

IBES Baugrundinstitut GmbH

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen



Fritz-Voigt-Straße 4
67433 Neustadt/Weinstr.
Telefon: 06321 4996-00
Telefax: 06321 4996-29
ibes-gmbh@ibes-gmbh.de
www.ibes-gmbh.de

Baugrund- und Gründungsgutachten

- Geotechnik
- Umwelttechnik
- Hydrogeologie
- FEM-Berechnungen
- Beweissicherungen
- Erdbaulabor
- Geotechnische Bauüberwachung
- Erschütterungsmessungen
- Infrastrukturgeotechnik
- Bausubstanzuntersuchungen
- Gebäuderückbaukonzepte

Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle
nach RAP Stra 10, Fachgebiet A3, I3

Projekt: **Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese**
Linie 2, Darmstadt

Auftraggeber: **Mailänder Consult GmbH**
Mathystraße 13
76133 Karlsruhe

Auftrag vom: **31.07.2014**

- Nachrichtlich -

IBES-Projekt-Nr.: **14.369.1**

Ort und Datum
des Gutachtens: **Neustadt/Weinstr., 28.05.2015 sh/wh/br-gr**

Dieses Gutachten umfasst 95 Seiten einschließlich Anlagen.

Hauptsitz: Neustadt/W.
Zweigniederlassung
Schweiz: Basel

Vertretungen:
Duisburg, Kaiserslautern, Ludwigshafen,
München, Würzburg

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. (FH) Bernhard Rauch
Dipl.-Ing. (FH) Johannes Rauch

Registergericht:
Ludwigshafen Nr. HRB 41377
Steuernummer: 31/652/0418/2



Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Vorgang	- 4 -
2 Unterlagen	- 4 -
3 Baugelände und Baumaßnahme	- 5 -
3.1 Baugelände	- 5 -
3.2 Baumaßnahme	- 5 -
4 Baugrundverhältnisse	- 6 -
4.1 Allgemeines	- 6 -
4.2 Regionale Geologie	- 6 -
4.3 Erdbebenzone	- 6 -
4.4 Baugrundaufschlüsse	- 7 -
4.5 Bodenart und Schichtenfolge	- 7 -
4.6 Hydrogeologische Verhältnisse	- 9 -
4.6.1 Grundwasserverhältnisse	- 9 -
4.6.2 Durchlässigkeiten des Baugrundes	- 10 -
5 Geotechnische Baugrundkenngößen	- 11 -
6 Neubau der Straßenbahnstrecke	- 13 -
6.1 Vorbemerkungen	- 13 -
6.2 Untergrund, Unterbau	- 14 -
6.3 Oberbau	- 16 -
6.4 Hinweise zur Bauausführung	- 17 -
7 Neubau der Bahnsteige	- 18 -
7.1 Vorbemerkungen	- 18 -
7.2 Untergrund, Unterbau	- 18 -
7.3 Oberbau	- 20 -
7.4 Hinweise zur Bauausführung	- 21 -
8 Gründung der Fahrleitungsmasten	- 21 -
8.1 Vorbemerkungen	- 21 -
8.2 Gründungsparameter Rammpfähle	- 21 -
8.3 Hinweise zur Bauausführung	- 25 -
9 Schlussbemerkungen	- 26 -



Anlagenverzeichnis

- 1 Auszug aus der topographischen Karte, Blatt 6118, Darmstadt Ost, (Ausgabe 1996), M. 1:25.000
- 2.1-2.3 Lagepläne mit Erkundungspunkten, M. 1:1000
- 3.1-3.4 Bilddokumentation Baugelände und Baugrunderkundung
- 4.0 Legende
- 4.1-4.33 Bohrprofile, M. 1:50
- 5.1-5.4 Übersichtspläne Straßenbahn mit Bauvorschlägen
- 5.5 Übersichtsplan Bahnsteige mit Bauvorschlägen
- 6.1.1-6.1.16 Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123
- 6.2.1-6.2.4 Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18 122, Teil1
- 6.3 Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18 121, Teil1



1 Vorgang

Die HEAG mobilo plant den Neubau einer Straßenbahnstrecke, um den Campus Lichtwiese besser durch den öffentlichen Personennahverkehr zu erschließen. Die bestehenden Linien 2 soll an der Haltestelle Hochschulstadion in östliche Richtung abzweigen und in nördlicher Lage entlang des Lichtwiesenwegs verlaufen. Die Neubaustrecke führt über den Campus TU-Lichtwiese und wird in einer Wendeschleife an der neuen Endhaltestelle TU-Lichtwiese/Mensa enden. Im Zuge des Neubaus der Straßenbahnanbindung sind auch der Neubau von 3 Bahnsteigen, der Umbau der beiden Bahnsteige an der Haltestelle Hochschulstadion und der Bau der Fahrleitungsmasten geplant.

Für eine wirtschaftliche, bautechnisch sinnvolle und sichere Planung, statische Bemessung, Ausschreibung und Bauausführung sind Kenntnisse über die Baugrundverhältnisse mit Angaben über die Beschaffenheit und Klassifizierung des Baugrundes, die Grundwassersituation und Angaben zu bodenmechanischen Kenngrößen erforderlich.

Die IBES Baugrundinstitut GmbH wurde mit Schreiben vom 31.07.2014 von der Mailänder Consult GmbH mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen und der Erstellung eines Geotechnischen Gutachtens beauftragt. Darin enthalten ist die zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse in Übersichtsplänen.

2 Unterlagen

Neben den einschlägigen Vorschriften und Richtlinien standen für die Ausarbeitung des Gutachtens folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Geologische Karte von Hessen, Blatt 6118 Rossdorf, M. 1:25.000, 1938
- [2] Geologische Übersichtskarte, Blatt CC 6310 Frankfurt a.M.-West, M. 1:200.000, 2001
- [3] Lageplan Variante 5a, M. 1:500, Mailänder Consult, Karlsruhe, dwg-Datei, E-Mail vom 20.01.2015
- [4] Lageplan Variante 5a_mit Leitungen, M. 1:500, Mailänder Consult, Karlsruhe, dwg-Datei, E-Mail vom 20.01.2015
- [5] Informationen zu Grundwasserständen / -pegeln, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, (www.hlug.de)
- [6] Sachverständigen-Gutachten Nr. G1019/01, Baugrund- und Gründungsgutachten Hörsaal- und Medienzentrum, Technische Universität Darmstadt, Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik der TU Darmstadt, vom 31.05.2010
- [7] Wirtschaftliche Wege für die neue Bahn, Feste Fahrbahn INPLACE, Travetto Fahrwegsysteme 04.08.2004
- [8] Arbeitsanweisung Einbau Rasengleis System TRAVETTO_INPLACE mit Schienenträggkörper IP-B, Travetto Fahrwegsysteme



3 Baugelände und Baumaßnahme

3.1 Baugelände

Das Untersuchungsgebiet liegt in südöstlicher Ortslage von Darmstadt. Geplant ist der Neubau einer meist zweigleisigen Straßenbahnstrecke, die an der bestehenden Haltestelle Hochschulstadion in östliche Richtung abzweigt und die Nieder-Ramstädter-Straße überquert. Der weitere Verlauf erfolgt nördlich des Lichtwiesenweges durch ein alleeartiges Entree über die zunächst baumfreie Lichtwiese. Das Gelände in diesem Abschnitt ist eben, allerdings in östliche Richtung geneigt. Beim durchgeführten Nivellement ergaben sich Höhen der Erkundungspunkte zwischen 177,04 mNN bei BS 7 am westlichen Rand der Allee und 175,57 mNN bei BS 13, dem Übergang der Wiesenfläche zum lichten Baumbestand. Das Gelände in diesem baumbestanden Abschnitt, der sich etwa bis zum Ende des Lichtwiesenwegs erstreckt, fällt weiter bis zu einer nivellierten Höhe der BS 17 von 173,03 mNN. Nach einem lokalen Höhenminimum zwischen den Erkundungspunkten BS 17 und BS 18 steigt das Gelände bis ca. zur Höhe der BS 19 mit 173,33 mNN wieder an und ist im Anschluss erneut nach Osten geneigt. In diesem Bereich verläuft die geplante Trasse nördlich des Architekturgebäudes der TU Darmstadt über eine mit geschotterten Wegen durchzogene Grünfläche, die mit einzelnen Bäumen bestanden ist. Im weiteren Verlauf wird der noch bestehende Keller der alten Mensa überquert und die Straßenbahnstrecke in einem S-Bogen zwischen den Gebäuden des Bauingenieurwesens und der neuen Mensa als eingleisiger Abschnitt geführt. Dieser Vorplatz ist gepflastert und durch eine Betonstützmauer, vom tieferliegendem Andienungshof der Mensa, abgegrenzt. Die sich anschließende Wendeschleife überquert die asphaltierte Franziska-Braun-Straße und verläuft über die nach Südosten ansteigende Wiesenfläche nördlich des Hörsaalgebäudes. Die Endhaltstelle mit zwei neuzubauenden Bahnsteigen liegt im Bereich des ebenfalls asphaltierten, ost-westverlaufenden Abschnitts der Otto-Berndt-Straße.

Einen Eindruck von den Geländebeziehungen während der Erkundungsarbeiten in der Zeit vom 04.02. bis zum 06.02.2015 und am 14.02.2015 vermitteln die Bilder der Anlage 3.

3.2 Baumaßnahme

Um die Anbindung der TU Darmstadt durch den öffentlichen Nahverkehr nachhaltig zu verbessern ist der Neubau von ca. 1,33 km Straßenbahnstrecke geplant.

Im Zuge des geplanten Neubaus soll an der bestehenden Haltestelle Hochschulstadion ein Gleisdreieck entstehen. Hierdurch bedingt wird der teilweise Rückbau der bestehenden Bahnsteiganlagen und der Neubau von 3 Bahnsteigen. Ebenso ist der Neubau von zwei weiteren Bahnsteigen an der Endhaltstelle Mensa/Lichtwiese geplant. Durch den Streckenneubau wird auch der Neubau der Fahrleitungsmasten entlang der Trasse nötig.

Der Streckenneubau soll nach Auskunft des Planers als Feste Fahrbahn aus Stahlbetonfertigteilen mit Ortbetonergänzungen der Bauart „INPLACE“ erfolgen. Hierbei werden die Fertigteil-Schienenträgerkörbe des Gleisrostes nach der Feinausrichtung in Ortbetonlängsbalken oder Ortbetonplatten einbetoniert.



Im Bereich des bestehenden Haltepunktes Hochschulstadion wird zumindest der teilweise Rückbau der bestehenden Bahnsteiganlage nötig. Im Zuge der Baumaßnahme sollen 5 neue Bahnsteige in konventioneller Bauweise entstehen, die Nutzlängen von 45 m haben.

Die genauen Standorte der Oberleitungsmasten und Angaben zur geplanten Gründung liegen nicht vor, grundsätzlich kommt eine Blockfundament- oder eine Pfahlgründung in Frage.

4 Baugrundverhältnisse

4.1 Allgemeines

Es wird darauf hingewiesen, dass im Folgenden und in den Anlagen bei der Bodenansprache von feinkörnigen Böden von den Regeln der DIN EN ISO 14688 / DIN 4022 abgewichen wird.

Bei Ansprache feinkörniger Böden nach DIN EN ISO 14688 / DIN 4022 gibt es nach unserer Erfahrung nahezu nur Tone, da feinkörnige Böden in der Regel im Plastizitätsdiagramm oberhalb der A-Linie liegen. Diese Ansprache scheint relativ undifferenziert, da alle feinkörnigen Böden nahezu gleich angesprochen werden und ein Ableiten der Plastizität auf Grundlage der Ansprache nach DIN EN ISO 14688 / DIN 4022 kaum möglich ist.

Im Folgenden werden daher, abweichend von der DIN EN ISO 14688 / DIN 4022, auch die feinkörnigen Böden analog den grobkörnigen Böden nach ihren Massenanteilen angesprochen und nicht nach ihrem plastischen Verhalten.

4.2 Regionale Geologie

Den Untergrund im Baugelände dominieren nach [1] und [2] pleistozäne Flugsande, die vorwiegend als mittelsandige Feinsande anstehen und quartäre Hochflutablagerungen in Form von tonigen und sandigen Schluffen. Der tiefere Untergrund besteht aus verwittertem Granodiorit (Granodioritzersatz), dessen Oberzone zu tonig-sandigem Schluff mit hohem Glimmeranteil verwittert ist. Bei größeren Tiefen überwiegen die Sand- und Kiesanteile.

Über dem gewachsenen Untergrund sind zudem noch unterschiedlich mächtige Auffüllungen vorhanden.

4.3 Erdbebenzone

Nach DIN 4149 - 2005 "BAUTEN IN DEUTSCHEN ERDBEBENGEBIETEN - LASTANNAHMEN, BEMESSUNG UND AUSFÜHRUNG ÜBLICHER HOCHBAUTEN" (April 2005) befindet sich das Untersuchungsgebiet in der Erdbebenzone 1.

Bei der Dimensionierung ist für den Untergrund die Klasse R und für den Baugrund die Klasse C zu berücksichtigen.



4.4 Baugrundaufschlüsse

Zur Feststellung der vorhandenen Baugrundverhältnisse wurden zwischen dem 04.02. und 06.02.2015 und am 14.02.2015 im Untersuchungsbereich 33 Bohrsondierungen (BS) durchgeführt. Hierbei wurden an jedem geplanten Bahnsteigstandort Bohrsondierungen bis 3 m unter GOK und entlang der Neubautrasse Bohrsondierungen bis 2 m bzw. 2,3 m in einem Abstand von ca. 45 m ausgeführt. Um die tieferen Baugrundverhältnisse für mögliche Pfahlgründungen der Fahrleitungsmasten vorab beurteilen zu können, wurden 6 BS in der Straßenbahnantrasse vertieft bis zu Endteufen von 8 m bzw. 7,5 m unter GOK ausgeführt.

An den Erkundungspunkten wurde zunächst teilweise der Straßen- bzw. der Bahnsteigoberbau aufgebrochen und bei allen Erkundungspunkten bis ca. 1,30 m Tiefe vorgeschachtet. Anschließend erfolgte, aufgrund der bereichsweise unklaren Leitungslagen, eine Bohrung mittels Handdrehbohrstock bis auf eine Tiefe von 2 m unter GOK, bevor die Bohrsondierungen bis zur jeweiligen Endtiefe niedergebracht wurde.

Das Schurf- und Bohrmaterial wurde fotografiert, beprobt, und nach geologisch-bodenmechanischen Gesichtspunkten und visuell-manuellen Verfahrensmerkmalen angesprochen. Aus dem Aufbruch-, Schurf- und Bohrmaterial wurden neben 5 Asphaltproben noch 178 gestörte Bodenproben gewonnen. An repräsentativen Bodenproben wurden folgende bodenmechanische Laborversuche durchgeführt:

- Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123 (Anlage 6.1.1-6.1.16)
- Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18 122, Teil1 (Anlage 6.2.1-6.2.4)
- Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18 121, Teil1 (Anlage 6.3)

Die Ansatzpunkte der Erkundungsstellen wurden lage- und höhenmäßig eingemessen (Anlagen 2, 4 und 5). Bezugshöhen wurden aus dem Lageplan [3] entnommen.

Die Ergebnisse der Baugrunderkundungen sind in den Anlagen 4 als Bohrprofile sowie in den Anlagen 5 als Übersichtspläne mit Bauvorschlägen zusammengefasst dargestellt.

4.5 Bodenart und Schichtenfolge

Nach den Erkundungsergebnissen besteht der Baugrund aus Auffüllungen und gewachsenem Boden. Aufgrund der Ausdehnung des Untersuchungsgebiets und der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse erfolgt die Betrachtung abschnittsweise.



Im Bereich der bestehenden Straßenbahnhaltestelle Hochschulstadion und der Bushaltestelle Hochschulstadion ist zunächst der Pflasterbelag der Haltestellen angetroffen worden. Dieser wird von **Auffüllungen** aus schwach kiesigen bis kiesigen Sanden der Bodengruppe [SW], sandigen Schotterlagen [GW/GI] und teilweise sandigen und kiesigen Steinlagen [GX] unterlagert. Bei der BS 6 wurde weiterhin eine Magerbetonschicht in einer Tiefe von 0,3 - 0,5 m angetroffen. Diesen Auffüllungen folgt der **gewachsenen Baugrund** aus nahezu schlufffreien bis schluffigen Sanden der Bodenklassen SE, SU und SU*. Die Erkundungspunkte 1 und 3 lagen, aufgrund der Verlegung der Haltestellen in nördliche Richtung, außerhalb der befestigten Bahnsteige. Dennoch wurde zumindest bei der BS 3 zunächst **Auffüllung** in Form von schwach schluffigen bis schluffigen, schwach kiesigen Sanden der Bodengruppe [SU] und [SU*] sowie kiesigen Sanden [SW] mit Beimischungen von Bauschutt aus Ziegelbruch, Betonresten und Asphaltresten angetroffen. Diesen folgt im weiteren Tiefenverlauf ein sandiger, toniger Schluff (TM) und mittelsandige Feinsande (SE). Diese wurden ebenso als **gewachsener Baugrund** bei der BS 1 unter schwach schluffigen Sanden der Bodengruppe SU erkundet.

Der nächste zusammenfassbare Abschnitt erstreckt sich westlich der Nieder-Ramstädter-Straße bis ca. zur BS 12 bzw. dem Übergang der baumfreien Wiese zum Bereich mit Baumbestand. In diesem Abschnitt wurden ebenfalls zunächst **Auffüllungen** angetroffen. Hierbei handelt es sich um kiesige Sande [SW], kiesige und schwach schluffige Sande [SU] und sandige Kiese [GW/GI], die teilweise bis zu Tiefen von 1,50 m unter GOK (BS 10) reichen. Der darunter liegende **gewachsene Baugrund** besteht aus nahezu schlufffreien bis schwach schluffigen Sanden der Bodengruppen SE und SU. Die Bohrsondierung BS 8 wurde bis zu einer Endteufe von 8 m unter GOK ausgeführt. Hierbei wurden unter den Sanden ein sandiger, toniger, kiesiger Schluff (TL) und darunter ein schwach toniger, schwach schluffiger bis schluffiger, kiesiger Sand angetroffen, welcher der Bodengruppe (SU-SU*) zuzuordnen ist.

Im baumbestanden Abschnitt und dem Bereich bis zur Höhe des Institutgebäudes des Bauingenieurwesens (BS 13 - BS 23) wurden nur bei der BS 16 und der BS 20 **Auffüllungen** aus schwach schluffigem, schwach kiesigem Sand [SU] und sandigem Schotter [GW/GI] erkundet. Der übrige **gewachsene Baugrund** besteht ebenso wie in den vorangegangenen Abschnitten aus nahezu schlufffreiem bzw. schwach schluffigem Sand der Bodengruppen SE und SU. Bei den tiefer ausgeführten Bohrsondierungen BS 13, BS 17 und BS 20 wurde im weiteren Tiefenverlauf der unterlagernde tonige, schwach kiesige bis kiesige, sandige Schluff der Bodengruppe (TL) aufgeschlossen. Dieser wird bei der BS 17 noch von einem schwach tonigem, feinkiesigem, stark schluffigem Sand (SU*) und einem schwach schluffigem, sandigem Feinkies (GU) unterlagert.

Der gepflasterte Bereich zwischen dem Institutgebäude Bauingenieurwesen und der asphaltierten Franziska-Braun-Straße ist ausschließlich durch **Auffüllungen** geprägt. Unter dem Pflasterbelag und einer Magerbetonschicht wurden sandige Kiese mit Ziegel- und Betonrestbeimischungen der Bodengruppe [GW] erkundet. Diese reichen bei der BS 24 bis zur Endteufe von 1,15 m unter GOK. Bei BS 25 wird diese Auffüllung noch durch ebenfalls anthropogen aufgefüllten Sand der Bodengruppe [SE], bis zur Endteufe von 0,80 m unterlagert. Die Bohrungen in diesem Bereich konnten aufgrund der Kabellage nur mit der Hand ausgeführt werden und mussten, im Fall BS 24 aufgrund eines Hindernisses und bei BS 25 aufgrund des Antreffens eines Kabelbandes, bei den o.g. Tiefen unter GOK abgebrochen werden.



Der Bereich der geplanten Wendeschleife befindet sich nördlich des Hörsaalgebäudes auf einer nach Südosten ansteigenden Wiesenfläche. In diesem Abschnitt wurden **Auffüllungen**, bestehend aus schwach schluffigen bis schluffigen, schwach kiesigen bis kiesigen Sanden ([SU] und [SU*]) und sandigen, teilweise schwach schluffigen Kiesen ([GW] und [GU]), angetroffen. Der darunter befindliche **gewachsene Baugrund** kennzeichnet sich wiederum vorrangig durch schwach schluffige bis schluffige Sande der Bodengruppen SU und SU*.

Die beiden Bahnsteige der Endhaltestelle Campus Lichtwiese sind in bzw. nördlich des ost-westlich verlaufenden Abschnitts der Otto-Bernd-Straße geplant. Die Aufschlusspunkte 29 und 30 befinden sich im Straßenbereich. Deshalb wurde als **Auffüllung** hier zunächst der bituminöse Straßenbelag und der Straßenunterbau aus Schotter und sandigen, kiesigen, schwach schluffigen Steinlagen der Bodenklasse [GX] und [GW/GI] angetroffen. Den **gewachsenen Baugrund** bilden tonig, sandig, schwach kiesiger Schluff (TL) und wiederum schwach schluffiger Sand (SU). Für die Aufschlusspunkte 27 und 28, die repräsentative Aufschlüsse für den Bahnsteig nördlich der Straße darstellen, können sowohl die **Auffüllungen** als auch der **gewachsene Baugrund** vorrangig in die Bodenklasse SU und SU* eingeordnet werden.

4.6 Hydrogeologische Verhältnisse

4.6.1 Grundwasserverhältnisse

Bei den Erkundungsarbeiten in der Zeit vom 04.02. bis zum 06.02.2015 und am 14.02.2015 wurde Grundwasser in den Bohrsondierungen BS 6, BS 13, BS 16, BS 17, BS 20, BS 23 und BS 31 nach dem Bohrende in Tiefen von 3,60 m (173,17 mNN), 3,40 m (172,17 mNN), 1,90 m (171,79 mNN), 1,70 m (171,30 mNN), 3,50 m (169,74 m NN), 3,80 m (168,10 m NN) und bei ca. 5,50 m (166,31 mNN) gemessen. Da Bohrsondierungen unverrohrt niedergebracht werden, muss die Grundwassermessung unmittelbar nach dem Ziehen des Bohrgestänges erfolgen, weshalb u. U nicht der tatsächliche Ruhegrundwasserspiegel erfasst wird. Auffällig bei den Bohrsondierungen war ebenfalls, dass das Bohrgut im weiteren Tiefenverlauf unter den wassergesättigten Sanden meist bindig und vor allem trocken war. Es ist somit von einem Stauwasserhorizont in den durchlässigen Sanden auf schwach bis sehr schwach durchlässigen Bodenschichten auszugehen.

Nach Recherchen beim Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie [4] befinden sich die nächstgelegenen amtlichen Grundwassermessstellen in einer Entfernung von ca. 2,5 km und 3,5 km zum Untersuchungsgebiet. Eine Übertragung der Messdaten auf das Baufeld ist daher nicht möglich. Ebenso wird das Untersuchungsgebiet nicht durch die online einsehbaren Grundwasser-Flurabstandskarten abgedeckt, weswegen auch hieraus keine Abschätzung des GW-Niveaus erfolgen kann.

In [6] erfolgt im Rahmen der Baugrunderkundung des Hörsaal- und Mediengebäudes, im westlichen Bereich des aktuellen Untersuchungsgebietes, der Ausbau einer Erkundungsbohrung zur Grundwassermessstelle P9b und die Analyse der Ganglinien der Grundwassermessstelle P9. Es wird auf die nicht unerheblichen Schwankungen und die mit deutlichem Gefälle ausgeprägte Grundwasseroberfläche hingewiesen. Diese deutlich unterschiedlich ausgebildete Grundwasseroberfläche lässt sich auch in den für dieses Gutachten ausgeführten Bohrungen nachvollziehen, da sich Grundwasserstände zwischen 166,31 mNN und 173,17 mNN ergeben.



Nach [6] liegt der höchste gemessene Grundwasserspiegel für die Grundwassermessstelle P9 bei 169,36 mNN und wurde am 26.02.2002 erreicht. Im Beobachtungsintervall zwischen 2005 und 2010 wurde ein Höchststand von 168,44 mNN erreicht [6]. Für die temporäre Baugrube wird, unter Inkaufnahme von Restrisiken, in [6] ein temporärer Grundwasserhöchststand von 169 mNN angesetzt.

Im Hinblick auf den Verkehrswegebau ist zumindest bereichsweise (BS 16 und BS 17) von ungünstigen Wasserverhältnissen gemäß Tabelle 7 der RStO 12 auszugehen.

4.6.2 Durchlässigkeiten des Baugrundes

Die Beurteilung der Durchlässigkeit des Baugrunds erfolgte anhand von Laborversuchen. Hierzu wurden die Korngrößenverteilungen an relevanten Bodenproben ermittelt. Bei Böden mit hohem Feinkornanteil ist die Näherungsformel nach Beyer nicht anwendbar. Die Durchlässigkeitsbeiwerte für diese Böden wurden mit Hilfe von Näherungsformeln bzw. von Erfahrungswerten abgeschätzt.

Es ist zu beachten, dass die tatsächlichen Durchlässigkeitsbeiwerte von den abgeschätzten mehr oder weniger stark abweichen können. In der nachfolgenden Tabelle 1 erfolgt eine Bewertung der Durchlässigkeiten der maßgebenden Böden nach DIN 18130.

Tabelle 1: Bewertung der Wasserdurchlässigkeit der aufgeschlossenen Böden

Bodengruppe nach DIN 18196	Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]	Durchlässigkeit nach DIN 18130
GW, SE, SW, GI	1×10^{-3} bis 1×10^{-5}	(stark) durchlässig
SU, GU	1×10^{-4} bis 1×10^{-6}	(schwach) durchlässig
SU*	1×10^{-6} bis 1×10^{-8}	schwach durchlässig
TL, TM	$\leq 1 \times 10^{-7}$	(sehr) schwach durchlässig

Die anhand der Korngrößenverteilungen nach der Näherungsformel von Beyer ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte für die analysierten SE und SU Böden betragen zwischen $2,6 \times 10^{-5}$ m/s bis $5,4 \times 10^{-5}$ m/s. Es wird darauf hingewiesen, dass bei der Bemessung von Versickerungsanlagen bei der Auswertung der Kornverteilungskurven, wie im vorliegenden Fall, Korrekturwerte (hier 0,2) zu berücksichtigen sind. Nach dem aktuellen Arbeitsblatt der DWA-A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ (April 2005) können Versickerungsanlagen in Lockergestein (bei ausreichendem Grundwasserflurabstand) geplant werden, deren k -Werte im Bereich von 1×10^{-3} m/s bis 1×10^{-6} m/s liegen.

In Anlehnung an die Ril 836, Modul 4601 und 4602, liegt versickerungsfähiger Unterbau/Untergrund vor, wenn Böden mit einer Durchlässigkeit von $k_f \geq 1 \times 10^{-5}$ m/s anstehen.



5 Geotechnische Baugrundkenngößen

Die anstehenden Bodenarten bzw. Baugrundverhältnisse sind in den vorigen Abschnitten beschrieben und in der Anlage 4 in Form von Bohrprofilen sowie in Anlage 5 in Übersichtsplänen dargestellt. Für die mögliche Tiefenlage bzw. Einflusstiefe der Baumaßnahmen und Baugruben können für die angetroffenen Bodenarten die in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellten Bodenkenngößen angesetzt werden.

Die erdstatischen Berechnungen und Nachweise sind mit den in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten bodenmechanischen Kennwerten und Rechenwerten zu führen, die auf der Grundlage der Bodenansprache, der Laborergebnisse und unserer Erfahrung mit ähnlichen Bodenverhältnissen und Bodenarten derselben geologischen Formation festgelegt wurden. Die hierfür herangezogenen Laborergebnisse sind in den Anlagen 6.1 bis 6.3 zu finden.

Zu beachten ist eventuell die Zuordnung der Tabellenwerte zu bestimmten Konsistenzen bzw. Lagerungsdichten.

Tabelle 2: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngößen

Schicht-komplex	Bodenart	Boden-gruppe	Konsistenz/ Lagerungs- dichte	Wichte, erdfeucht γ/γ' [kN/m ³]	Reibungs- -winkel ϕ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m ²]	Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
Auffüllung	Steine, Kies, sandig, Packlage	[(GX)]	mitteldicht- dicht	20 (12)	37,5	0	100
	Kies, Sand, Schotter, einz. Steine	[GW/GI]	mitteldicht- dicht	20 (11)	37,5	0	100
	Kies, sandig, schwach schluffig	[GU]	mitteldicht	21 (12)	35	0	60
	Sand, schwach kiesig - kiesig	[SW/SI]	mitteldicht	20 (11)	37,5	0	80
	Sand, schwach schluffig	[SU]	mitteldicht	20 (11)	35	0	40
	Sand, schluffig	[SU*]	mitteldicht	20 (10)	30	0	30



**Tabelle 2: Charakteristische Zahlenwerte ausgewählter geotechnischer Kenngrößen
(Forts.)**

Gewachsener Baugrund	Feinsand, mittelsandig	SE	dicht mitteldicht	19 (11) 18 (10)	37,5 35	0	80 40
	Sand, schwach schluffig	SU	mitteldicht	20 (11)	35	0	40
	Sand, schluffig	SU*	mitteldicht	20 (10)	30	0	20
	Schluff, sandig tonig, kiesig	TL	steif weich	21 (11) 20 (10)	27,5	5 2	8 4
	Schluff, sandig, tonig	TM	steif	19 (9)	25	10	5
	Feinkies, sandig, schwach schluffig, schwach tonig	GU	mitteldicht- dicht	21 (12)	32,5-35	0	80

Die angetroffenen Böden lassen sich hinsichtlich ihrer Bodengruppe, Bodenklasse, Frostempfindlichkeit und Verdichtbarkeit gemäß Tabelle 3 klassifizieren.

Tabelle 3: Geotechnische Klassifizierungen des Baugrundes

Schichtkomplex	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklasse n. DIN 18300	Bodenklasse n. DIN 18301	Frostempfindlichkeitsklasse ZTVE-StB 09	Verdichtbarkeitsklasse gem. Kommentar zur ZTV-E
Auffüllung	[GW/GI], [SW/SI]; ([GU], [SU])	3	BN1	F1; (F1-F2)	V1
	([GX])	5	BN 1 (BS1 – BS2)	F1	V1 ²⁾
	[SU*]	4 ¹⁾	BN2, BB2 ¹⁾	F3	V2 ¹⁾
Gewachsener Baugrund	SE, SU, GU	3	BN 1	F1 – F2	V1
	SU*	4 ¹⁾	BN2, BB2 ¹⁾	F3	V2 ¹⁾
	TL, TM	4 ¹⁾	BB2 ¹⁾	F3	V3

¹⁾ gemischtkörnige Böden mit über 15 M.-% Feinanteilen sowie feinkörnige Böden reagieren, insbesondere in Verbindung mit mechanischer Beanspruchung, empfindlich auf Wassergehaltsveränderungen, was einerseits zum Austrocknen und Schrumpfen und andererseits zu einem Übergang in Bodenklasse 2 („fließende Bodenarten“) bzw. BB 1 führen kann.

²⁾ gegebenenfalls Aufbereitung (Aussortieren, Brechen der Steine) erforderlich

Für Hinterfüllungen, Arbeitsraumverfüllungen, Geländeauffüllungen, Bodenaustausch o. ä. ist ein geeignetes Bodenmaterial zu verwenden. Ein evtl. einzubauender Ersatzboden hat die Kriterien der Tabelle 4 zu erfüllen.

Güteüberwachtes Recyclingmaterial ($\leq Z1.1$) kann grundsätzlich auch bei hydrogeologisch ungünstigen Verhältnissen offen in definierten technischen Bauwerken verwendet werden. Der Mindestabstand vom Grundwasser zur Schichtunterkante muss $> 1,00$ m betragen.

Da in Teilbereichen dieser Baumaßnahme mit einem Grundwasserabstand zur Schichtunterkante des RCL-Materials beim Straßenbahnstreckenbau von $< 1,00$ m zu rechnen ist, ist der Einbau von RCL-Material in diesen Abschnitten (Bereich der BS 17) nicht zulässig.



Im Zweifelsfall ist eine Abstimmung mit der zuständigen Behörde erforderlich.

Tabelle 4: Spezifische Anforderungen an Ersatzboden

Bodengruppe nach DIN 18196	Nicht bindige bis schw. bindige, grob- und gemischtkörnige Böden GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, SU
Schlammkornanteil ($d \leq 0.063$ mm)	≤ 10 (15) M.-%
Steinanteil ($d \geq 63$ mm)	≤ 10 M.-%
Größtkorndurchmesser d_{\max}	≤ 100 mm, in Abhängigkeit von der Schichtdicke
Ungleichförmigkeitszahl U	$U \geq 3$ für $D_{Pr} \geq 98$ % bzw. $U \geq 7$ für $D_{Pr} \geq 100$ %
Glühverlust V_{GI}	≤ 3 %
Schütthöhe	je nach Verdichtungsgerät 20 - 40 cm
Wichte erdfeucht γ	$18 - 21$ kN/m ³
Scherwinkel φ'_k	$\geq 35^\circ$
Kohäsion c'_k	0 kN/m ²

Die Verdichtungsanforderung liegt bei 98% (97%) der Proctordichte. Im Bereich vom Planum bis 1 m darunter sind $D_{Pr} \geq 100$ % zu erreichen. Für Hinterfüllungen und unter Gründungssohlen wird generell $D_{Pr} \geq 100$ % gefordert.

Nicht bis schwach schluffiges Aushubmaterial der Auffüllungen und des gewachsenen Baugrunds erfüllt prinzipiell die Anforderungen nach Tabelle 4. Steineinlagerungen erfordern gegebenenfalls eine Aufbereitung (z. B. Aussortieren, Brechen der Steine) für die Wiederverwendung als Baustoff. Auf den erhöhten Verdichtungsanforderungen bei intermittierend und eng gestuften Böden wird hingewiesen. Dies gilt insbesondere für eng gestufte Sande, hier ist der erforderliche Verdichtungsgrad möglicherweise erst nach Aufbringen einer Lage (ca. 5 cm) aus kornabgestuftem Mineralstoffgemisch zu erreichen. Böden mit erhöhtem Feinkornanteil und bindige Böden sind als Ersatzboden nicht geeignet.

6 Neubau der Straßenbahnstrecke

6.1 Vorbemerkungen

Gründungen von Verkehrsflächen sind grundsätzlich nur dann möglich, wenn ausreichend tragfähiger Boden ansteht bzw. gestörter Boden so verdichtet werden kann, dass er den Anforderungen der „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ RStO 12 entspricht.

Die Verkehrsflächen müssen so bemessen und bautechnisch ausgebildet werden, dass sie langfristig den erforderlichen Verkehrsbelastungen standhalten.

Auftretende Setzungen dürfen nur Größenordnungen aufweisen, die die Funktionsfähigkeit der Verkehrsfläche nicht gefährden und keine Risse und unzulässigen Verformungen in der Befestigung verursachen. Die Frostsicherheit des Oberbaus hinsichtlich ZTV E-StB 09 und RStO 12 ist zu gewährleisten.



Die Straßenbahnanbindung soll von der bestehenden Haltestelle Hochschulstadion bis zur Endhaltestelle Mensa/Campus Lichtwiese auf einer Länge von ca. 1,33 km neugebaut werden. Die Fahrbahn wird als „Feste Fahrbahn“ aus Ort betonlängsbalken bzw. Ort betonplatten erfolgen.

Um für die Ausschreibung eine genauere Massenermittlung zu ermöglichen und die Erkundungs- und Untersuchungsergebnisse übersichtlich und zusammenfassend darzustellen, wurden abschnittsweise in der Anlage 5.1 bis 5.4 Übersichtspläne mit Bauvorschlägen für den Straßenbahnbau erstellt.

In den Übersichtsplänen sind die Baugrundaufschlüsse, der Oberbau mit den geforderten Tragfähigkeiten, die Angaben zur abgeschätzten Tragfähigkeit des Planums, zur Planumsverbesserung und zur Dicke der Gesamtkonstruktion dargestellt.

6.2 Untergrund, Unterbau

Gemäß den Vorschriften der ZTV E-StB 09 und den Einbauanweisungen des Systemherstellers Travetto, vgl. [7+8] muss der Untergrund (Erdplanum) Mindestanforderungen bezüglich Verdichtungsgrad (einfache Proctordichte D_{pr}) und Verformungsmodul genügen. Bezüglich des Verformungsmoduls wird ein E_{v2} Wert von 45 MN/m² für Ausbaustrecken und 60 MN/m² für Neubaustrecken gefordert [7]. Das Erdplanum ist mit Gefälle herzustellen. Auf eine ausreichende Dränage-/Entwässerungsmöglichkeit ist zu achten.

Ausgehend von einer geplanten Lage der Schienenoberkante auf Höhe der aktuellen Geländeoberkante kommt das Straßenbahnplanum bei 83,7 cm unter GOK, hauptsächlich in gemischtkörnigen Böden der Bodenklassen SU zu liegen, die, je nach Feinkornanteil und Kornverteilung, in die Frostempfindlichkeitsklassen F1 und F2 eingeordnet werden. Ebenfalls der Frostempfindlichkeitsklasse 1 sind die vereinzelt als Planumshorizont auftretenden SE und aufgefüllten [GW] Böden zuzuordnen. Die ebenso vereinzelt auftretenden Böden der Bodenklasse SU* sind hingegen sehr frostempfindlich und gehören somit der Frostempfindlichkeitsklasse 3 an.

Bei den erkundeten Böden bzw. Baugrundverhältnissen kann von erreichbaren Verformungsmodulen zwischen $E_{v2} = 20$ MN/m² bis maximal $E_{v2} = 60$ MN/m² ausgegangen werden. In Anlehnung an den FLOSS-Kommentar zur ZTVE-StB ist ein Bodenaustausch von 0 cm bis zu 30 cm erforderlich, um auf dem Planum den geforderten Verformungsmodul $E_{v2} = 60$ MN/m² für Neubaustrecken bzw. $E_{v2} = 45$ MN/m² für den Bereich der Anbindung und der bestehenden Gleisanlage nachweisen zu können (Abbildung 5).

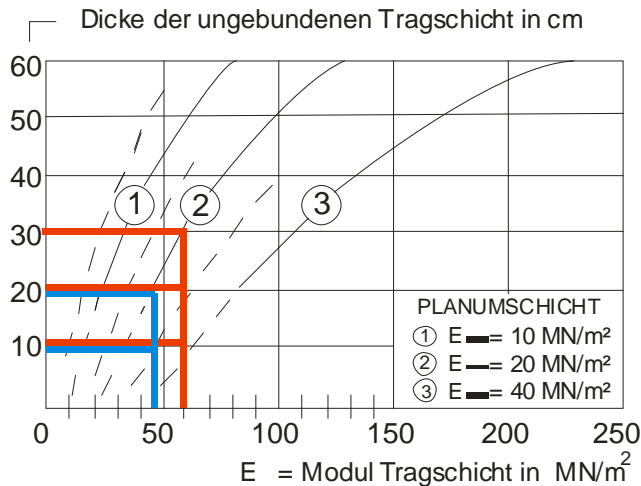


Abbildung 5: Diagramm zur Bestimmung der Dicke des Bodenaustausches aus Frostschutzmaterial (entnommen aus dem Kommentar zur ZTVE von FLOSS) (rot für Neubaubestimmung, blau für Ausbaubestimmung)

Durch den Bodenaustausch stehen dann im gesamten Baubereich Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F1 und F2 an. Die erforderliche Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus der höchsten Belastungsklasse Bk10 und der Frostempfindlichkeitsklasse F2 beträgt damit nach Tabelle 6 der RStO 12 55 cm. Aufgrund der ungünstigen Wasserverhältnisse im Untergrund, nach Tabelle 7 der RStO 12, bei den Erkundungspunkten BS 16 und BS 17 ergibt sich für diesen Bereich eine Mehrdicke von +5 cm und somit eine Gesamtdicke von 60 cm.

Die nach den Bohrergergebnissen erforderliche Austauschdicke ist den Übersichtsplänen (Anlage 5.1 bis 5.4) zu entnehmen.

Die Dickenangabe bezieht sich auf die Verwendung von Frostschutzmaterial gemäß ZTV SoB-StB 04/07. Bei Verwendung geringerwertigen Austauschmaterials (vgl. Anforderungen an Ersatzboden, Tabelle 4) können in Abhängigkeit von dem gewählten Baustoff größere Austauschstärken als oben genannt erforderlich werden, um eine ausreichende Tragfähigkeit auf dem Planum nachweisen zu können.

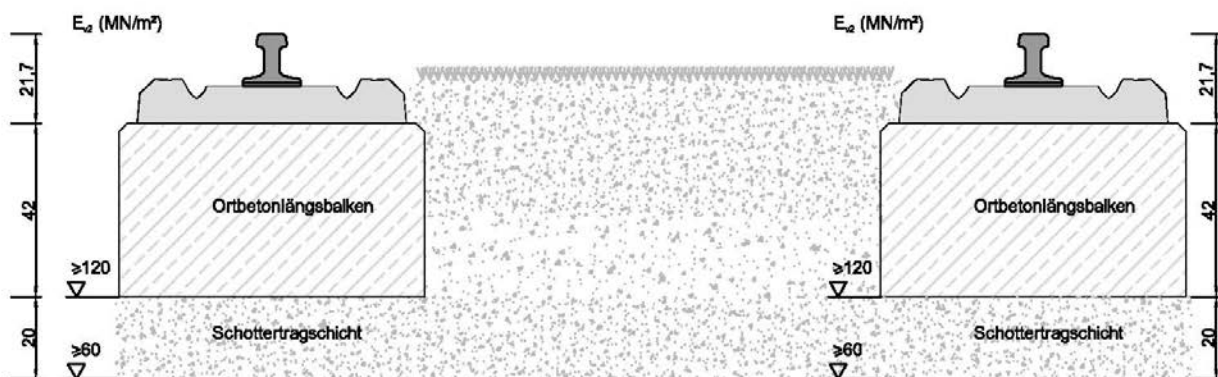
Auf die Einhaltung der Filterkriterien wird hingewiesen. Das bedeutet, dass bei Bedarf als Trennschicht ein Geotextil (z.B. mechanisch verfestigtes Vlies, Flächengewicht $m \geq 180 \text{ g/m}^2$) vorzusehen ist.

Bei eng gestuften Sanden als Austauschmaterial ist meist ein erhöhter Verdichtungsaufwand notwendig. Möglicherweise ist der erforderliche Verdichtungsgrad erst nach Aufbringen einer Lage (ca. 5 cm) aus kornabgestuftem Mineralstoffgemisch zu erreichen.

Unabhängig von jahreszeitlichen oder witterungsbedingten Einflüssen sollte nach Freilegen des Planums (abschnittsweise) auch bei nicht bindigem Untergrund durch statische Plattendruckversuche die Tragfähigkeit des Planums ermittelt und anhand von Probefeldern das geeignete Austauschmaterial sowie die erforderliche Austauschstärke endgültig festgelegt werden.

6.3 Oberbau

Unter Berücksichtigung der Erkundungsergebnisse und obiger Erläuterungen kann der Straßenbahnneubau entsprechend der vorliegenden Planung gemäß folgender Abbildung 6 mit einer Gesamtdicke von 83,7 cm ausgebaut werden.



Der im Bereich der Straßenbahntrasse erforderliche Bodenaustausch zur Gewährleistung der ausreichenden Tragfähigkeit auf dem Planum ist zur o. g. Dicke des Oberbaus noch hinzuzurechnen.



Bei nachgewiesener Tragfähigkeit des Planums kann der auf der Schottertragschicht geforderte Verformungsmodul $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ im Bereich der bestehenden Gleisanlage erreicht und nachgewiesen werden.

Die Schottertragschicht ist so zu verdichten, dass mindestens der Verdichtungsgrad D_{Pr} nach Tabelle 1 der ZTV SoB-StB 04/07 erreicht wird, im vorliegenden Fall $D_{Pr} \geq 103\%$.

Auf dem Erdplanum ist der nach Tabelle 2 der ZTV E-StB 09 geforderte Verdichtungsgrad D_{Pr} von Bodenarten im Untergrund und Unterbau sowie der, durch den Systemhersteller, geforderte Verformungsmodul von $E_{V2} = 60 \text{ MN/m}^2$ (bzw. $E_{V2} = 45 \text{ MN/m}^2$) durch Eigenüberwachungs- bzw. Kontrollprüfungen nachzuweisen. Ebenso sind die Anforderungen der ZTV SoB-StB 04/07 hinsichtlich Baustoffgemische, Verdichtung und Tragfähigkeit zu erfüllen und nachzuweisen.

Bei allen Bauweisen ist es zwingend erforderlich, nach dem abschnittswisen Freilegen des Planums ausreichend Kontrollprüfungen (Proof-rolling, statische Plattendruckversuche nach DIN 18134) durchzuführen, um den geforderten Verformungsmodul nachzuweisen oder Zusatzmaßnahmen zu veranlassen.

6.4 Hinweise zur Bauausführung

- Bei der Überquerung des noch bestehenden Kellers der alten Universitätsmensa ist, um starre Auflager zu verhindern, darauf zu achten, dass ein Bettungspolster von mindestens 50 cm einzuplanen ist, was den Abriss des Kellers oder eine Anhebung der Gradienten in diesem Bereich bedingt.
- Bei der Planung und Ausführung der Baumaßnahmen sind die Platzverhältnisse, die Verkehrssituation, die vorhandene Bebauung etc. zu berücksichtigen. Es sind Bauverfahren zu wählen, die ein Minimum an Beeinträchtigungen für die Bebauung und Umwelt erwarten lassen.
- Im Einwirkungsbereich der Baumaßnahmen sind gefährdete Bauwerke, Grundstücksmauern, Leitungen o. Ä. vorhanden. Es wird deshalb empfohlen, eine Beweissicherung vor und nach den Bauarbeiten durchzuführen, um vorhandene „alte“ Schäden von „neuen“ Schäden abgrenzen zu können und begründeten Ansprüchen der Anlieger oder Dritter gerecht zu werden. Bei Bedarf sind auch Erschütterungsmessungen vorzusehen.
- Beim Straßenbahnbau sind geeignete Maßnahmen zum Schutz des teilweise stark wasserempfindlichen Erdplanums zu treffen. Der Aushub sollte eine Tagesleistung nicht überschreiten, um durch Witterungseinfluss bedingte, ungünstige Wassergehaltsänderungen zu vermeiden. Frei gelegte Flächen sind umgehend durch verdichtete Schüttlagen, die Sauberkeitsschicht o. Ä. zu schützen.
- Die Befahrbarkeit des Planums kann besonders bei ungünstigen Witterungsverhältnissen und für schwere Fahrzeuge, speziell bei bindigem Untergrund, stark eingeschränkt sein. Bei starken Regenfällen sollten keine Erdarbeiten durchgeführt werden, bzw. bei einsetzenden starken Regenfällen sollten Erdarbeiten abgebrochen werden.



- Die durch den Aushub oberflächlich eventuell aufgelockerten Böden sind vor dem Aufbringen des Bodenaustausches intensiv nachzuverdichten. Der Aushubhorizont, bzw. jede Schüttlage ist unmittelbar zu verdichten. Des Weiteren wird auf die sach- und fachkundige Ausführung und Überwachung der Erdarbeiten sowie auf die Durchführung von entsprechenden Kontrollprüfungen (Eignungsnachweise, Eigenüberwachungen, etc., vgl. ZTVE) hingewiesen.
- Zwischengelagerte, einzubauende Erdstoffe sind so zu lagern bzw. zu behandeln, dass ein günstiger Einbauwassergehalt beibehalten oder erreicht wird.
- Die Arbeitsgeräte und Baufahrzeuge sind den jeweiligen Verhältnissen anzupassen.
- Bei der Durchführung der Arbeiten sind u. a. die Anforderungen der RStO 12, ZTV E-StB 09, ZTV SoB-StB 04/07, DIN 4123 sowie der jeweils gültigen Normen, Vorschriften und Richtlinien zu beachten.

7 Neubau der Bahnsteige

7.1 Vorbemerkungen

Für die Gründung der Bahnsteige gelten die bereits in Abschnitt 6.1 erwähnten Anforderungen bezüglich Tragfähigkeit und Frostsicherheit, die nach ZTV E-StB 09 und RStO 12 für Straßen und Verkehrsflächen zu gewährleisten sind, um eine langfristige Funktionsfähigkeit zu gewährleisten.

Im Rahmen dieser Baumaßnahme wird der Neubau von 2 Bahnsteigen, der Umbau bzw. Rück- und anschließende Neubau von 2 Bahnsteigen an der bestehenden Straßenbahnhaltstelle Hochschulstadion und der Umbau der bestehenden Bushaltstelle Hochschulstadion nötig. Nach Angaben des Planers und dem Lageplan Variant 5a [3] ist geplant die Bahnsteige mit 45 m Nutzlänge in konventioneller Bauweise zu errichten. Der Aufbau des Bahnsteiges soll gemäß der RStO 12 erfolgen und die Bahnsteigkanten sollen als Bordsteine bzw. Sonderbordsteine ausgebildet werden, wie sie im öffentlichen Nahverkehr z.B. als Kasseler Sonderbord gebräuchlich sind.

Ebenso wie für den Straßenbahnneubau wurde für den Neubau der Bahnsteige ein Übersichtsplan (Anlage 5.5) erstellt, in dem die Erkundungsergebnisse mit Bauvorschlägen übersichtlich und zusammenfassend dargestellt wurden. In diesem Übersichtsplan sind die Baugrundaufschlüsse, der Bahnsteigoberbau mit den geforderten Tragfähigkeiten, die Angabe zur abgeschätzten Tragfähigkeit des Planums, Angaben zur Planumsverbesserung und die Dicke der Gesamtkonstruktion zusammengefasst.

7.2 Untergrund, Unterbau

Gemäß den Vorschriften der ZTV E-StB 09 muss der Untergrund (Erdplanum) Mindestanforderungen bezüglich Verdichtungsgrad (einfache Proctordichte D_{pr}) und Verformungsmodul ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) genügen. Das Erdplanum ist mit Gefälle herzustellen und es ist auf eine ausreichende Dränage-/Entwässerungsmöglichkeit zu achten.



Das Planumsniveau der Bahnsteige, ausgehend von der Lage der Schienenoberkante bei aktueller Schienenoberkante bzw. auf Höhe der aktuellen Geländeoberkante und einer Höhe der Bahnsteige von ca. 20 cm über der Schienenoberkante, kommt bei allen 5 Bahnsteigen in den Auffüllungen zu liegen, welche überwiegend der Frostempfindlichkeitsklasse F1 und nur vereinzelt als gering bis mittel frostempfindlich zu bezeichnen und somit der Frostempfindlichkeitsklasse F2 zuzuordnen sind. Diese Auffüllungen werden hauptsächlich von schwach schluffigen Sanden (SU) und vereinzelt von schluffigen Sanden (SU*) und sandig, tonigen Schluffen (TM) unterlagert.

Die in der RStO 12 ausgewiesenen Schichtdicken und die Anforderungen der ZTV SoB-StB 04/07 an den Verformungsmodul der Frostschutz- bzw. ungebundenen Tragschicht setzen auf dem Planum einen Verformungsmodul von mindestens $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ voraus.

Bei den erkundeten Böden bzw. Baugrundverhältnissen ist nach Abtrag des Oberbodens durchgehend davon auszugehen, dass der geforderte Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ durch Nachverdichtung erreicht werden kann. Eine Ausnahme bildet hier der neuzubauende nördliche Bahnsteig an der Endhaltestelle. Hier kommt das Planungsniveau in schwach schluffigen Sanden der Bodenklasse [SU] zu liegen, die von sehr frostempfindlichen [SU*] Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 unterlagert werden. Bei diesem Bahnsteig kann von einem erreichbaren Verformungsmodul von $E_{v2} = 20 \text{ MN/m}^2$ ausgegangen werden, was in Anlehnung an den FLOSS-Kommentar zur ZTVE-StB einen Bodenaustausch von etwa 20 cm erforderlich macht, um auf dem Planum den geforderten Verformungsmodul $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ nachweisen zu können (Abbildung 7).

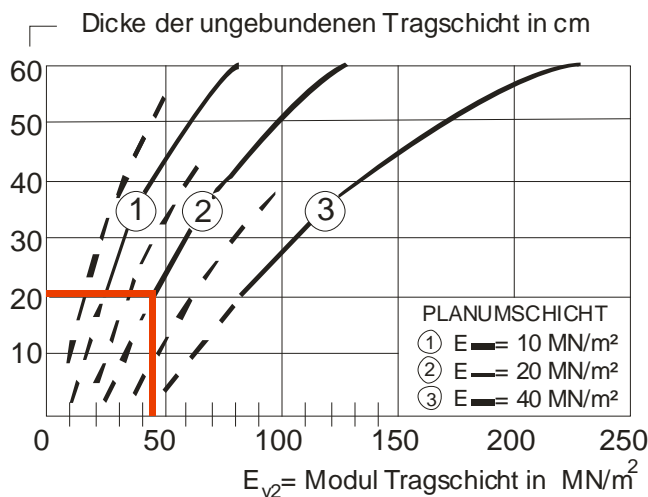


Abbildung 7: Diagramm zur Bestimmung der Dicke des Bodenaustausches aus Frostschutzmaterial (entnommen aus dem Kommentar zur ZTVE von FLOSS)

Für die Frostempfindlichkeitsklasse F2 und die Gehwege, für die eine Belastungsklasse Bk0,3 angesetzt werden kann, beträgt die Minstdicke des frostsicheren Oberbaus 40 cm.



Im Weiteren gelten die im Abschnitt 6.2 bereits ausgeführten Hinweise zu eventuell größeren Austauschstärken bei Verwendung von geringer wertigem Austauschmaterial als Frostschutzmaterial gemäß ZTV SoB-StB 04/07 und die beschriebene Einhaltung der Filterkriterien. Außerdem ist bei eng gestuften Sanden meist ein höherer Verdichtungsaufwand bzw. sogar das Aufbringen einer Lage (ca. 5 cm) aus kornabgestuftem Mineralstoffgemisch nötig, um den geforderten Verdichtungsgrad zu erreichen.

Zur endgültigen Festlegung der erforderlichen Austauschstärke sowie des geeigneten Austauschmaterials sollte, auch bei nicht bindigem Untergrund, die Tragfähigkeit des Planums durch statische Plattendruckversuche nach abschnittsweisem Freilegen des Planums ermittelt werden.

Grundsätzlich ist auch beim Bau der Bahnsteige eine Planumsverbesserung, beispielsweise durch die Aufbereitung mit hydraulischem Bindemittel, denkbar, dürfte sich jedoch bedingt durch die vorherrschenden Randbedingungen (Kabel- und Leitungslage) als unpraktikabel erweisen.

7.3 Oberbau

Die Planung der Bahnsteige sieht den Bau der Bahnsteige in Anlehnung an den Rad- und Gehwegbau mit Pflasterbelag nach den grundsätzlichen Angaben der RStO 12 gemäß Tafel 6, Spalte 3 mit einer Dicke des frostsicheren Oberbaus von 40 cm vor. Die Frostschutzschicht soll ebenfalls als Schottertragschicht hergestellt werden.

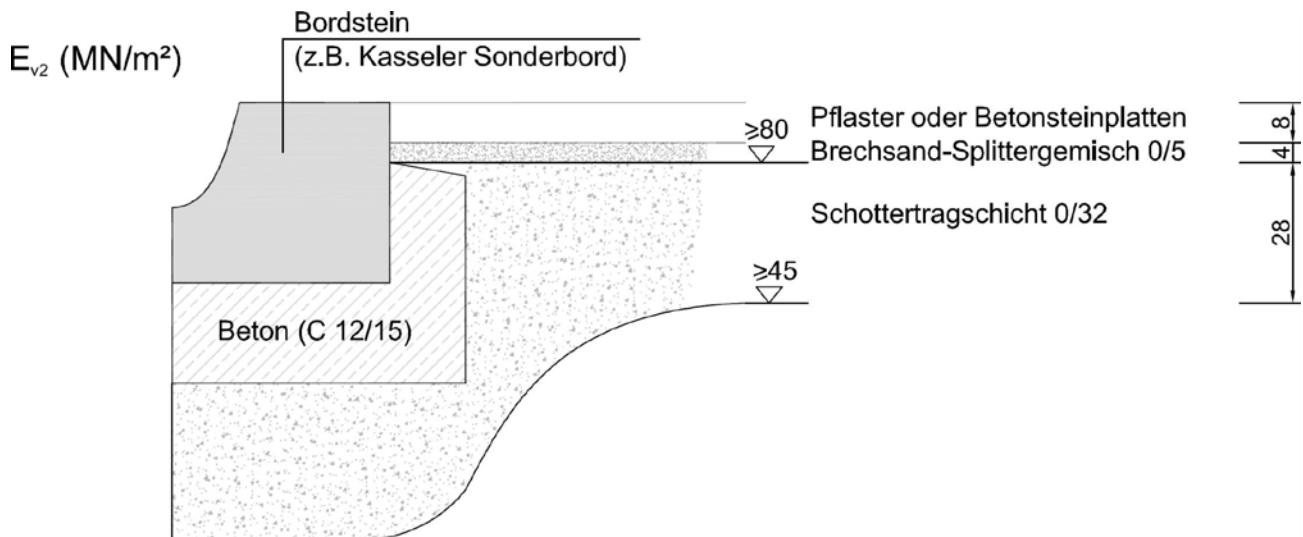


Abbildung 8: Geplanter Oberbau für die Bahnsteige und Bahnsteigkanten in Anlehnung an die RStO 12, Tafel 6, Spalte 3, Bauweise mit Pflasterdecke

Der zumindest für den nördlichen Bahnsteig der neu zu errichtenden Endhaltestelle erforderliche Bodenaustausch zur Gewährleistung der ausreichenden Tragfähigkeit auf dem Planum ist zur o.g. Dicke des Oberbaus noch hinzuzurechnen.

Bei nachgewiesener Tragfähigkeit des Planums kann der auf der Schottertragschicht geforderte Verformungsmodul $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ erreicht und nachgewiesen werden.



Die Schottertragschicht ist so zu verdichten, dass mindestens der Verdichtungsgrad D_{Pr} nach Tabelle 1 der ZTV SoB-StB 04/07 erreicht wird, im vorliegenden Fall $D_{Pr} \geq 103\%$.

Der nach der Tabelle 2 der ZTV E-StB 09 geforderte Verdichtungsgrad D_{Pr} von Bodenarten im Untergrund und Unterbau sowie der geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} = 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Erdplanum ist durch Eigenüberwachungs- bzw. Kontrollprüfungen nachzuweisen. Weiterhin sind die Anforderungen der ZTV SoB-StB 04/07 in Bezug auf Baustoffgemische, Verdichtung und Tragfähigkeit zu erfüllen und nachzuweisen.

Die Gründung der Bahnsteigkanten, in Form von im öffentlichen Nahverkehr verwendeten Sonderborden, hat nach der DIN 18318 auf einem mindestens 20 cm starken Fundament mit Rückenstütze aus Beton (C12/15) zu erfolgen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Rückenstütze mindestens 15 cm dick in Schalung herzustellen und die Oberkante mit Gefälle nach Außen anzulegen ist.

7.4 Hinweise zur Bauausführung

Bezüglich der Hinweise zur Bauausführung des Neubaus der Bahnsteige gelten die bereits im Abschnitt 6.4 getätigten Aussagen, auf die an dieser Stelle verwiesen wird.

8 Gründung der Fahrleitungsmasten

8.1 Vorbemerkungen

Grundsätzlich können die auftretenden Lasten konventionell mittels flach gegründeter Einzelfundamente oder mittels Tiefgründung (Rammpfähle, Bohrpfähle) in den Baugrund abgetragen werden. Entscheidend sind die am jeweiligen Bauwerksstandort vorherrschenden Baugrundverhältnisse im Allgemeinen und die Rammbarkeit der anstehenden Böden im Besonderen. Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten standen die abschließenden Fahrleitungsmaststandorte nicht endgültig fest. Dennoch wurden die Bohrsondierungen BS 8, BS 13, BS 17, BS 20, BS 23 und BS 31 vertieft bis auf Endteufen von 8 m bzw. 7,5 m abgebohrt, um vorab eine allgemeine Aussage zu möglichen Tiefgründungen der Fahrleitungsmasten im Untersuchungsgebiet vornehmen zu können. Eingeschränkt rammbar sind Sedimente mit steinigen und blockartigen Einlagerungen und nicht rammbar erweisen sich felsige oder felsähnliche Böden.

Aus geotechnischer Sicht und anhand der bei allen Bohrungen erreichten, planmäßigen Endtiefe sollte eine Gründung mittels Rammpfählen allgemein möglich sein, wobei an dieser Stelle darauf hingewiesen wird, dass nicht die eigentlichen Mastfundamentstandorte erkundet wurden, sondern Bohrungen in der Trassenachse vertieft ausgeführt wurden.

8.2 Gründungsparameter Rammpfähle

Auf Grundlage der EA Pfähle (2.Auflage) dürfen für gerammte Bohlträger im Grenzzustand folgende Werte der Tabellen 9 bis 14 für Mantelreibung und Spitzenwiderstand an den vertieft ausgeführten Bohrungen angesetzt werden:



Bohrsondierung 8

Tabelle 9: Charakteristische Werte für Mantelreibung $q_{s,k}$ und Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ nach EA Pfähle für Fertigrammpfähle

Schicht	Tiefe [m u. GOK]	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
Auffüllungen [GW/GI], [SU] i. M. mitteldicht	~0,40	- ¹⁾	- ¹⁾
Sand, schwach schluffig, teilw. schwach kiesig, SU, i. M. mitteldicht	~4,20	0,04	4,0
	~5,70	0,04	- ¹⁾
Schluff, tonig, sandig, kiesig, TL, i. M. steif	~7,50	0,02	- ¹⁾
Sand, kiesig, schwach schluffig- schluffig, schwach tonig, SU-SU*	~8,00 ²⁾	0,05	- ¹⁾

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ maximale Aufschlussendtiefe

Bohrsondierung 13

Tabelle 10: Charakteristische Werte für Mantelreibung $q_{s,k}$ und Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ nach EA Pfähle für Fertigrammpfähle

Schicht	Tiefe [m u. GOK]	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
Sand, schwach schluffig, SU, i. M. mitteldicht	~6,00	0,04	4,0
	~7,50	0,04	- ¹⁾
Schluff, sandig, schwach tonig, schwach kiesig, TL, steif	~8,00 ²⁾	0,02	- ¹⁾

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ maximale Aufschlussendtiefe



Bohrsondierung 17

Tabelle 11: Charakteristische Werte für Mantelreibung $q_{s,k}$ und Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ nach EA Pfähle für Fertigrammpfähle

Schicht	Tiefe [m u. GOK]	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
Sand, schwach schluffig, SU, i. M. mitteldicht	~4,50	0,04	4,0
Schluff, sandig, kiesig, schwach tonig, TL, i. M. weich-steif	~6,70	0,02	- ¹⁾
Sand, stark schluffig, kiesig, schwach, schwach tonig, SU*, i. M. mitteldicht	~7,30	0,04	4,0
Kies, sandig, schwach schluffig, GU, i. M. mitteldicht	~8,00 ²⁾	0,08	6,0

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ maximale Aufschlussendtiefe

Bohrsondierung 20

Tabelle 12: Charakteristische Werte für Mantelreibung $q_{s,k}$ und Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ nach EA Pfähle für Fertigrammpfähle

Schicht	Tiefe [m u. GOK]	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
Auffüllungen [SU] i. M. mitteldicht	~1,20	0,04	- ¹⁾
Sand, schwach schluffig, SU, i. M. mitteldicht	~3,10	0,04	4,0
	~4,60	0,04	- ¹⁾
Schluff, tonig, sandig, kiesig, TL, i. M. steif	~7,50 ²⁾	0,02	- ¹⁾

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ maximale Aufschlussendtiefe



Bohrsondierung 23

Tabelle 13: Charakteristische Werte für Mantelreibung $q_{s,k}$ und Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ nach EA Pfähle für Fertigrammpfähle

Schicht	Tiefe [m u. GOK]	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
Auffüllungen [SU] i. M. mitteldicht	~0,80	0,04	4,0
Sand, schwach schluffig, SU, SE i. M. mitteldicht	~2,90	0,04	4,0
	~4,40	0,04	- ¹⁾
Schluff, tonig, sandig, kiesig, TL, i. M. weich-steif	~7,50 ²⁾	0,02	- ¹⁾

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ maximale Aufschlussendtiefe

Bohrsondierung 31

Tabelle 14: Charakteristische Werte für Mantelreibung $q_{s,k}$ und Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ nach EA Pfähle für Fertigrammpfähle

Schicht	Tiefe [m u. GOK]	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]	Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ [MN/m ²]
Auffüllungen [SU] i. M. mitteldicht	~0,85	0,04	- ¹⁾
Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, SU, - Sand schluffig-stark schluffig SU* i. M. mitteldicht	~3,70	0,04	4,0
Sand, kiesig bzw. Kies, sandig schwach schluffig, schwach tonig SU/GU – Sand, schwach schluffig-schluffig, schwach tonig, SU* i. M. mitteldicht	~7,50 ²⁾	0,05	5,0

¹⁾ Anforderungen an Baugrundfestigkeit und / oder Dicke der tragfähigen Schicht nicht eingehalten, daher kein Widerstand ansetzbar

²⁾ maximale Aufschlussendtiefe



Die Mindesteinbindung in die tragfähige Schicht gem. EA Pfähle ist zu beachten. Hinsichtlich ansetzbarer Fläche und Modellfaktoren wird desgleichen auf die EA Pfähle hingewiesen.

Sollen Horizontalkräfte über Biegung abgeleitet werden, so ist die seitliche Bettung zu berücksichtigen. Die Bestimmung der Bettungsmodulverteilung im Baugrund richtet sich nach der EAB und EA Pfähle. Näherungsweise darf der Bettungsmodul dabei aus dem Steifemodul $E_{s,k}$ (vgl. Tabelle 2) abgeleitet werden. Bei Einzelpfählen kann für den Bettungsmodul bei Verschiebungen kleiner 2 cm und kleiner 0,03 D folgender Ansatz gewählt werden:

$$k_s = E_{s,k}/D \quad \text{für } D \leq 1,0 \text{ m, sonst } k_s = E_{s,k}/1 \text{ m}$$

Zur Kontrolle müssen die berechneten seitlichen Bodenpressungen mit dem Erdwiderstand verglichen werden. Hierbei ist ein entsprechender, auch von der zulässigen Verformung abhängiger Sicherheitsbeiwert zu berücksichtigen. Die angegebenen Bemessungskenngrößen beziehen sich auf die äußere Standsicherheit. Die innere Bemessung der Konstruktionsteile muss gesondert nachgewiesen werden.

8.3 Hinweise zur Bauausführung

- Sofern wider Erwarten Böschungen über 1,25 m Höhe erforderlich sind, sind die Angaben der DIN 4124 sowie der Ril 836 zu beachten.
- Bei der Planung und Ausführung der Baumaßnahmen sind die örtlichen Verhältnisse, die Verkehrssituation, etc. zu berücksichtigen. Es sind Bauverfahren zu wählen, die ein Minimum an Beeinträchtigungen für die Bebauung und Umwelt erwarten lassen.
- Grundsätzlich ist die DIN 4150 („Erschütterungen im Bauwesen“) zu beachten. Je nach gewähltem Bauverfahren wird empfohlen; eine Überschreitung der im Teil 3 der DIN 4150 angegebenen Anhaltswerte der Schwinggeschwindigkeiten durch Erschütterungsmessungen zu überprüfen.
- Es wird empfohlen, an der im Einflussbereich der Baumaßnahmen liegenden Bebauung oder Anlagenteilen (auch Leitungen, Gleise, Masten usw.) eine Beweissicherung vor und nach den Bauarbeiten durchzuführen, um vorhandene „alte“ Schäden von „neuen“ Schäden abgrenzen zu können und begründeten Ansprüchen der Anlieger gerecht zu werden.
- Infolge der eingebrachten Unruhe in den Baugrund kann es eventuell notwendig werden, die Gleislage, sollte diese bauablaufbedingt vor der Mastgründung fertiggestellt sein, während der Gründungsarbeiten der Fahrleitungsmasten zu überwachen bzw. in angemessenen Abständen zu überprüfen.
- Die Arbeitsgeräte und Baufahrzeuge sind den jeweiligen Verhältnissen anzupassen.
- Während der Erdarbeiten ist besonders auf Witterungseinflüsse und dadurch bedingte Wassergehaltsänderungen der Erdstoffe zu achten.
- Evtl. erforderliche Baugruben sind vor zulaufendem Oberflächenwasser zu schützen.



- Die Wasserhaltung beschränkt sich auf die Ableitung von zeitweise vorhandenem Schichten- und Oberflächenwasser.
- Alle unterschiedlichen Materialien sind filterwirksam, erforderlichenfalls durch ein Geotextil, voneinander zu trennen.
- Der Aushubhorizont, bzw. jede Schüttlage ist unmittelbar zu verdichten. Sämtliche Arbeiten sind durch Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu überwachen.
- Im Hinblick auf den Erdbau wird besonders auf die ZTVE sowie v. a. den zugehörigen Kommentar von Floss hingewiesen.
- Bei der Durchführung der Arbeiten sind u.a. die Anforderungen der ZTVE-StB 09, ZTVA-StB 12, EAB und EAU sowie der jeweils gültigen Normen (EC7, DIN 4123, DIN 4124 usw.), Vorschriften und Richtlinien zu beachten.
- Es wird erneut darauf hingewiesen, dass im Zuge der Erkundung nicht die eigentlichen Maststandorte erkundet wurden, sondern einzelne in der Straßenbahnachse liegende Erkundungspunkte vertieft ausgeführt wurden um eine Vorabaussage über das Untersuchungsgebiet treffen zu können. Die Lagerungsdichten und Konsistenzen wurden anhand des Bohrfortschrittes und Laborversuchen festgelegt. Unter Umständen ist es sinnvoll, nach Festlegung der Mastfundamentstandorte weitere Erkundungen auszuführen.

9 Schlussbemerkungen

Für den Neubau der Straßenbahnanbindung des Campus Lichtwiese in Darmstadt wurden Baugrunderkundungen sowie Feld- und Laboruntersuchungen durchgeführt.

Anhand der Untersuchungsergebnisse, der Geländeaufnahme und der zur Verfügung stehenden Unterlagen und Informationen wurde dieses geotechnische Baugrundgutachten ausgearbeitet. Darin werden Angaben zum Straßenbahnneubau, dem Neubau der Bahnsteige und Vorabaussagen für den Neubau der Fahrleitungsmasten gemacht.

Bei der Planung der Baumaßnahmen und der Durchführung der Bauarbeiten sind die Anforderungen der jeweils gültigen Normen, Vorschriften, Richtlinien und Merkblätter zu beachten.

Bei der Bauausführung ist ein fachgerechtes Arbeiten wichtig. Während der Erd- und Gründungsarbeiten wird eine weitere Überwachung des Projektes (Abnahme von Gründungssohlen, Verdichtungskontrollen etc.) durch den Baugrundsachverständigen erforderlich werden. Weitere geotechnische Berichte können im Laufe der Bauausführung erforderlich werden (vgl. hierzu DIN 1054:2005-01, Abschnitt 4.6).



Prinzipiell sind Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit und –ausbildung zwischen bzw. außerhalb der Aufschlusspunkte nicht auszuschließen. Sollten beim großflächigen Aufschluss andere Baugrundverhältnisse als dem Gutachten zugrunde liegende festgestellt werden, ist das IBES Baugrundinstitut sofort zu verständigen, um die Ursache und die Auswirkung auf die genannten Empfehlungen überprüfen und ggf. ergänzen zu können.

Bei neu auftretenden Fragen wird um rechtzeitige Benachrichtigung gebeten.

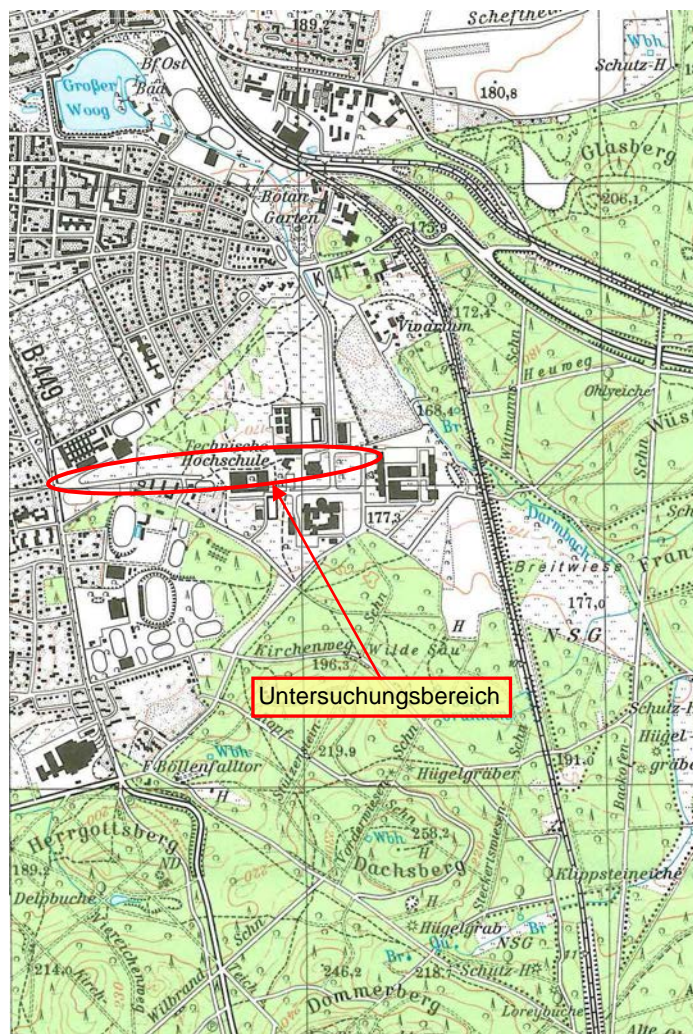
Das Gutachten besitzt nur in seiner Gesamtheit Gültigkeit.

Neustadt/Weinstr., 28.05.2015 sh/wh/br-gr
Fritz-Voigt-Straße 4
Telefon: 06321 4996-00
Telefax: 06321 4996-29
E-Mail: ibes-gmbh@ibes-gmbh.de

IBES Baugrundinstitut GmbH
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen


Dipl.-Ing. Bernhard Rauch
Geschäftsführer

Dipl.-Geogr. Nico Schindhelm
Projektbearbeiter



Auszug aus der top. Karte, Blatt 6118, Darmstadt Ost, Ausgabe 1996,
M. 1:25.000

Legende:

 BS - Bohrsondierung

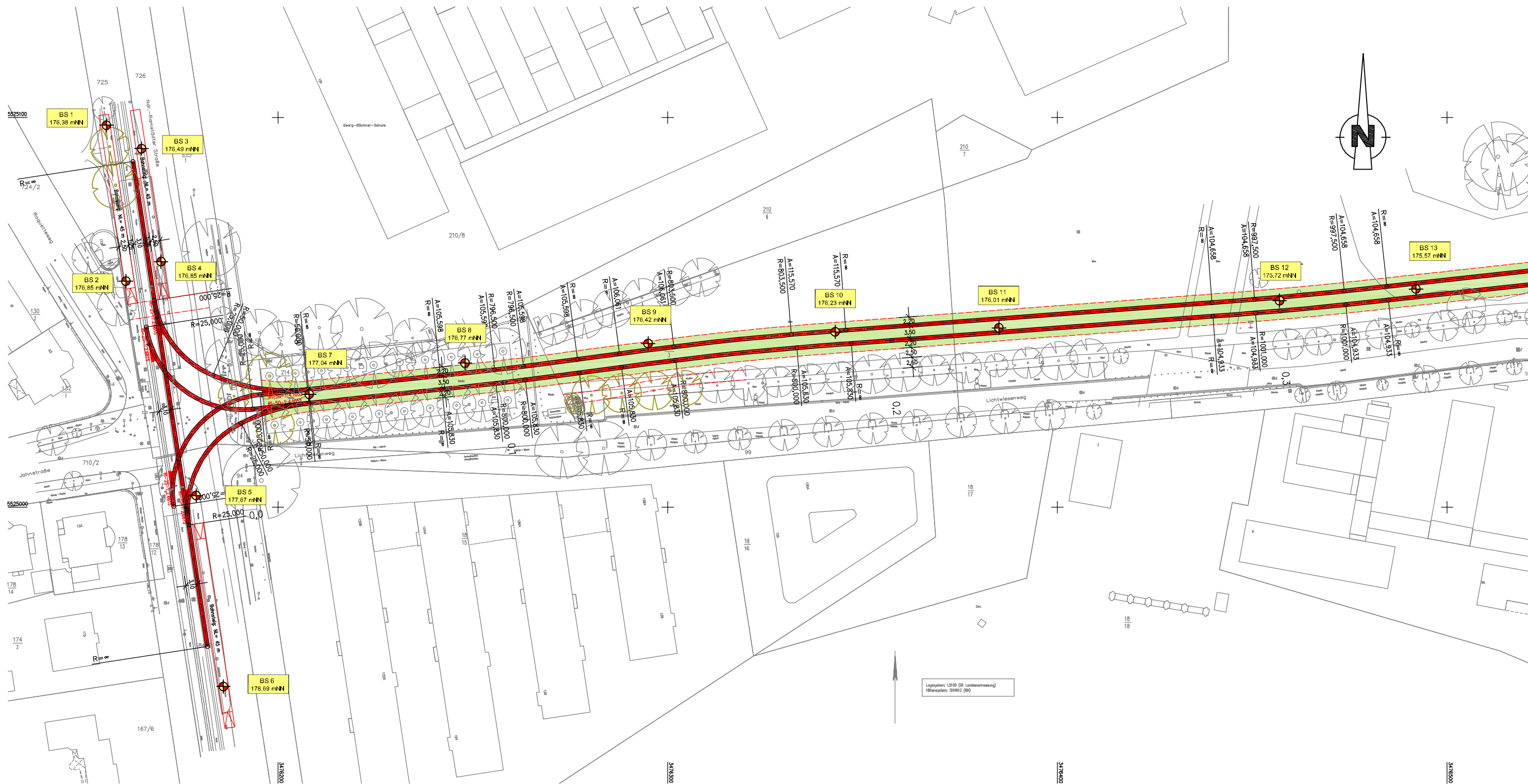
14.369.1 Straßenbahn-anbindung Campus Lichtwiese,
Linie 2, Darmstadt


Anlage 2.1



Lageplan mit Erkundungspunkten

M. 1:1000

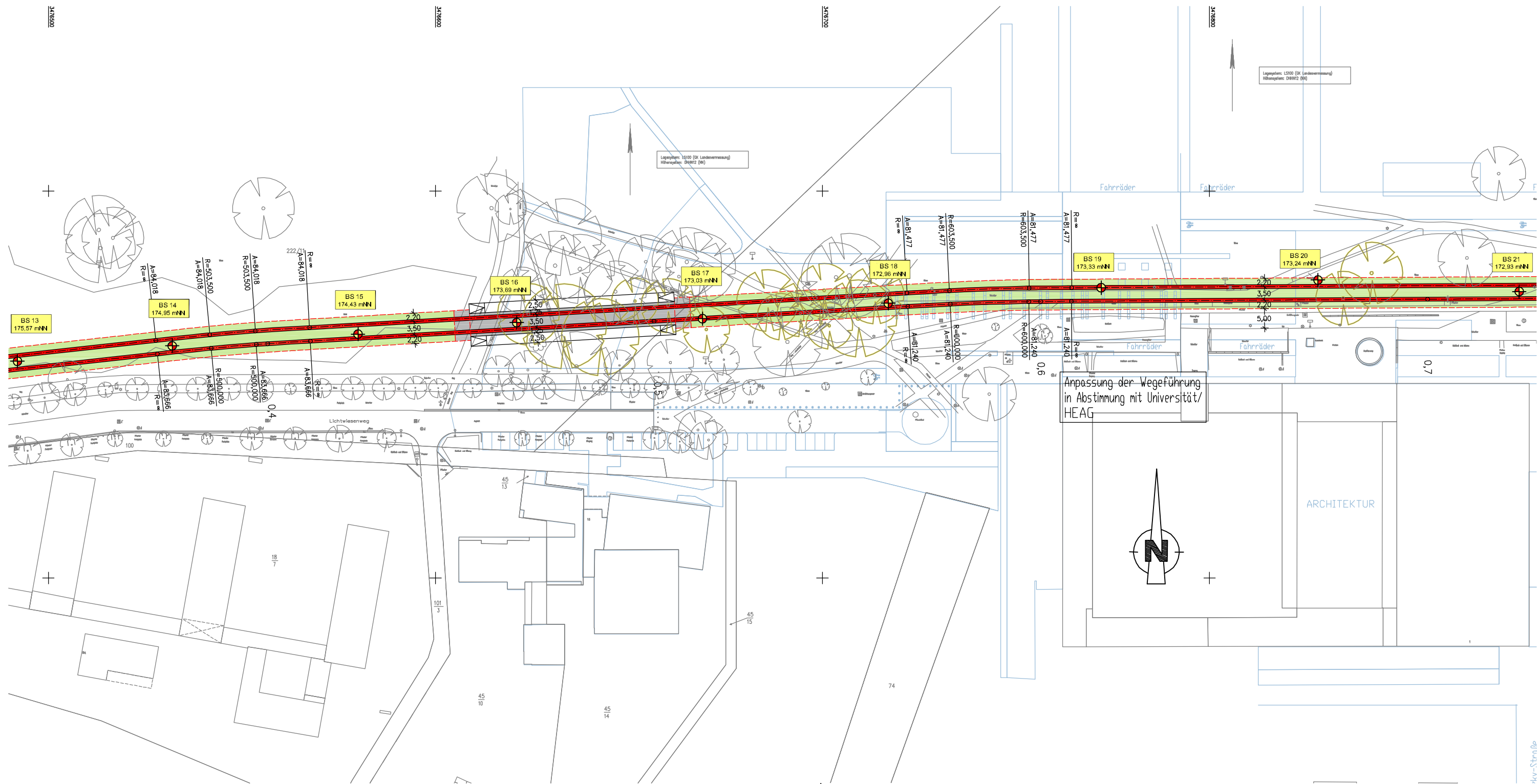



 BS - Bohrsondierung

Anlage 2.2



M. 1:1000

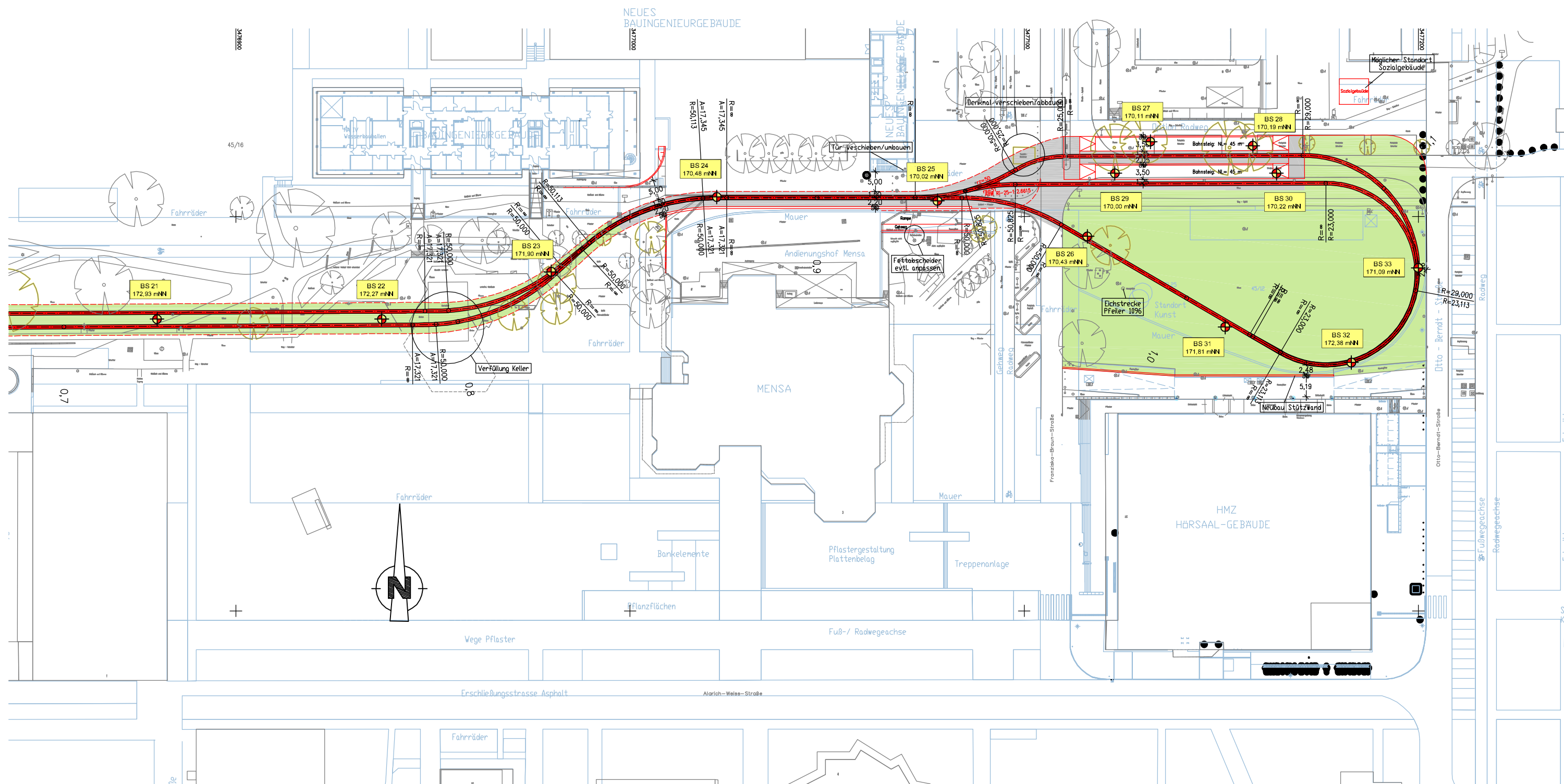


 BS - Bohrsondierung

Anlage 2.3



M. 1:1000





BAUGELÄNDE (AUSZUG)



Bild 1: Blick nach Süden entlang der Haltestelle Hochschulstadion



Bild 2: Blick nach Westen entlang der geplanten Trasse im Bereich der baumfreien Lichtwiese



Bild 3: Blick nach Osten entlang der geplanten Trasse im Bereich der baumfreien Lichtwiese



Bild 4: Blick nach Westen entlang der geplanten Trasse im Bereich der Lichtwiese mit Baumbestand



Bild 5: Blick nach Osten entlang der geplanten Trasse im Bereich der Lichtwiese mit Baumbestand



Bild 6: Blick nach Westen entlang der geplanten Trasse im Bereich vor dem Architekturgebäude



BAUGELÄNDE (AUSZUG)



Bild 7: Blick nach Osten entlang der geplanten Trasse im Bereich der Mensa



Bild 8: Blick nach Westen auf den Bereich der geplanten Wendeschleife (mit Ausführung BS 33)



Bild 9: Ausführung BS 2



Bild 10: Ausführung BS 6



Bild 11: Bohrgut der BS 6



BAUGRUNDERKUNDUNG (AUSZUG)



Bild 12: Ausführung BS 7



Bild 13: Ausführung BS 13



Bild 14: Bohrgut der BS 13



Bild 15: Ausführung BS 22



Bild 16: Ausführung BS 23



BAUGRUNDERKUNDUNG (AUSZUG)



Bild 17: Bohrgut BS 23



Bild 18: Ausführung BS 24



Bild 20: Ausführung BS 22



Bild 19: Bohrgut BS 27



Bild 21: Ausführung BS 30



ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

	SCH	Schurf
	B	Bohrung
	BK	Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung
	BP	Bohrung mit Gewinnung nicht gekernter Proben
	BuP	Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben
	DPL	Rammsondierung leichte Sonde DIN 4094
	DPM	Rammsondierung mittelschwere Sonde DIN 4094
	DPH	Rammsondierung schwere Sonde DIN 4094
	BS	Sondierbohrung
	DS	Drucksondierung nach DIN 4094
	RKS	Rammkernsondierung
	GWM	Grundwassermeßstelle

BODENARTEN

Auffüllung		A	
Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Steine	steinig	X x	
Kies	kiesig	G g	
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Ton	tonig	T t	
Torf	humos	H h	
Mudde	organisch	F o	
Geschiebemergel	mergelig	Mg me	

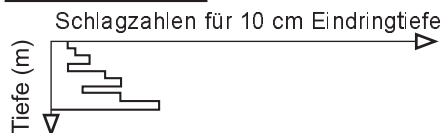
KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

KONSISTENZ

brg	breiig	wch	weich
stf	steif	hfst	halbfest
fst	fest		

RAMMDIAGRAMM



PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab. 1

	Bohrprobe (Glas 0,7l)
	Bohrprobe (Eimer 5l)
	Sonderprobe
	Verwachsene Bohrkernprobe
	Grundwasser angebohrt
	Grundwasser nach Bohrende
	Ruhewasserstand
k. GW	kein Grundwasser
	Bodengruppe aufgrund Laborergebnis
GU*	Bodengruppe aufgrund Ansprache

FELSARTEN

Fels, allgemein	Z	
Fels, verwittert	Zv	
Kongl., Brekzie	Gst.	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	
Mergelstein	Mst	
Kalkstein	Kst	
Granit	Gr	

NEBENANTEILE (DIN 4022)

schwach (<15%)
~/* stark (>30%)

BODENKLASSE

Bkl. 3

FEUCHTIGKEIT

f nass

KLÜFTUNG

klü	klüftig
klü	stark klüftig

RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

	leicht	mittelschwer	schwer
Spitzendurchmesser	2,52 cm	3,57 cm	4,37 cm
Spitzenquerschnitt	5,00 cm ²	10,00 cm ²	15,00 cm ²
Gestängedurchmesser	2,20 cm	2,20 cm	3,20 cm
Rambbärgewicht	10,00 kg	30,00 kg	50,00 kg
Fallhöhe	50,0 cm	20,0 cm	50,0 cm

Bauvorhaben:

Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese,
Linie 2, Darmstadt

Planbezeichnung:

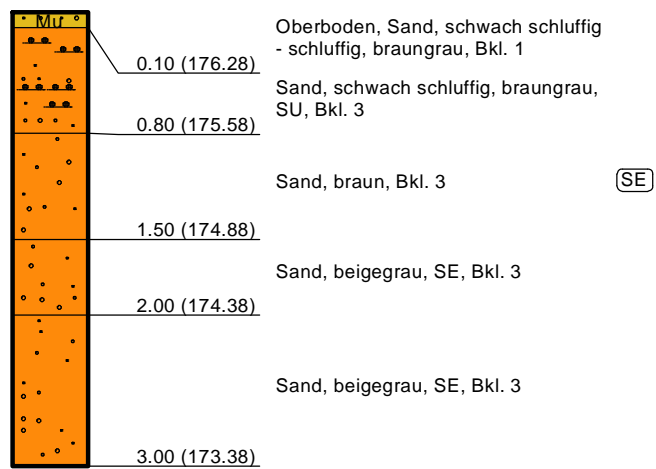
Legende:

M. 1:50



BS 1

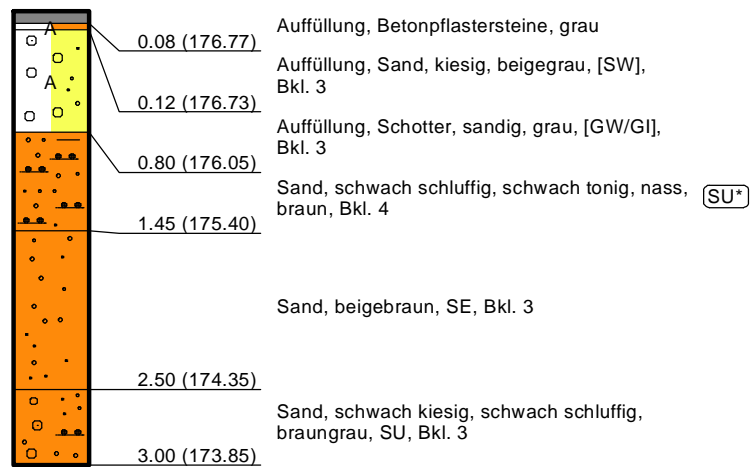
176,38 mNN





BS 2

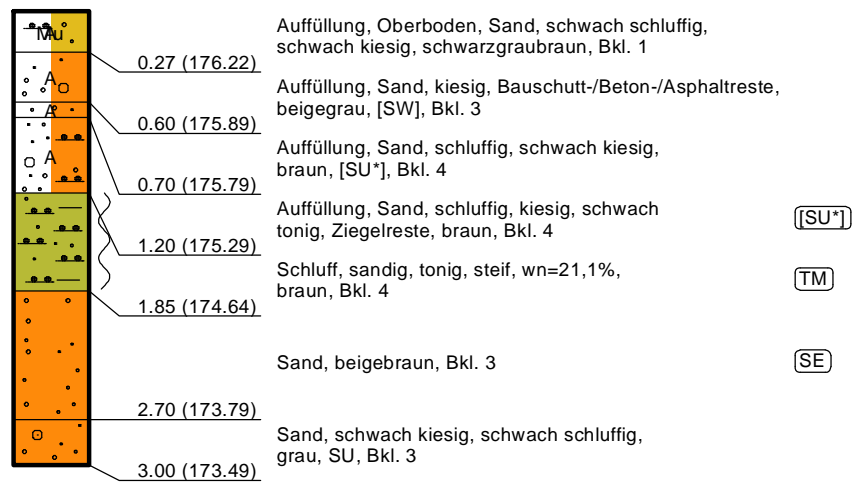
176,85 mNN





BS 3

176,49 mNN





BS 4

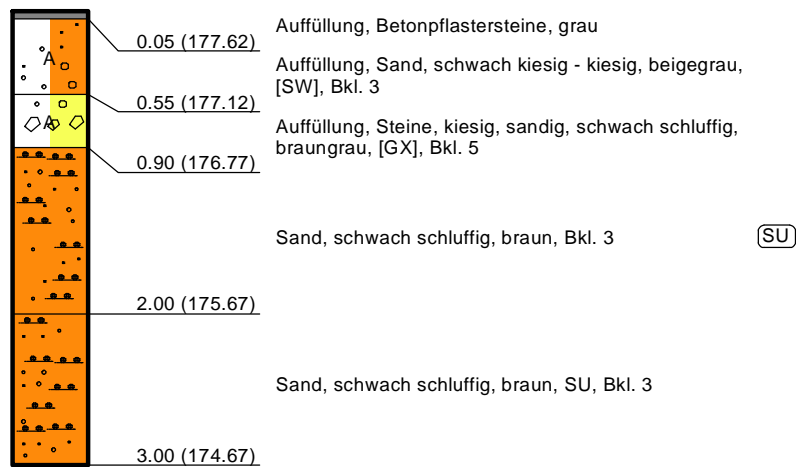
176,85 mNN





BS 5

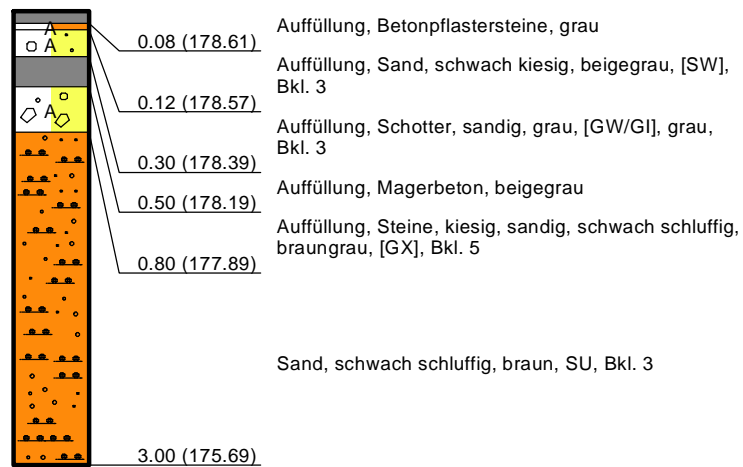
177,67 mNN





BS 6

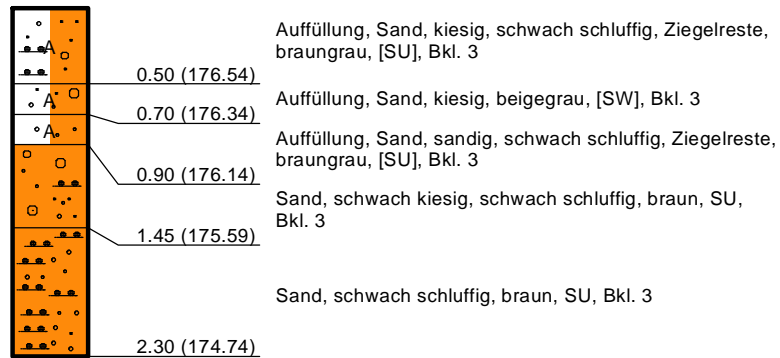
178,69 mNN

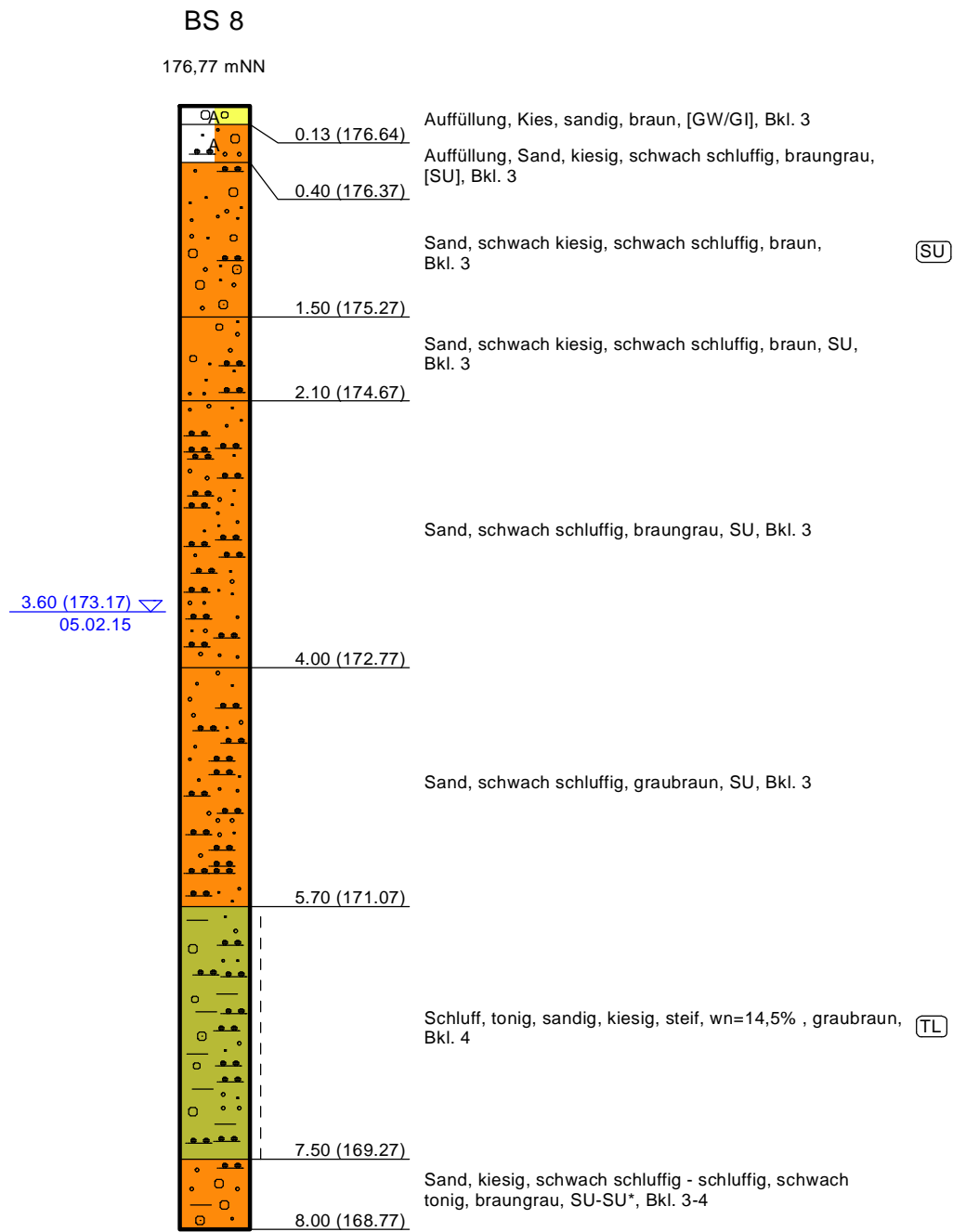




BS 7

177,04 mNN







BS 9

176,42 mNN



(SU)



BS 10

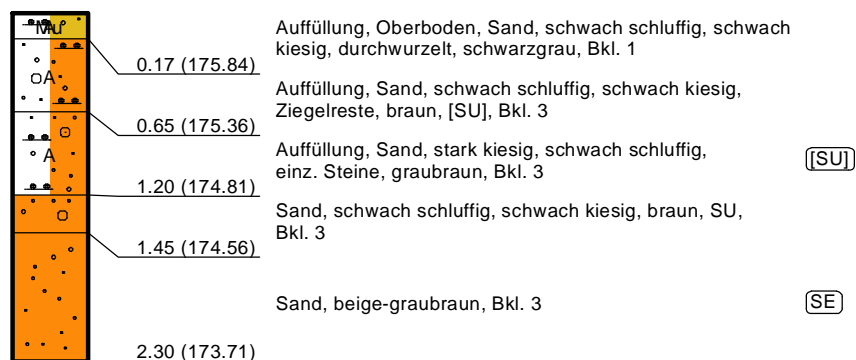
176,23 mNN





BS 11

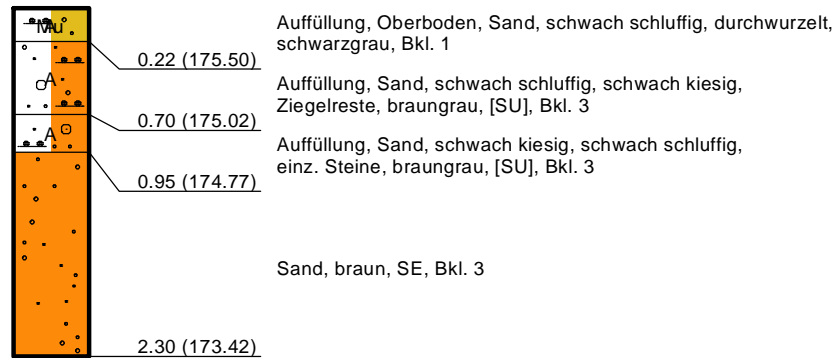
176,01 mNN





BS 12

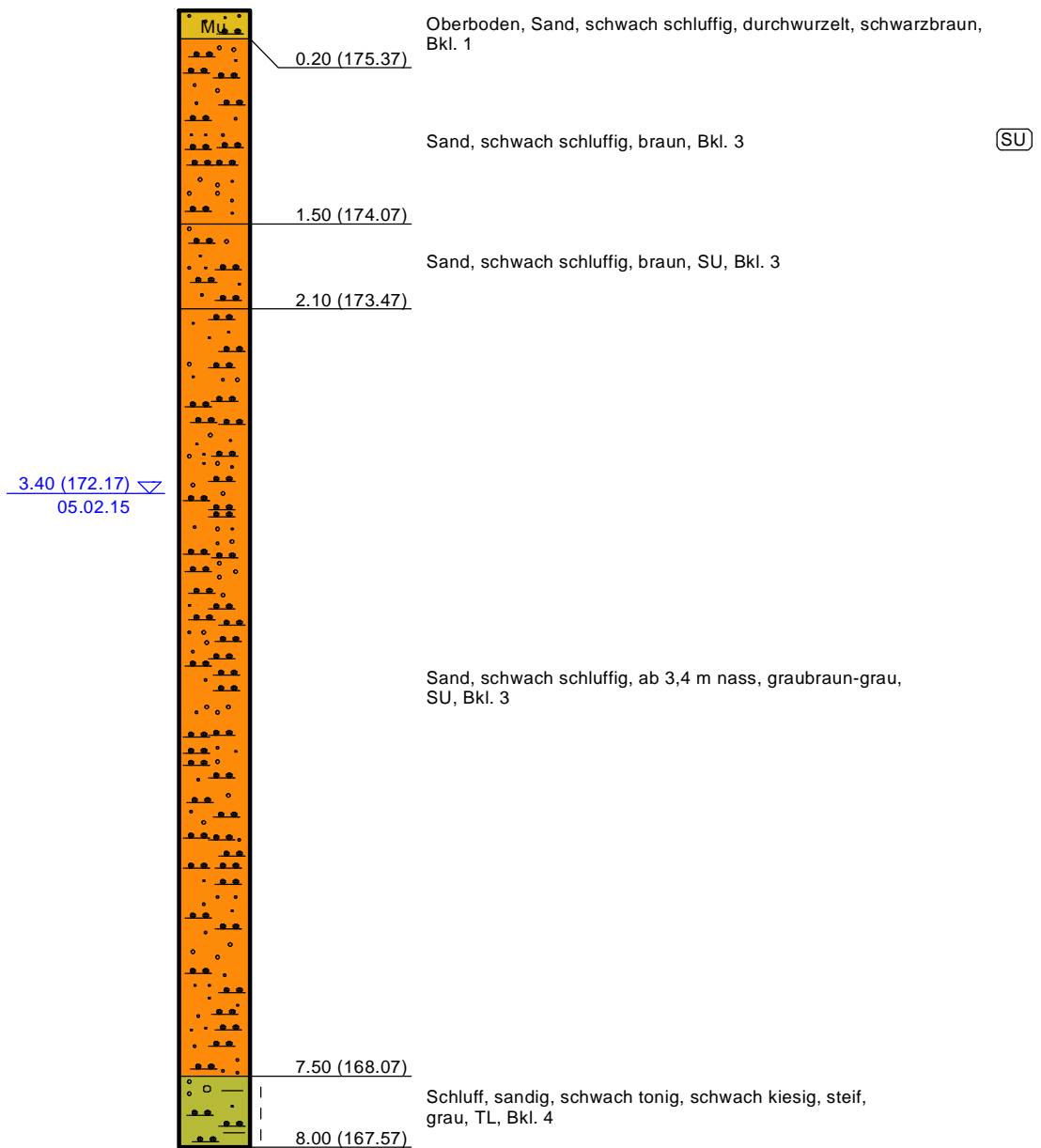
175,72 mNN





BS 13

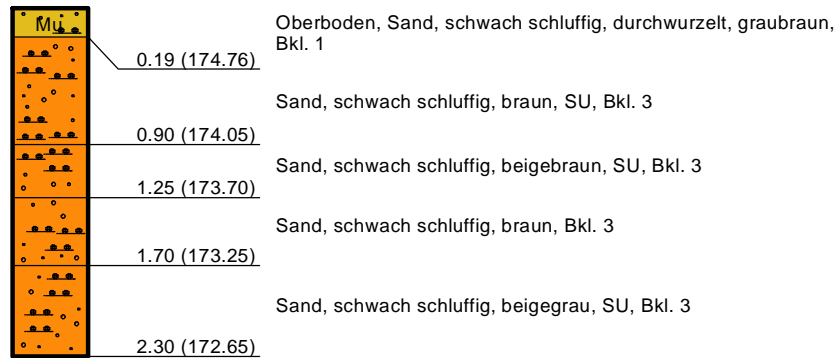
175,57 mNN





BS 14

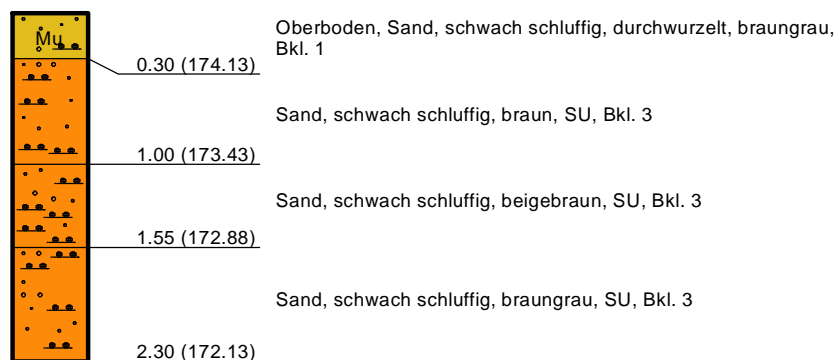
174,95 mNN





BS 15

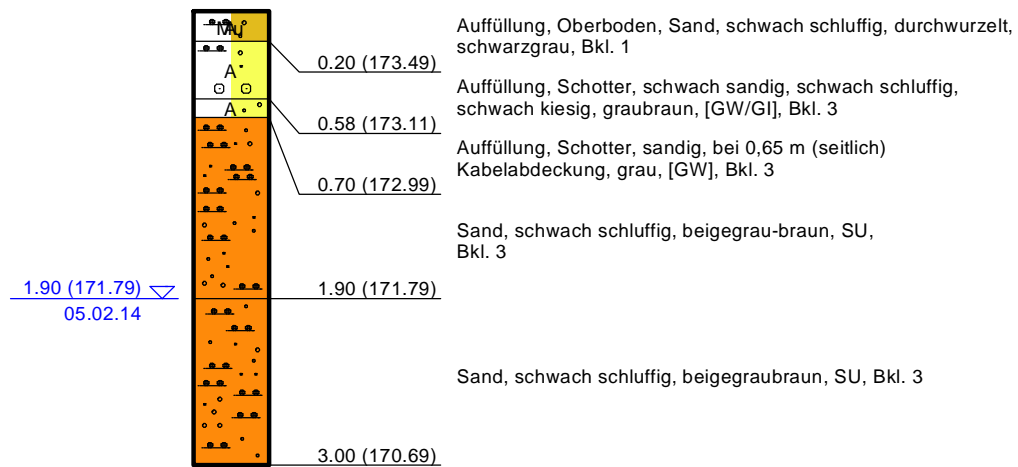
174,43 mNN





BS 16

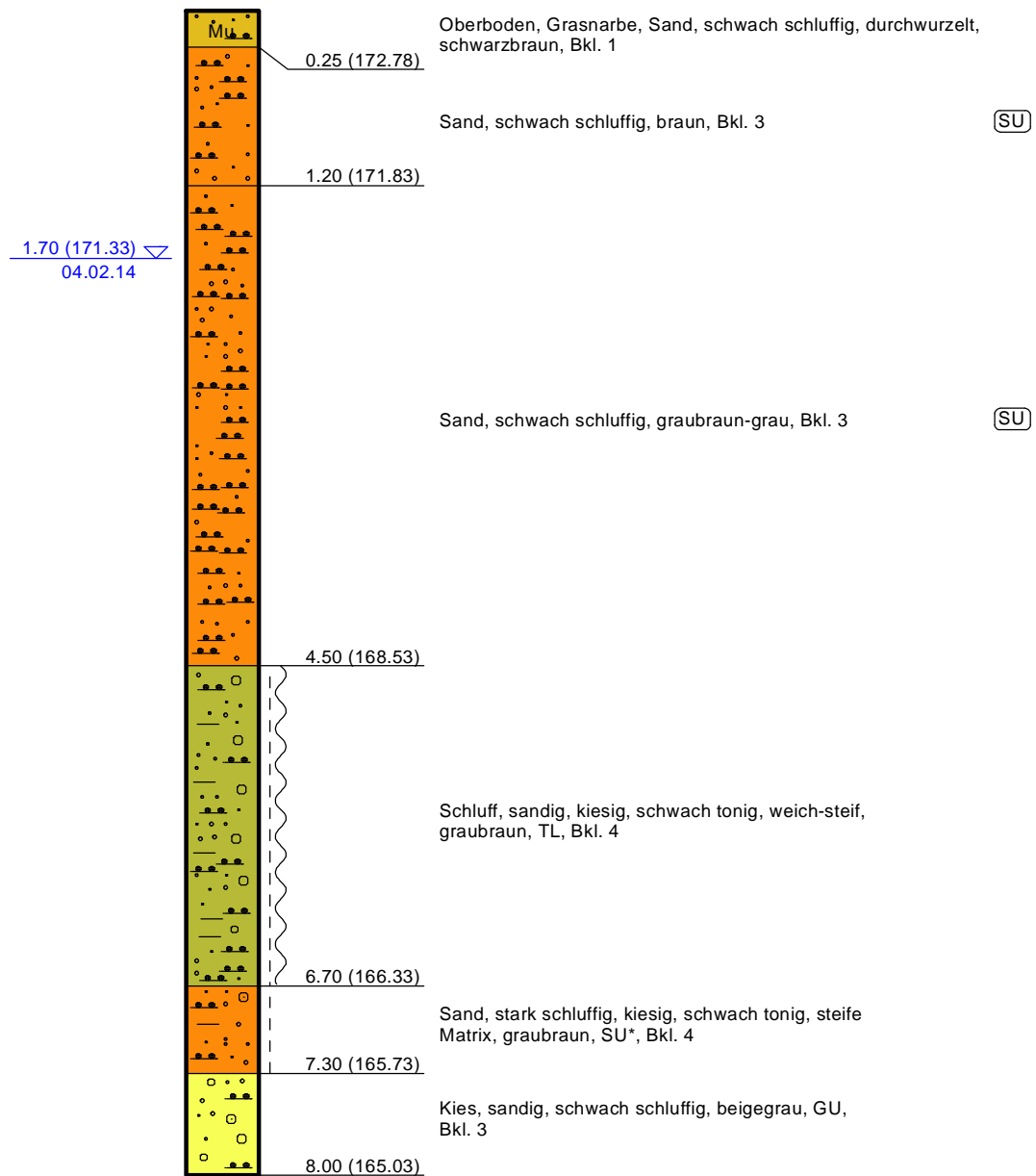
173,69 mNN





BS 17

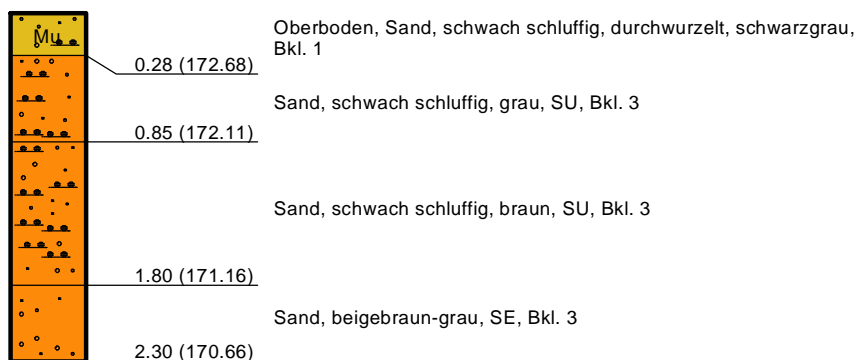
173,03 mNN





BS 18

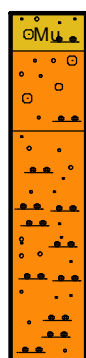
172,96 mNN





BS 19

173,33 mNN



Oberboden, Sand, schwach schluffig, schwach kiesig,
durchwurzelt, schwarzgrau, Bkl. 1

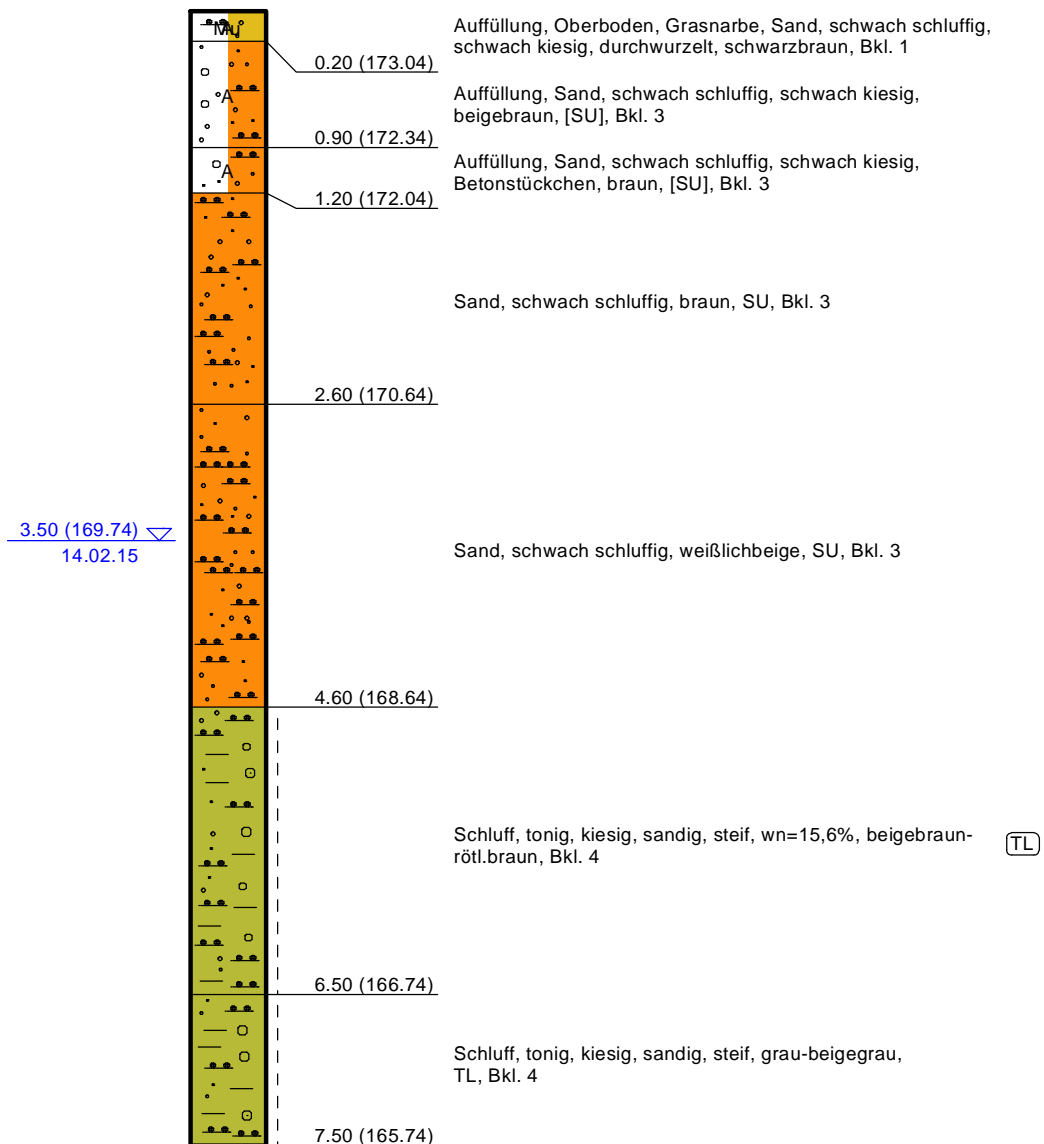
Sand, kiesig, schwach schluffig, braungrau, SU,
Bkl. 3

Sand, schwach schluffig, braun, SU, Bkl. 3



BS 20

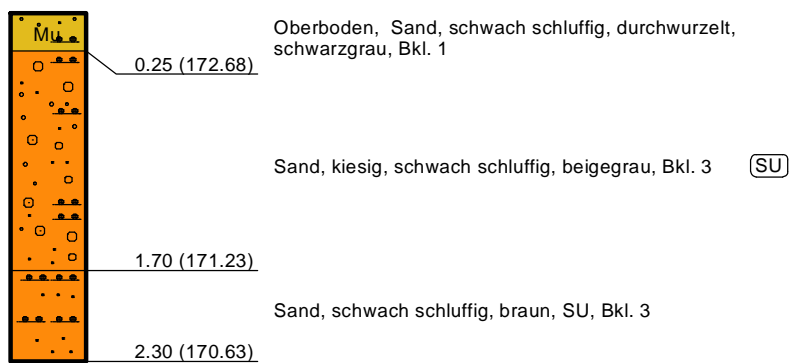
173,24 mNN





BS 21

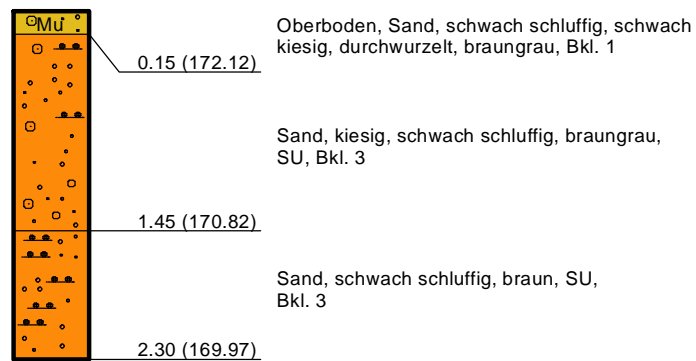
172,93 mNN





BS 22

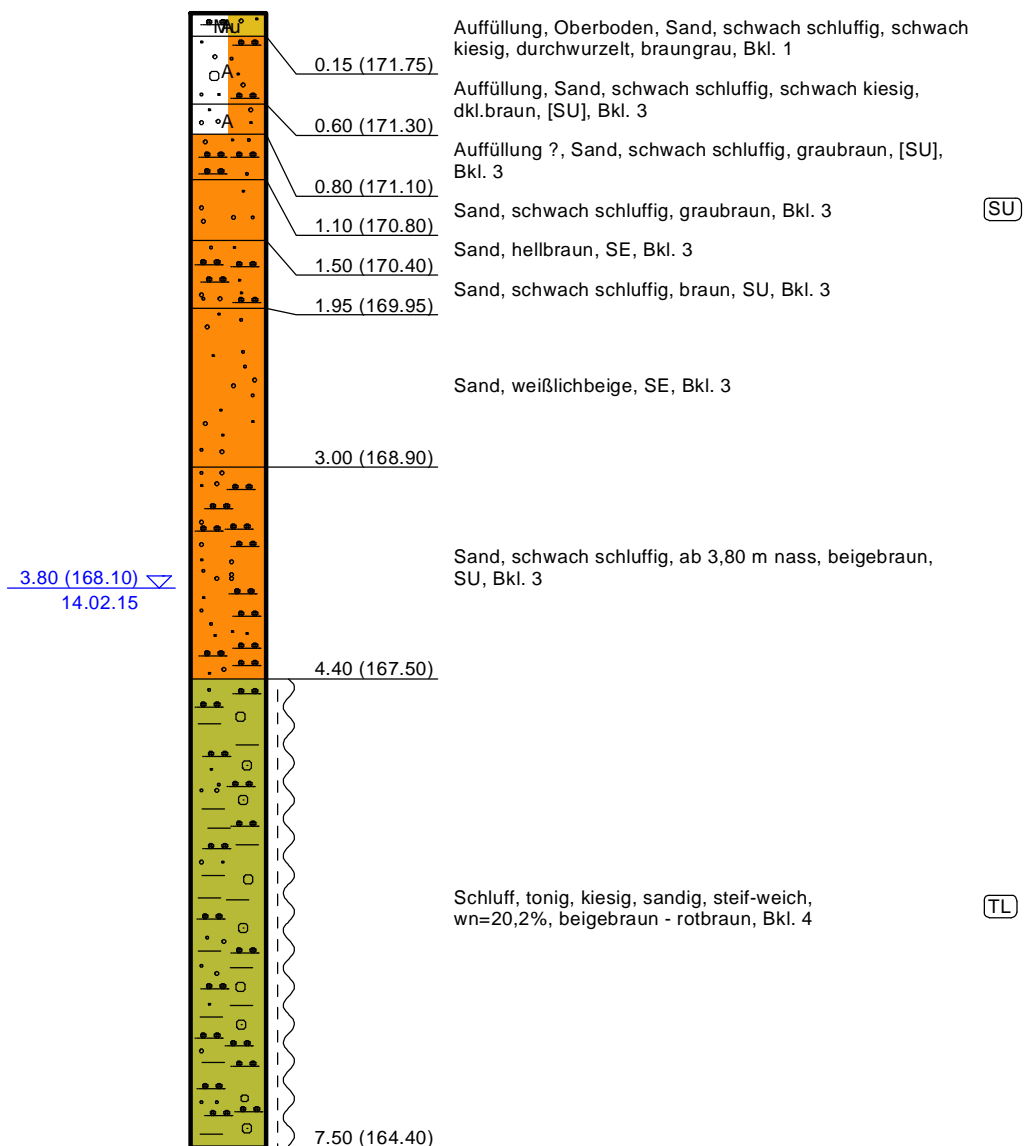
172,27 mNN





BS 23

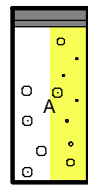
171,90 mNN





BS 24

170,48 mNN



0.08 (170.40)

Auffüllung, Betonpflasterstein, grau

0.12 (170.36)

Auffüllung, Beton, grau

Auffüllung, Kies, sandig, Ziegelreste, braungrau, [GW],
Bkl. 3

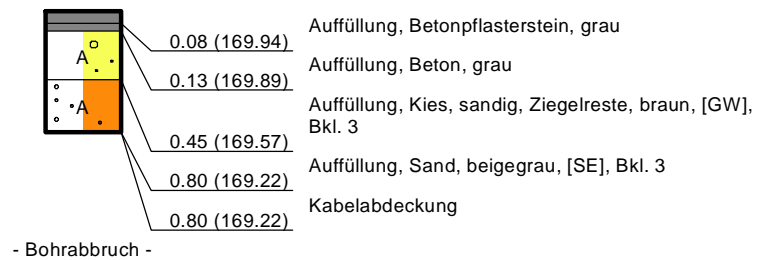
1.15 (169.33)

- Hoher Eindringwiderstand => Bohrabbruch -



BS 25

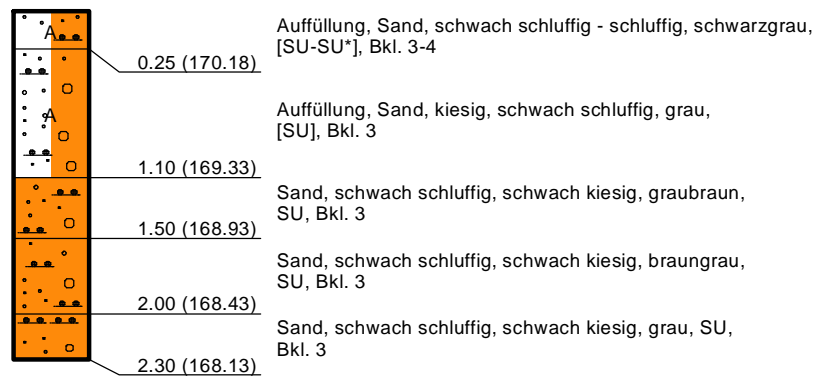
170,02 mNN





BS 26

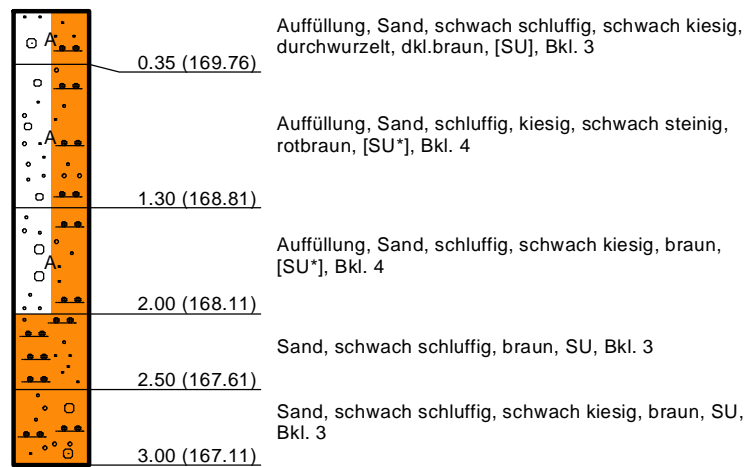
170,43 mNN





BS 27

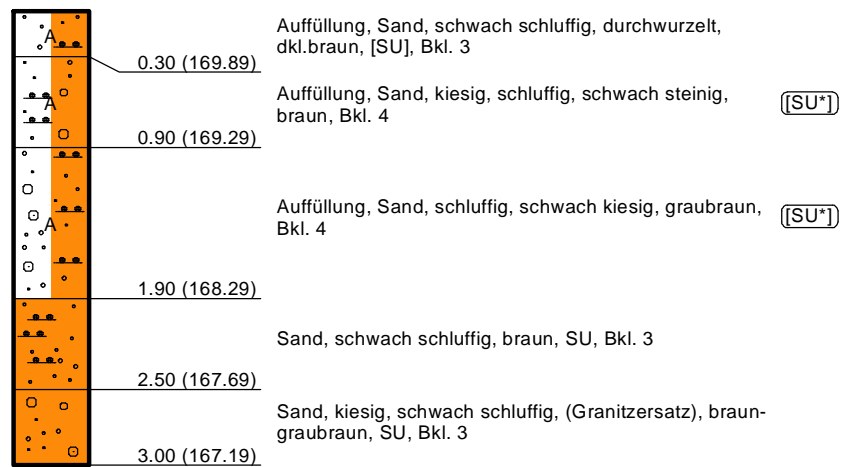
170,11 mNN





BS 28

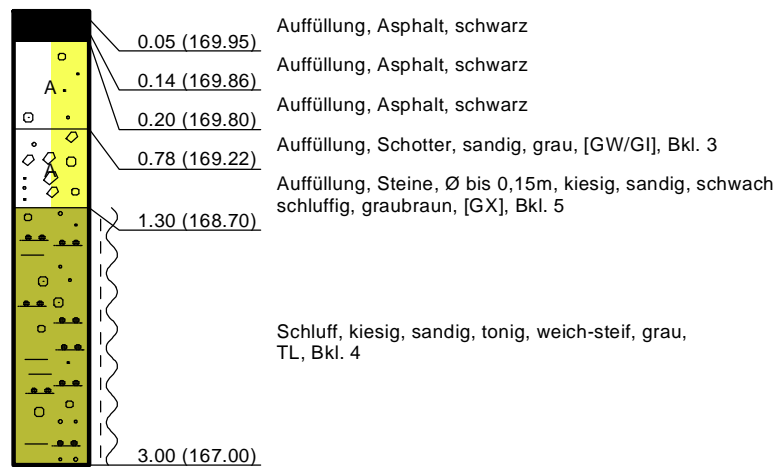
170,19 mNN





BS 29

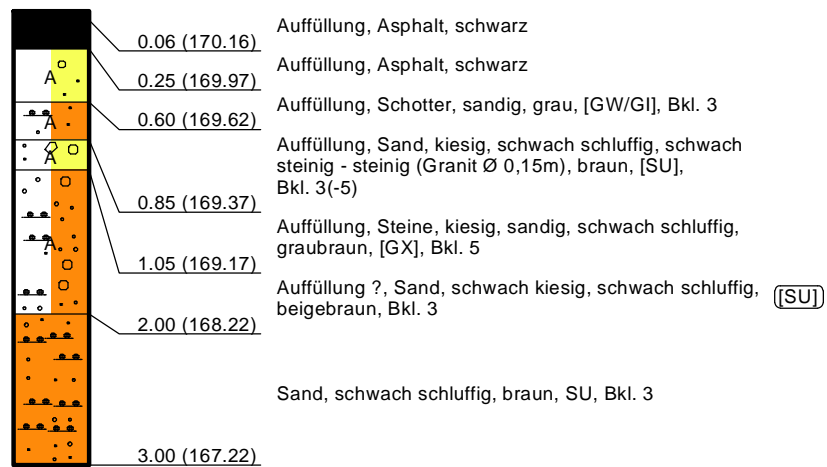
170,00 mNN





BS 30

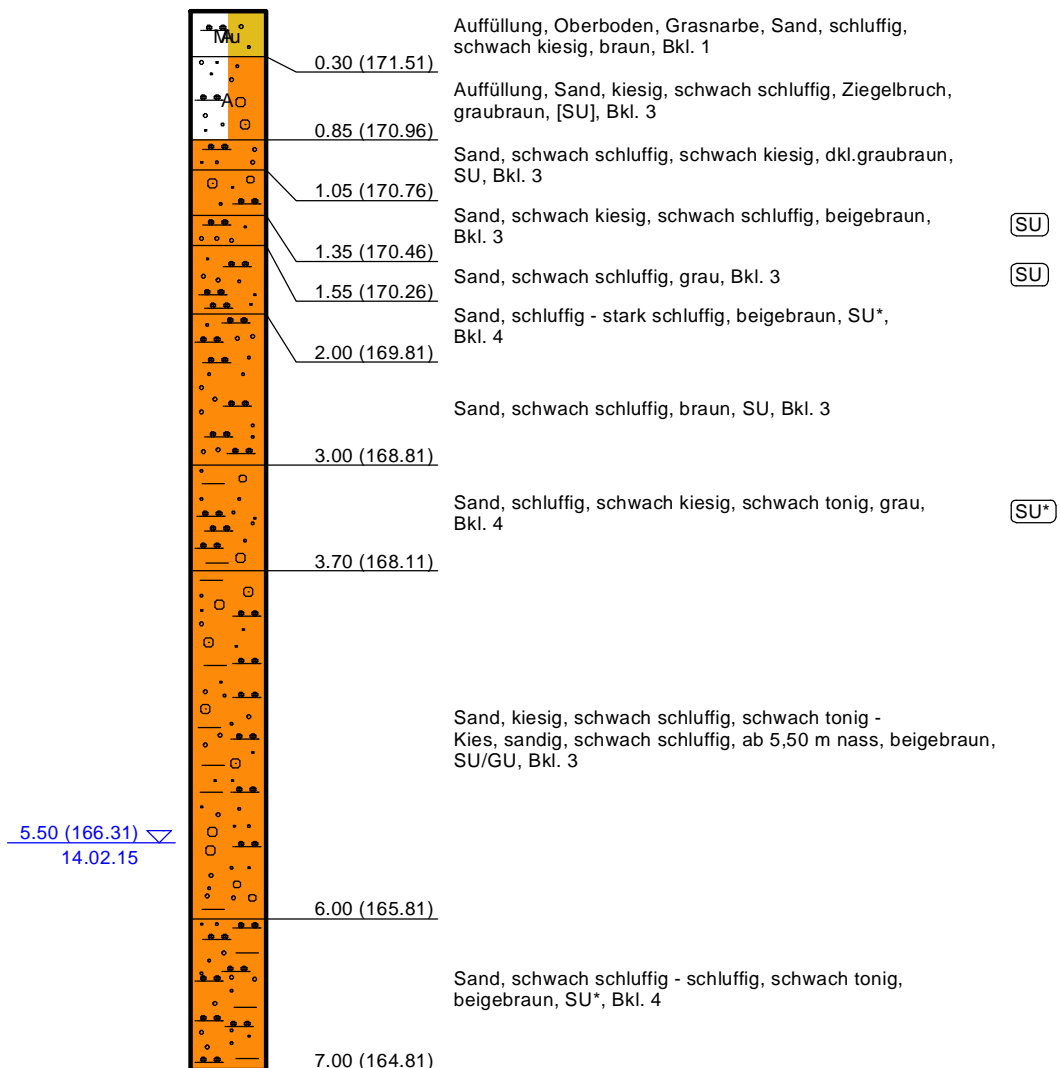
170,22 mNN





BS 31

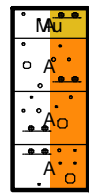
171,81 mNN





BS 32

172,38 mNN



Auffüllung, Oberboden, Schluff, stark sandig, kiesig,
braun, Bkl. 1

Auffüllung, Sand, schwach schluffig - schluffig, schwach
kiesig, steife Matrix, braun, [SU-SU*], Bkl. 3-4

Auffüllung, Sand, kiesig - stark kiesig, schluffig,
grau, [SU*], Bkl. 4

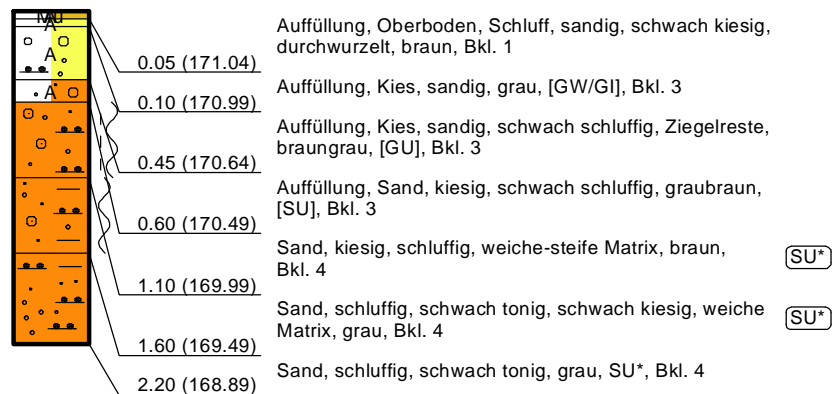
Auffüllung ?, Sand, kiesig, schluffig, grau, [SU*],
Bkl. 4

- Hoher Eindringwiderstand => Bohrabbruch -




BS 33

171,09 mNN

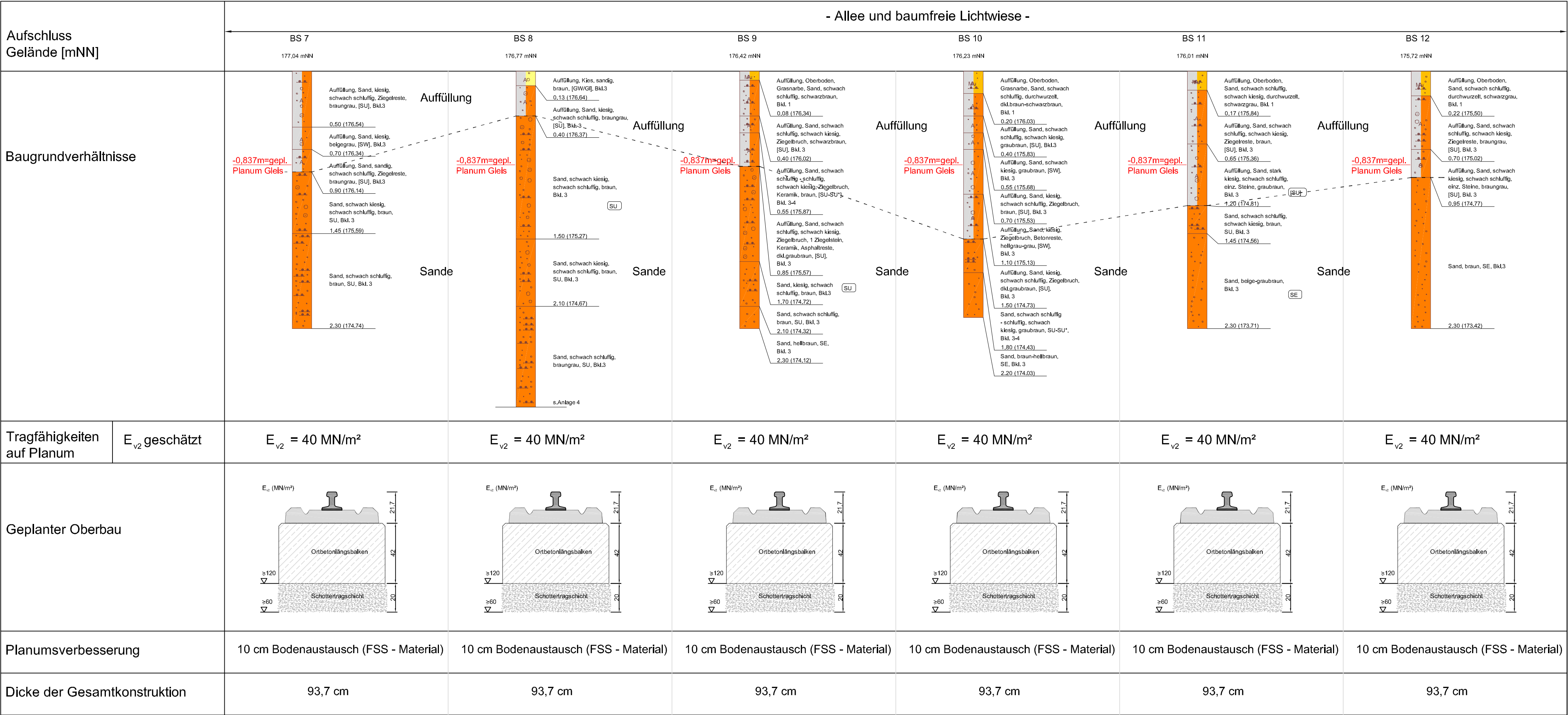


Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Darmstadt

		- Straßenbahnhaltestelle Hochschulstadion + Bushaltestelle Hochschulstadion -					
Aufschluss Gelände [mNN]		BS 1 176,38 mNN	BS 2 176,85 mNN	BS 3 176,49 mNN	BS 4 176,85 mNN	BS 5 177,67 mNN	BS 6 178,69 mNN
Baugrundverhältnisse							
Tragfähigkeiten auf Planum	E _{v2} geschätzt	E _{v2} = 45 MN/m ²	E _{v2} = 30 MN/m ²	E _{v2} = 20 MN/m ²	E _{v2} = 45 MN/m ²	E _{v2} = 45 MN/m ²	E _{v2} = 45 MN/m ²
Geplanter Oberbau							
Planumsverbesserung	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	10 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	20 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	
Dicke der Gesamtkonstruktion	83,7 cm	93,7 cm	103,7 cm	83,7 cm	83,7 cm	83,7 cm	

Projekt: Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Darmstadt				
Übersichtsplan mit Bauvorschlägen - Straßenbahnhaltestelle Hochschulstadion + Bushaltestelle Hochschulstadion -	Anlage:	5	Blatt:	1
	Maßstab:			
	IBES Projekt Nr.:	14.369.1		
	gezeichnet:	04.03.2015	Tylec	
	ergänzt:			
	geprüft:	09.03.2015	Schindhelm	
Bauherr/Auftraggeber: Mailänder Consult GmbH Mathystraße 13 76133 Karlsruhe		IBES Baugrundinstitut GmbH Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen 		
		Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Wstr.; Tel.: (06321) 99 96 00, Fax: (06321) 49 96 29		

Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Darmstadt



Projekt:

Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Darmstadt

Übersichtsplan mit Bauvorschlügen - Allee und baumfreie Lichtwiese -

Anlage:

5

Blatt:

2

IBES Projekt Nr.:

14.369.1

gezeichnet:

04.03.2015

Tylec

ergänzt:

geprüft:

09.03.2015

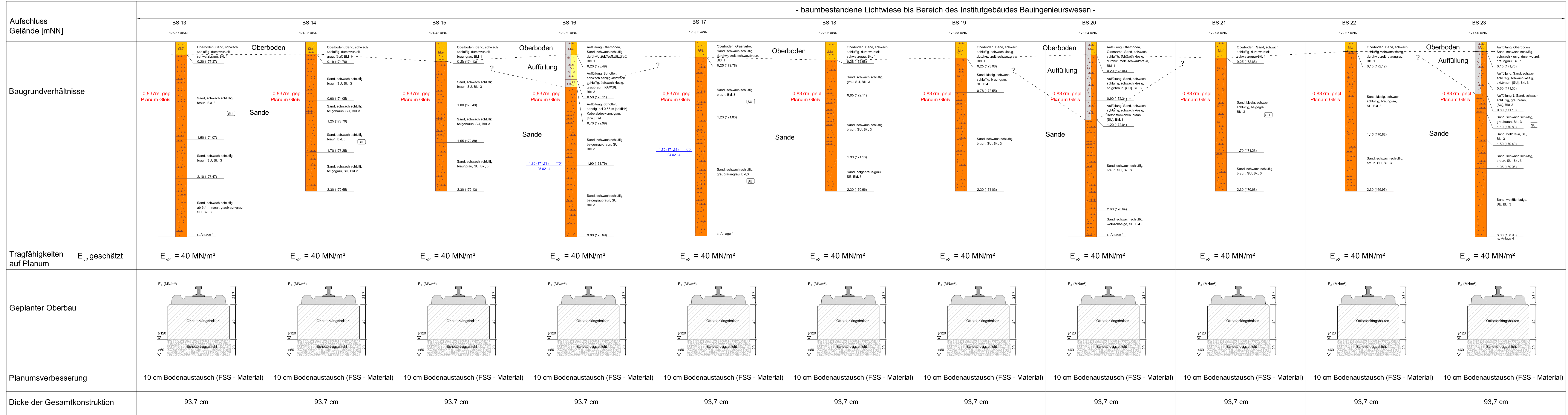
Schindhelm

Bauherr-/Auftraggeber:

Mailänder Consult GmbH
Mathystraße 13
76133 Karlsruhe

IBES Baugrundinstitut GmbH
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen
Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Wstr.; Tel.: (06321) 99 96 00, Fax: (06321) 49 96 29

Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Darmstadt



Projekt:

Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Darmstadt

Übersichtsplan mit Bauvorschlügen

- baumbestandene Lichtwiese bis Bereich des Institutgebäudes Bauingenieurswesen -

Bauherr/Auftraggeber:

Malländer Consult GmbH
Mathystraße 13
76133 Karlsruhe

IBES Baugrundinstitut GmbH

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen

Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/Werr.; Tel.: (06321) 49 96 00, Fax: (06321) 49 96 29

Anlage: 5

Blatt: 3

Maßstab:

IBES Projekt Nr.: 14.369.1

gezeichnet: 04.03.2015

Tylec

ergänzt:

geprüft: 09.03.2015


Schindhelm

Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Darmstadt

Aufschluss Gelände [mNN]		- Institutgebäude Bauingenieurswesen bis Franziska-Braun-Straße -		- Wendeschleife -			
		BS 24 170,48 mNN	BS 25 170,02 mNN	BS 26 170,43 mNN	BS 31 171,81 mNN	BS 32 172,38 mNN	BS 33 171,09 mNN
Baugrundverhältnisse		<p>Auffüllung, Betonpflasterstein, grau 0,08 (170,40) Auffüllung, Beton, grau 0,12 (170,36) Auffüllung, Kies, sandig, Ziegelreste, braungrau, [GW], Bkl. 3 1,15 (169,33) - Hoher Eindringwiderstand => Bohrabbruch -</p>	<p>Auffüllung, Betonpflasterstein, grau 0,08 (169,94) Auffüllung, Beton, grau 0,13 (169,89) Auffüllung, Kies, sandig, Ziegelreste, braun, [GW], Bkl. 3 0,45 (169,57) Auffüllung, Sand, beige, [SE], Bkl. 3 0,80 (169,22) Kabelabdeckung 0,80 (169,22) - Bohrabbruch -</p>	<p>Auffüllung, Sand, schwach schluffig - schluffig, schwarzgrau, [SU-SU*], Bkl. 3-4 0,25 (170,18) Auffüllung, Sand, kiesig, schwach schluffig, grau, [SU], Bkl. 3 4,10 (169,33) Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, graubraun, SU, Bkl. 3 1,50 (168,93) Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, braungrau, SU, Bkl. 3 1,55 (170,26) Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, grau, SU, Bkl. 3 2,00 (168,43) Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, grau, SU, Bkl. 3 2,30 (168,13)</p>	<p>Auffüllung, Oberboden, Grünarbeits, Sand, schluffig, schwach kiesig, braun, Bkl. 1 0,30 (171,51) Auffüllung, Sand, kiesig, schwach schluffig, Ziegelbruch, graubraun, [SU], Bkl. 3 0,85 (170,96) Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, dkl. graubraun, SU, Bkl. 3 1,05 (170,76) Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, beige, Bkl. 3 1,35 (170,46) Sand, schwach schluffig, grau, Bkl. 3 1,55 (170,26) Sand, schluffig - stark schluffig, beige, SU*, Bkl. 4 2,00 (169,81) Sand, schwach schluffig, braun, SU, Bkl. 3 3,00 (168,81) s. Anlage 4</p>	<p>Auffüllung, Oberboden, Schluff, stark sandig, kiesig, braun, Bkl. 1 0,20 (172,18) Auffüllung, Sand, schwach schluffig - schluffig, schwach kiesig, steife Matrix, braun, [SU-SU*], Bkl. 3-4 0,55 (171,83) Auffüllung, Sand, kiesig - stark kiesig, schluffig, grau, [SU*], Bkl. 4 0,90 (171,48) Auffüllung ? Sand, kiesig, schluffig, grau, [SU*], Bkl. 4 1,20 (171,18) - Hoher Eindringwiderstand => Bohrabbruch -</p>	<p>Auffüllung, Oberboden, Schluff, sandig, schwach kiesig, durchwurzelt, braun, Bkl. 1 0,05 (171,04) Auffüllung, Kies, sandig, grau, [GW/Gf], Bkl. 3 0,10 (170,99) Auffüllung, Kies, sandig, schwach schluffig, Ziegelreste, braungrau, [GU], Bkl. 3 0,45 (170,64) Auffüllung, Sand, kiesig, schwach schluffig, graubraun, [SU], Bkl. 3 0,60 (170,49) Sand, kiesig, schluffig, weiche-steife Matrix, braun, Bkl. 4 1,10 (169,99) Sand, schluffig, schwach tonig, schwach kiesig, weiche Matrix, grau, Bkl. 4 1,60 (169,49) Sand, schluffig, schwach tonig, grau, SU*, Bkl. 4 2,20 (168,89)</p>
Tragfähigkeiten auf Planum	E_{v2} geschätzt	$E_{v2} = 60 \text{ MN/m}^2$	unzureichende Aufschlusstiefe	$E_{v2} = 40 \text{ MN/m}^2$	$E_{v2} = 40 \text{ MN/m}^2$	$E_{v2} = 20 \text{ MN/m}^2$	$E_{v2} = 20 \text{ MN/m}^2$
Geplanter Oberbau							
Planumsverbesserung	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	unzureichende Aufschlusstiefe	10 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	10 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	30 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	30 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	
Dicke der Gesamtkonstruktion	83,7 cm	unzureichende Aufschlusstiefe	93,7 cm	93,7 cm	113,7 cm	113,7 cm	


Projekt:

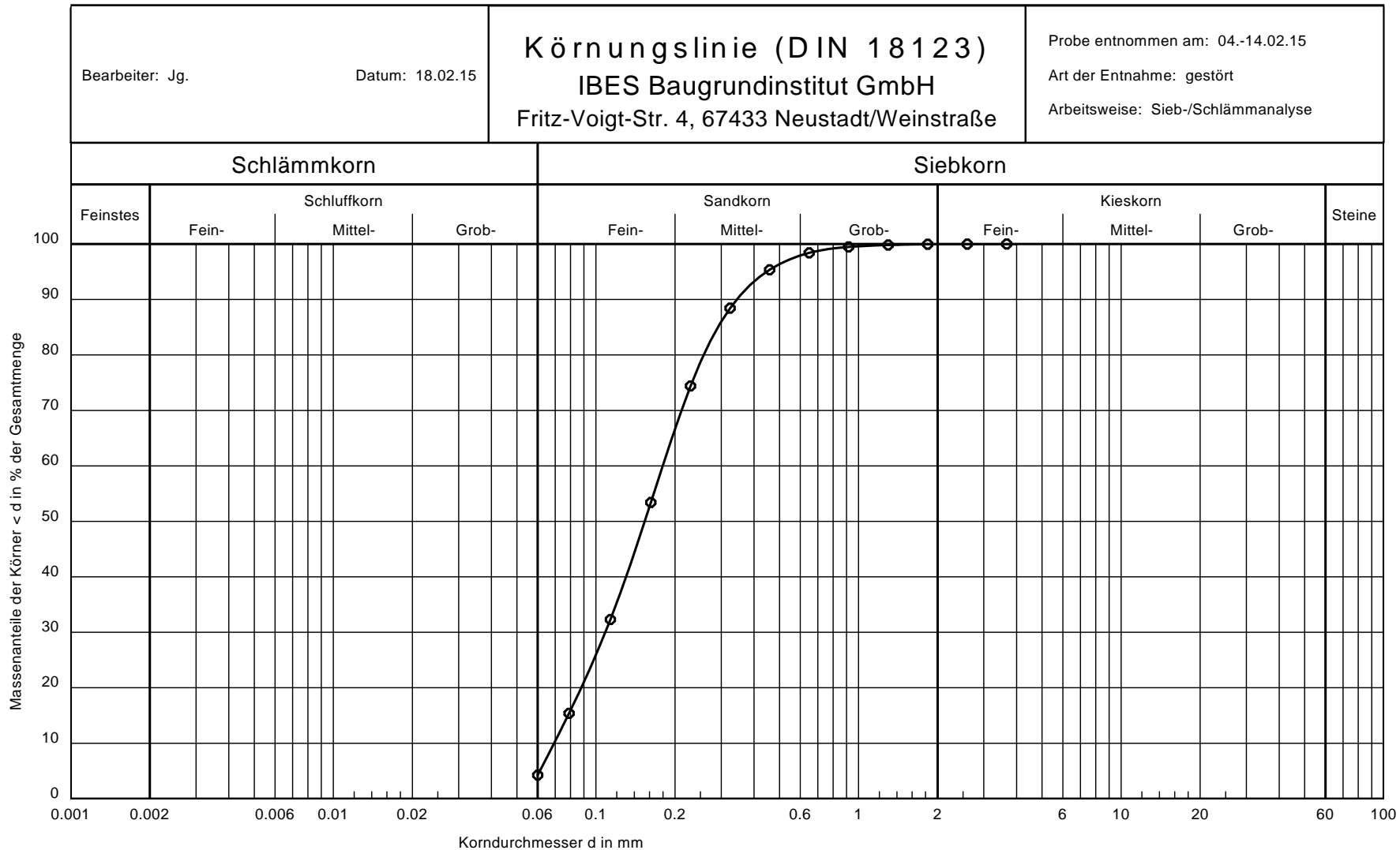
Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese,
Linie 2, Darmstadt

<div>Übersichtsplan mit Bauvorschlägen</div> <div>- Institutgebäude Bauingenieurswesen bis Franziska-Braun-Straße und Wendeschleife -</div>	Anlage:	5	Blatt:	4
	Maßstab:			
	IBES Projekt Nr.:	14.369,1		
	gezeichnet:	04.03.2015	Tylec	
	ergänzt:			
	geprüft:	09.03.2015	Schindhelm	
<div>Bauherr:/Auftraggeber:</div> <div>Mailänder Consult GmbH Mathystraße 13 76133 Karlsruhe</div>	<div>IBES Baugrundinstitut GmbH</div> <div>Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen</div> <div></div> <div>Fritz-Voigt-Str. 4, 67433 Neustadt/West; Tel.: (06321) 49 96 00, Fax: (06321) 49 96 29</div>			

Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Darmstadt

Aufschluss Gelände [mNN]		- Bstg. Haltestelle Hochschulstadion West -		- Bstg. Haltestelle Hochschulstadion Ost -		- Bstg. Bushaltestelle Hochschulstadion -		- Bstg. Endhaltestelle Campus Lichtwiese Nord -		- Bstg. Endhaltestelle Campus Lichtwiese Süd -	
		BS 1 176,38 mNN	BS 2 176,85 mNN	BS 3 176,49 mNN	BS 4 176,85 mNN	BS 5 177,87 mNN	BS 6 178,69 mNN	BS 27 170,11 mNN	BS 28 170,19 mNN	BS 29 170,00 mNN	BS 30 170,22 mNN
Baugrundverhältnisse		<div><p>-0,20m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Oberboden, Sand, schwach schluffig - schluffig, braungrau, Bkl. 1 0,10 (176,28)</p><p>Sand, schwach schluffig, braungrau, SU, Bkl. 3 0,80 (175,58)</p><p>Sand, braun, Bkl. 3 (SE)</p><p>1,50 (174,88)</p><p>Sand, beige-grau, SE, Bkl. 3 2,00 (174,38)</p><p>Sand, beige-grau, SE, Bkl. 3 3,00 (173,38)</p></div>	<div><p>-0,40m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Auffüllung, Betonpflastersteine, grau 0,08 (176,77)</p><p>Auffüllung, Sand, kiesig, beige-grau, [SW], Bkl.3 0,12 (176,73)</p><p>Auffüllung, Schotter, sandig, grau, [GW/G], Bkl. 3 0,80 (176,05)</p><p>Sand, schwach schluffig, schwach tonig, feucht, braun, Bkl. 4 (SU⁺)</p><p>1,45 (175,40)</p><p>Sand, beige-braun, SE, Bkl. 3 2,50 (174,35)</p><p>Sand, schwach kiesig, schwach schluffig, braungrau, SU, Bkl. 3 3,00 (173,85)</p></div>	<div><p>-0,27m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Auffüllung, Oberboden, Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, schwarz-graubraun, Bkl. 1 0,27 (176,22)</p><p>Auffüllung, Sand, kiesig, Bauschutt-/Beton-/Asphaltreste, beige-grau, [SW], Bkl.5 0,60 (175,88)</p><p>Auffüllung, Sand, schluffig, schwach kiesig, braun, [SU⁺], Bkl. 4 0,70 (175,79)</p><p>Auffüllung, Sand, schluffig, kiesig, schwach tonig, Ziegelreste, braun, Bkl. 4 (SU⁺)</p><p>1,20 (175,29)</p><p>Schluff, sandig, tonig, steif, v_{nn}=21,1%, braun, Bkl. 4 (TM)</p><p>1,85 (174,64)</p><p>Sand, beige-braun, Bkl.3 (SE)</p><p>2,70 (173,79)</p><p>Sand, schwach kiesig, schwach schluffig, grau, SU, Bkl. 3 3,00 (173,49)</p></div>	<div><p>-0,40m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Auffüllung, Betonpflastersteine, grau 0,08 (176,77)</p><p>Auffüllung, Sand, schwach kiesig, beige-grau, [S], Bkl. 3 0,12 (176,73)</p><p>Auffüllung, Schotter, sandig, grau, [GW/G], Bkl. 3 0,24 (176,61)</p><p>Auffüllung, Sand, kiesig, beige-grau, [SW], Bkl. 3 0,40 (176,45)</p><p>Auffüllung, Steine, kiesig, sandig, schwach schluffig, braungrau, [GX], Bkl.5 0,70 (176,15)</p><p>Sand, kiesig, schwach schluffig, braun, SU, Bkl. 3 1,30 (175,55)</p><p>Sand, stark schluffig, braun, SU⁺, Bkl. 4 1,80 (175,05)</p><p>Sand, braun, SE, Bkl.3 2,50 (174,35)</p><p>Sand, schwach schluffig, kiesig, graubraun, SU, Bkl. 3 3,00 (173,85)</p></div>	<div><p>-0,20m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Auffüllung, Betonpflastersteine, grau 0,05 (177,62)</p><p>Auffüllung, Sand, schwach kiesig - kiesig, beige-grau, [SW], Bkl. 3 0,55 (177,12)</p><p>Auffüllung, Steine, kiesig, sandig, schwach schluffig, braungrau, [GX], Bkl.5 0,99 (176,77)</p><p>Sand, schwach schluffig, braun, Bkl. 3 (SU)</p><p>2,00 (175,67)</p><p>Sand, schwach schluffig, braun, SU, Bkl. 3 3,00 (174,67)</p></div>	<div><p>-0,20m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Auffüllung, Betonpflastersteine, grau 0,08 (178,61)</p><p>Auffüllung, Sand, schwach kiesig, beige-grau, [SW], Bkl. 3 0,12 (178,57)</p><p>Auffüllung, Schotter, sandig, grau, [GW/G], grau, Bkl. 3 0,30 (178,39)</p><p>Auffüllung, Magerbeton, beige-grau 0,50 (178,19)</p><p>Auffüllung, Steine, kiesig, sandig, schwach schluffig, braungrau, [GX], Bkl. 5 0,80 (177,89)</p><p>Sand, schwach schluffig, braun, SU, Bkl. 3 3,00 (175,69)</p></div>	<div><p>-0,20m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Auffüllung, Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, durchwurzelt, dkl.braun, [SU], Bkl. 3 0,35 (169,76)</p><p>Auffüllung, Sand, schluffig, kiesig, schwach steinig, rotbraun, [SU⁺], Bkl.4 1,30 (168,81)</p><p>Auffüllung, Sand, schluffig, schwach kiesig, braun, [SU⁺], Bkl. 4 2,00 (168,11)</p><p>Sand, schwach schluffig, braun, [SU], Bkl. 3 2,50 (167,61)</p><p>Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, braun, [SU], Bkl. 3 3,00 (167,11)</p></div>	<div><p>-0,20m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Auffüllung, Sand, schwach schluffig, durchwurzelt, dkl.braun, [SU], Bkl.3 0,30 (169,89)</p><p>Auffüllung, Sand, kiesig, schluffig, schwach steinig, braun, Bkl. 4 0,90 (169,29)</p><p>Auffüllung, Schotter, sandig, grau, [GW/G], Bkl. 3 0,75 (169,22)</p><p>Auffüllung, Sand, schluffig, schwach kiesig, graubraun, Bkl. 4 1,90 (168,29)</p><p>Sand, schwach schluffig, braun, SU, Bkl. 3 2,50 (167,69)</p><p>Sand, kiesig, schwach schluffig, (Granitzersatz), braun-graubraun, SU, Bkl. 3 3,00 (167,19)</p></div>	<div><p>-0,20m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Auffüllung, Asphalt, schwarz 0,05 (169,95)</p><p>Auffüllung, Asphalt, schwarz 0,14 (169,86)</p><p>Auffüllung, Asphalt, schwarz 0,20 (169,80)</p><p>Auffüllung, Schotter, sandig, grau, [GW/G], Bkl. 3 0,60 (169,62)</p><p>Auffüllung, Sand, kiesig, schwach schluffig, schwach steinig - steinig (Granit Ø 0,15m), braun, [SU], Bkl. 3(45) 0,85 (169,37)</p><p>Auffüllung, Steine, kiesig, sandig, schwach schluffig, graubraun, [GX], Bkl.5 1,30 (168,70)</p><p>Schluff, kiesig, sandig, tonig, weich-stetig, grau, TL, Bkl. 4 3,00 (167,00)</p></div>	<div><p>-0,25m=gepl. Planum Bstg.</p><p>Auffüllung, Asphalt, schwarz 0,06 (170,16)</p><p>Auffüllung, Asphalt, schwarz 0,25 (169,97)</p><p>Auffüllung, Schotter, sandig, grau, [GW/G], Bkl. 3 0,60 (169,62)</p><p>Auffüllung, Sand, kiesig, schwach schluffig, schwach steinig - steinig (Granit Ø 0,15m), braun, [SU], Bkl. 3(45) 0,85 (169,37)</p><p>Auffüllung, Steine, kiesig, sandig, schwach schluffig, graubraun, [GX], Bkl.5 1,05 (169,17)</p><p>Auffüllung ? Sand, schwach kiesig, schwach schluffig, beige-braun, Bkl. 3 2,00 (168,22)</p><p>Sand, schwach schluffig, braun, SU, Bkl. 3 3,00 (167,22)</p></div>
Tragfähigkeiten auf Planum		E _{v2} geschätzt	E _{v2} = 45 MN/m ²	E _{v2} = 45 MN/m ²	E _{v2} = 45 MN/m ²	E _{v2} = 45 MN/m ²	E _{v2} = 45 MN/m ²	E _{v2} = 20 MN/m ²	E _{v2} = 20 MN/m ²	E _{v2} = 45 MN/m ²	E _{v2} = 45 MN/m ²
Geplanter Oberbau		RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3	RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3	RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3	RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3	RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3	RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3	RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3	RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3	RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3	RSiO 12, Tafel 6, Spalte 3
		<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>28 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>	<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>28 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>	<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>35 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>	<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>28 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>	<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>28 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>	<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>28 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>	<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>28 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>	<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>28 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>	<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>28 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>	<div><p>E_c (MN/m²)</p><p>≥80</p><p>8 cm Pflaster oder Betonsteinplatten</p><p>4 cm Brechsand-Splittergemisch 0/5</p><p>33 cm Schottertragschicht 0/32</p><p>≥45</p></div>
Planumsverbesserung		0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	20 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	20 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)	0 cm Bodenaustausch (FSS - Material)
Dicke der Gesamtkonstruktion		40 cm	40 cm	47 cm	40 cm	40 cm	40 cm	60 cm	60 cm	40 cm	45 cm

Projekt: <div style="text-align: center;"> <h1 style="margin: 0;">Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese, Linie 2, Darmstadt</h1> </div>				
<h2 style="margin: 0;">Übersichtsplan mit Bauvorschlägen</h2> <p style="margin: 0;">- Bahnsteige -</p>	Anlage:	5	Blatt:	5
	Maßstab:			
	IBES Projekt Nr.:	14.369.1		
	gezeichnet:	09.03.2015	Tylec	
	ergänzt:			
	geprüft:	09.03.2015	Schlindhelm	
Bauherr/Auftraggeber: <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start; padding-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p style="margin: 0;">Mailänder Consult GmbH</p> <p style="margin: 0;">Mathyastraße 13</p> <p style="margin: 0;">76133 Karlsruhe</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: right;"> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-between;"> <div> <p style="margin: 0;">IBES Baugrundinstitut GmbH</p> <p style="margin: 0;">Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Bauwesen</p> <p style="margin: 0; font-size: small;">Fritz-Vogt-Str. 4, 67433 Neudorf/Wehr, Tel: (06321) 49 96 00, Fax (06321) 49 96 29</p> </div>  </div> </div> </div>				

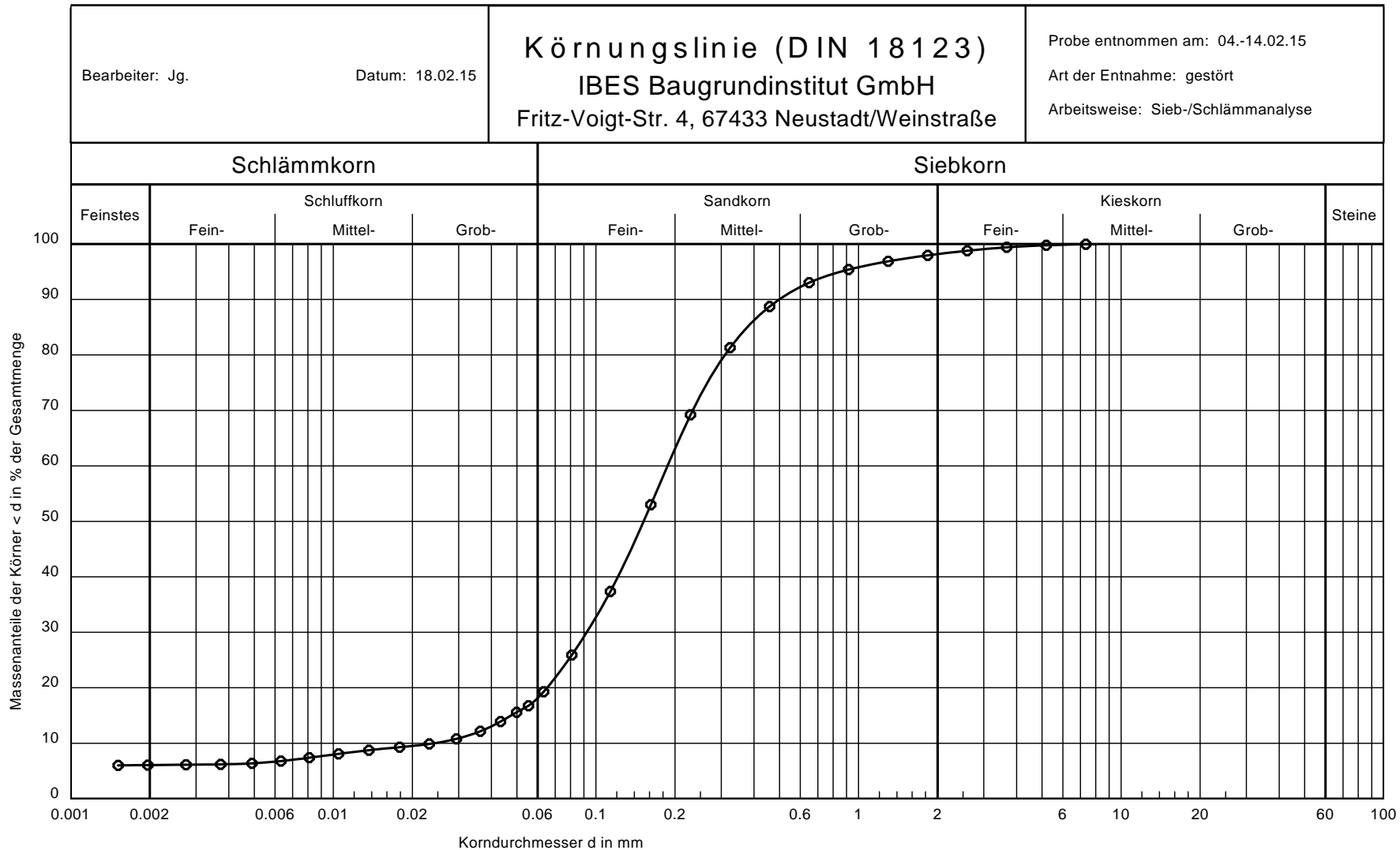


Labornummer:	1784
Bodenart:	S
Tiefe:	0,80 m - 1,50 m
k [m/s] (Beyer):	4.8 * 10 ⁻⁵
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 1
U/Cc	2.6/0.9
T/U/S/G [%]:	- /4.2/95.7/0.0
Bodengruppe:	SE
Signatur:	

14.369.1 Straßenbahnabbindung Campus Lichtwiese,
Linie 2, Darmstadt

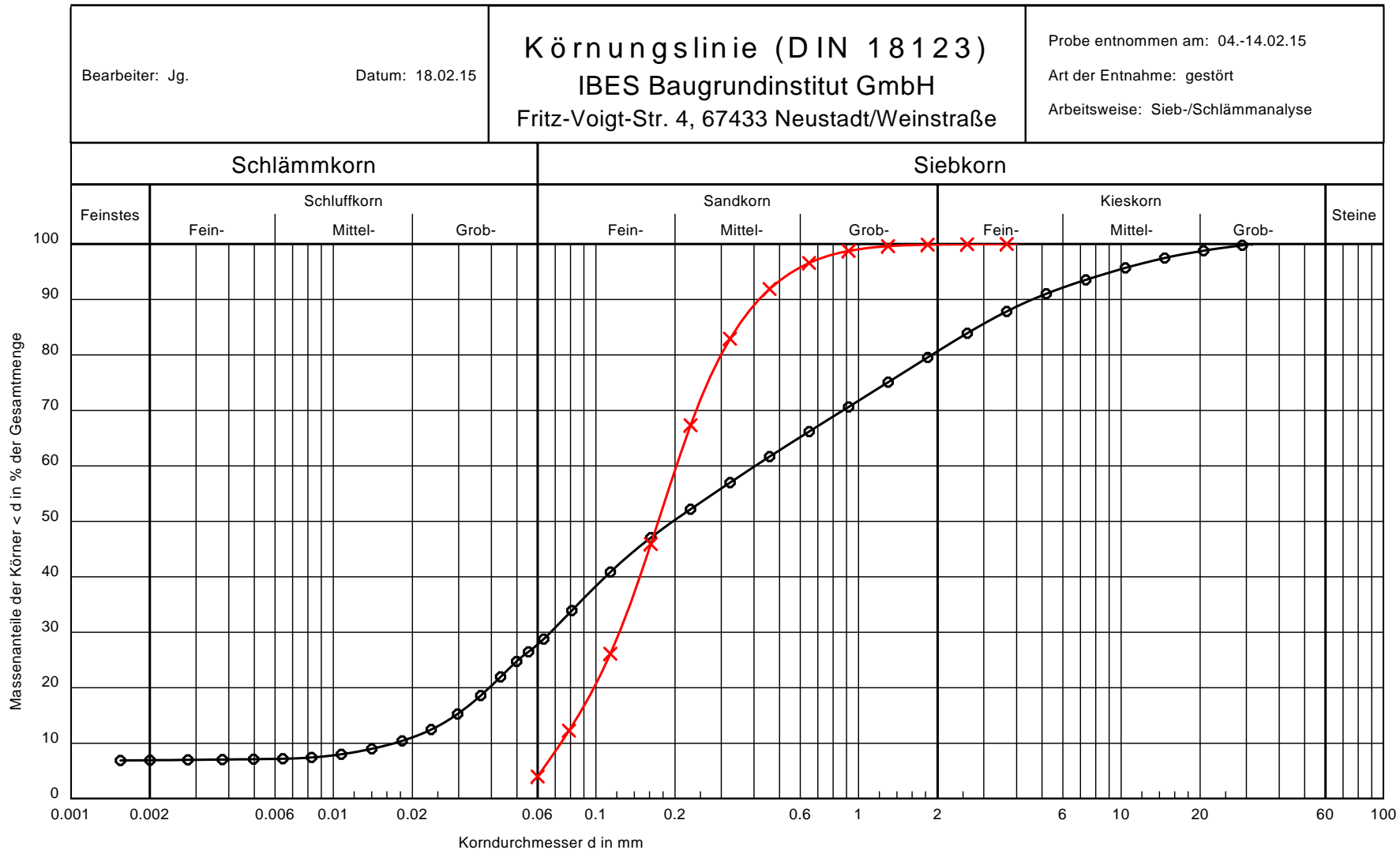
Anlage 6.1.1





Labornummer:	1789
Bodenart:	S, u', t'
Tiefe:	0,80 m - 1,45 m
k [m/s] (Beyer):	-
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 2
U/Cc	7.7/1.9
T/U/S/G [%]:	6.1/12.1/80.0/1.8
Bodengruppe:	SU*
Signatur:	



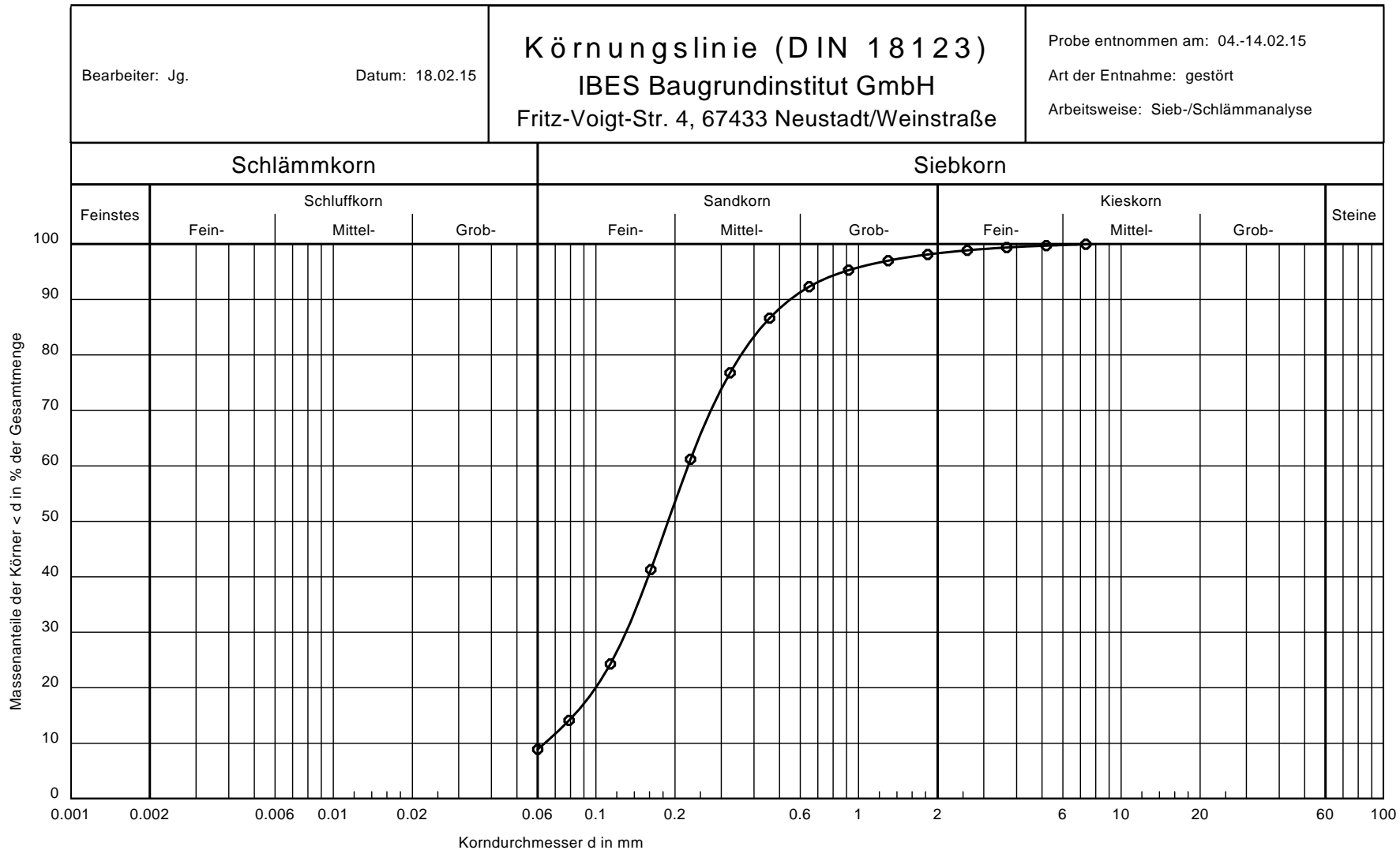


Labornummer:	1795	1797
Bodenart:	S, u, g, t'	S
Tiefe:	0,70 m - 1,20 m	1,85 m - 2,70 m
k [m/s] (Beyer):	-	$5.4 \cdot 10^{-5}$
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 3	Sondierbohrung 3
U/Cc	23.8/0.7	2.8/1.0
T/U/S/G [%]:	6.9/20.9/52.8/19.3	- /4.0/95.9/0.1
Bodengruppe:	SU*	SE
Signatur:		

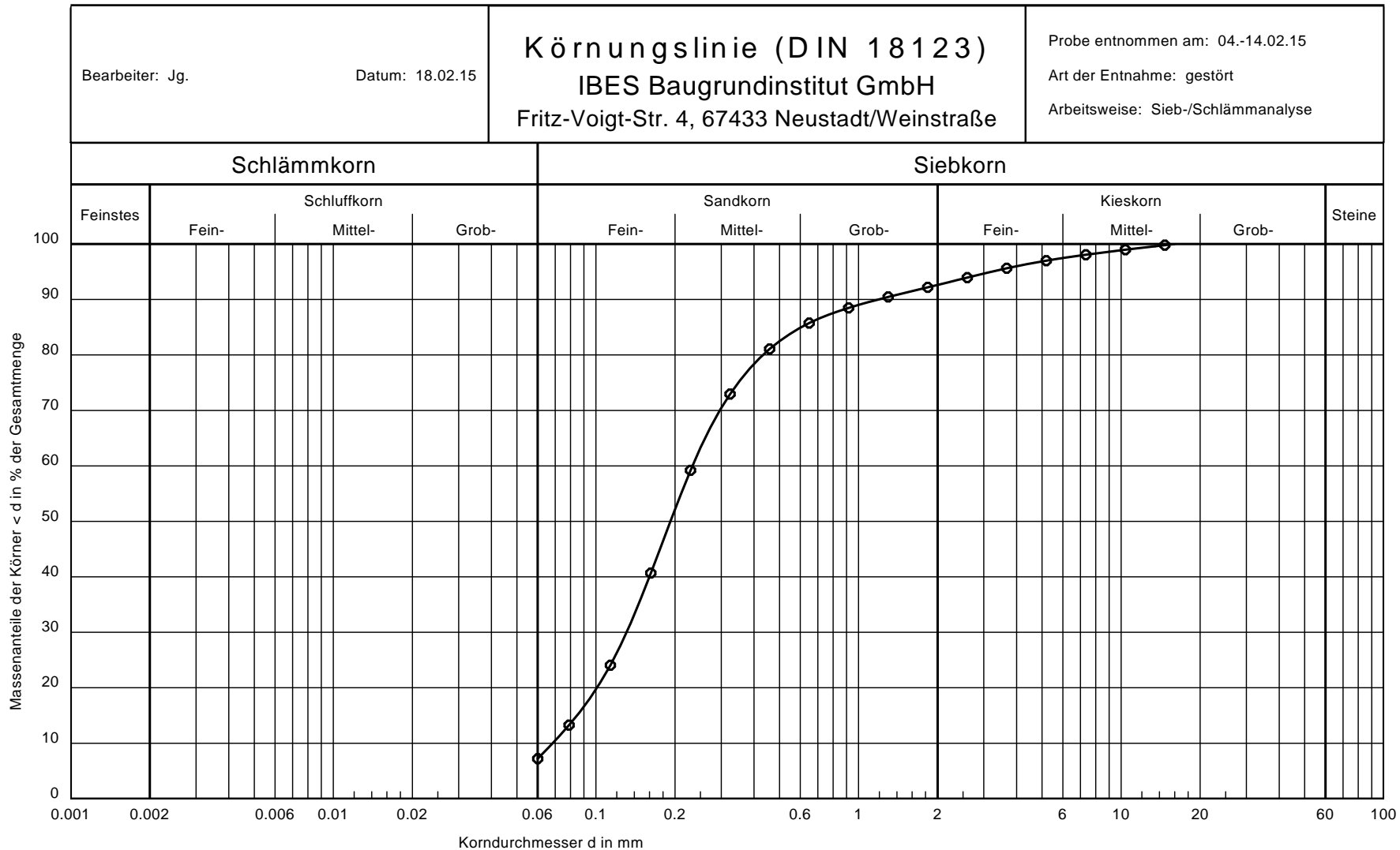
14.369.1 Straßenbahnbindung Campus Lichtwiese,
Linie 2, Darmstadt

Anlage 6.1.3

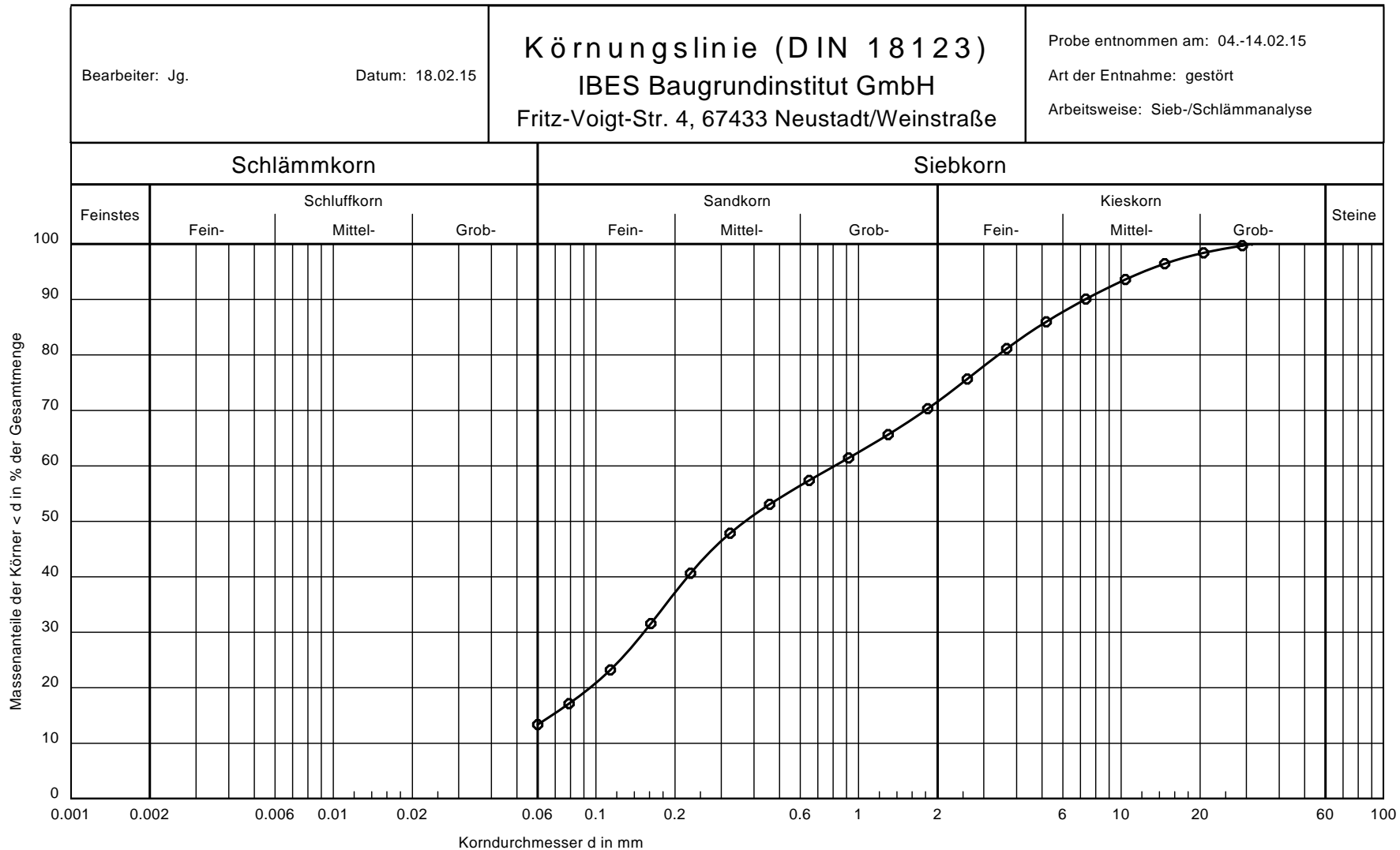




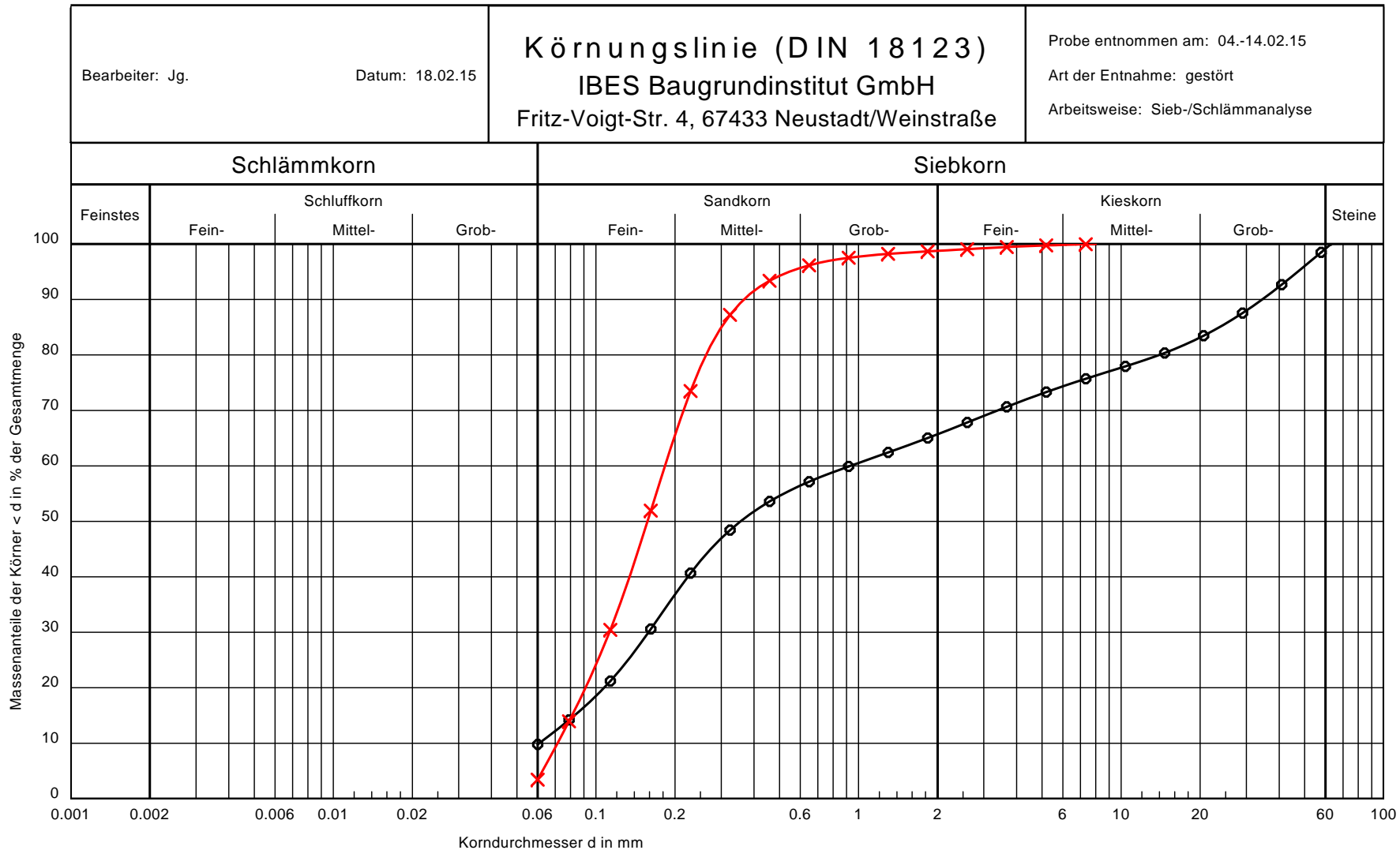
Labornummer:	1809
Bodenart:	S, u'
Tiefe:	0,90 m - 2,00 m
k [m/s] (Beyer):	3.7 * 10 ⁻⁵
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 5
U/Cc	3.5/1.2
T/U/S/G [%]:	- /8.9/89.4/1.7
Bodengruppe:	SU
Signatur:	



Labornummer:	1823
Bodenart:	S, g, u'
Tiefe:	0,40 m - 1,50 m
k [m/s] (Beyer):	4.2 * 10 ⁻⁵
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 8
U/Cc	3.4/1.1
T/U/S/G [%]:	- /7.2/85.4/7.4
Bodengruppe:	SU
Signatur:	



Labornummer:	1833
Bodenart:	S, g, u'
Tiefe:	0,85 m - 1,70 m
k [m/s] (Beyer):	-
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 9
U/Cc	-/-
T/U/S/G [%]:	- /13.4/58.2/28.4
Bodengruppe:	SU
Signatur:	

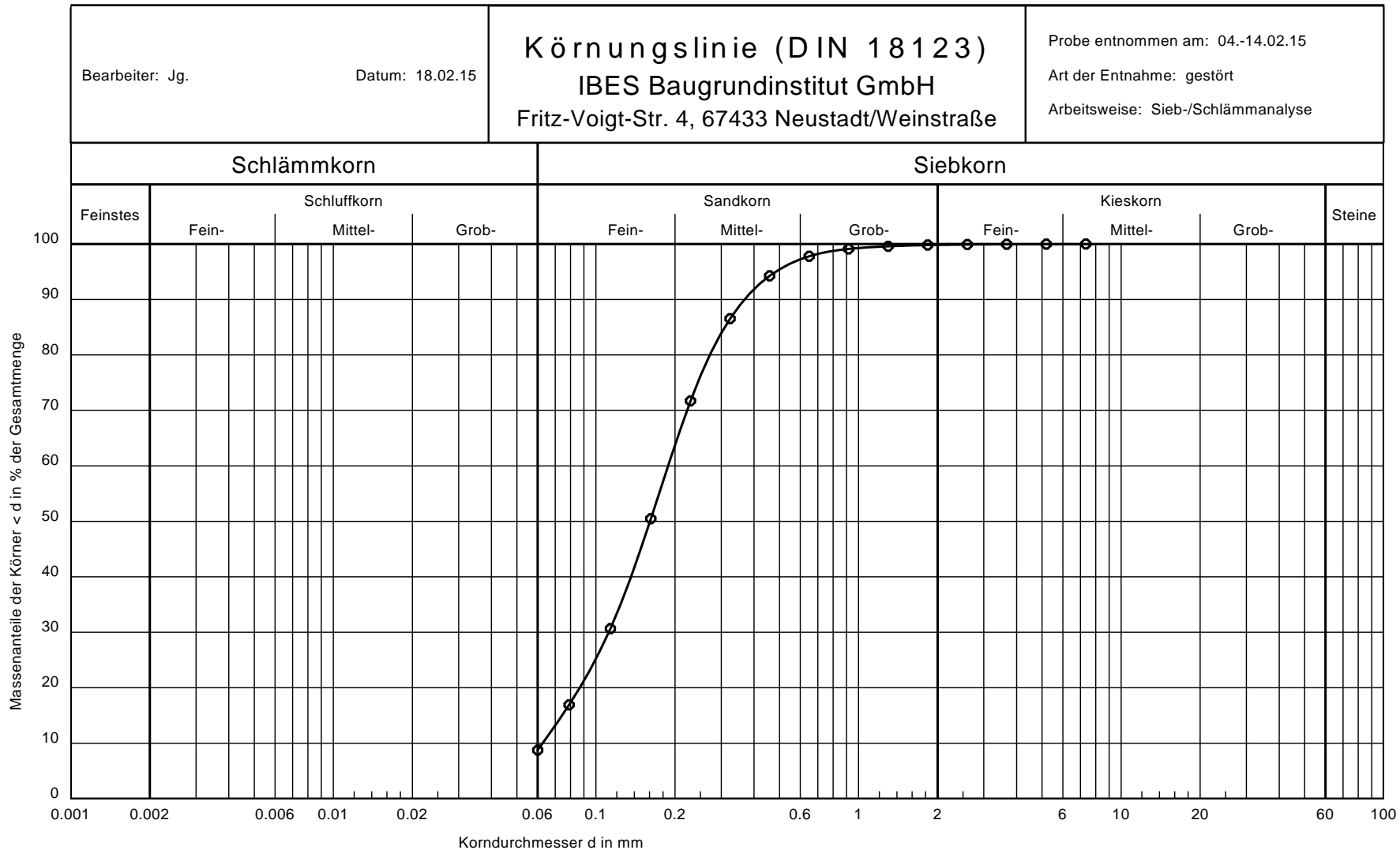


Labornummer:	1846	1848
Bodenart:	S, g, u'	S
Tiefe:	0,65 m - 1,20 m	1,45 m - 2,30 m
k [m/s] (Beyer):	$2.6 \cdot 10^{-5}$	$5.1 \cdot 10^{-5}$
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 11	Sondierbohrung 11
U/Cc	15.3/0.4	2.6/1.0
T/U/S/G [%]:	- /9.8/55.9/33.4	- /3.4/95.3/1.2
Bodengruppe:	SU	SE
Signatur:		

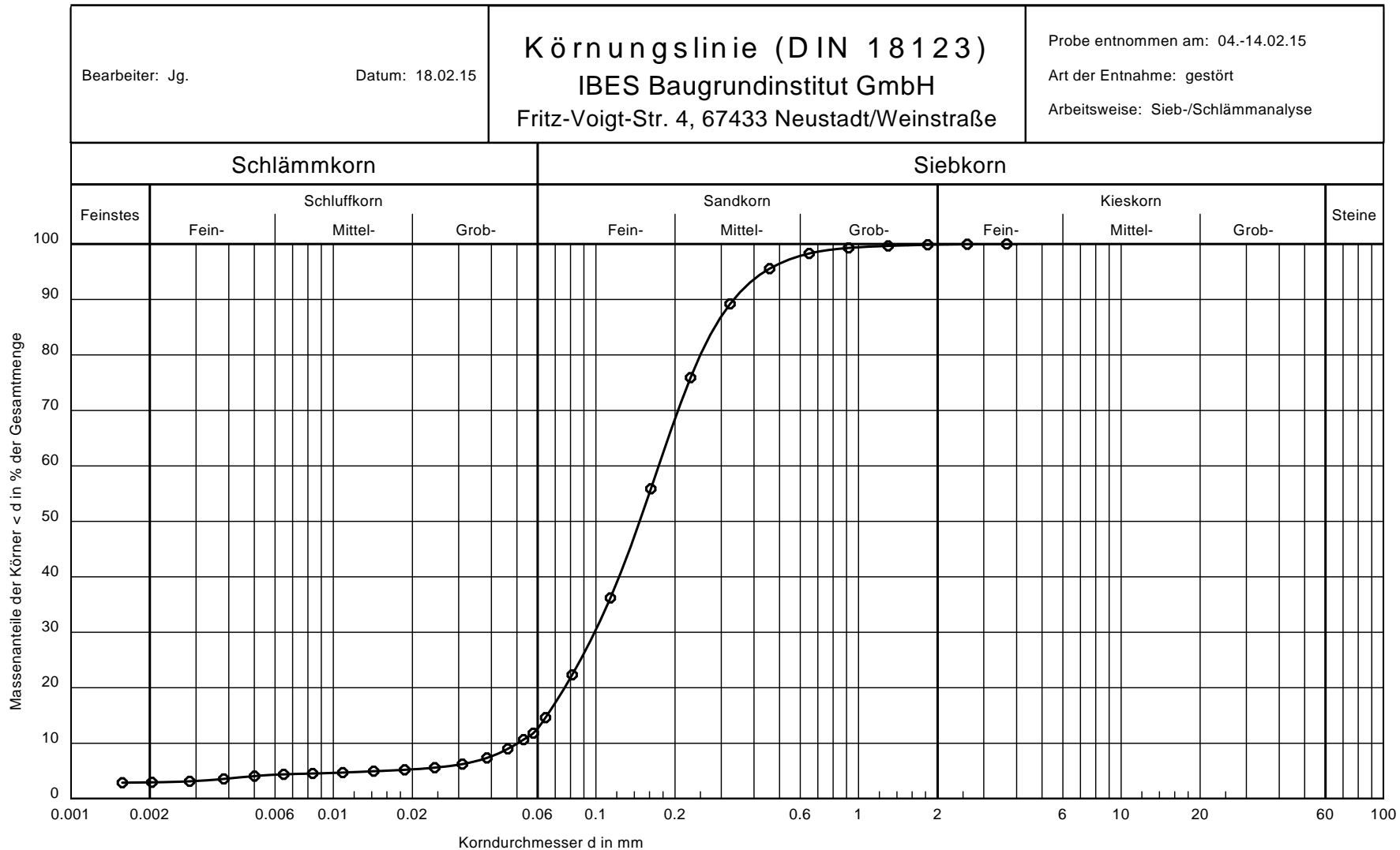
14.369.1 Straßenbahnabbindung Campus Lichtwiese,
 Linie 2, Darmstadt

Anlage 6.1.7



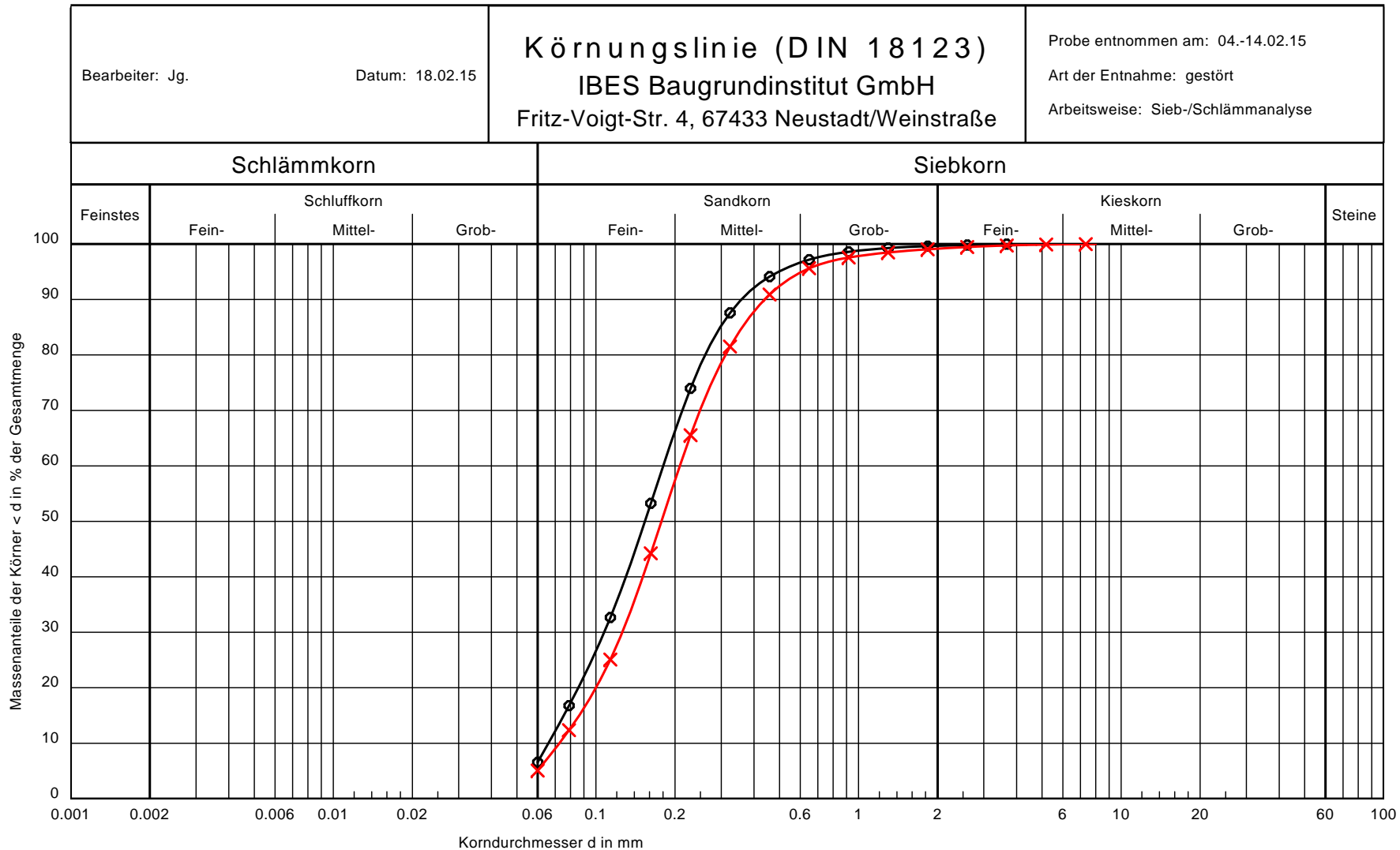


Labornummer:	1854
Bodenart:	S, u'
Tiefe:	0,20 m - 1,50 m
k [m/s] (Beyer):	3.5 * 10 ⁻⁵
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 13
U/Cc	3.0/1.1
T/U/S/G [%]:	- /8.8/91.1/0.2
Bodengruppe:	SU
Signatur:	



Labornummer:	1863
Bodenart:	S, u'
Tiefe:	1,25 m - 1,70 m
k [m/s] (Beyer):	-
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 14
U/Cc	3.4/1.1
T/U/S/G [%]:	2.9/9.7/87.2/0.1
Bodengruppe:	SU
Signatur:	



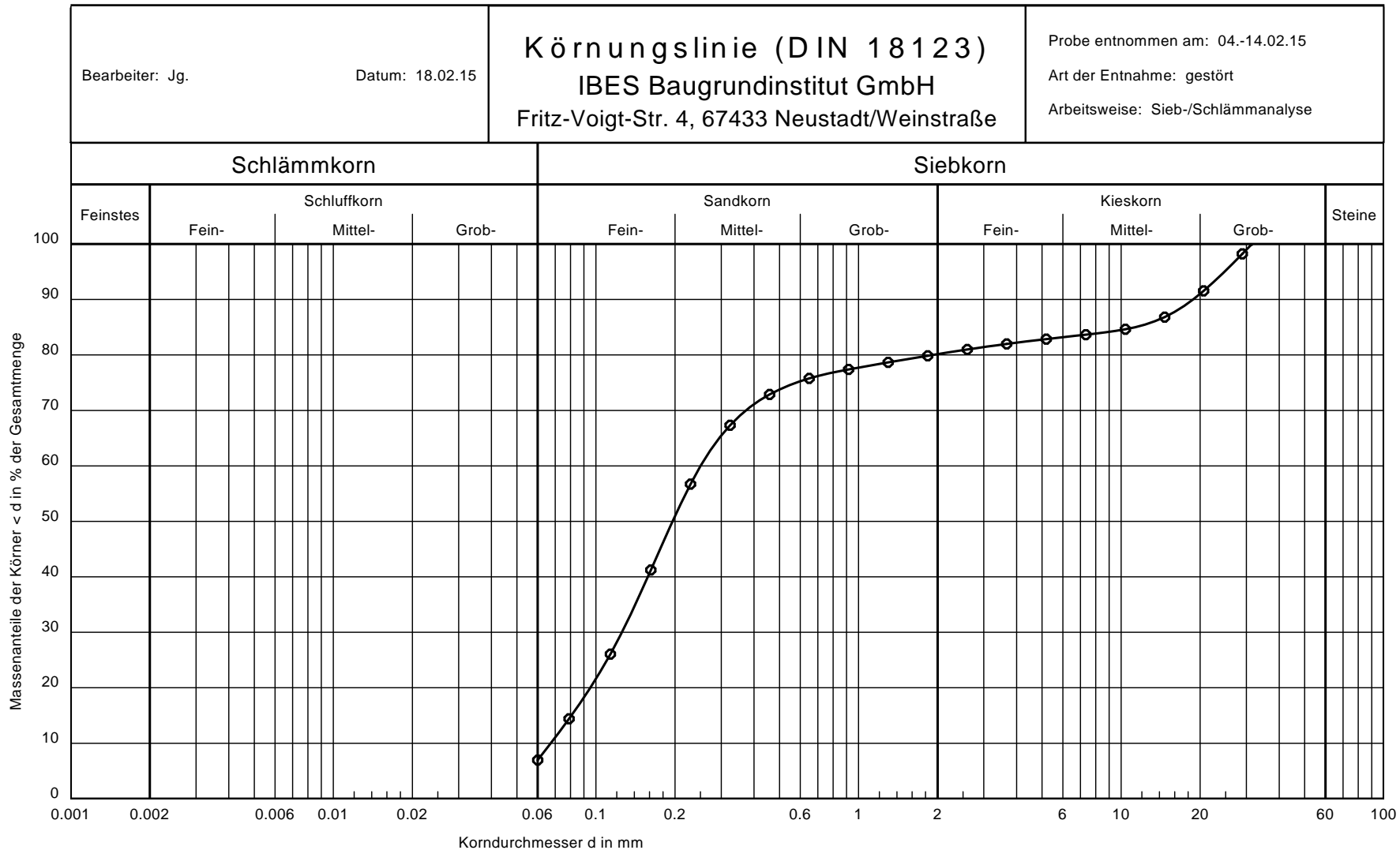


Labornummer:	1875	1876
Bodenart:	S, u'	S, u'
Tiefe:	0,25 m - 1,20 m	1,20 m - 4,50 m
k [m/s] (Beyer):	$4.3 \cdot 10^{-5}$	$5.3 \cdot 10^{-5}$
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 17	Sondierbohrung 17
U/Cc	2.7/1.0	2.9/1.0
T/U/S/G [%]:	- /6.6/93.1/0.3	- /5.1/94.1/0.8
Bodengruppe:	SU	SU
Signatur:		

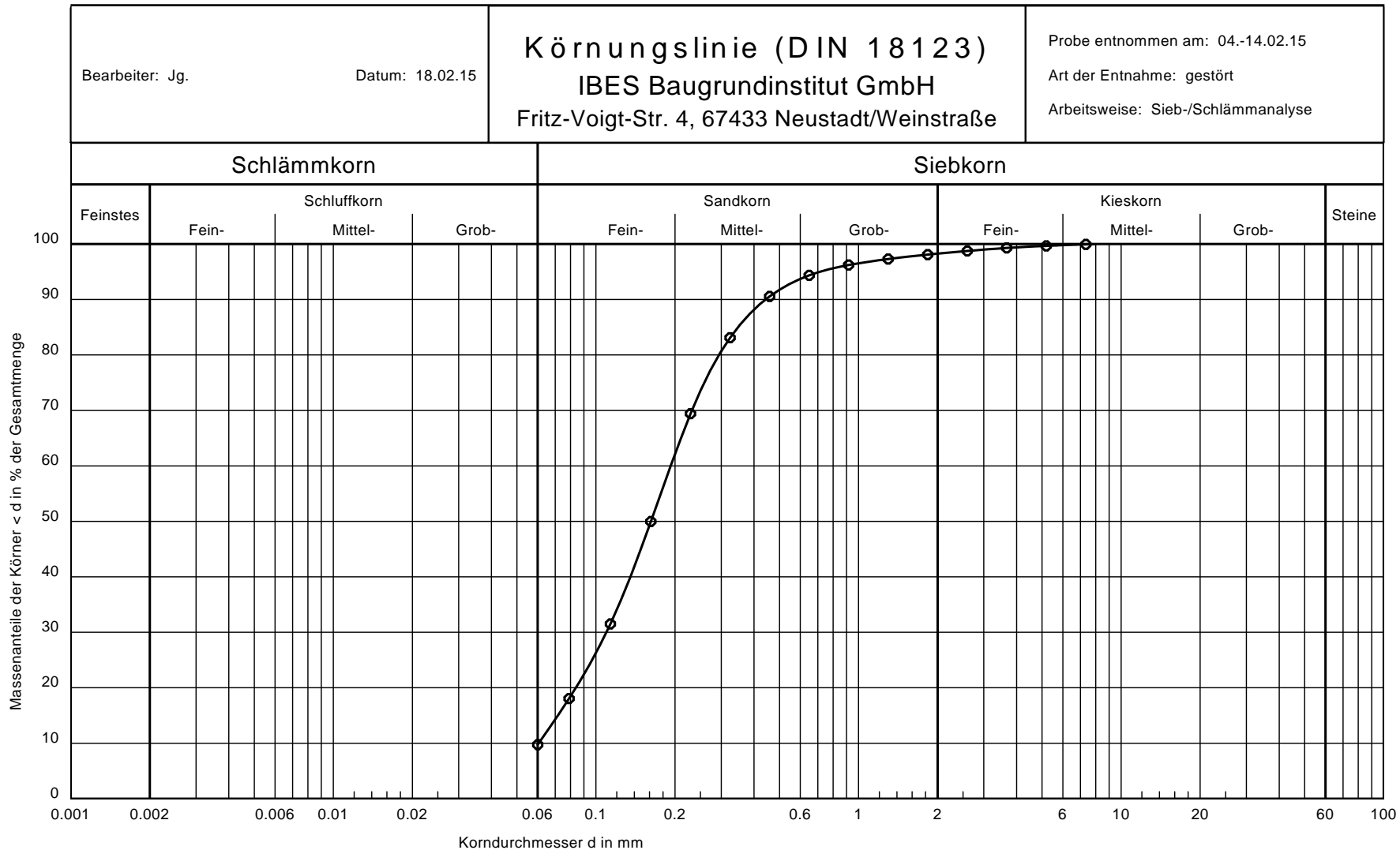
14.369.1 Straßenbahnabbindung Campus Lichtwiese,
 Linie 2, Darmstadt

Anlage 6.1.10





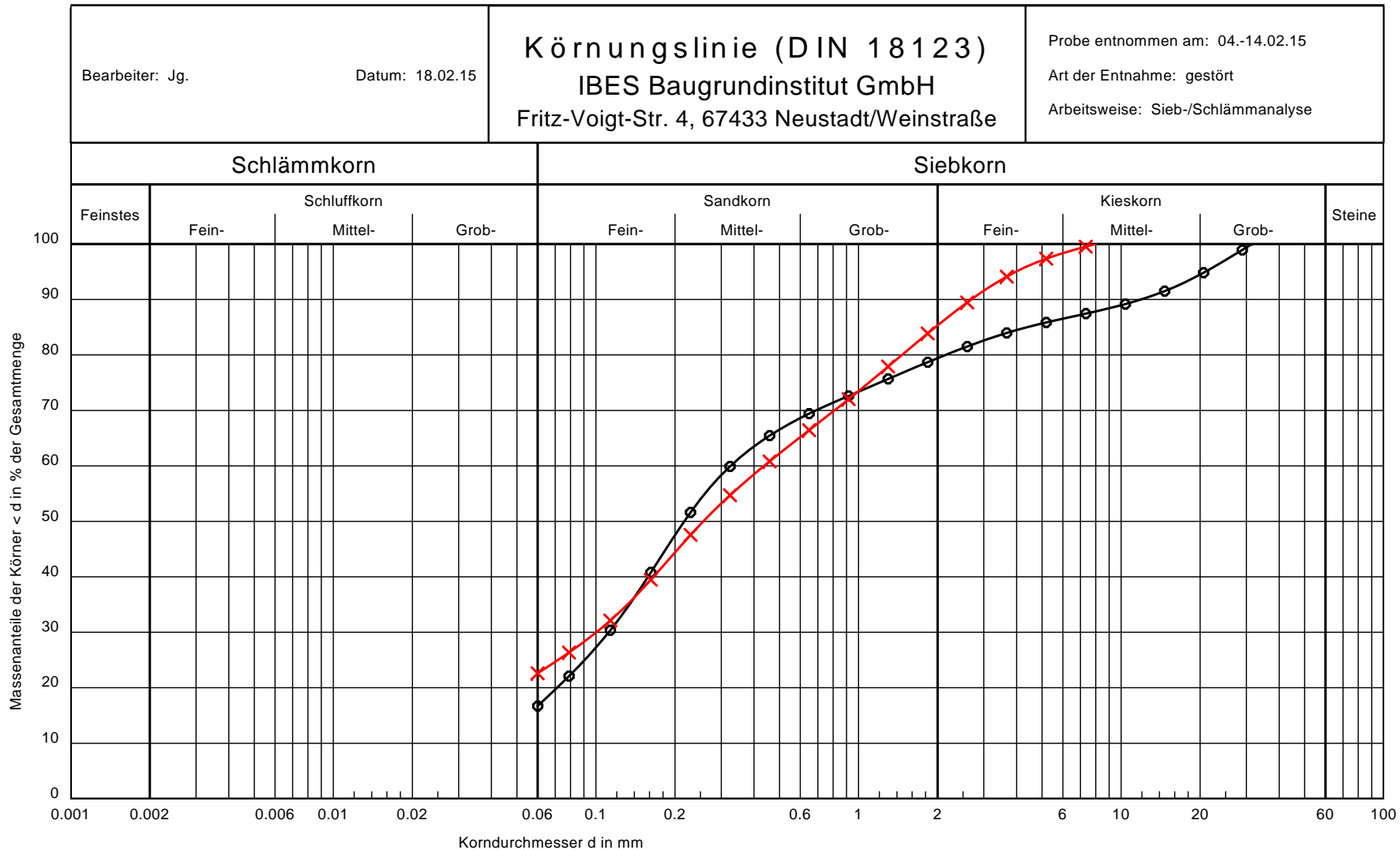
Labornummer:	1896
Bodenart:	S, g, u'
Tiefe:	0,25 m - 1,70 m
k [m/s] (Beyer):	4.1 * 10 ⁻⁵
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 21
U/Cc	3.7/0.9
T/U/S/G [%]:	- /7.0/73.2/19.9
Bodengruppe:	SU
Signatur:	



14.369.1 Straßenbahnabbindung Campus Lichtwiese,
Linie 2, Darmstadt

Anlage 6.1.12



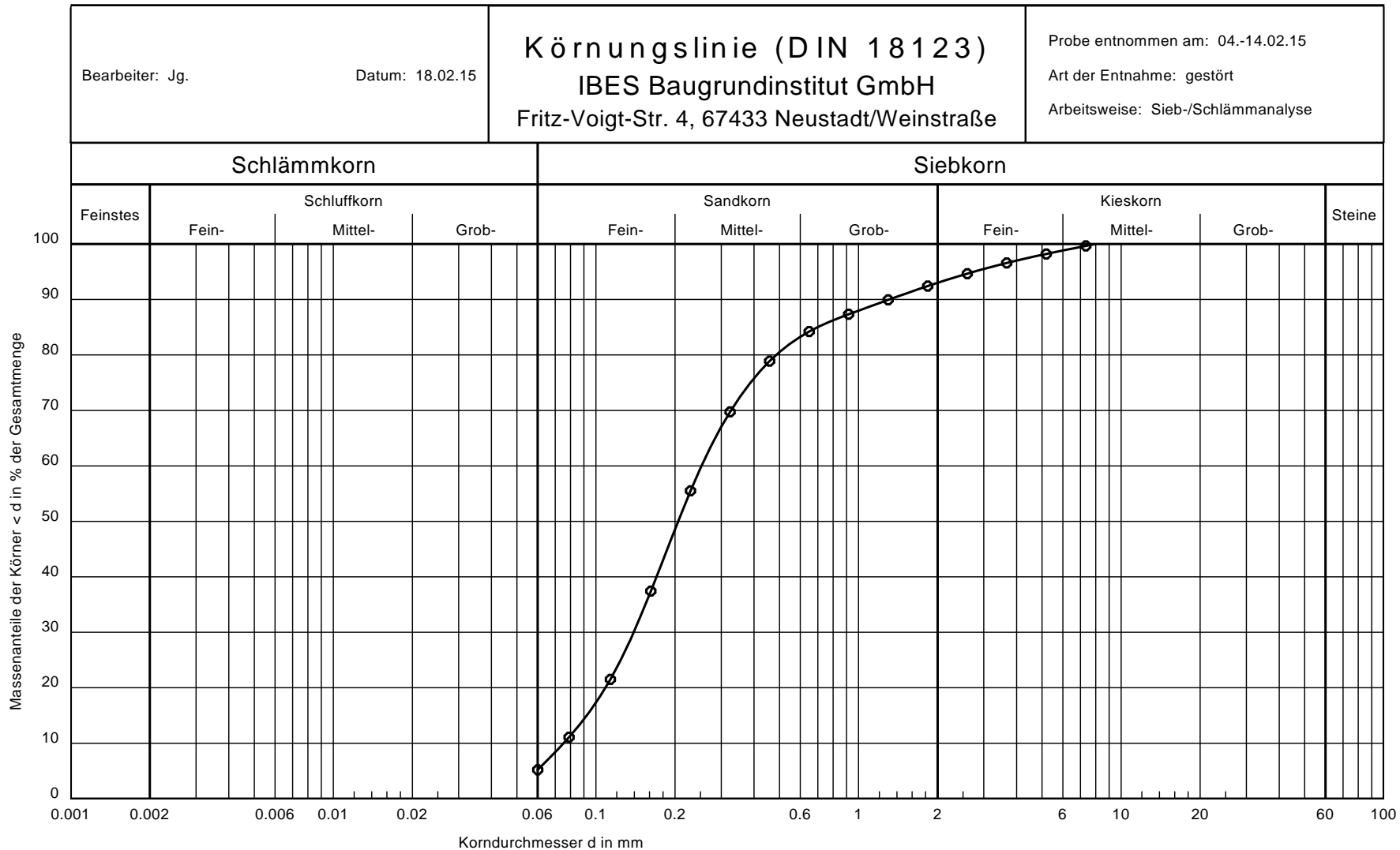


Labornummer:	1927	1928
Bodenart:	S, g, u	S, u, g'
Tiefe:	0,30 m - 0,90 m	0,90 m - 1,90 m
k [m/s] (Beyer):	-	-
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 28	Sondierbohrung 28
U/Cc	-/-	-/-
T/U/S/G [%]:	- /16.7/62.7/20.6	- /22.6/62.7/14.7
Bodengruppe:	SU*	SU*
Signatur:	○ — ○	✕ — ✕

14.369.1 Straßenbahnabbindung Campus Lichtwiese,
 Linie 2, Darmstadt

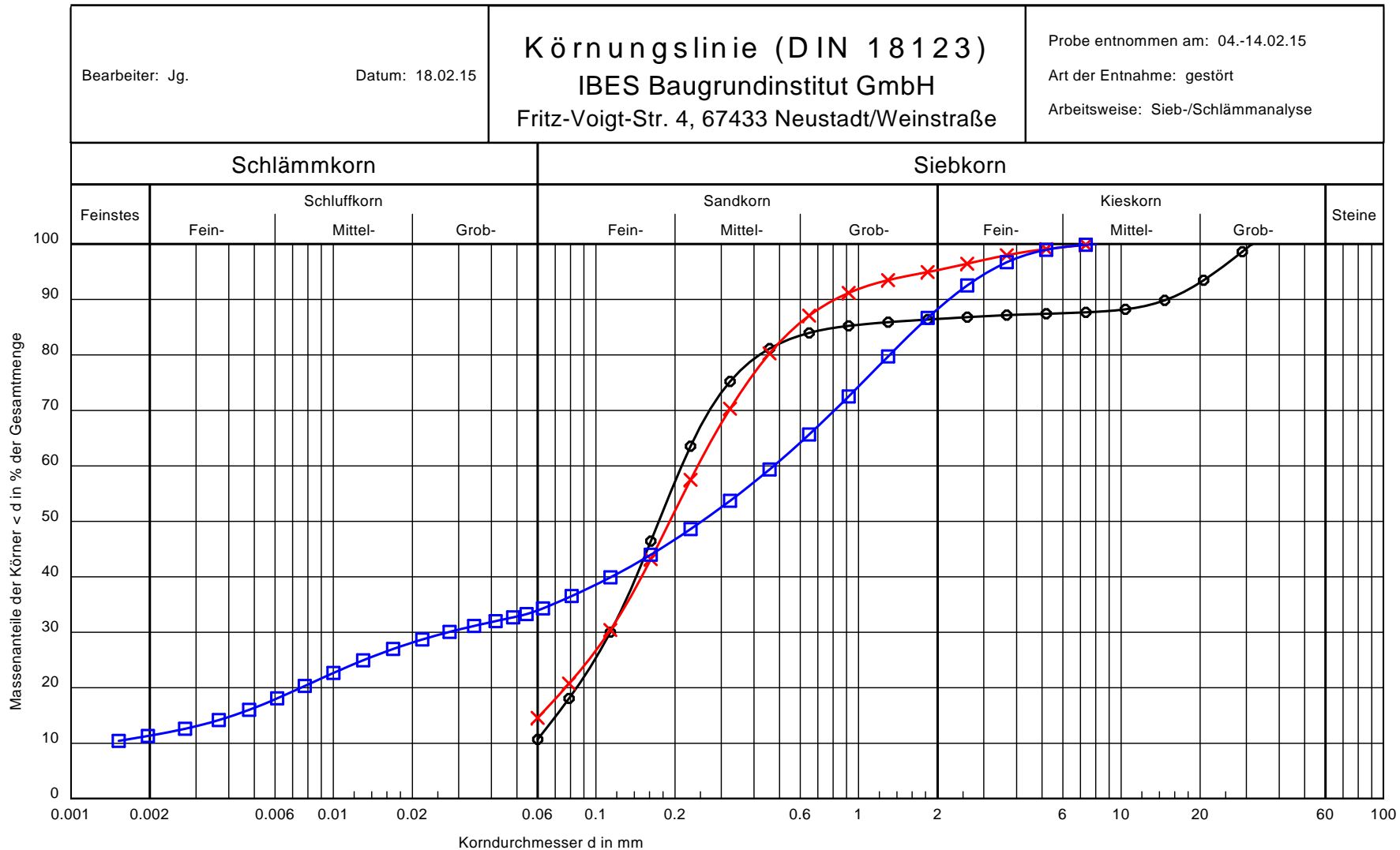
Anlage 6.1.13





Labornummer:	1942
Bodenart:	S, g, u'
Tiefe:	1,05 m - 2,00 m
k [m/s] (Beyer):	5.1 * 10 ⁻⁵
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 30
U/Cc	3.4/1.0
T/U/S/G [%]:	- /5.2/87.8/7.0
Bodengruppe:	SU
Signatur:	



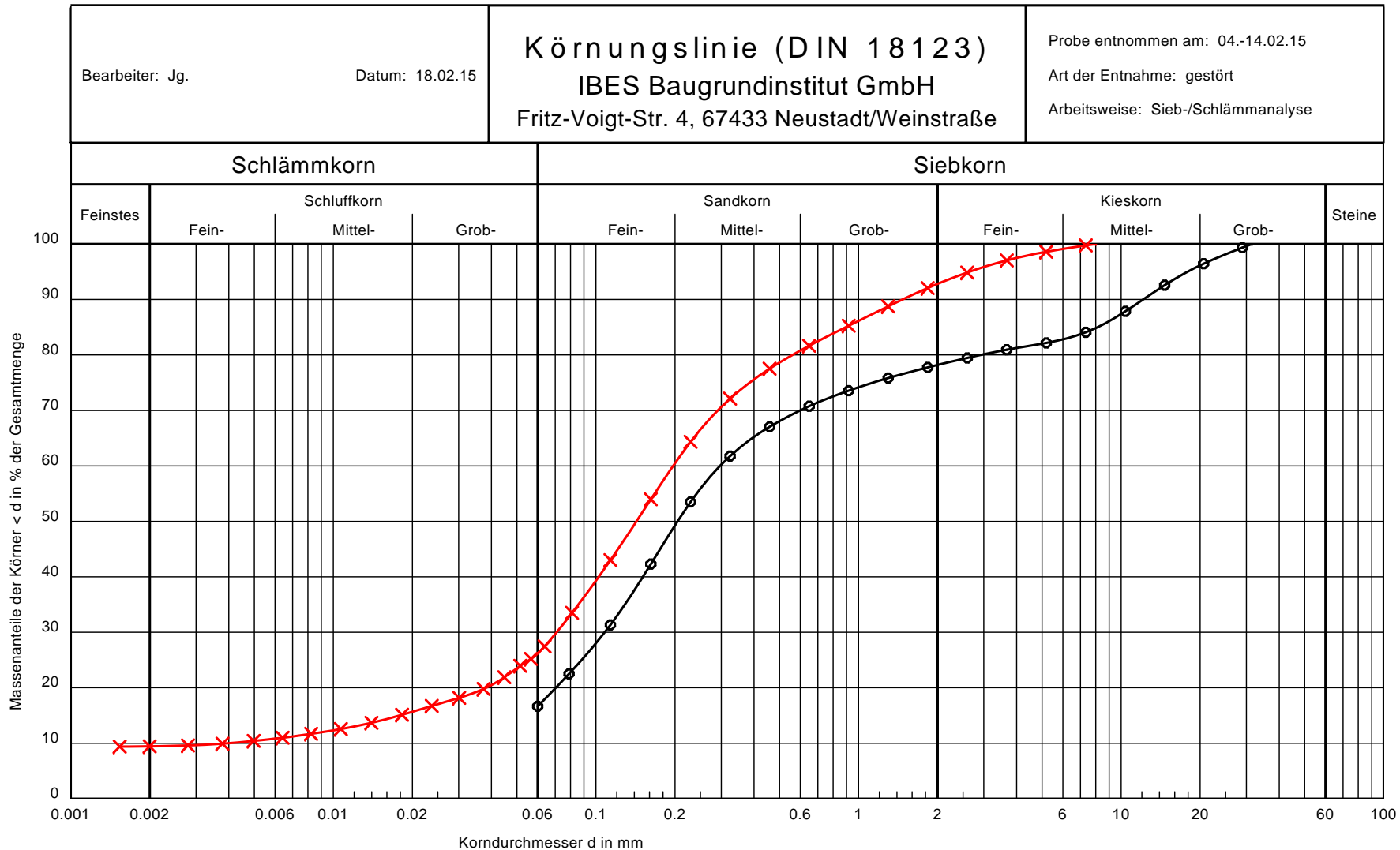


Labornummer:	1947	1948	1951
Bodenart:	S, g', u'	S, u'	S, u, g', t'
Tiefe:	1,05 m - 1,35 m	1,35 m - 1,55 m	3,00 m - 3,70 m
k [m/s] (Beyer):	-	-	-
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 31	Sondierbohrung 31	Sondierbohrung 31
U/Cc	-/-	-/-	-/-
T/U/S/G [%]:	- /10.7/75.8/13.5	- /14.6/80.7/4.7	11.4/22.6/54.3/11.7
Bodengruppe:	SU	SU	SU*
Signatur:			

14.369.1 Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese,
Linie 2, Darmstadt

Anlage 6.1.15





Labornummer:	1962	1963
Bodenart:	S, g, u	S, u, t', g'
Tiefe:	0,60 m - 1,10 m	1,10 m - 1,60 m
k [m/s] (Beyer):	-	-
Entnahmestelle:	Sondierbohrung 33	Sondierbohrung 33
U/Cc	-/-	49.8/6.4
T/U/S/G [%]:	- /16.7/61.5/21.8	9.4/16.7/66.6/7.2
Bodengruppe:	SU*	SU*
Signatur:		

14.369.1 Straßenbahnanbindung Campus Lichtwiese,
Linie 2, Darmstadt

Anlage 6.1.16





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 1796

Entnahmestelle: Sondierbohrung 3

Tiefe: 1,20 m - 1,85 m

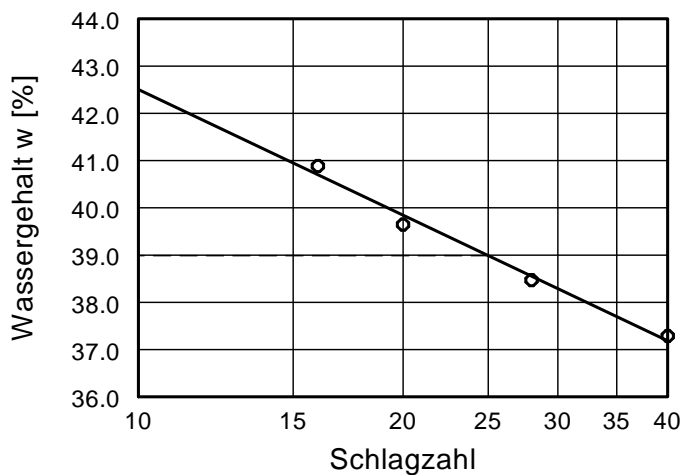
Bodengruppe: TM

Art der Entnahme: gestört

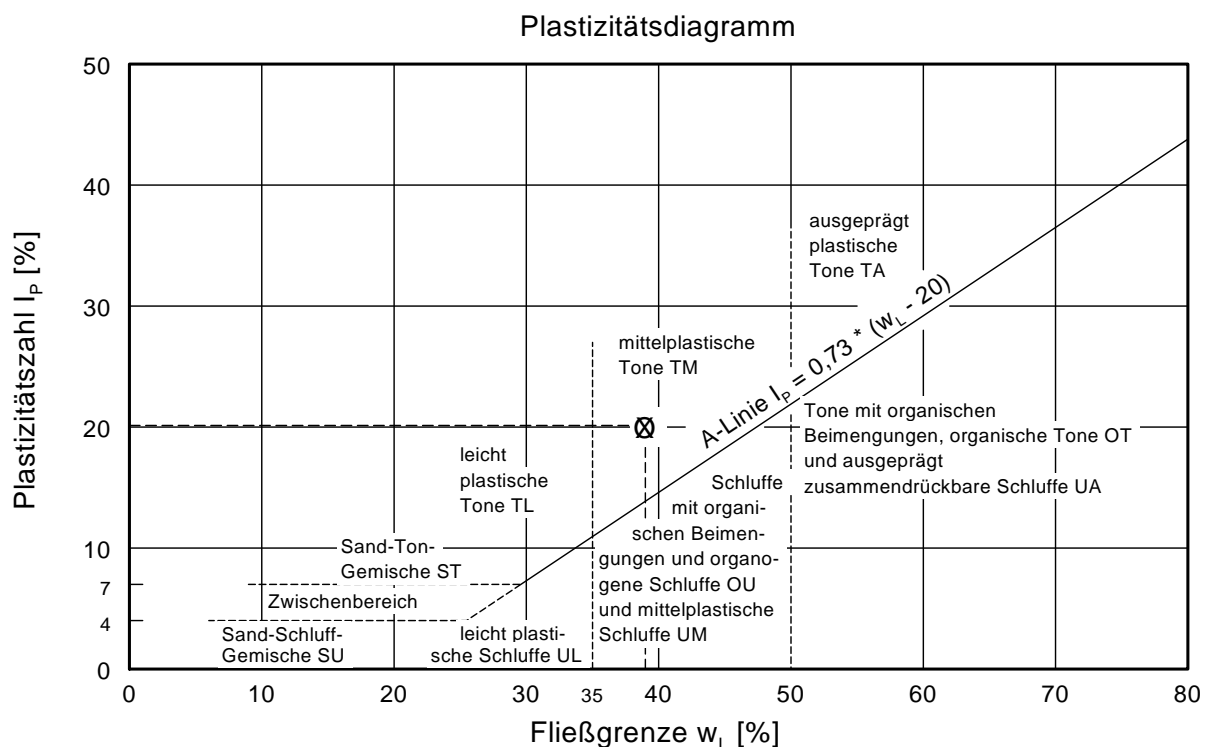
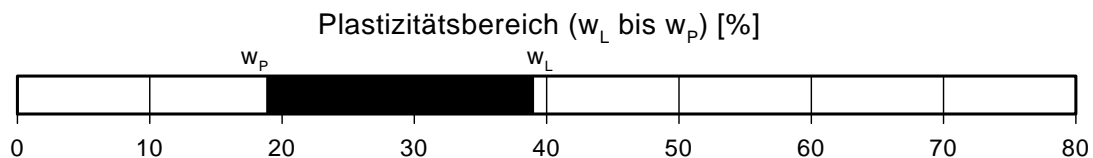
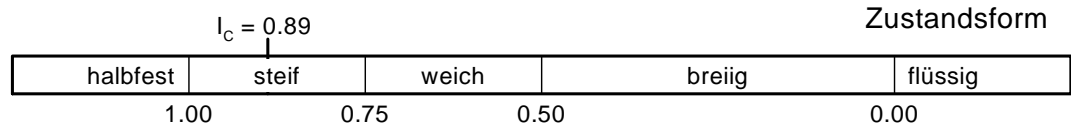
Probe entnommen am: 04.-14.02.15

Bearbeiter: Jg.

Datum: 18.02.15



Wassergehalt $w = 21.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 39.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 18.9 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 20.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.89$





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 1827

Entnahmestelle: Sondierbohrung 8

Tiefe: 5,70 m - 7,50 m

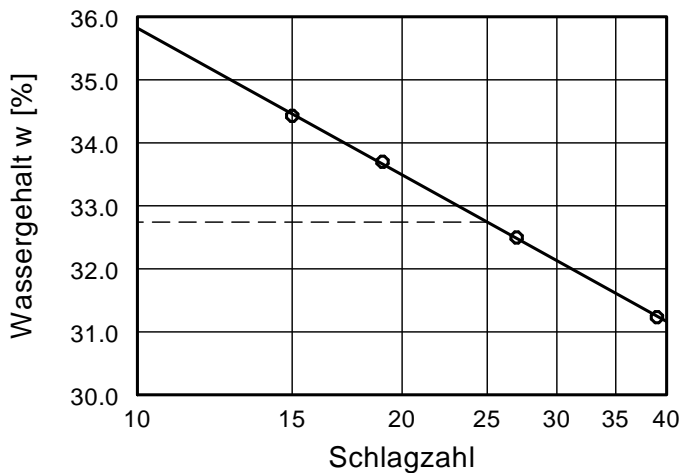
Bodengruppe: TL

Art der Entnahme: gestört

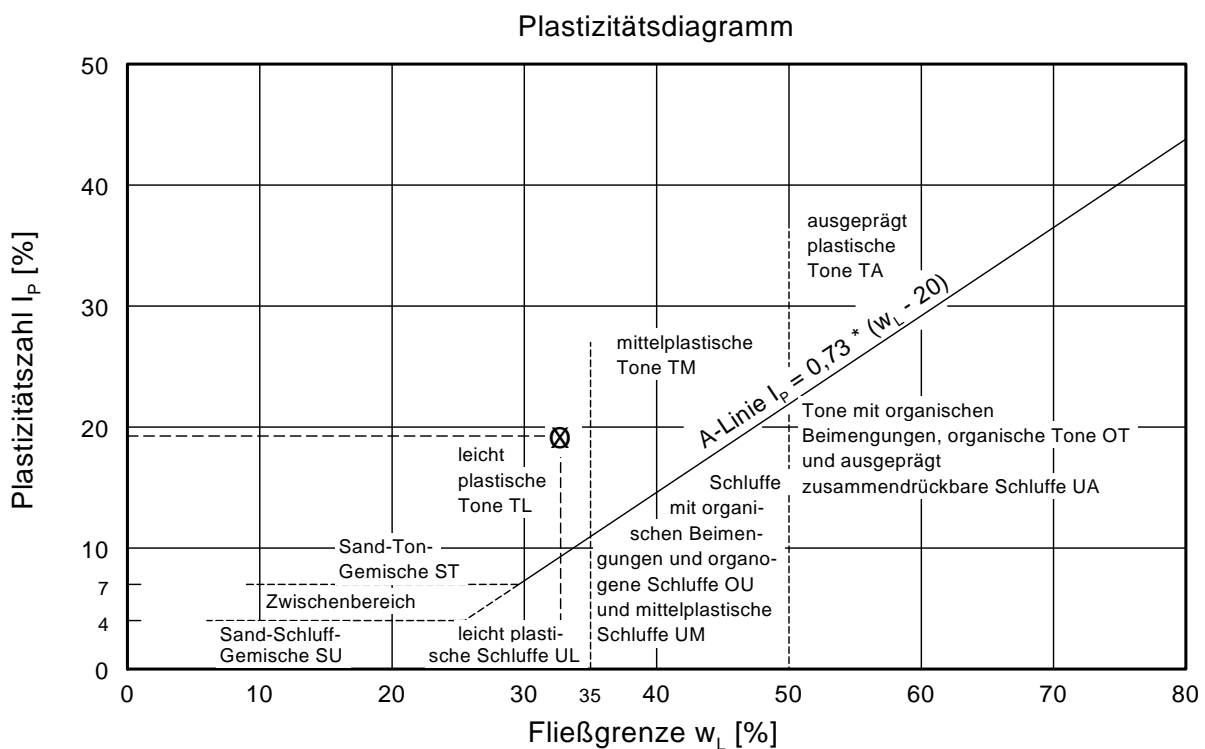
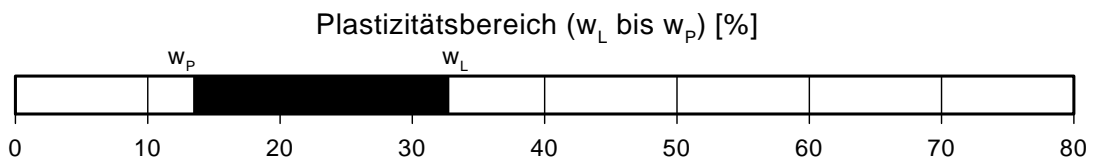
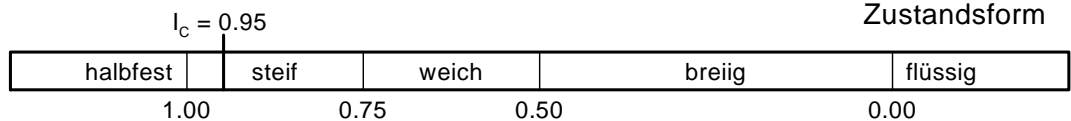
Probe entnommen am: 04.-14.02.15

Bearbeiter: Jg.

Datum: 18.02.15



Wassergehalt $w = 14.5 \%$
 Fließgrenze $w_L = 32.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 13.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 19.3 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.95$





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 1893

Entnahmestelle: Sondierbohrung 20

Tiefe: 4,60 m - 6,50 m

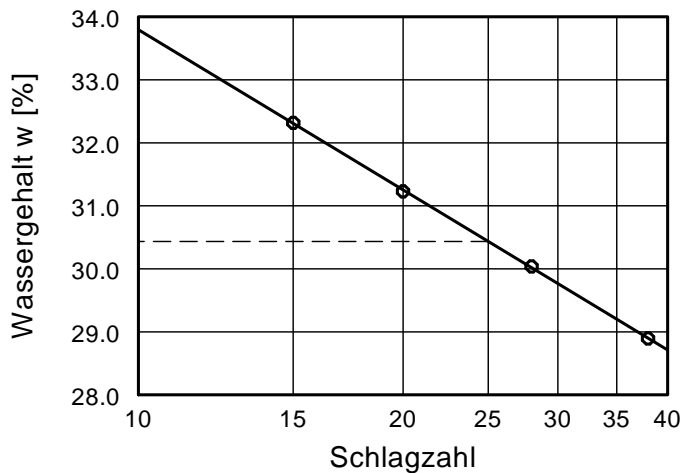
Bodengruppe: TL

Art der Entnahme: gestört

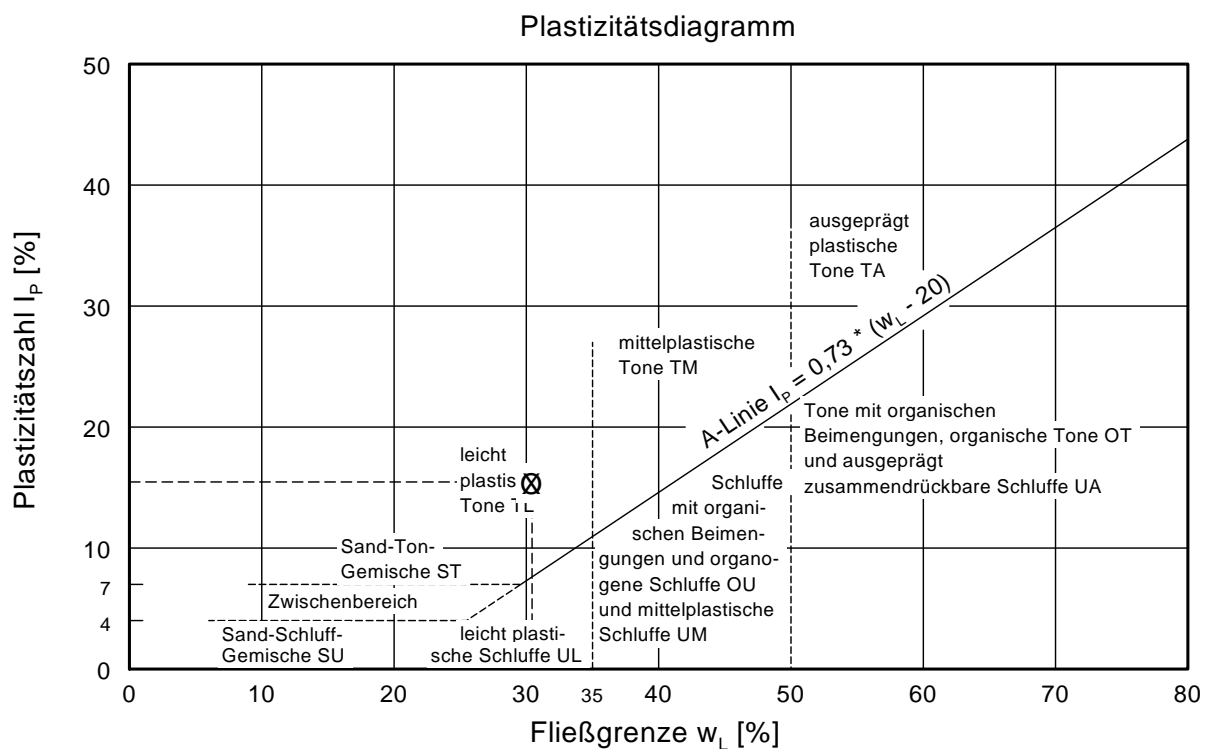
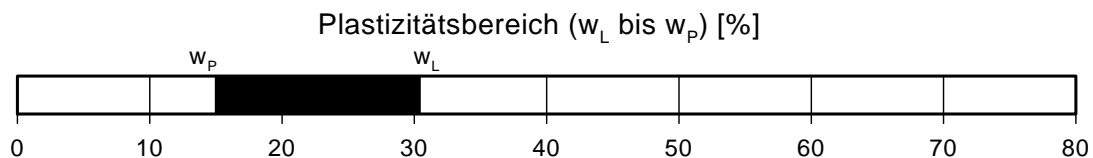
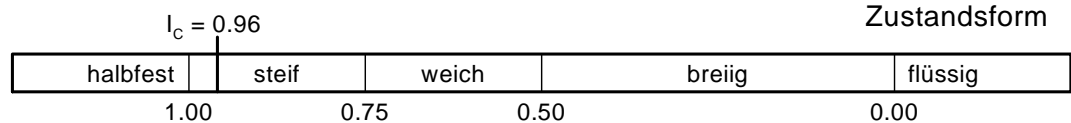
Probe entnommen am: 04.-14.02.15

Bearbeiter: Jg.

Datum: 18.02.15



Wassergehalt $w = 15.6 \%$
 Fließgrenze $w_L = 30.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 15.0 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 15.5 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.96$





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Labornummer: 1909

Entnahmestelle: Sondierbohrung 23

Tiefe: 4,40 m - 7,50 m

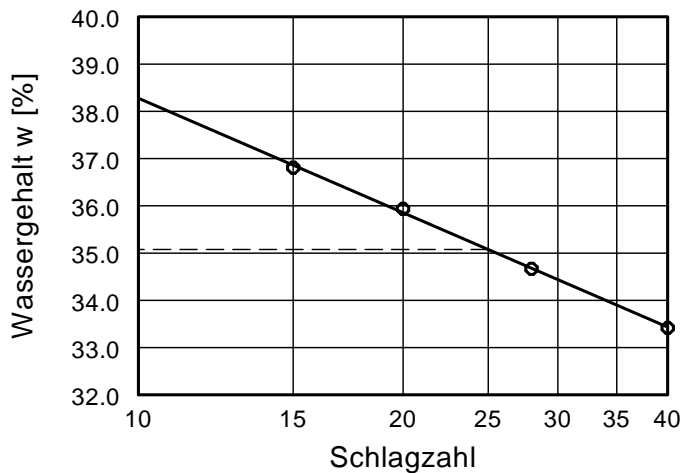
Bodengruppe: TL

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 04.-14.02.15

Bearbeiter: Jg.

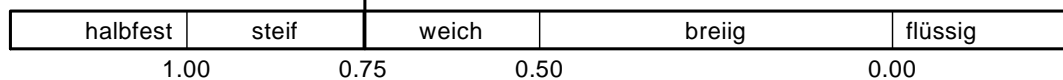
Datum: 18.02.15



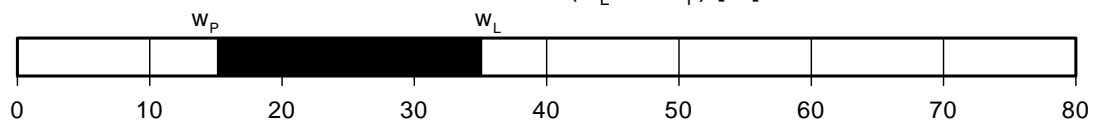
Wassergehalt $w = 20.2 \%$
 Fließgrenze $w_L = 35.1 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 15.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 19.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.75$

Zustandsform

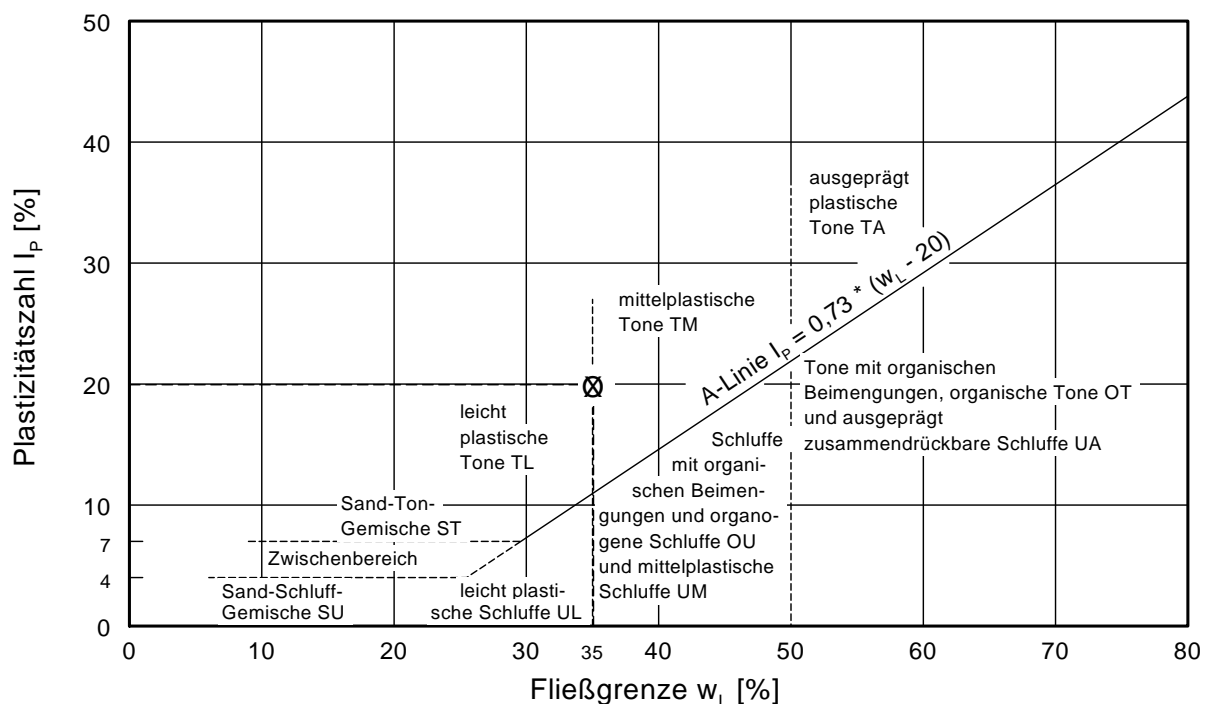
$I_c = 0.75$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm





Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung nach DIN 18121, Teil 1

Projekt - Nr: 14.369.1	Entnahmeart: gestört
Projekt:	Entnahme am: 04.-14.02.15
Ausgf. durch: Mg.	Datum: 17.02.15
	durch:

Labornummer:	1796	1827	1893	1909			
Entnahmestelle (km):	BS 3	BS 8	BS 20	BS23			
Entnahmetiefe [m]:	1,2-1,85	5,7-7,5	4,6-6,5	4,4-7,5			
Behälter Nr.	210	1898	196	182			
Feuchte Probe + Behälter $m+m_b$ [g]	187,61	283,55	240,92	235,84			
Trock. Probe + Behälter $m_d + m_b$ [g]	164,95	257,55	216,28	208,29			
Behälter m_b [g]	57,61	78,17	58,34	71,60			
Wasser $(m_a+m_b)-(m_d+m_b)=m_w$ [g]	22,66	26	24,64	27,55			
Trockene Probe m_d [g]	107,34	179,38	157,94	136,69			
Wassergehalt $w=(m_w/m_d).100$ [%]	21,11	14,49	15,60	20,16			