Ausgangsdaten ergeben, wäre der unterbreitete Gründungsvorschlag entsprechend zu ergänzen. In diesem Zusammenhang bitten wir, uns die endgültige Planung zur Einsichtnahme zur Verfügung zu stellen.

Wie in Abschnitt 1 erwähnt, sind für die neue Straßenführung (u.a. auch im Bereich der Altablagerungen) sowie für die geplanten Lärmschutzwände weitere Baugrunduntersuchungen sowie umweltchemische Untersuchungen geplant, dessen Ergebnisse in gesonderten Berichten mitgeteilt werden.

Desweiteren sind im Bezug auf die geplante Baugrubenumschließung hinsichtlich der Einbringung der Spundbohlen Proberammungen sowie Untersuchungsprüfungen von Verpressankern und Probelastungen von Mikropfählen im Vorfeld der weiteren Planung bzw. der Baumaßnahme vorgesehen.

Bei Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

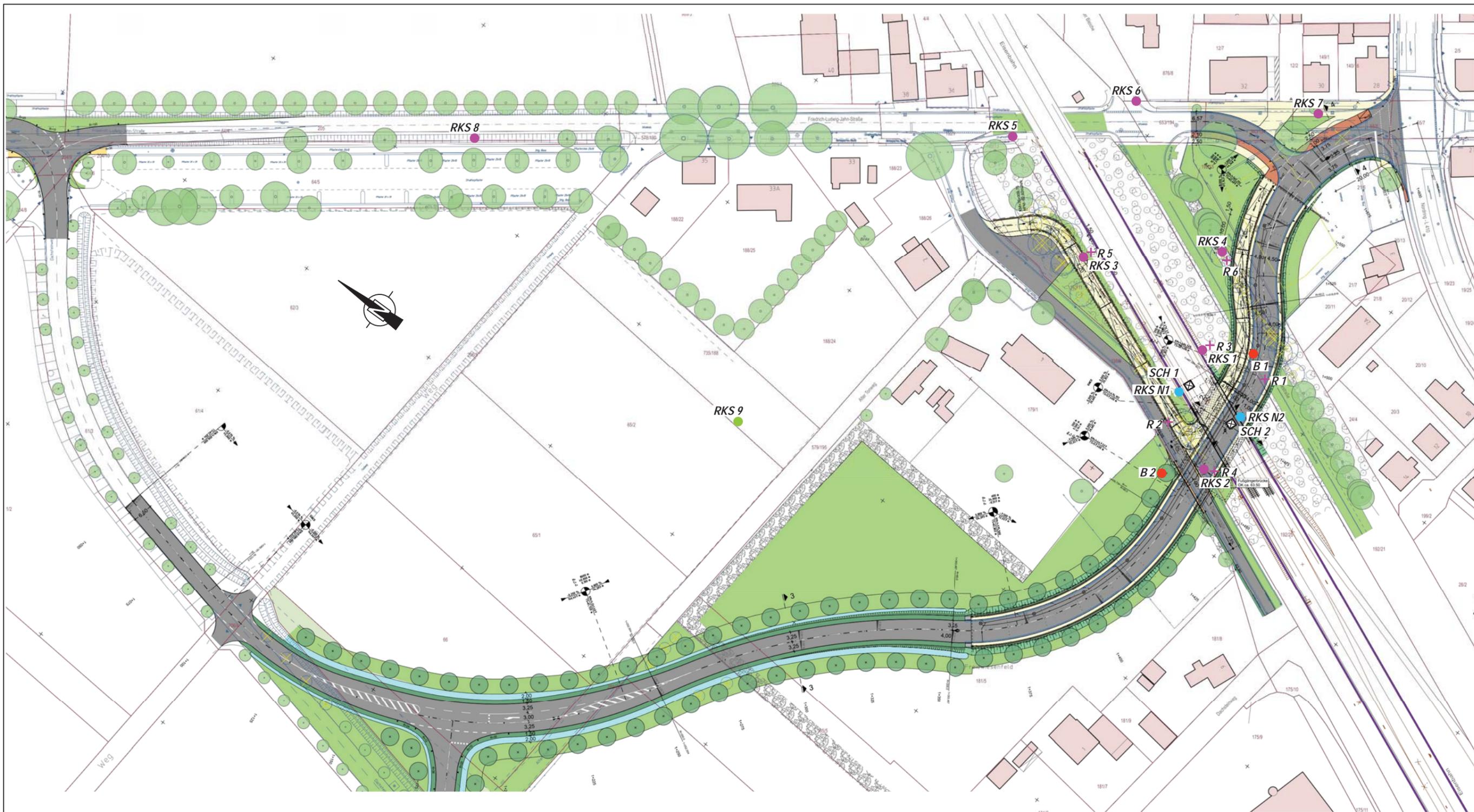
IGH Ingenieurgesellschaft Grundbauinstitut
Dr.-Ing. Weseloh - Prof. Dr.-Ing. Müller-Kirchenbauer mbH



Dipl.-Ing. P. Saqi



Dipl.-Ing. S. Stavesand



Baugrunduntersuchungen

- **RKS 1 bis RKS 9:** Rammkernsondierungen (ausgeführt in der Zeit vom 08.06. bis 10.06.2015)
- ✚ **R 1 bis R 6:** Rammsondierungen (ausgeführt in der Zeit vom 08.06. bis 10.06.2015)
- **B 1 und B 2:** Bohrungen (ausgeführt in der Zeit vom 28.07. bis 04.08.2015)
- ⊠ **SCH 1 und SCH 2:** Schürfe im Gleisbett (ausgeführt am 30.10.2015)
- **RKS N1 und RKS N2:** Rammkernsondierungen neben dem Gleis (ausgeführt am 30.10.2015)

Plangrundlage:

Planung Ingenieurbüro
 BPR Dipl.-Ing. Bernd F. Kügne & Partner
 Beratende Ingenieure mbB
 30175 Hannover
 +49 51 881 01-0
 info@bpr-hannover.de

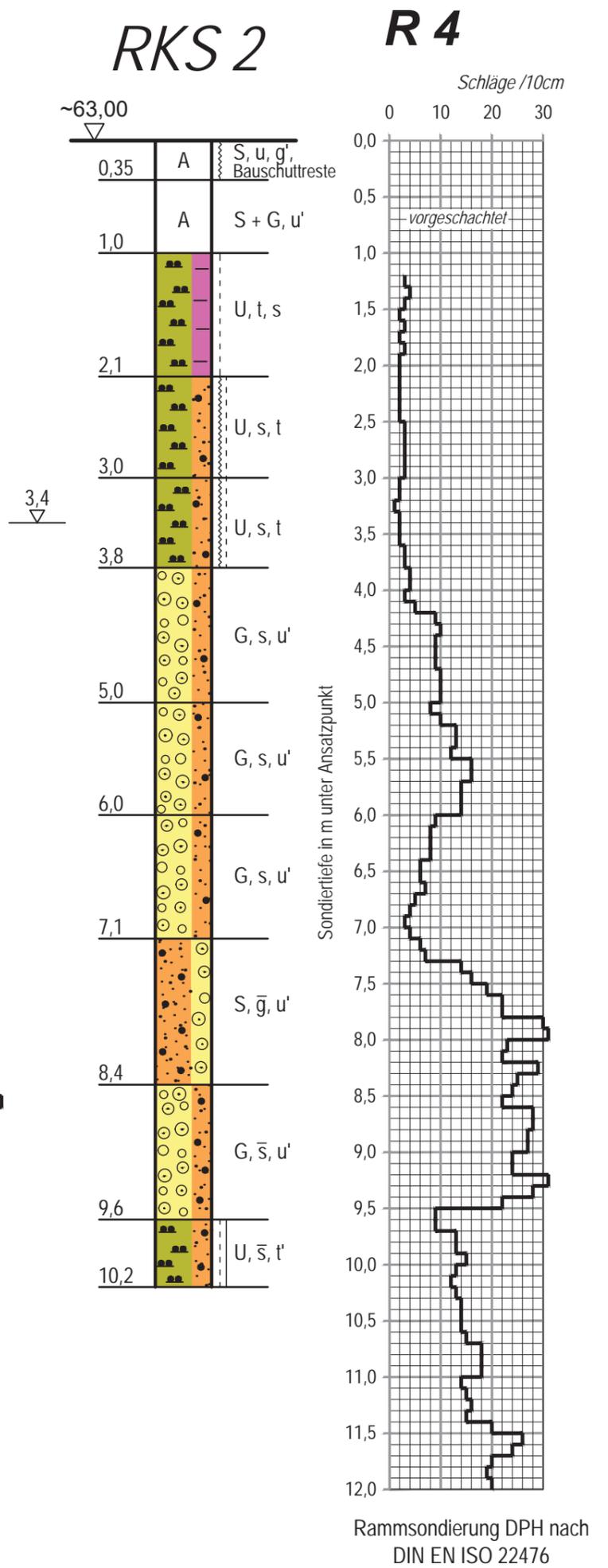
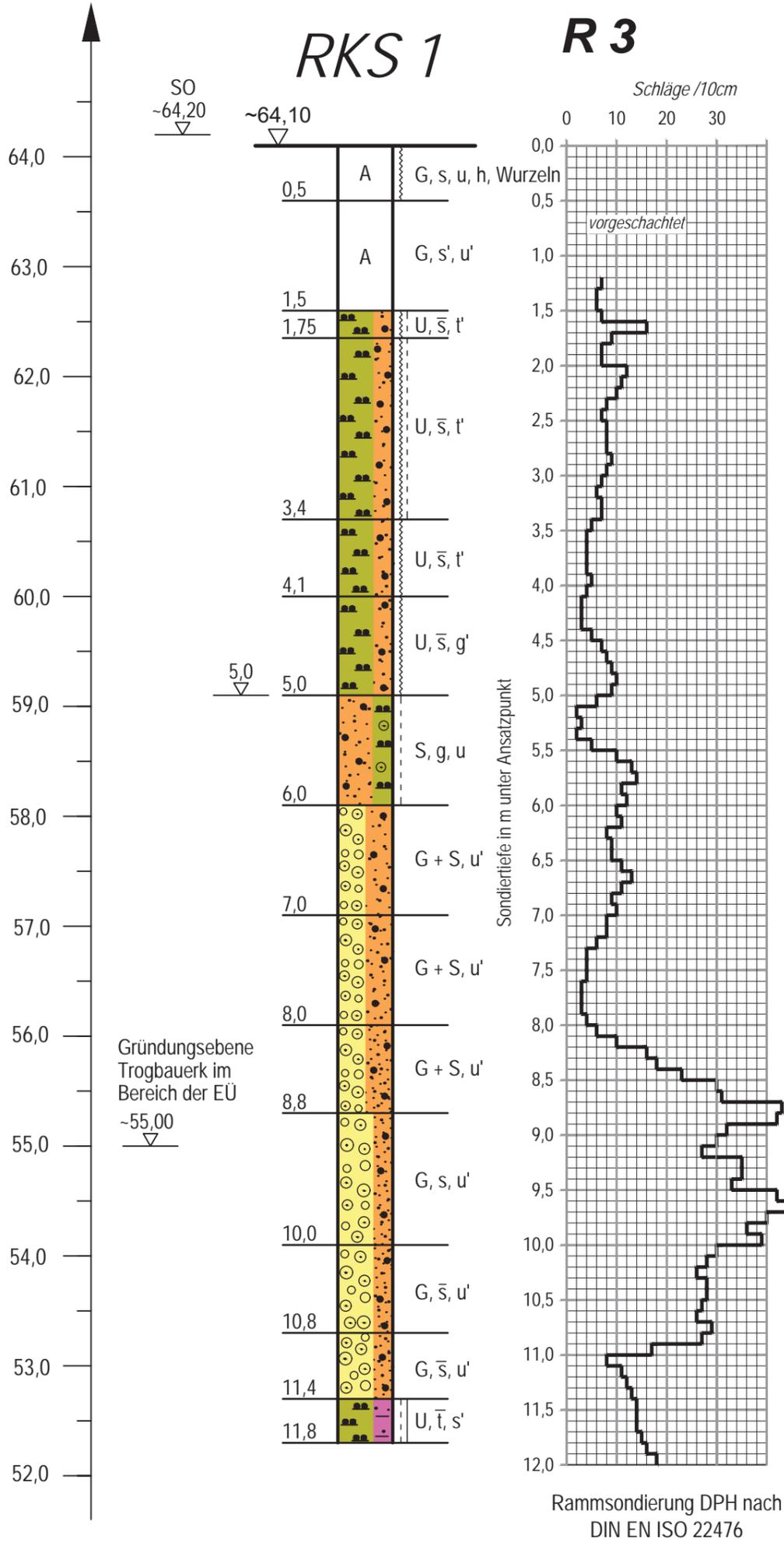
grbv
 Grubverband
 30175 Hannover
 +49 51 1108 44-0
 Fax: 0511 108 44-20

IGH
 Ingenieurgeellschaft
 30175 Hannover
 +49 51 34 32 05-0
 info@igh-hannover.de

BPR
 Dipl.-Ing. Bernd F. Kügne & Partner
 Beratende Ingenieure mbB
 30175 Hannover
 +49 51 881 01-0
 info@bpr-hannover.de

IGH INGENIEURGESELLSCHAFT GRUNDBAUINSTITUT DR.-ING. WESELOH - PROF. DR.-ING. MÜLLER-KIRCHENBAUER mbH	
30175 HANNOVER · VOLGERSWEG 58 · TELEFON (0511) 34 32 05 · TELEFAX (0511) 34 15 44	
Stadt Sarstedt	Maßstab: 1 : 1.250
Planung einer Eisenbahnüberführung für den innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt, Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850	Aufr.-Nr. 3.463
Lageplan	Anlage 1

Höhe m Ü.NN



Rammkern- und Rammsondierungen
ausgeführt in der Zeit
vom 08.06. - 10.06.2015

IGH

INGENIEURGESELLSCHAFT GRUNDBAUINSTITUT
DR.-ING. WESELOH - PROF. DR.-ING. MÜLLER-KIRCHENBAUER mbH

30175 HANNOVER · VOLGERSWEG 58 · TELEFON (0511) 34 32 05 · TELEFAX (0511) 34 15 44

Stadt Sarstedt

**Planung einer Eisenbahnüberführung
für den innerörtlichen Straßenverkehr
in Sarstedt, Strecke 1732
Hannover - Kassel, km 17,850**

Bohrprofile und Rammdiagramme

Maßstab:

1 : 50

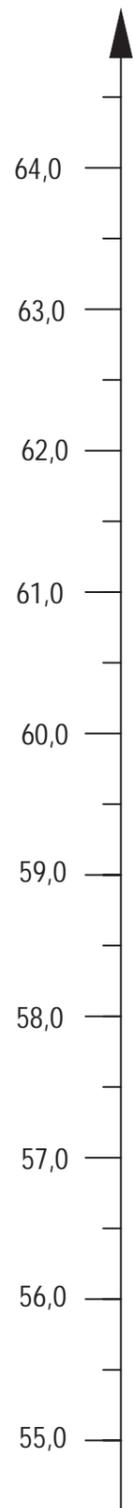
Aufr.-Nr.

3.463

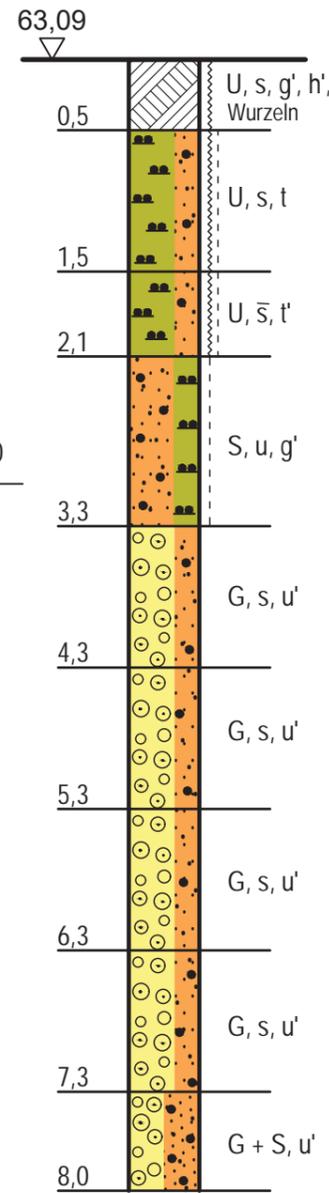
Anlage

2.1

Höhe m Ü.NN

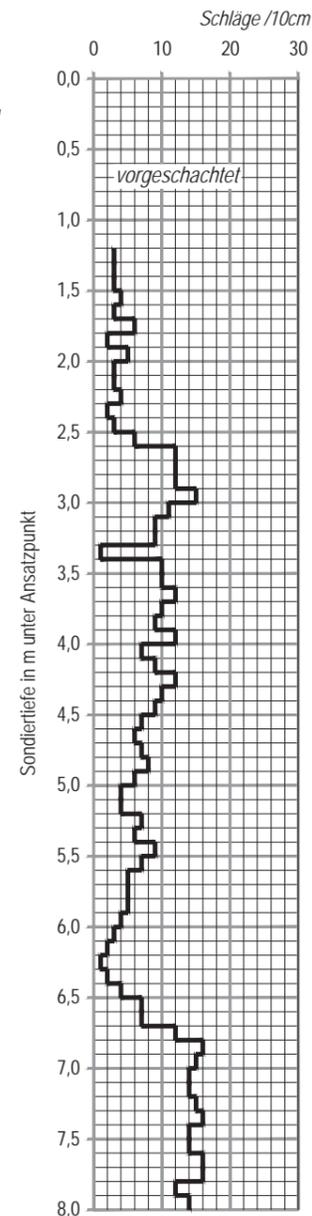


RKS 3



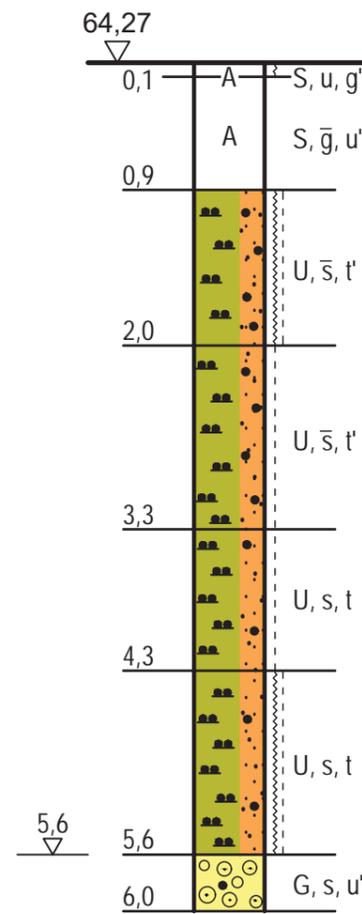
Gründungsebene
Trogbauerk im
Bereich der EÜ
-55,00

R 5

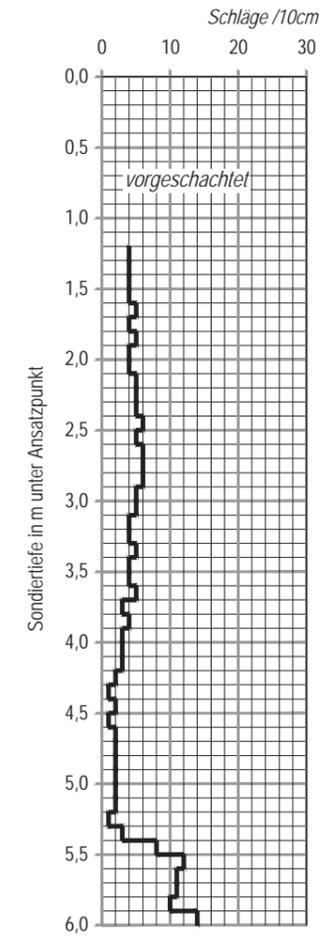


Rammsondierung DPH nach
DIN EN ISO 22476

RKS 4



R 6



Rammsondierung DPH nach
DIN EN ISO 22476

Rammkern- und Rammsondierungen
ausgeführt in der Zeit
vom 08.06. - 10.06.2015

IGH

INGENIEURGESELLSCHAFT GRUNDBAUINSTITUT
DR.-ING. WESELOH - PROF. DR.-ING. MÜLLER-KIRCHENBAUER mbH

30175 HANNOVER · VOLGERSWEG 58 · TELEFON (0511) 34 32 05 · TELEFAX (0511) 34 15 44

Stadt Sarstedt

**Planung einer Eisenbahnüberführung
für den innerörtlichen Straßenverkehr
in Sarstedt, Strecke 1732
Hannover - Kassel, km 17,850**

Bohrprofile und Rammdiagramme

Maßstab:

1 : 50

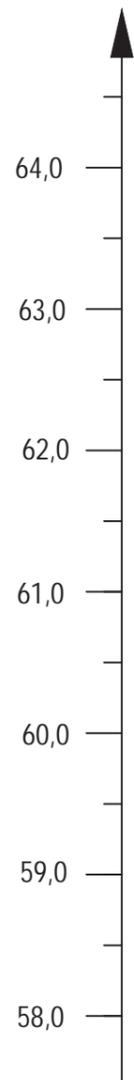
Aufr.-Nr.

3.463

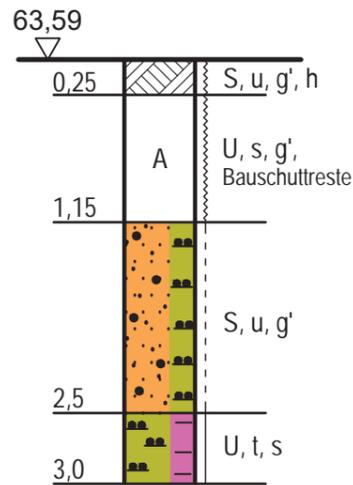
Anlage

2.2

Höhe m Ü.NN

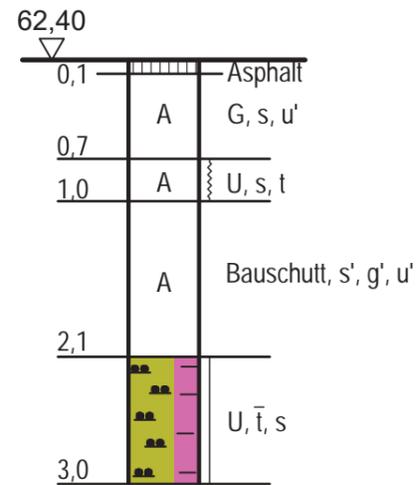


RKS 5

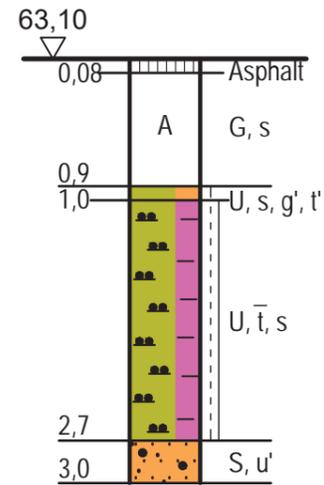


Dynamischer
Plattendruckversuch
bei - 0,28 m
Evd = 19,3 MN/m²

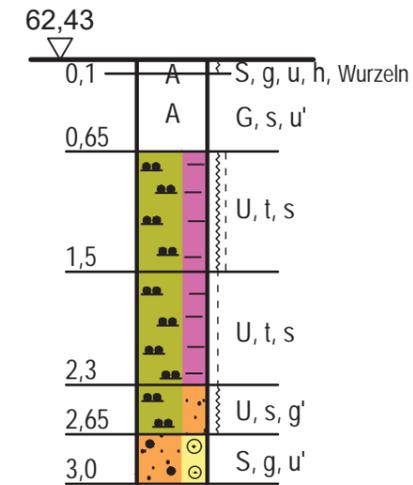
RKS 6



RKS 7

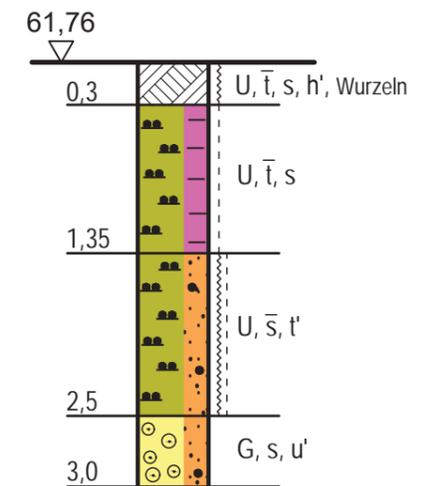


RKS 8



Dynamischer
Plattendruckversuch
bei - 0,11 m
Evd = 29,3 MN/m²

RKS 9



Dynamischer
Plattendruckversuch
bei - 0,31 m
Evd = 29,2 MN/m²

Rammkern- und Rammsondierungen
ausgeführt in der Zeit
vom 08.06. - 10.06.2015

IGH

INGENIEURGESELLSCHAFT GRUNDBAUINSTITUT
DR.-ING. WESELOH - PROF. DR.-ING. MÜLLER-KIRCHENBAUER mbH

30175 HANNOVER · VOLGERSWEG 58 · TELEFON (0511) 34 32 05 · TELEFAX (0511) 34 15 44

Stadt Sarstedt

Planung einer Eisenbahnüberführung
für den innerörtlichen Straßenverkehr
in Sarstedt, Strecke 1732
Hannover - Kassel, km 17,850

Bohrprofile und Rammdiagramme

Maßstab:

1 : 50

Aufr.-Nr.

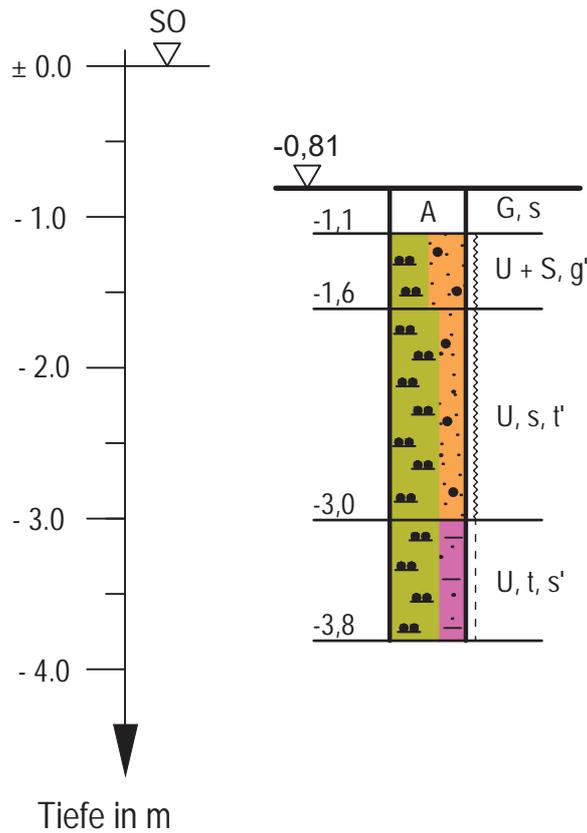
3.463

Anlage

2.3

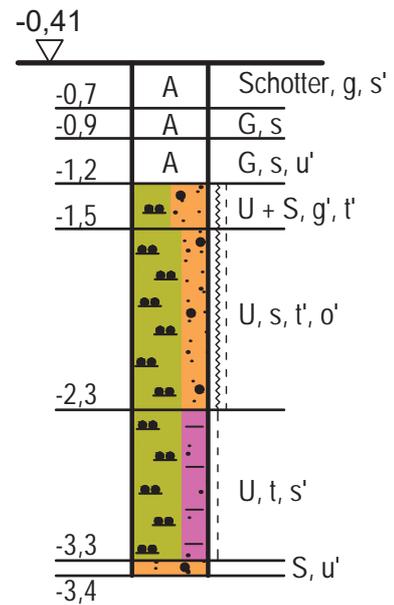
RKS N1

Abstand v. GA 3,5 m



RKS N2

Abstand v. GA 2,6 m

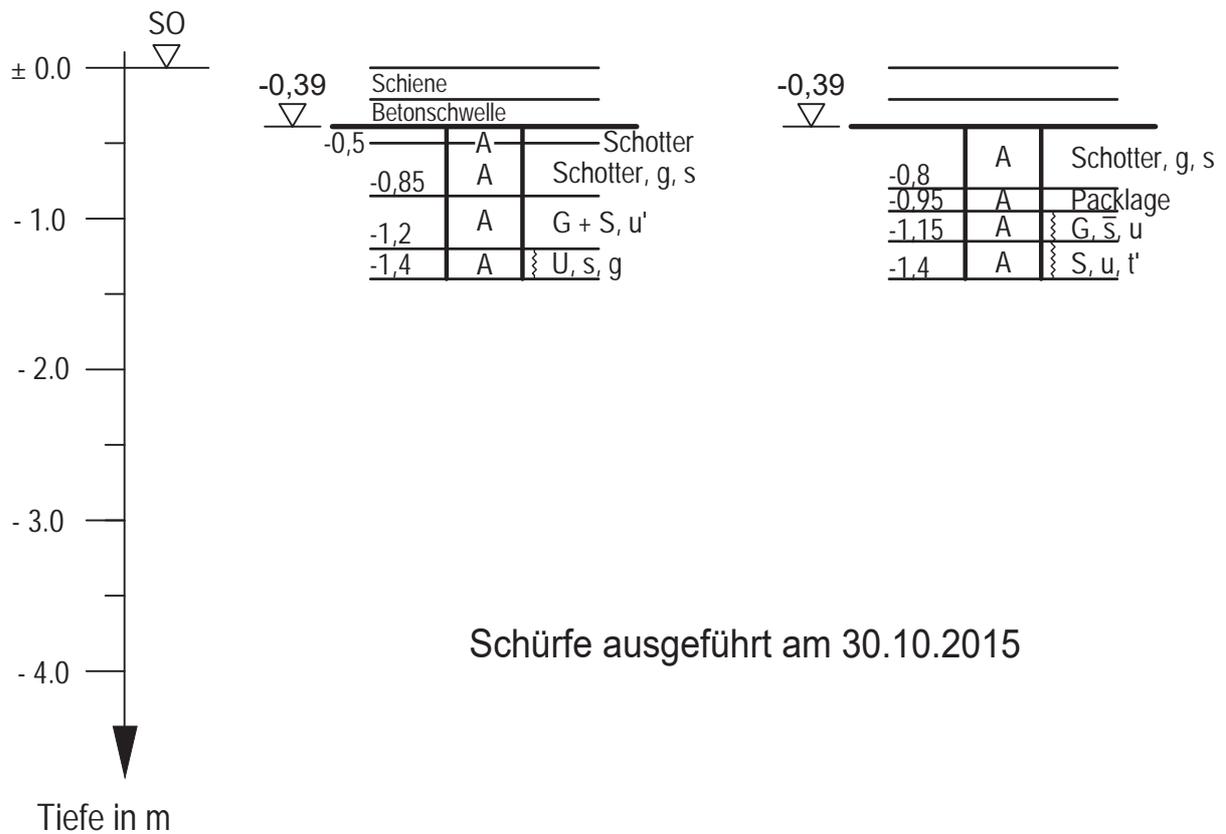


Rammkernsondierungen
 ausgeführt am 30.10.2015

1 x umgesetzt
 Packlage bei -0,8

SCH 1

SCH 2



Schürfe ausgeführt am 30.10.2015

Kurzzeichen und Zeichen der Bodenarten

(Auszug aus DIN 4023)

Bodenart		Kurzzeichen		Zeichen (Anteil)
Bodenart	Beimengungen	Bodenart	Beimengungen	
Kies	kiesig	G	g	
Grobkies	grobkiesig	gG	gg	
Mittelkies	mittelkiesig	mG	mg	
Feinkies	feinkiesig	fG	fg	
Sand	sandig	S	s	
Grobsand	grobsandig	gS	gs	
Mittelsand	mittelsandig	mS	ms	
Feinsand	feinsandig	fS	fs	
Schluff	schluffig	U	u	
Ton	tonig	T	t	
Torf, Humus	torfig, humos	H	h	
Mudde, Faulschlamm	Org. Beimengungen	F	f, o	
Steine	steinig	X	x	
Auffüllung		A		A
Geschiebelehm		Lg		
Geschiebemergel		Mg		
Fels, allgemein		Z		
Fels, verwittert		Z _v		

Konsistenzen:



breiig
 weich
 steif
 halbfest

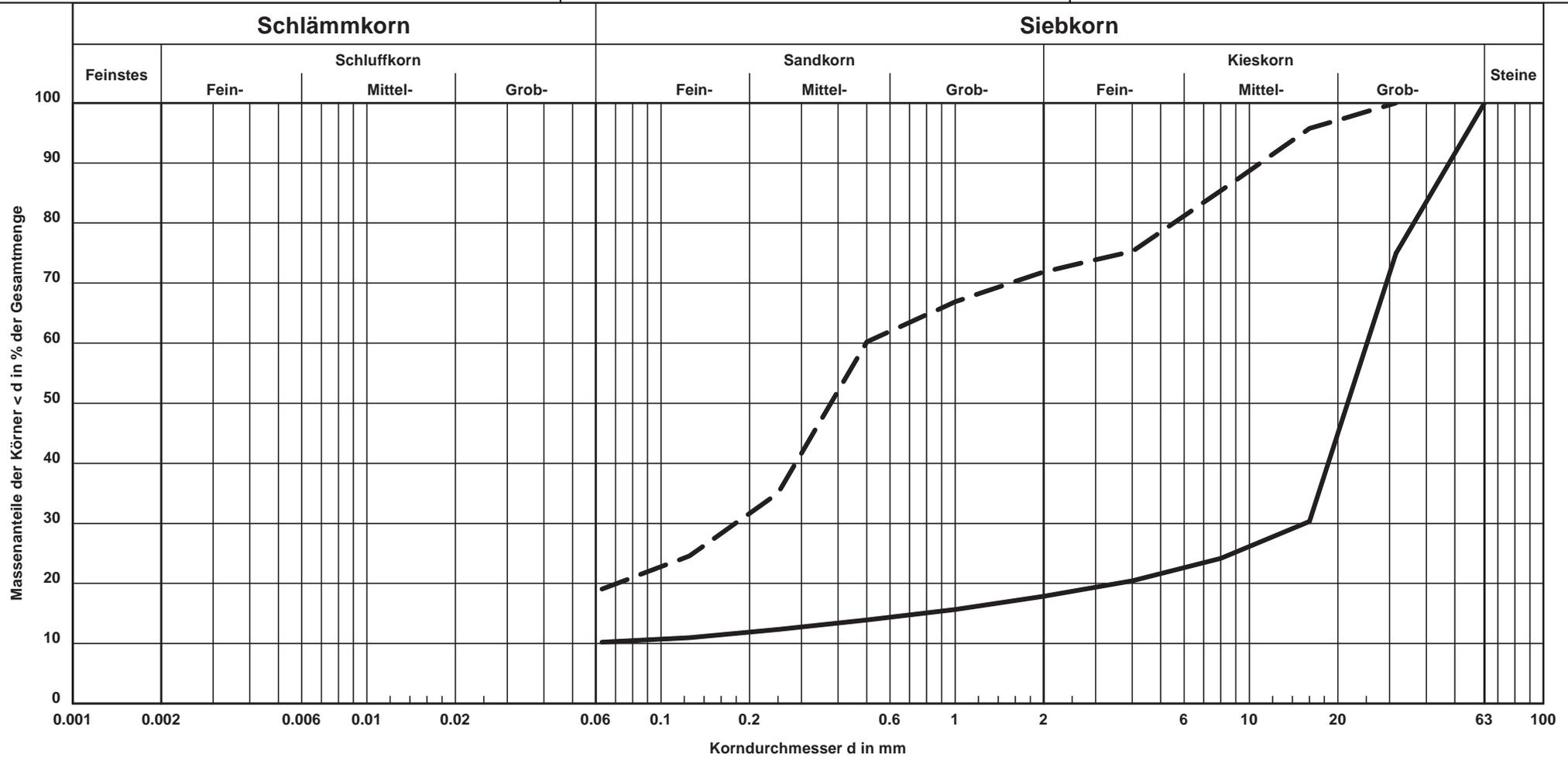
Nebenanteil:
 (am Beispiel Kies)
 g' schwach kiesig
 ḡ stark kiesig

Kst
 Tst
 Sst
 Mst

Kalkstein
 Tonstein
 Sandstein
 Mergelstein

Kornverteilung nach DIN 18 123

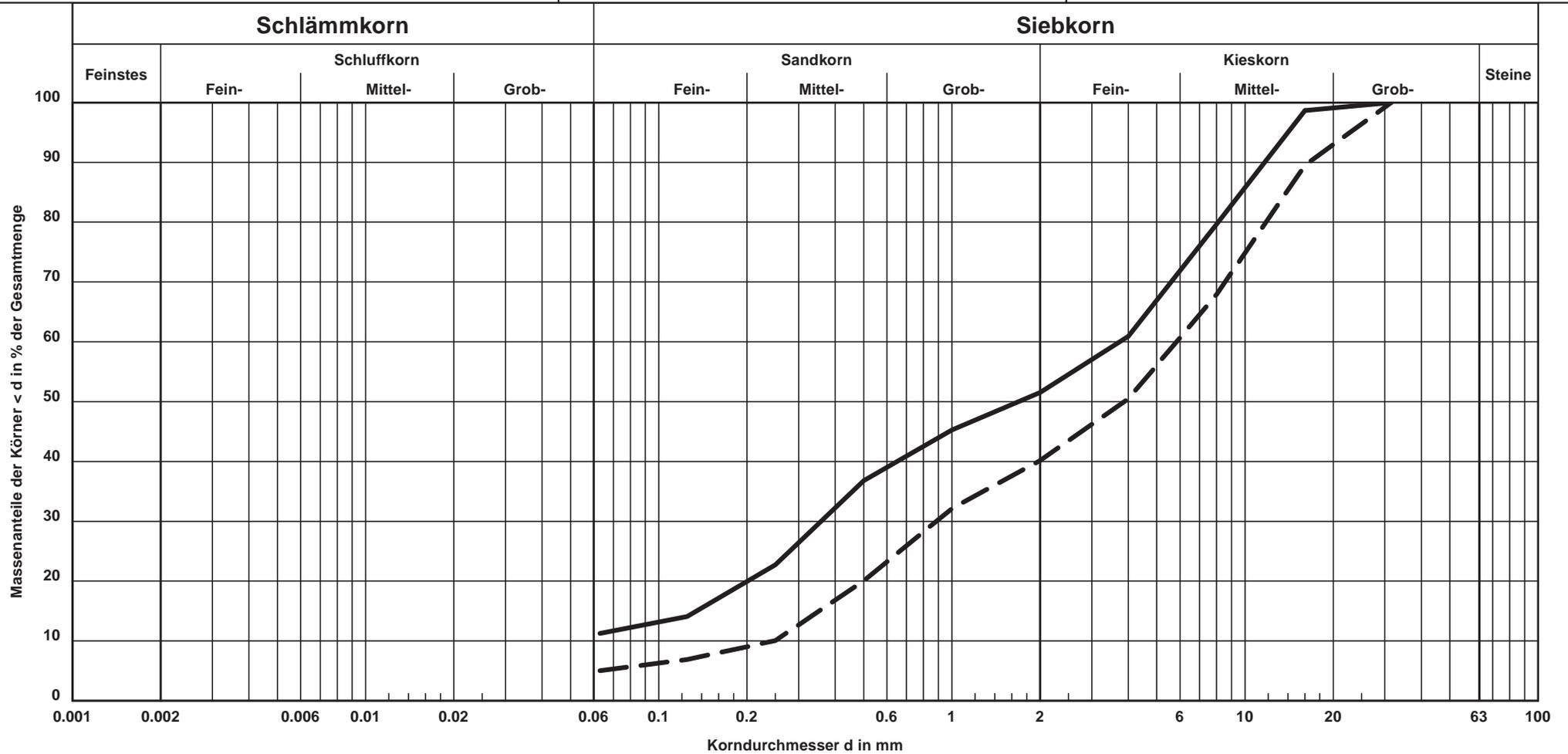
Stadt Sarstedt
Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850



Kurve-Nr.	Signatur	Entnahmestelle	Tiefe in m	Bodenart	k [m/s] (Beyer)	Wassergehalt in %	Bericht: 3.463 Anlage: 3.1
1	—	RKS 1	0,50 - 1,50	G, s', u'	-	3,1	
2	- - -	RKS 1	5,00 - 6,00	S, g, u	-	16,4	

Kornverteilung nach DIN 18 123

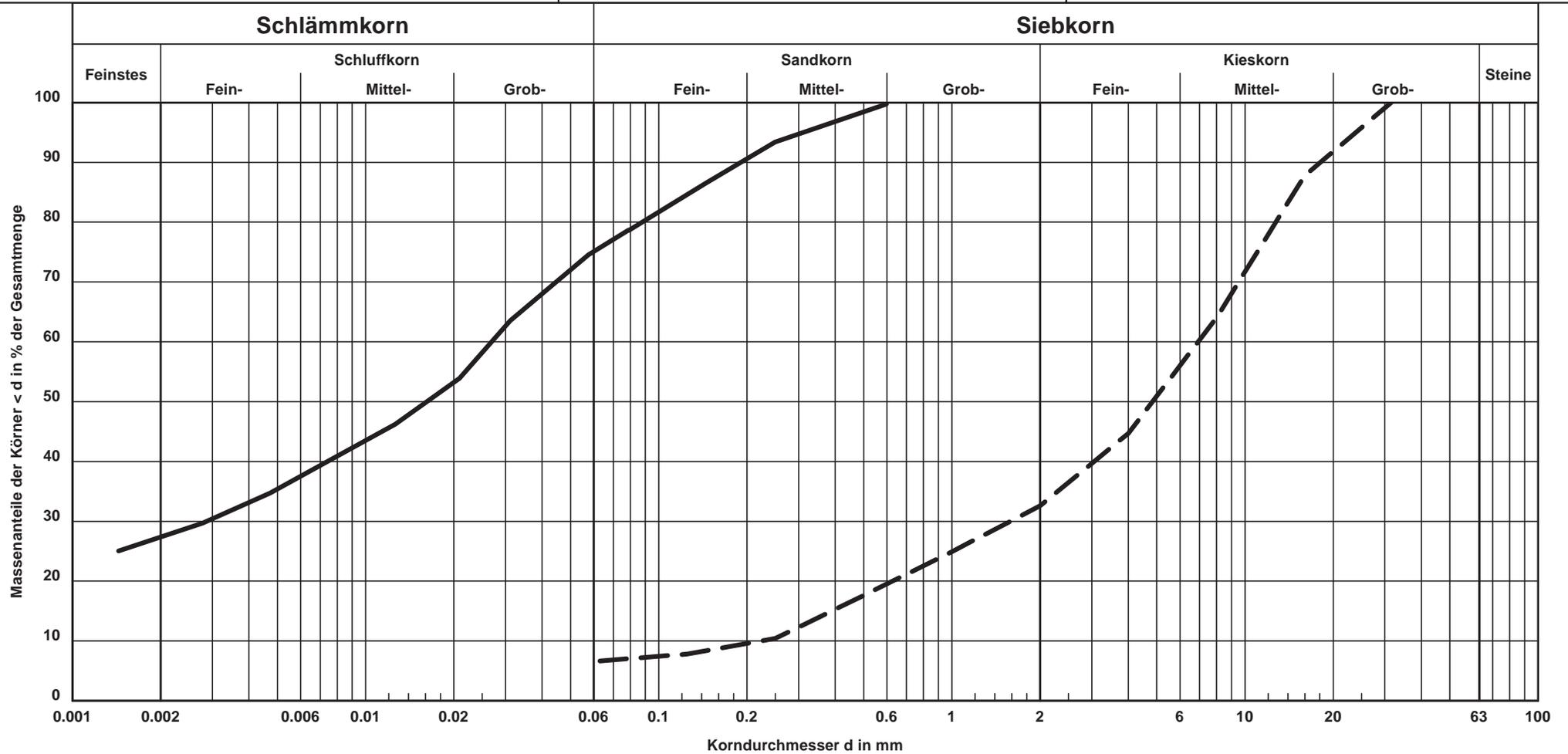
Stadt Sarstedt
Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850



Kurve-Nr.	Signatur	Entnahmestelle	Tiefe in m	Bodenart	k [m/s] (Beyer)	Wassergehalt in %	Bericht: 3.463 Anlage: 3.2
3	—	RKS 1	8,00 - 8,80	G+S, u'	-	10,6	
4	- - -	RKS 1	10,00 - 10,80	G, s̄, u'	$3.8 \cdot 10^{-4}$	8,4	

Kornverteilung nach DIN 18 123

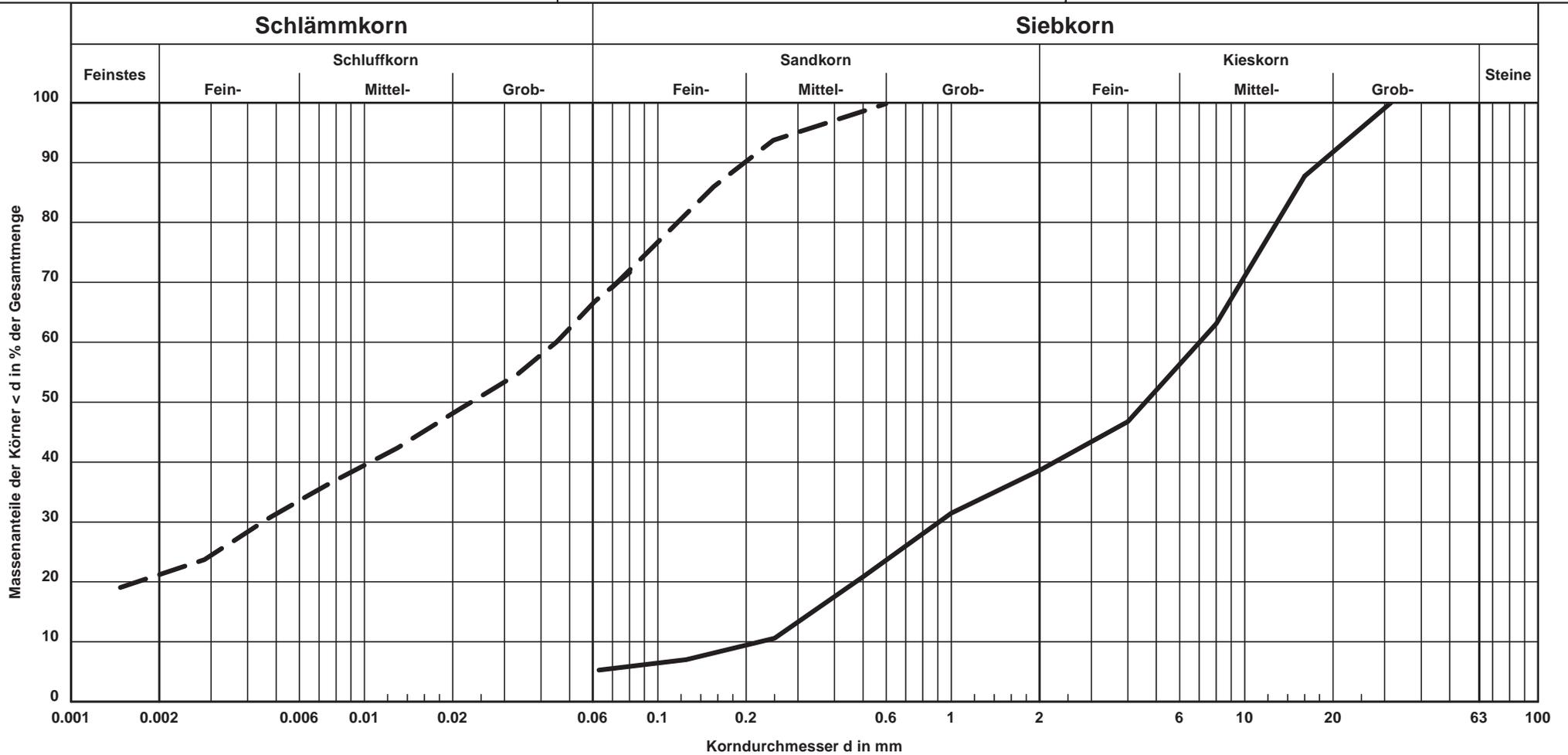
Stadt Sarstedt
Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850



Kurve-Nr.	Signatur	Entnahmestelle	Tiefe in m	Bodenart	k [m/s] (Beyer)	Wassergehalt in %	Bericht: 3.463 Anlage: 3.3
5	—	RKS 2	1,00 - 2,10	U, t, s	-	21,0	
6	- - -	RKS 2	5,00 - 6,00	G, s, u'	$3.3 \cdot 10^{-4}$	9,3	

Kornverteilung nach DIN 18 123

Stadt Sarstedt
Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850



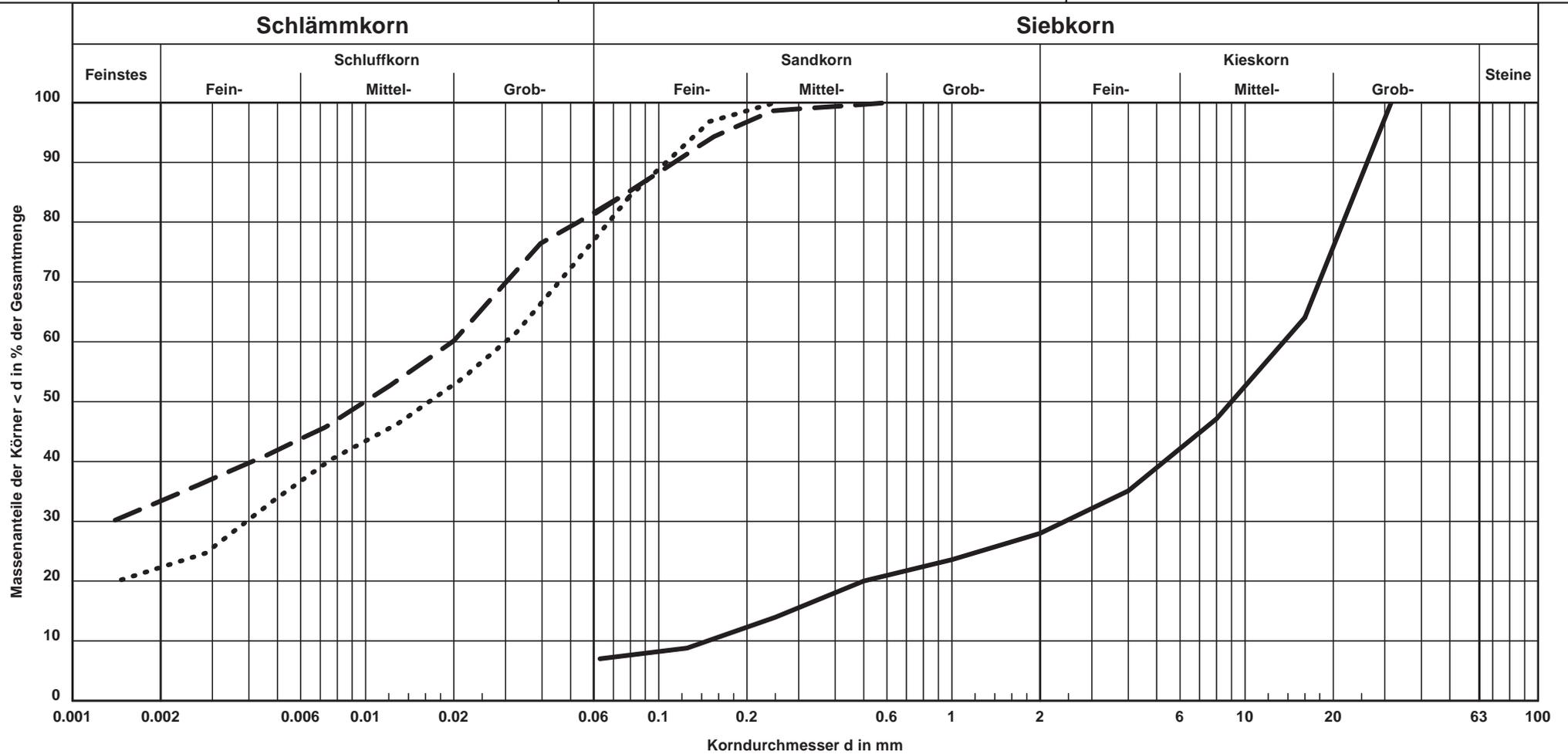
Kurve-Nr.	Signatur	Entnahmestelle	Tiefe in m	Bodenart	k [m/s] (Beyer)	Wassergehalt in %	Bericht: 3.463 Anlage: 3.4
7	—	RKS 2	8,40 - 9,60	G, \bar{s} , u'	$3.3 \cdot 10^{-4}$	8,6	
8	- - -	RKS 2	9,60 - 10,20	U, \bar{s} , t (Tonmergel)	-	22,2	

Kornverteilung nach DIN 18 123

Stadt Sarstedt

Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt

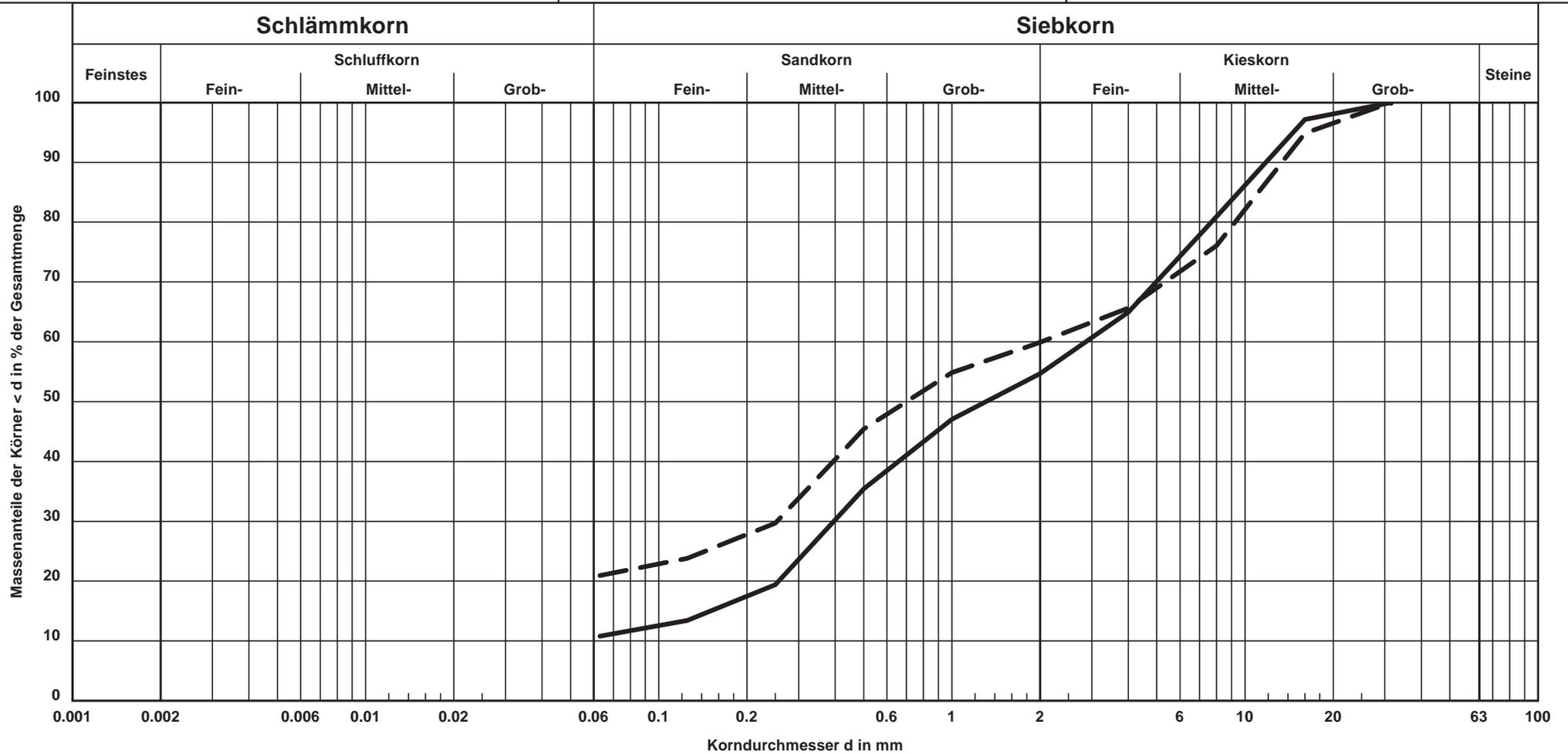
Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850



Kurve-Nr.	Signatur	Entnahmestelle	Tiefe in m	Bodenart	k [m/s] (Beyer)	Wassergehalt in %	Bericht: 3.463 Anlage: 3.5
9	—	RKS 6	0,10 - 0,70	G, s, u'	$1.5 \cdot 10^{-4}$	3,2	
10	- - -	RKS 9	0,30 - 1,35	U, t̄, s	-	21,2	
11	B 2	15,50 - 15,80	U, t, s (Tonmergel)	-	19,1	

Kornverteilung nach DIN 18 123

Stadt Sarstedt
Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850



Kurve-Nr.	Signatur	Entnahmestelle	Tiefe in m	Bodenart	k [m/s] (Beyer)	Wassergehalt in %	Bericht: 3.463 Anlage: 3.6
12	—	Schurf 1	0,50 - 0,85	G+S, u'	-	6,9	
13	- - -	Schurf 2	0,95 - 1,15	G, s, u	-	8,6	

Bestimmung der **Zustandsgrenzen** (Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18 122, Teil 1

Ausgeführt : Abr

Datum : 17.06.2015

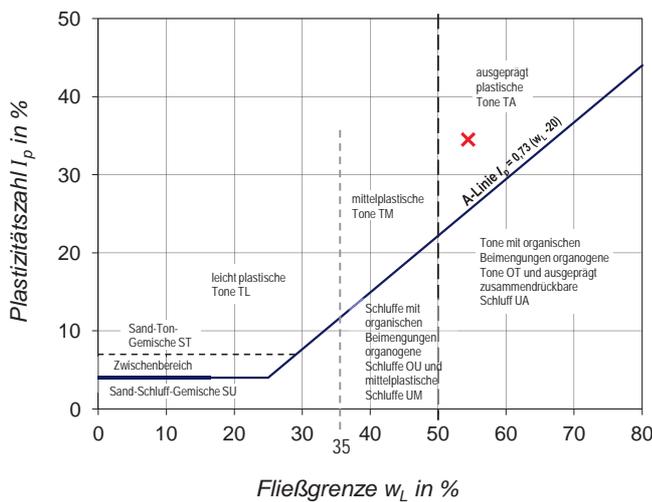
Entnahmestelle : **RKS 4**

Tiefe in m: 3,30 - 4,30

Bodenart : U, s, t

Art der Entnahme : gestört

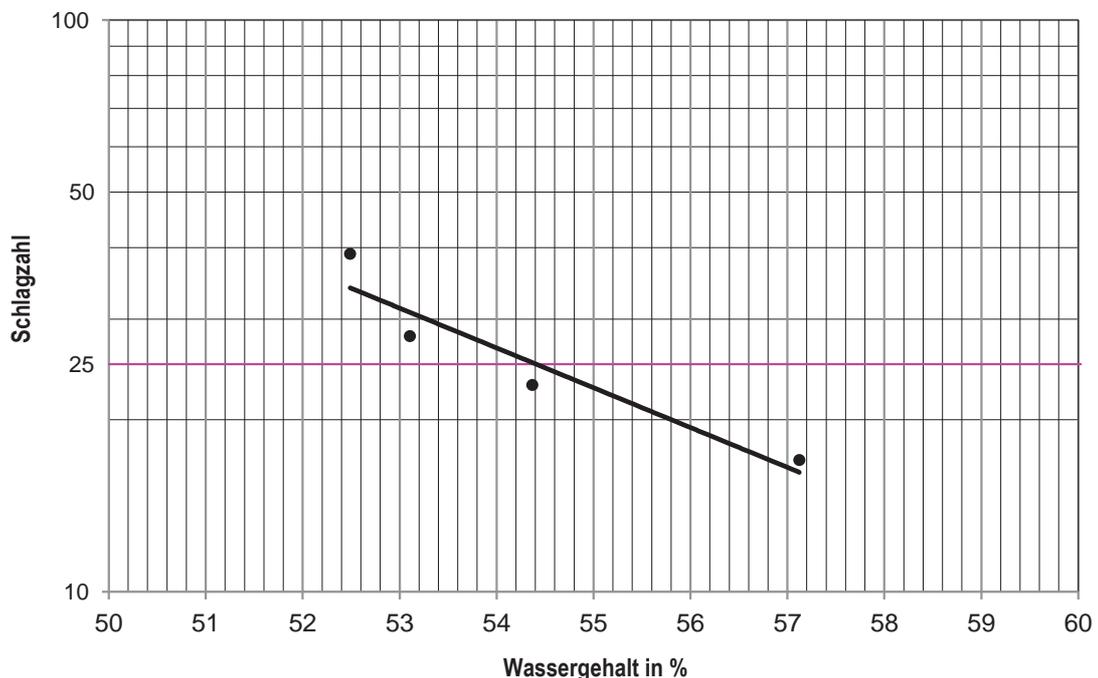
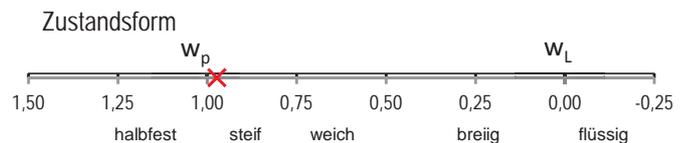
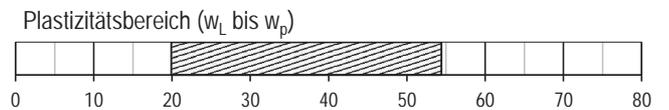
Zahl der Schläge	Fließgrenze				Ausrollgrenze	
	39	28	23	17	-	-
Feucht Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	137,48	139,28	138,83	138,20	117,03	116,39
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	125,88	127,48	126,82	126,01	115,43	114,77
Behälter m_B [g]	103,78	105,26	104,73	104,67	107,33	106,69
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_w$ [g]	11,60	11,80	12,01	12,19	1,6	1,62
Trockene Probe m_d [g]	22,10	22,22	22,09	21,34	8,1	8,08
Wassergehalt $100 \cdot m_w/m_d = w$ [g]	52,49	53,11	54,37	57,12	19,75	20,05



Wassergehalt	w	20,8 %
Fließgrenze	w _L	54,4 %
Ausrollgrenze	w _p	19,9 %

Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_p = 54,4 - 19,9 = \mathbf{34,5 \%}$

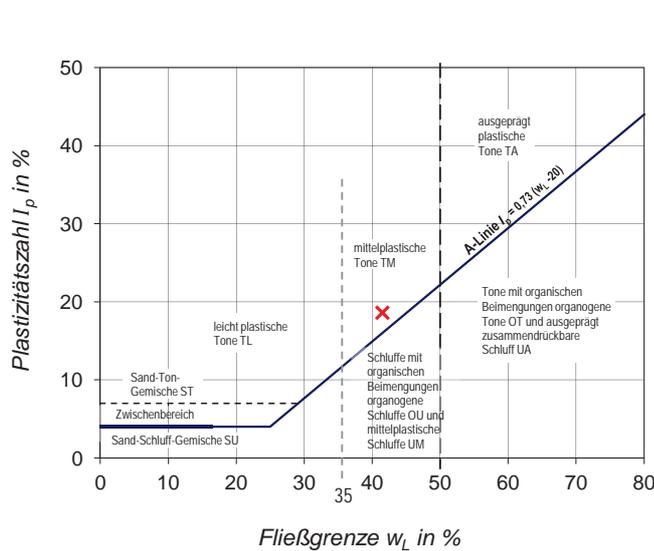
Konsistenzzahl $I_c = \frac{w_L - w}{I_p} = \frac{54,4 - 20,8}{34,5} = \mathbf{0,97}$



Bestimmung der **Zustandsgrenzen** (Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18 122, Teil 1

Ausgeführt : Giese	Datum : 18.11.2015
Entnahmestelle : B 1	Tiefe in m: 15,70 - 16,00
Bodenart : Tonmergel	Art der Entnahme : ungestört

	Fließgrenze				Ausrollgrenze	
	47	32	25	15	-	-
Zahl der Schläge	47	32	25	15	-	-
Feucht Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	21,51	20,76	23,58	31,40	10,43	10,88
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	16,13	15,40	17,30	22,54	8,92	9,24
Behälter m_B [g]	2,21	2,21	2,19	2,21	2,22	2,19
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_w$ [g]	5,38	5,36	6,28	8,86	1,51	1,64
Trockene Probe m_d [g]	13,92	13,19	15,11	20,33	6,7	7,05
Wassergehalt $100 \cdot m_w / m_d = w$ [g]	38,65	40,64	41,56	43,58	22,54	23,26

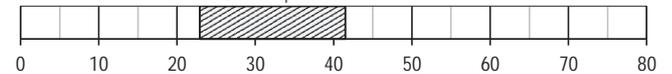


Wassergehalt	w	16,5 %
Fließgrenze	w_L	41,5 %
Ausrollgrenze	w_p	22,9 %

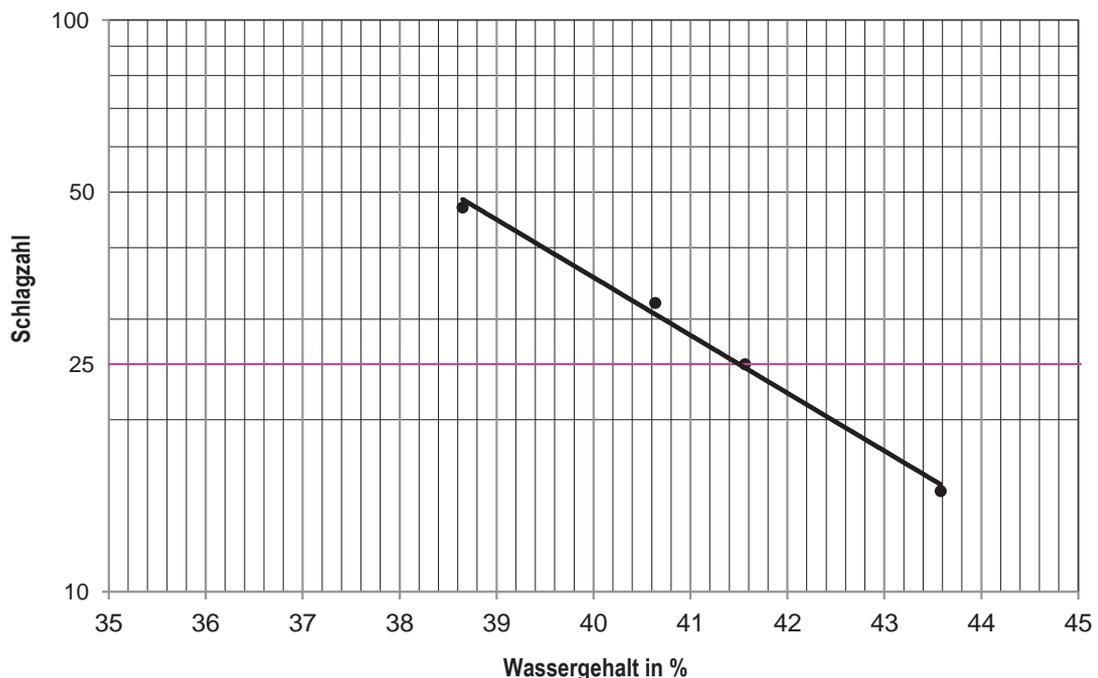
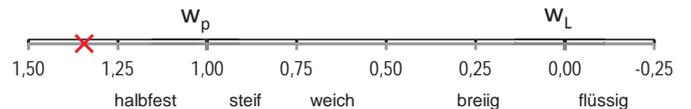
Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_p = 41,5 - 22,9 = 18,6 \%$

Konsistenzzahl $I_c = \frac{w_L - w}{I_p} = \frac{41,5 - 16,5}{18,6} = 1,34$

Plastizitätsbereich (w_L bis w_p)



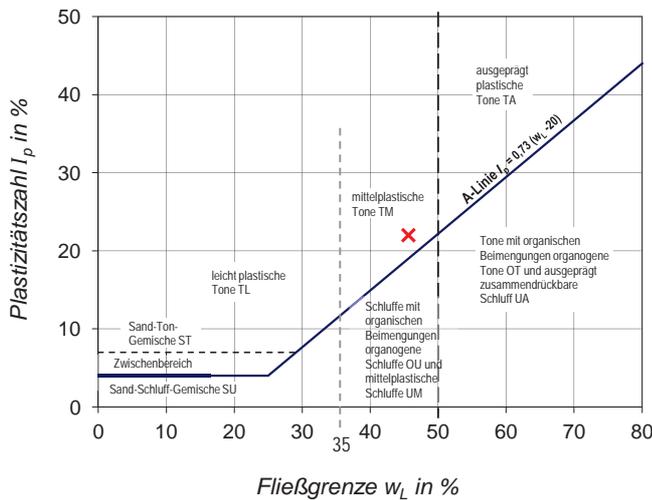
Zustandsform



Bestimmung der **Zustandsgrenzen** (Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18 122, Teil 1

Ausgeführt : Giese	Datum : 18.11.2015
Entnahmestelle : B 1	Tiefe in m: 18,50 - 20,50
Bodenart : Tonmergel	Art der Entnahme : ungestört

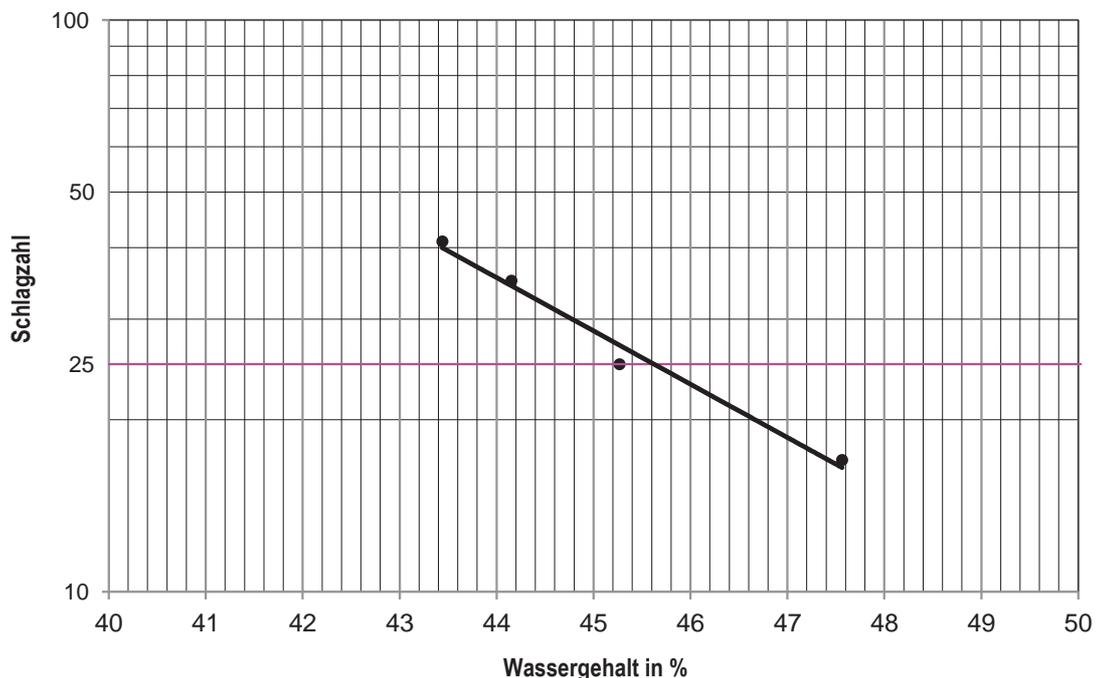
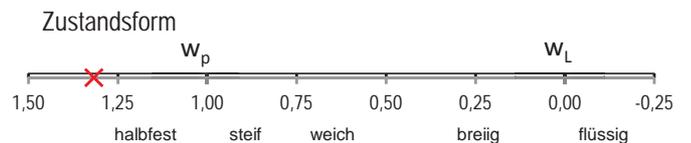
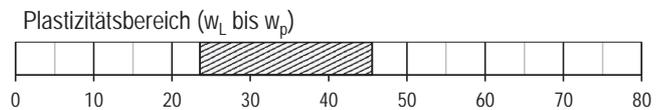
	Fließgrenze				Ausrollgrenze	
	41	35	25	17	-	-
Zahl der Schläge	41	35	25	17	-	-
Feucht Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	22,21	22,55	22,76	22,76	11	10,23
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	16,15	16,32	16,35	16,12	9,32	8,68
Behälter m_B [g]	2,20	2,21	2,19	2,16	2,17	2,12
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_w$ [g]	6,06	6,23	6,41	6,64	1,68	1,55
Trockene Probe m_d [g]	13,95	14,11	14,16	13,96	7,15	6,56
Wassergehalt $100 \cdot m_w / m_d = w$ [g]	43,44	44,15	45,27	47,56	23,50	23,63



Wassergehalt	w	16,6 %
Fließgrenze	w_L	45,6 %
Ausrollgrenze	w_p	23,6 %

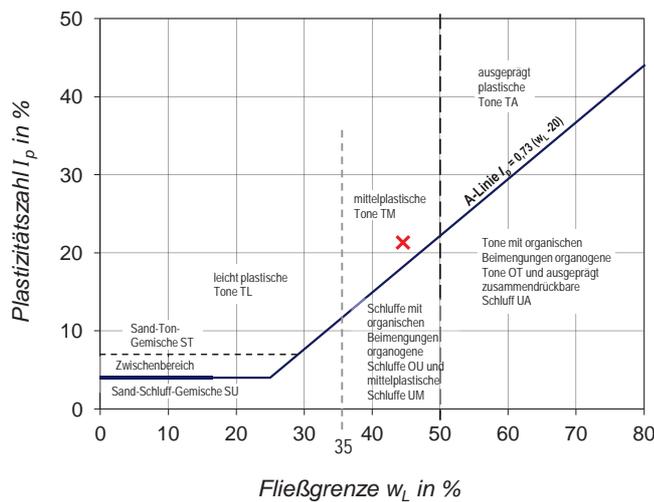
Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_p = 45,6 - 23,6 = 22,0 \%$

Konsistenzzahl $I_c = \frac{w_L - w}{I_p} = \frac{45,6 - 16,6}{22,0} = 1,32$



Bestimmung der **Zustandsgrenzen** (Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18 122, Teil 1

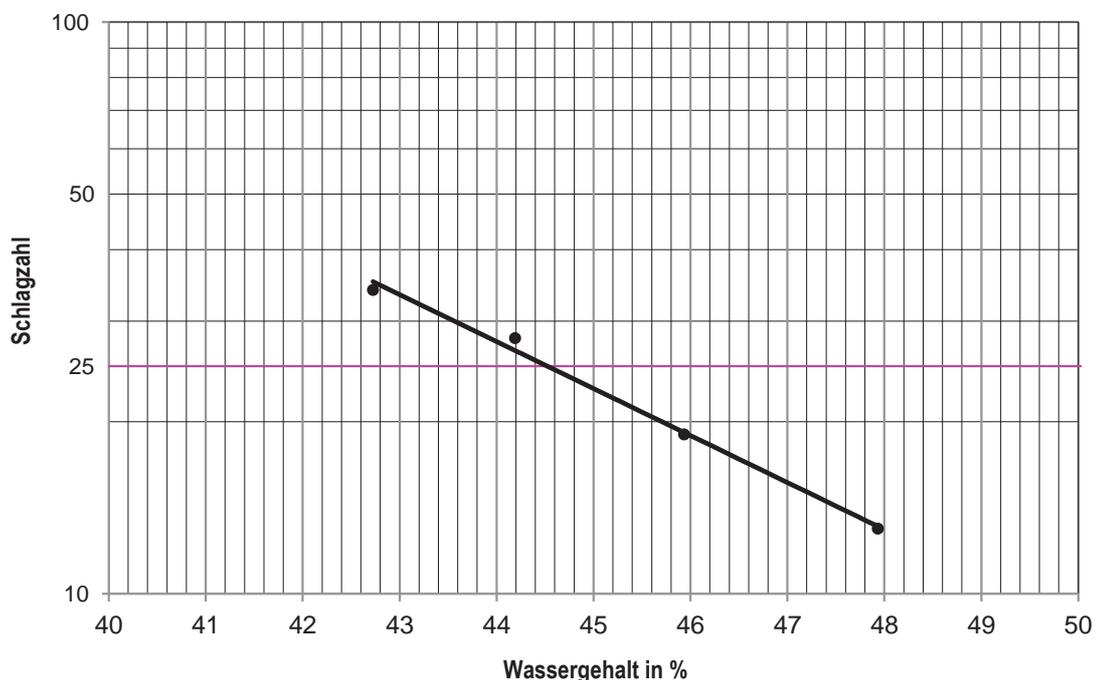
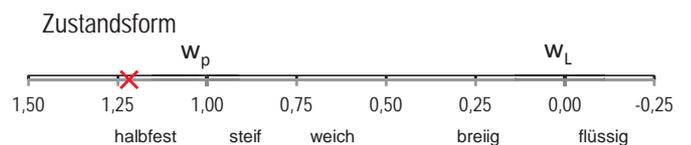
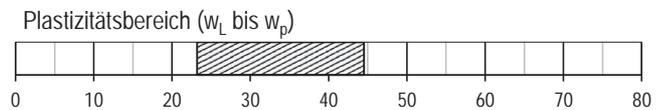
Ausgeführt : Giese			Datum : 18.11.2015				
Entnahmestelle : B 2			Tiefe in m: 12,90 - 15,50				
Bodenart : Tonmergel			Art der Entnahme : ungestört				
	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
Zahl der Schläge	34	28	19	13	-	-	
Feucht Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	25,35	24,28	29,31	29,34	10,08	9,32	
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	18,42	17,51	20,78	20,53	8,61	7,97	
Behälter m_B [g]	2,20	2,19	2,21	2,15	2,22	2,2	
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_w$ [g]	6,93	6,77	8,53	8,81	1,47	1,35	
Trockene Probe m_d [g]	16,22	15,32	18,57	18,38	6,39	5,77	
Wassergehalt $100 \cdot m_w/m_d = w$ [g]	42,73	44,19	45,93	47,93	23,00	23,40	



Wassergehalt	w	18,5 %
Fließgrenze	w_L	44,5 %
Ausrollgrenze	w_p	23,2 %

Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_p = 44,5 - 23,2 = 21,3 \%$

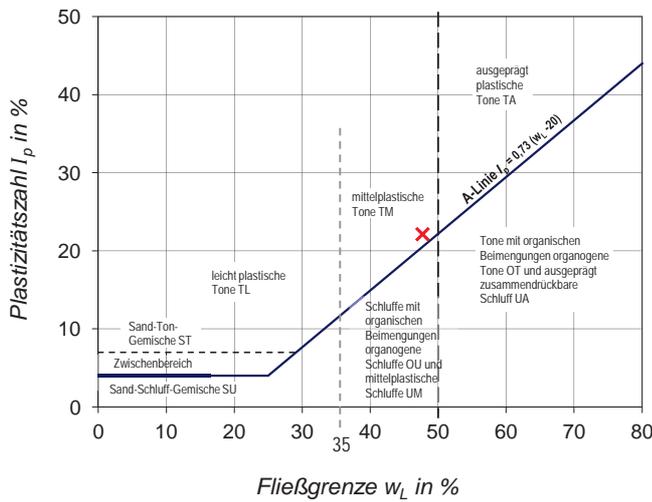
Konsistenzzahl $I_c = \frac{w_L - w}{I_p} = \frac{44,5 - 18,5}{21,3} = 1,22$



Bestimmung der **Zustandsgrenzen** (Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18 122, Teil 1

Ausgeführt : Giese	Datum : 18.11.2015
Entnahmestelle : B 2	Tiefe in m: 15,50 - 15,80
Bodenart : Tonmergel	Art der Entnahme : ungestört

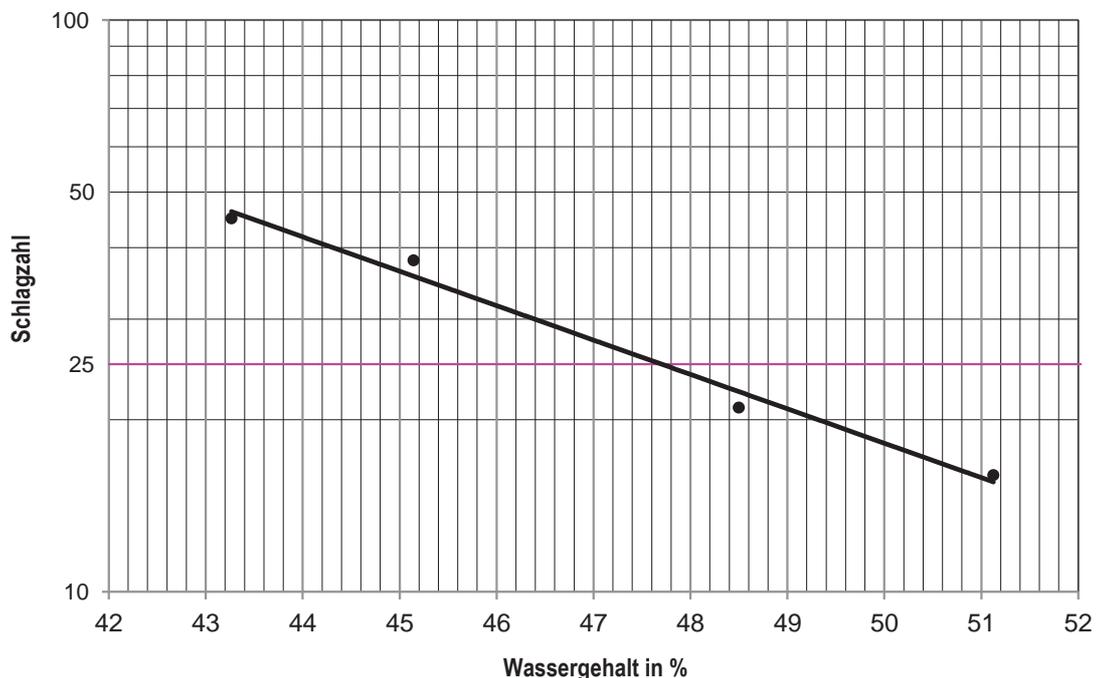
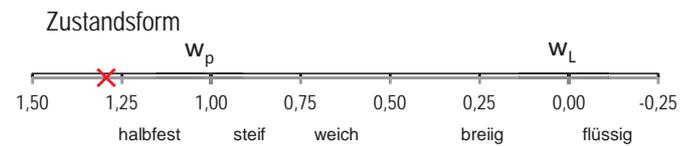
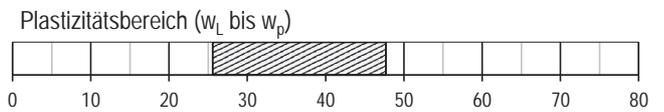
	Fließgrenze				Ausrollgrenze	
	45	38	21	16	-	-
Zahl der Schläge	45	38	21	16	-	-
Feucht Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	20,27	22,53	26,36	23,01	10,68	10,53
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	14,81	16,21	18,45	15,96	8,96	8,82
Behälter m_B [g]	2,19	2,21	2,14	2,17	2,17	2,2
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_w$ [g]	5,46	6,32	7,91	7,05	1,72	1,71
Trockene Probe m_d [g]	12,62	14,00	16,31	13,79	6,79	6,62
Wassergehalt $100 \cdot m_w / m_d = w$ [g]	43,26	45,14	48,50	51,12	25,33	25,83



Wassergehalt	w	19,1 %
Fließgrenze	w _L	47,7 %
Ausrollgrenze	w _p	25,6 %

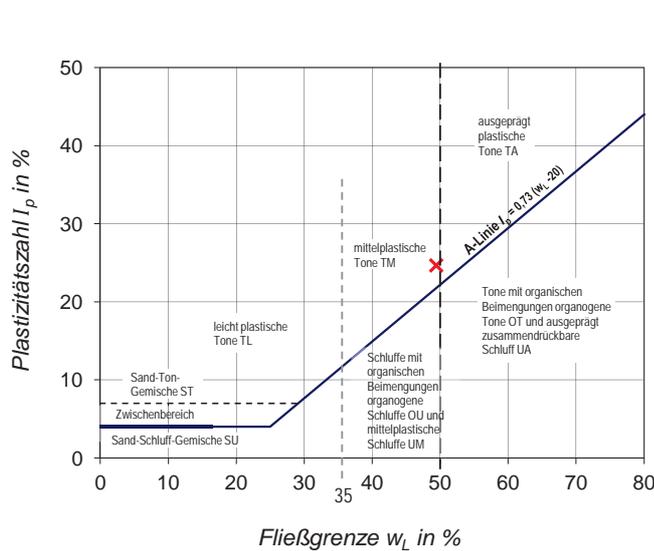
Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_p = 47,7 - 25,6 = 22,1 \%$

Konsistenzzahl $I_c = \frac{w_L - w}{I_p} = \frac{47,7 - 19,1}{22,1} = 1,29$



Bestimmung der **Zustandsgrenzen** (Fließgrenze, Ausrollgrenze) nach DIN 18 122, Teil 1

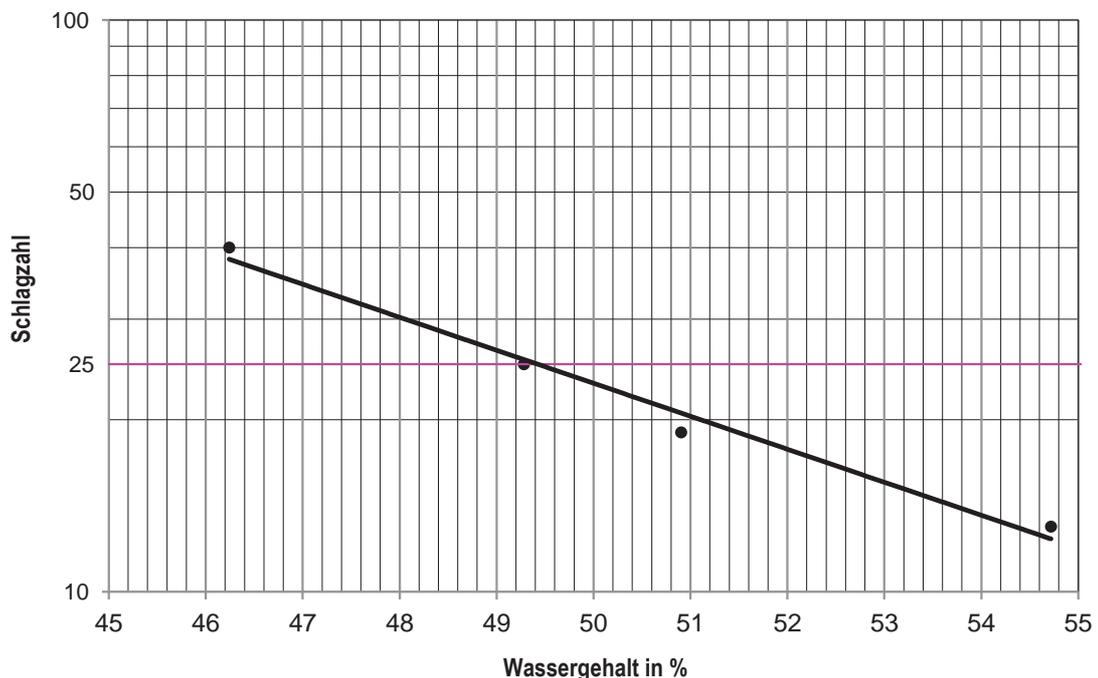
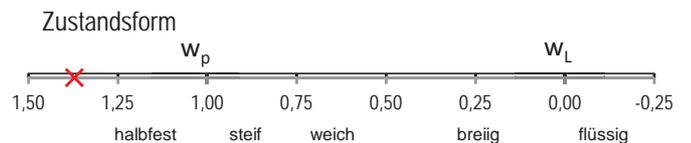
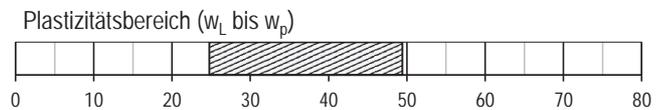
Ausgeführt : Giese			Datum : 18.11.2015				
Entnahmestelle : B 2			Tiefe in m: 16,00 - 17,30				
Bodenart : Tonmergel			Art der Entnahme : ungestört				
	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
Zahl der Schläge	40	25	19	13	-	-	
Feucht Probe + Behälter $m + m_B$ [g]	26,34	25,04	29,74	28,91	9,93	10,87	
Trockene Probe + Behälter $m_d + m_B$ [g]	18,71	17,49	20,45	19,46	8,4	9,14	
Behälter m_B [g]	2,21	2,17	2,20	2,19	2,18	2,2	
Wasser $(m + m_B) - (m_d + m_B) = m_w$ [g]	7,63	7,55	9,29	9,45	1,53	1,73	
Trockene Probe m_d [g]	16,50	15,32	18,25	17,27	6,22	6,94	
Wassergehalt $100 \cdot m_w / m_d = w$ [g]	46,24	49,28	50,90	54,72	24,60	24,93	

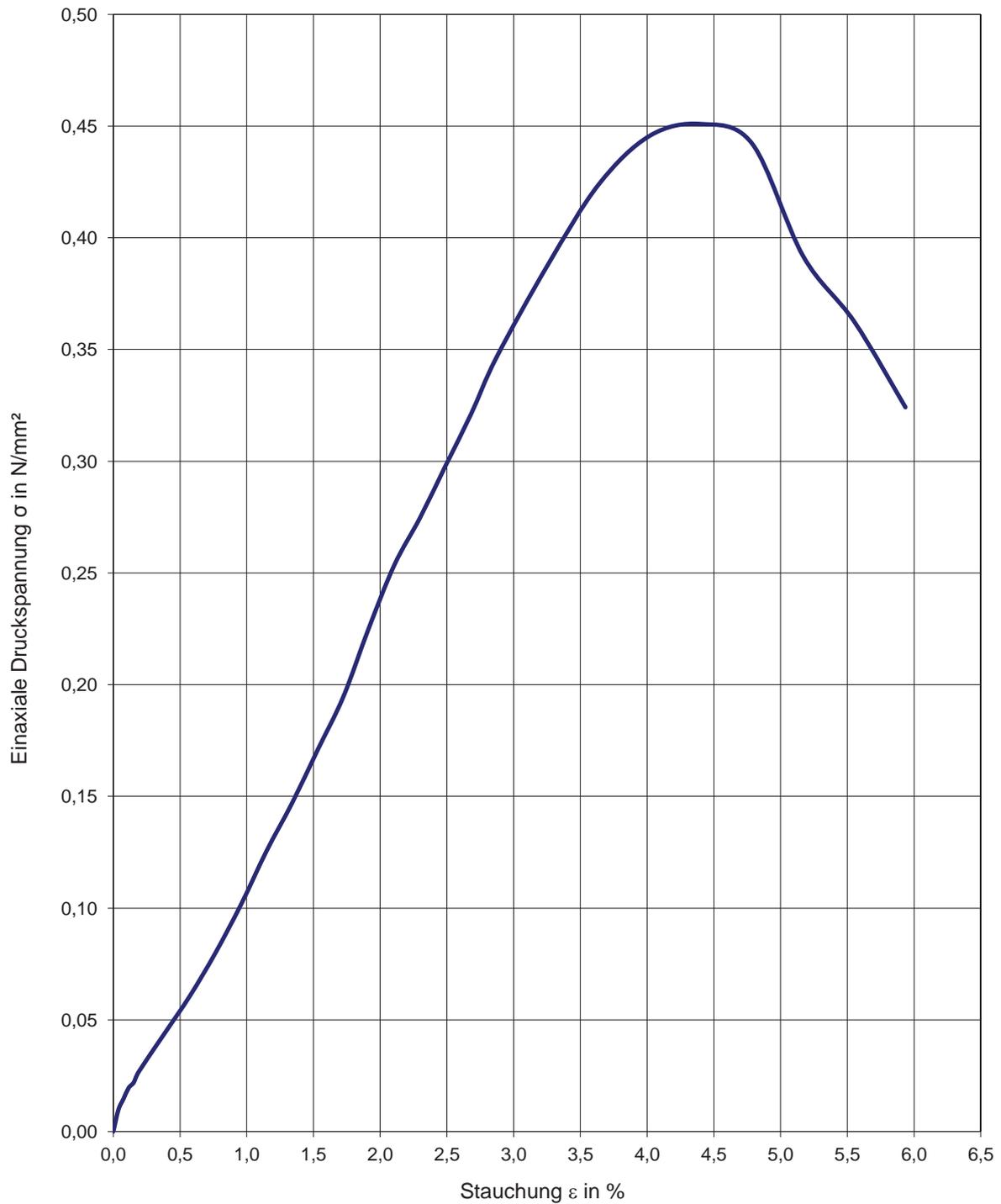


Wassergehalt	w	15,6 %
Fließgrenze	w_L	49,4 %
Ausrollgrenze	w_p	24,8 %

Plastizitätszahl $I_p = w_L - w_p = 49,4 - 24,8 = 24,7 \%$

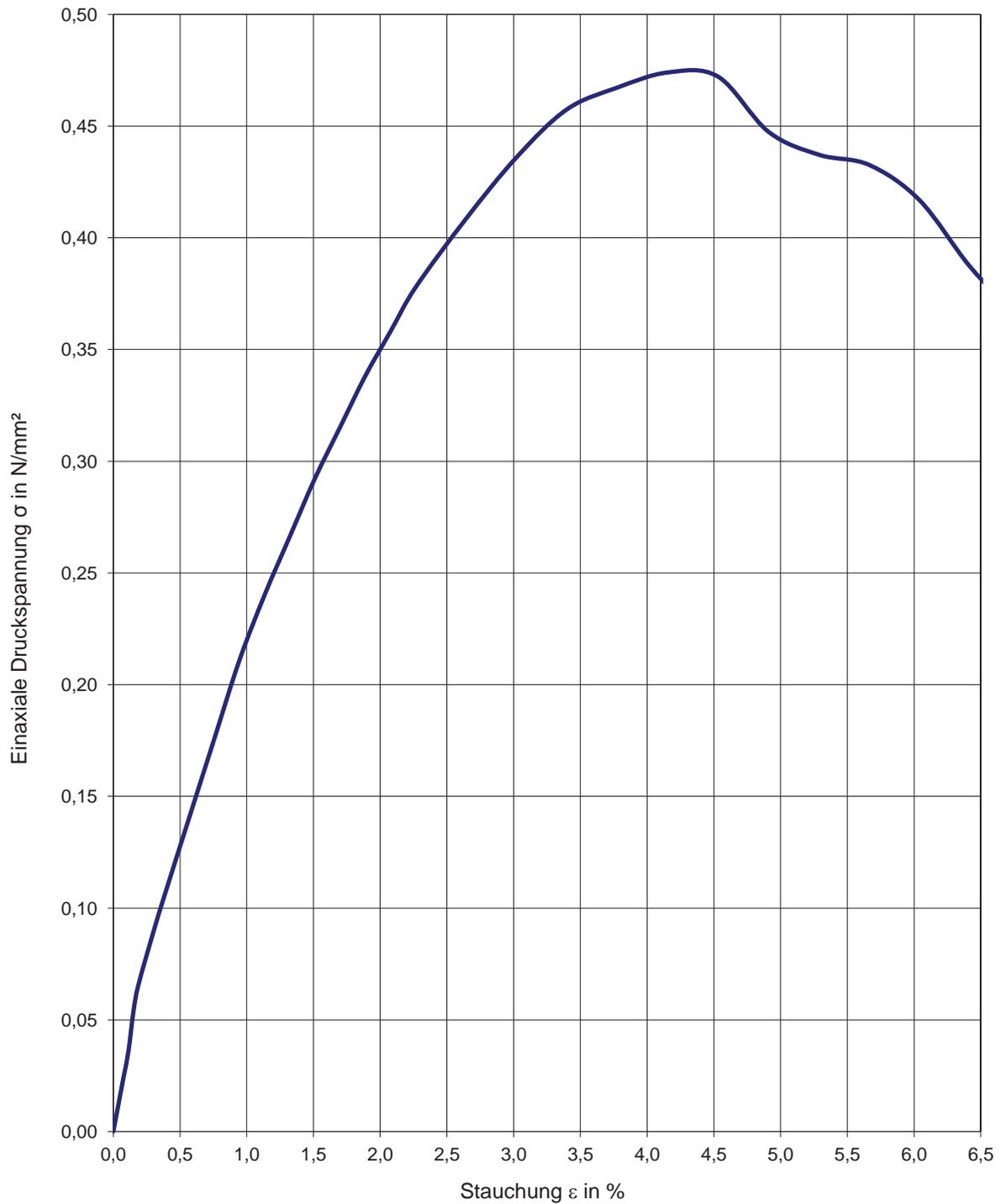
Konsistenzzahl $I_c = \frac{w_L - w}{I_p} = \frac{49,4 - 15,6}{24,7} = 1,37$





Lamelle Nr.: **B 1 / UP 2**
 Entnahmetiefe: 12,0 - 12,2 m
 Dichte: 2,051 g/cm³
 Wassergehalt: 18,3 %

$q_u = 0,45 \text{ N/mm}^2$
 $\epsilon_u = 4,40 \%$

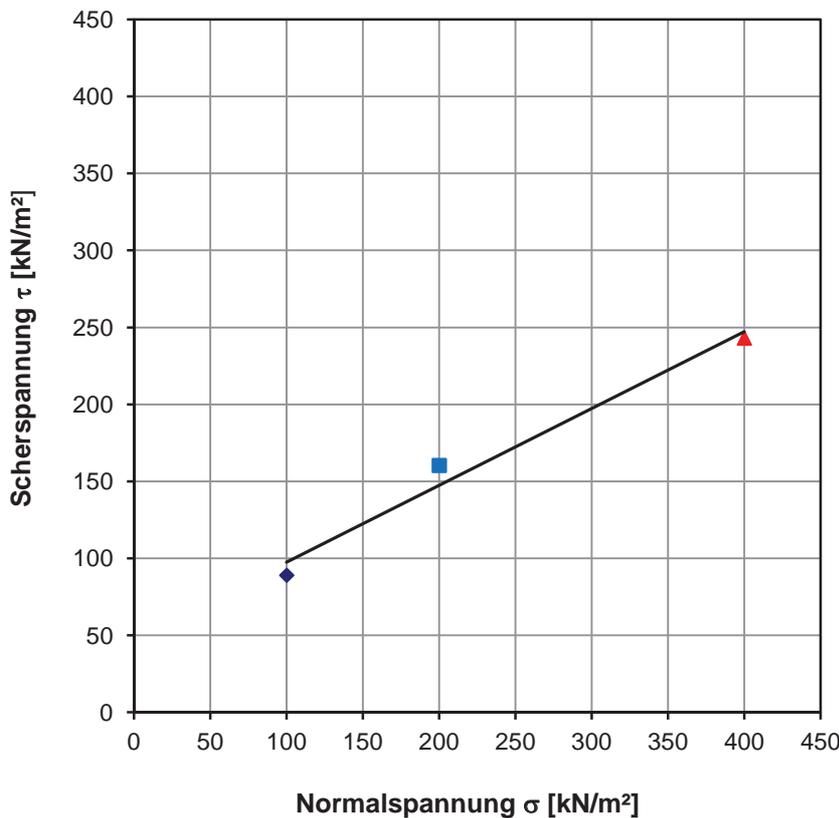
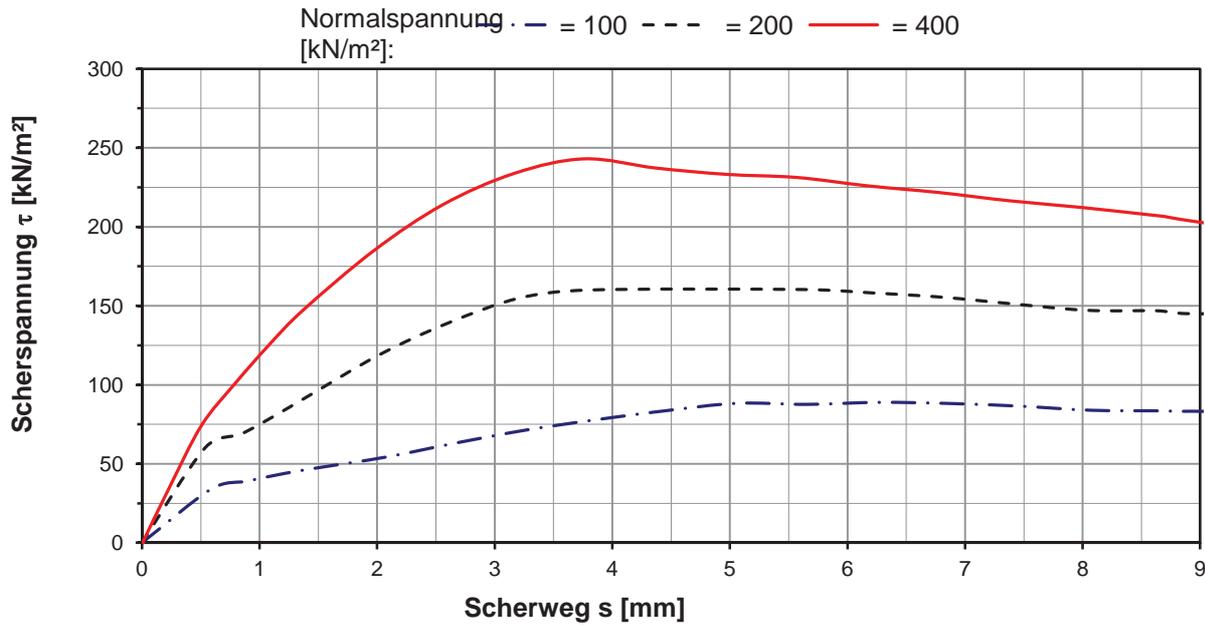


Lamelle Nr.: **B 2 / UP**
 Entnahmetiefe: 15,5 - 15,8 m
 Dichte: 2,073 g/cm³
 Wassergehalt: 17,8 %

$q_u = 0,47 \text{ N/mm}^2$
 $\epsilon_u = 4,15 \%$

Direkter Scherversuch nach DIN 18 137, Teil 3

Bohrung:	B 2	Vorschubgeschwindigkeit [mm/min]:	0,010		
Entnahmetiefe [m]:	12,0 bis 13,0	Normalspannung σ [kN/m ²]:	100	200	400
Bodenart:	Tonmergel	Konsolidationssetzung [mm]:	2,02	2,37	3,24
Probenart:	ungestört	Anfangstrockendichte ρ [g/cm ³]:	-	-	-
Rahmen [cm x cm]:	6 x 6	Einbauwassergehalt w_N [%]:	-	-	-
Wasserzugabe:	ja				



Normalspannung σ [kN/m ²]	Bruchspannung τ [kN/m ²]
100	89,0
200	160,3
400	243,0

Ergebnisse	
Reibungswinkel ϕ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]
26,5	47,6

Einstufung der Böden in Homogenbereiche nach VOB, Teil C, DIN 18300 Erdarbeiten, DIN 18301 Bohrarbeiten und DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

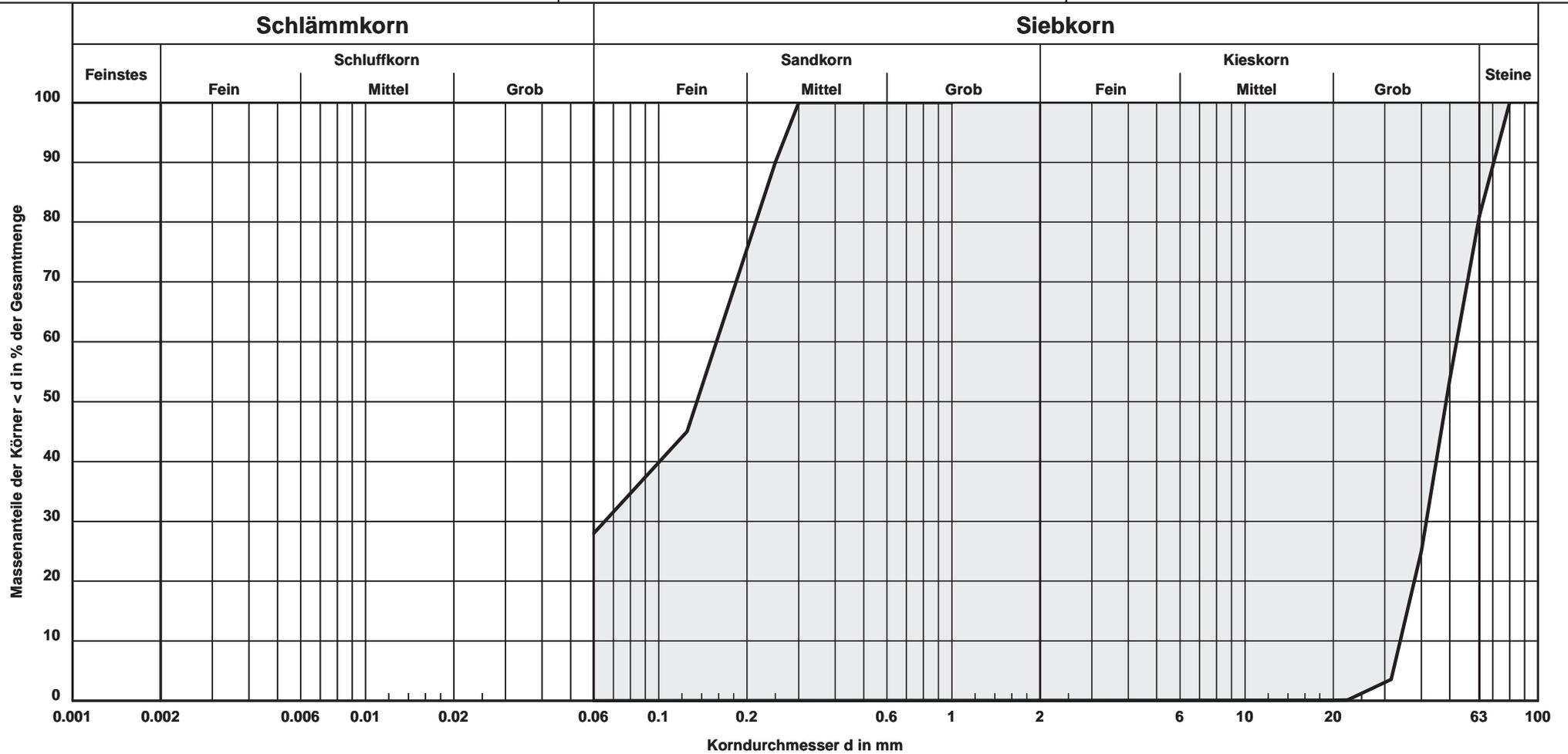
HOMOGENBEREICH 1

Nr.	Anforderungen	Eigenschaften / Kennwerte
1	ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen (nichtbindig bis bindig-gemischtkörnig)
2	Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN 18123	siehe Anlage 7.2 ***** (Grundlage = Laborversuche und Bodenansprache)
3	Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	keine Blöcke; geringer Steinanteil in Form von Schotter- und Bauschuttbeimengungen sowie Packlage (Grundlage = Bodenansprache)
4	Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2 *	keine Versuche durchgeführt
5	undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2 ****	entfällt, da zumeist nichtbindiger Boden
6	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	nicht relevant
7	Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	entfällt, da zumeist nichtbindiger Boden
8	Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	entfällt, da zumeist nichtbindiger Boden
9	Lagerungsdichte: Definition nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126	überwiegend locker (Abschätzung anhand der schweren Rammsondierungen)
10	organischer Anteil nach DIN 18128 *	keine Versuche durchgeführt
11	Bodengruppe nach DIN 18196	GE, GW, GI, SE, SW, SI, GU, SU, GT, ST, X, OH
12	Kohäsion nach DIN 18137-1, DIN 18137-2 und DIN 18137-3 **	entfällt, da zumeist nichtbindiger Boden
13	Abrasivität nach NF P18-579 **	keine Versuche durchgeführt

* nur DIN 18300 ** nur DIN 18301 *** nur DIN 18300 und 18301 ***** Die Packlage im Schurf SCH 2 sowie der Bauschutt werden im Körnungsband nur teilweise berücksichtigt.

Kornverteilung nach DIN 18 123

Stadt Sarstedt
Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850



Körnungsband Homogenbereich 1:
Auffüllungen (nichtbindig bis bindig-gemischtkörnig)

Bericht:
3.463
Anlage:
7.2

Einstufung der Böden in Homogenbereiche nach VOB, Teil C, DIN 18300 Erdarbeiten, DIN 18301 Bohrarbeiten und DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

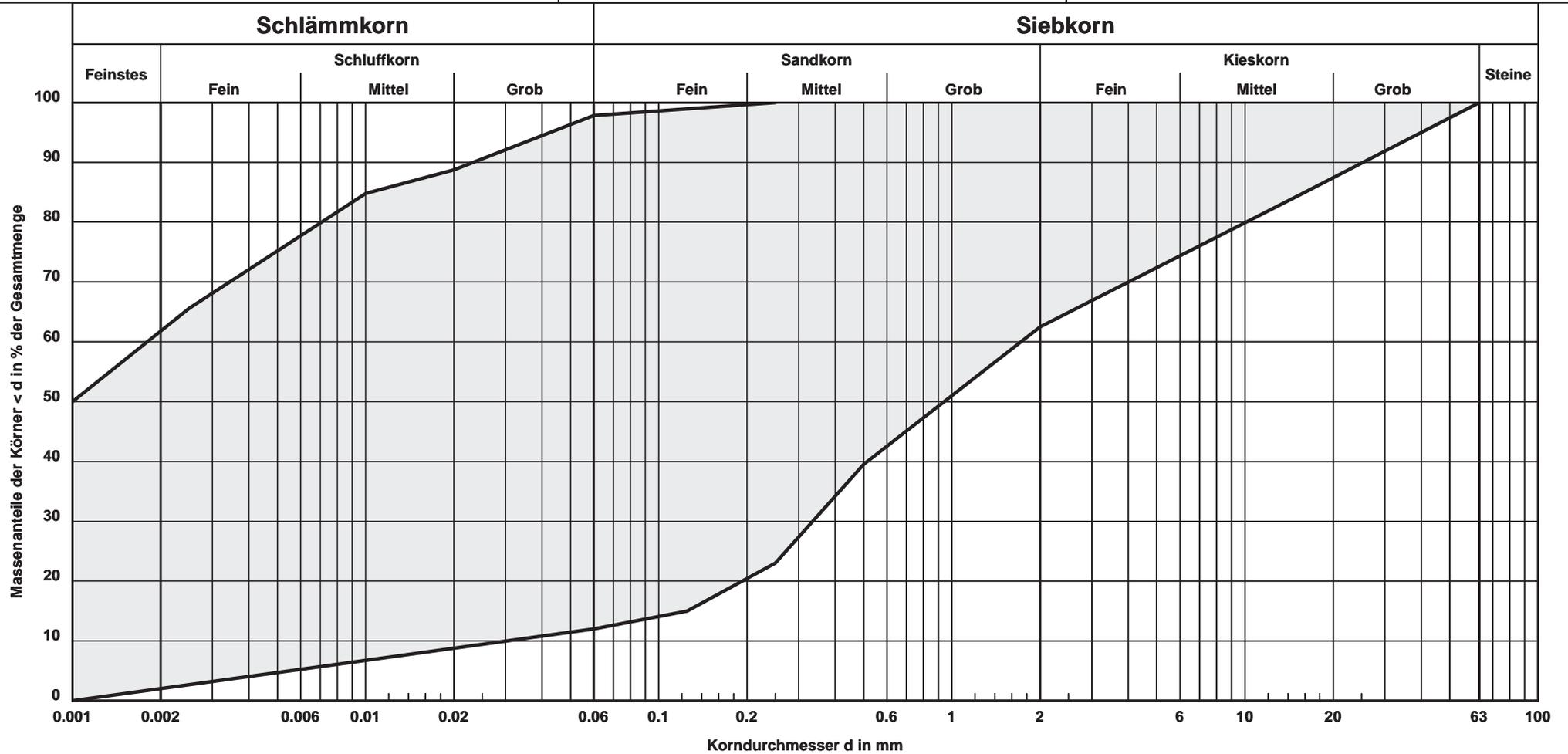
HOMOGENBEREICH 2

Nr.	Anforderungen	Eigenschaften / Kennwerte
1	ortsübliche Bezeichnung	Gewachsene Böden und z.T. Auffüllungen (bindig bis bindig-gemischtkörnig) = <i>schluffige Deckschichten, Tonmergel sowie aufgefüllte Schluffe</i>
2	Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN 18123	siehe Anlage 7.4 (Grundlage = Laborversuche und Bodenansprache)
3	Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	keine Blöcke; keine Steinanteile (Grundlage = Bodenansprache)
4	Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2 *	entfällt, da bindiger Boden
5	undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2 ***	z.T. für den festkonsistenten Tonmergel > 200 kN/m ² (Grundlage = Laborversuche mittels einaxialer Druckfestigkeitsversuchen)
6	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	15 % bis 25 % (Grundlage = Laborversuche und Bodenansprache)
7	Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	15 % bis 35 % (Grundlage = Laborversuche und Bodenansprache)
8	Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	0,5 bis 1,0 bei den schluffigen Deckschichten und Auffüllungen und $\geq 0,75$ beim Tonmergel (Grundlage = Laborversuche und Bodenansprache)
9	Lagerungsdichte: Definition nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126	entfällt, da bindiger Boden
10	organischer Anteil nach DIN 18128 *	keine Versuche durchgeführt
11	Bodengruppe nach DIN 18196	TM, TA, UM, TL, SU*, ST* (Achtung: Die Böden neigen bei Wasserzutritt zum Fließen!)
12	Kohäsion nach DIN 18137-1, DIN 18137-2 und DIN 18137-3 **	keine Versuche durchgeführt
13	Abrasivität nach NF P18-579 **	keine Versuche durchgeführt

* nur DIN 18300 ** nur DIN 18301 *** nur DIN 18300 und 18301

Kornverteilung nach DIN 18 123

Stadt Sarstedt
Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850



Körnungsband Homogenbereich 2:

Gewachsene Böden und z.T. Auffüllungen (bindig bis bindig-gemischtkörnig)
= schluffige Deckschichten, Tonmergel sowie aufgefüllte Schluffe

Bericht:
3.463
Anlage:
7.4

Einstufung der Böden in Homogenbereiche nach VOB, Teil C, DIN 18300 Erdarbeiten, DIN 18301 Bohrarbeiten und DIN 18304 Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten

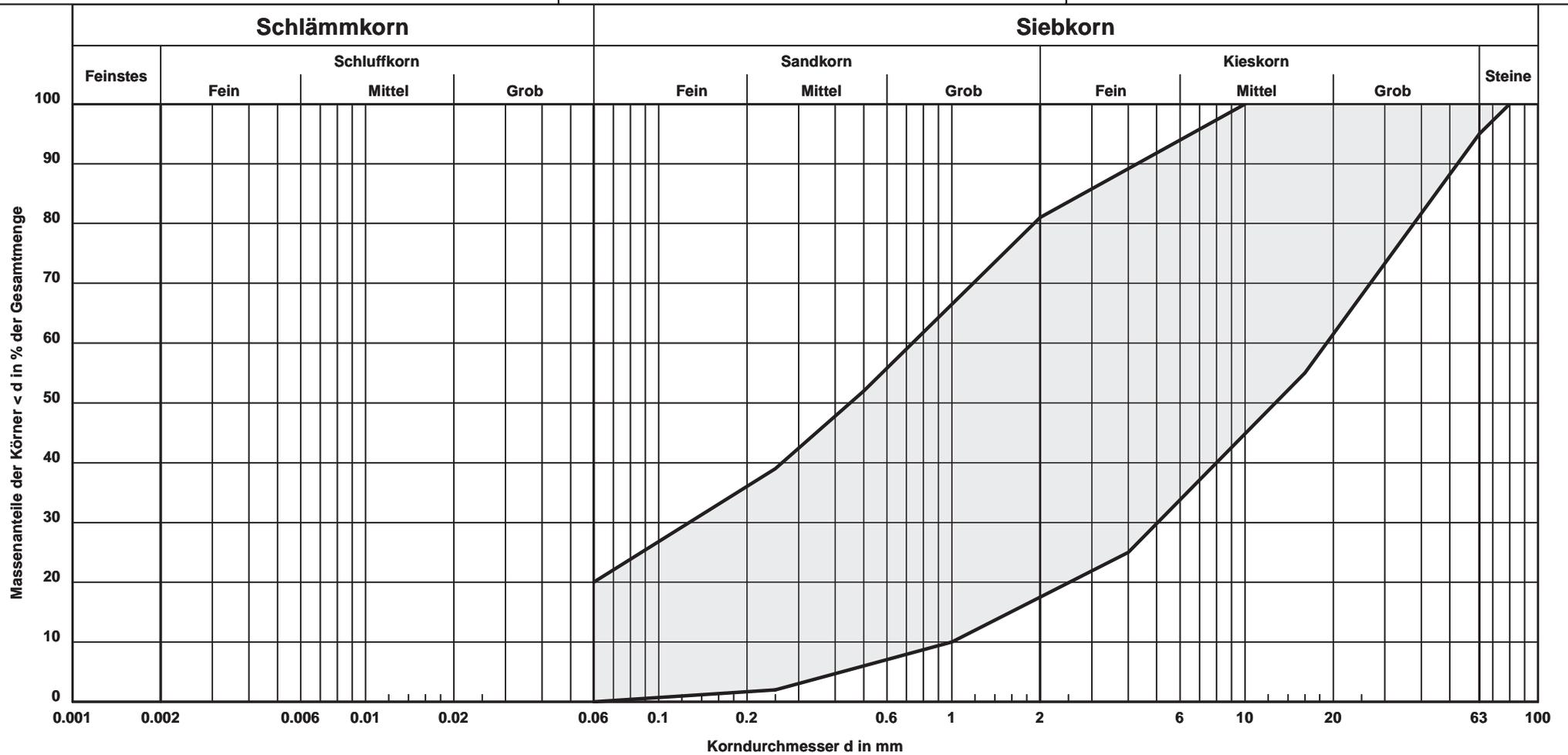
HOMOGENBEREICH 3

Nr.	Anforderungen	Eigenschaften / Kennwerte
1	ortsübliche Bezeichnung	Gewachsene Böden (nichtbindig bis bindig-gemischtkörnig) = <i>sandige Kiese</i>
2	Korngrößenverteilung mit Körnungsbändern nach DIN 18123	siehe Anlage 7.6 (Grundlage = Laborversuche und Bodenansprache)
3	Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke nach DIN EN ISO 14688-1	keine Blöcke; geringe Steinanteile (Grundlage = Bodenansprache)
4	Dichte nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2 *	keine Versuche durchgeführt
5	undräßierte Scherfestigkeit nach DIN 4094-4 oder DIN 18136 oder DIN 18137-2 ***	entfällt, da zumeist nichtbindiger Boden
6	Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1	nicht relevant
7	Plastizitätszahl nach DIN 18122-1	entfällt, da zumeist nichtbindiger Boden
8	Konsistenzzahl nach DIN 18122-1	entfällt, da zumeist nichtbindiger Boden
9	Lagerungsdichte: Definition nach DIN EN ISO 14688-2, Bestimmung nach DIN 18126	locker bis mitteldicht und mitteldicht bis dicht (Abschätzung anhand der schweren Rammsondierungen)
10	organischer Anteil nach DIN 18128 *	keine Versuche durchgeführt
11	Bodengruppe nach DIN 18196	GW, GI, SW, SI, GU, SU, X
12	Kohäsion nach DIN 18137-1, DIN 18137-2 und DIN 18137-3 **	entfällt, da zumeist nichtbindiger Boden
13	Abrasivität nach NF P18-579 **	keine Versuche durchgeführt

* nur DIN 18300 ** nur DIN 18301 *** nur DIN 18300 und 18301

Kornverteilung nach DIN 18 123

Stadt Sarstedt
Planung einer Eisenbahnüberführung für den
innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt
Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850



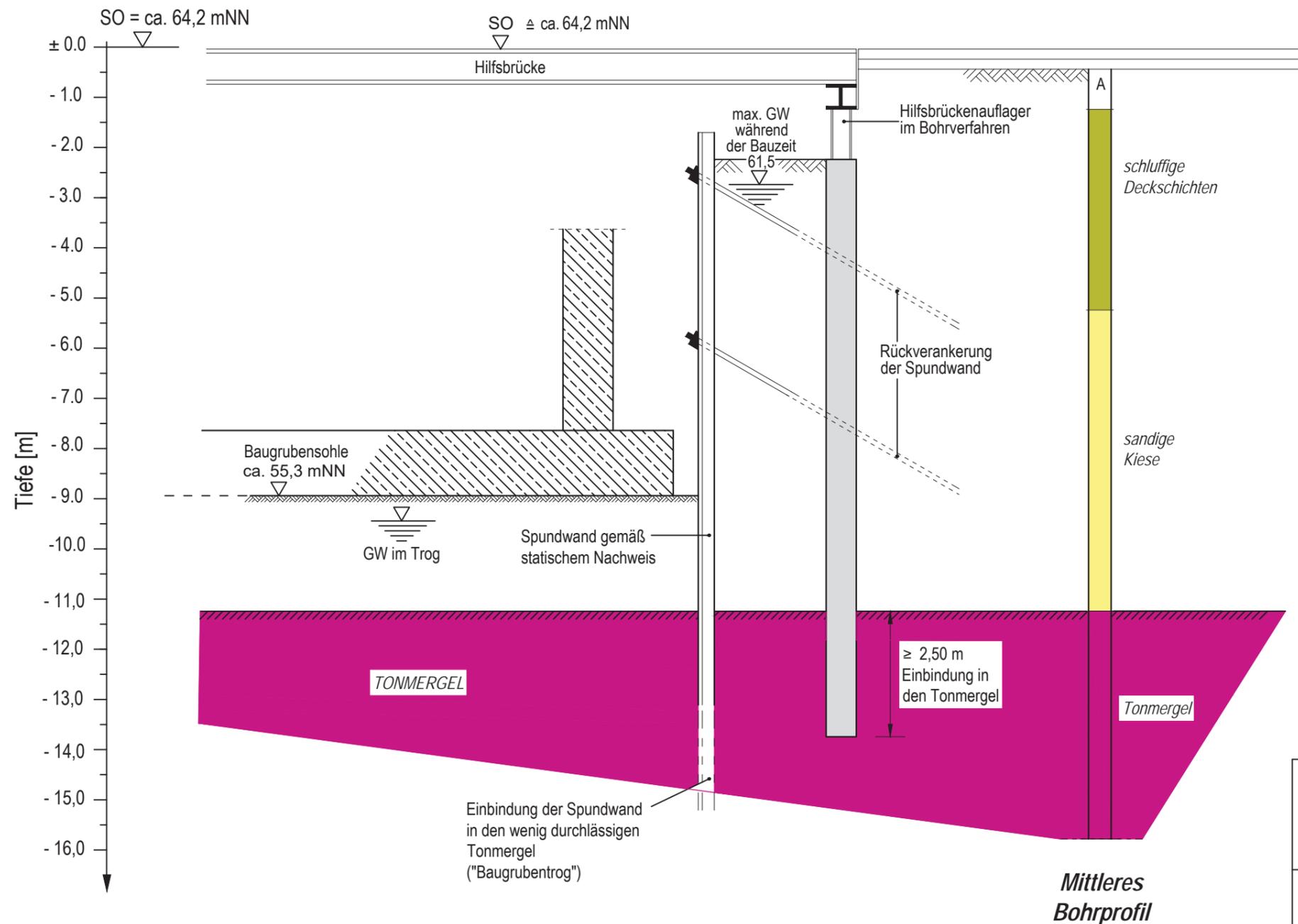
Körnungsband Homogenbereich 3:

Gewachsene Böden (nichtbindig bis bindig-gemischtkörnig)

= sandige Kiese

Bericht:
3.463
Anlage:
7.6

Prinzipieller Schnitt durch das Bauwerk und die Baugrube



IGH INGENIEURGESELLSCHAFT GRUNDBAUINSTITUT DR.-ING. WESELOH - PROF. DR.-ING. MÜLLER-KIRCHENBAUER mbH	
30175 HANNOVER · VOLGERSWEG 58 · TELEFON (0511) 34 32 05 · TELEFAX (0511) 34 15 44	
Stadt Sarstedt Planung einer Eisenbahnüberführung für den innerörtlichen Straßenverkehr in Sarstedt, Strecke 1732 Hannover - Kassel, km 17,850	Maßstab: 1 : 100
	Auftr.-Nr. 3.463
Prinzipieller Schnitt	Anlage 8