



GEO - UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

2014/172 - Ba/Ho/Vo -06. November 2017
(26. Oktober 2017)

BBI Geo- und Umwelttechnik
Ingenieur-Gesellschaft mbH
Beratende Ingenieure

Lübecker Str. 1 · 22087 Hamburg
Tel. +49-40-229 468-0 · Fax -40
E-Mail info@b-b-i.de
www.b-b-i.de

**SCHIENENANBINDUNG DER
FESTEN FEHMARNBELTQUERUNG (FBQ)
RV-TRASSE**

**HIER:
PFA 4
„TORFNIEDERUNG OLDENBURGER BRUCH“**

Gutachten
Beratung
Planung
Bauüberwachung
Baugruddynamik
Umwelttechnik

**Gründungstechnische
Stellungnahme**

- Zur Information -

Geschäftsleitung

Dr.-Ing. Franjo Böckmann¹
Dr.-Ing. habil. Sascha Henke¹
Dr. rer. nat. Götz Hirschberg¹
Dr.-Ing. Fabian Kirsch^{1,2}
Dr.-Ing. Olaf Stahlhut¹

Senior-Partner

Dipl.-Ing. Peter Bahnsen¹

¹ Mitglieder der Hamburgischen
Ingenieurkammer-Bau

² Anerkannter Prüfsachverständiger für
den Erd- und Grundbau.

Verband Beratender Ingenieure

Zertifiziert gemäß:
DIN EN ISO 9001: 2008



SCC (Safety Certificate Contractors)



Auftraggeber:

DB Netz AG
Regionalbereich Nord
Großprojekte I-NG-N-F
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Amtsgericht Hamburg
Handelsregister Nr.:
HRB 46 681

Steuer.Nr.: 43/705/00237
UST-ID: DE 118640446

Commerzbank AG
IBAN: DE59 2008 0000 0900 7180 00
BIC: DRESDEFF200



Im Verbund mit der GuD
Geotechnik und Dynamik
Consult GmbH



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. VERANLASSUNG	1
2. UNTERLAGEN	2
3. ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN	2
4. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE	3
5. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE	4
6. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	5
6.1 Grundwasserstände	5
6.2 Hochwassergebiet	6
7. GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG	6
7.1 Brückenbauwerk	6
7.2 Bodenaustausch	6
7.3 Tiefgründung	7
7.3.1 Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen	7
7.3.2 Ergänzende Hinweise für den Erdbau	8
7.4 Vorzugsvariante	8
ANLAGENVERZEICHNIS	10



1. VERANLASSUNG

Im September 2008 vereinbarten das Königreich Dänemark und die Bundesrepublik Deutschland in einem Staatsvertrag den Bau einer festen Verbindung über den Fehmarnbelt. Dänemark baut einen Absenktunnel durch die Ostsee und die Anbindung auf dänischer Seite. Deutschland hat sich verpflichtet, für eine leistungsfähige Straßen- und Schienenanbindung auf deutscher Seite zu sorgen.

Das Ingenieurbüro BBI Geo- und Umwelttechnik Ingenieur-Gesellschaft mbH, Hamburg, wurde seitens der DB Netz AG mit der Ausarbeitung der Geotechnischen Berichte für die geplanten Ingenieurbauwerke der RV-Trasse beauftragt. Für die RV-Trasse wurden separate Geotechnische Berichte für die einzelnen Planfeststellungsabschnitte (PFA 1 bis PFA 6) erstellt. Für den Planungsabschnitt 4 liegt unser Geotechnischer Bericht vom 4. Dezember 2015 vor.

Für den Teilabschnitt des Niederungsgebietes Oldenburger Bruch war im Bereich der Deponie „Oldenburger Bruch“ sowie der nördlich angrenzenden Niederung zum Zeitpunkt der Vorplanung ein Brückenbauwerk (PFA 4 / BW 3, EÜ „Oldenburger Bruch“) vorgesehen. Mit den Baugrunderkundungen wurden nördlich des Deponiekörpers organische Weichschichten in Form von Torf in Tiefen von maximal 2,6 m unter Gelände (im Mittel 2,0 m) erkundet. Aufgrund der geringen Mächtigkeit der Weichschichten wurde in unserem Geotechnischen Bericht [U2] als Alternative zur bisher geplanten tief zu gründenden Bauwerkslösung im Bereich der Torfniederung die Herstellung eines Dammbauwerkes in Verbindung mit einem Bodenaustausch der organischen Weichschichten als Möglichkeit aufgezeigt, vgl. hierzu Abschnitt 11 in [U2]. Für die Ausführung eines Dammbauwerkes ist ein vollständiger Bodenaustausch der Weichschichten oder eine Untergrundverbesserung durch ein aufgeständertes Gründungspolster notwendig.

Im Rahmen der Entwurfsplanung wurden für den Bereich ergänzende Untergrundaufschlüsse ausgeführt sowie Feld- und Laborversuche durchgeführt. Die hier vorliegende gründungstechnische Stellungnahme behandelt den Bereich „Torfniederung Oldenburger Bruch“, Bau-km 152,0+50 bis Bau-km 152,2+60 im Planfeststellungsabschnitt 4.

Die Untersuchung des Versauerungspotentials der angetroffenen Böden sowie die orientierende abfalltechnische Schadstofferkundungen und Untersuchungen von Poren- und Oberflächenwasser werden in einem gesondert Bericht [U3] zusammengefasst.



2. UNTERLAGEN

- [U1] BBI, Schienenanbindung der festen Fehmarnbeltquerung (FBQ) RV-Trasse
Hier: Planfeststellungsabschnitt 4, Geotechnischer Bericht, 4. Dezember 2015
- [U2] BBI, Schienenanbindung der festen Fehmarnbeltquerung (FBQ) RV-Trasse
Hier: PFA 4 Bauwerk 3, EÜ „Oldenburger Bruch“, Geotechnischer Bericht,
28. Oktober 2016
- [U3] BBI, Schienenanbindung der festen Fehmarnbeltquerung (FBQ) RV-Trasse
Hier: PFA 4, Torfniederung „Oldenburger Bruch“, Bericht Untersuchung des
Versauerungspotenzials von organischen Böden sowie orientierende abfall-
technische Schadstofferkundungen und Untersuchungen von Poren- und
Oberflächenwasser, 26. Oktober 2017

3. ERGÄNZENDE UNTERSUCHUNGEN

Im Bereich „Oldenburger Bruch“ wurden im Zuge der Erkundung für die RV-Trasse und für die Baugrunderkundung für das Bauwerk 4/3, EÜ „Oldenburger Bruch“ zahlreiche Baugrundaufschlüsse in Form von Bohrungen, Drucksondierungen und Sondierbohrungen ausgeführt. Die Lage und die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in den Geotechnischen Berichten [U1] und [U2] dokumentiert.

Zur ergänzenden Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden nördlich des Deponeerkörpers im Bereich der Torfniederung Oldenburger Bruch beidseitig der Trasse im August 2017 insgesamt 18 Sondierbohrungen (RV/BS 538 bis RV/BS 551 einschließlich RV/BS 538a bis RV/BS 538c sowie RV/BS 540a) bis in Tiefen zwischen 2,5 m und 10 m ausgeführt.

Die Ausführung der Sondierbohrungen erfolgte durch die Fa. Ivers Brunnenbau GmbH, Osterrönfeld, im Auftrag des Bauherrn.

Die fachtechnische stichprobenartige Überwachung der Aufschlussarbeiten oblag unserem Ingenieurbüro.

Die Aufschlusspunkte wurden vom Bohrunternehmen lage- und höhenmäßig eingemessen. Die genaue Lage der ergänzenden Aufschlüsse geht aus dem Lageplan der Anlage 1 hervor. Die dargestellte Lage der vorhandenen Aufschlüsse weicht auf Grund der Koordinatentransformation in DB Ref geringfügig von der tatsächlichen Lage ab.



Die Ergebnisse der ergänzenden Baugrundaufschlüsse vom August 2017 sind in Form von höhengerecht ausgerichteten Bohrprofilen auf den Anlagen 2.1 und 2.2 aufgetragen.

Die Lage- und Höheneinmessung der ausgeführten Untergrundaufschlüsse erfolgte durch das Bohrunternehmen mittels eines referenzierten GPS.

Alle Bodenproben wurden bodenmechanisch zum Zwecke der einheitlichen Benennung und Beschreibung nach DIN 4022 durch den Projektingenieur angesprochen. Außerdem wurden die Böden geologisch eingestuft.

4. UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

Im vorliegenden Bericht werden ausschließlich die ergänzenden Aufschlüsse beschrieben. Eine Beschreibung der Untergrundverhältnisse aus Basis der bestehenden Aufschlüssen kann [U2] Abschnitt 5.1.2 entnommen werden.

Mit Ausnahme der Sondierbohrung RV/BS 541 wurden in allen Aufschlüssen ab Geländeoberkante **organische Weichschichten** angetroffen. Die organischen Weichschichten wurden bis in Tiefen zwischen 1,3 m (RV/BS 539) und 7,0 m (RV/BS 538) unter Ansatzpunkt erkundet.

Bei den organischen Weichschichten handelt es sich vornehmlich um **Torf**. Einzig in den südwestlichen Aufschlüssen RV/BS 538, RV/BS 538a, RV/BS 538 b sowie RV/BS 540 wurde innerhalb und unterhalb des Torfes **Mudde** erschlossen. In diesem Teilbereich wurden zudem die größten Torfmächtigkeiten (3,5 m bis 7 m) erkundet. In dem übrigen Trassenabschnitt beträgt die Mächtigkeit der erkundeten Weichschicht 1,3 m bis maximal 2,7 m. Dies stimmt mit den Ergebnissen aus den bestehenden Aufschlüssen im unmittelbaren Trassenbereich [U2] überein. Die Weichschichten wurden hier bis in Tiefen zwischen 1,5 m und 2,3 m erkundet.

Bezogen auf m NN schwankt die Unterkante der angetroffenen organischen Weichschichten in den ergänzenden Aufschlüssen mit Ausnahme der o.g. tiefer reichenden Torf- und Muddeschicht zwischen - 2,32 m NN (RV/BS 539) und - 4,39 m NN (RV/BS 547). Die tiefer reichenden Weichschichten im südwestlichen Bereich reichen demnach bis - 7,70 m NN (RV/BS 538). Mit den bereits ausgeführten direkten Aufschlüssen wurde die Unterkante der Weichschichten in Tiefen zwischen - 3,51 m NN und - 2,72 m NN erkundet.

Die erkundete Basis der organischen Weichschichten ist unter Berücksichtigung der Aufschlüsse aus der Bauwerkserkundung als Isolinienplan bezogen auf m NN sowie bezogen auf die Geländeoberkante auf den Anlagen 5.1 und 5.2 beigelegt.



Im südlichen Bereich des untersuchten Gebietes (RV/BS 538 bis RV/BS 544) folgt unterhalb der Weichschichten vorwiegend **Geschiebemergel**. Zwischen dem Torf und dem Geschiebemergel lagern mehrheitlich grundwasserführende Fein- und Mittelsande die wechselhafte schluffige Anteile sowie vermehrt organischen Beimengungen aufweisen. Die Mächtigkeiten der Sande schwanken zwischen wenigen Dezimetern bis zu 2,5 m. In der RV/BS 540 wurde die Unterkante der Sande mit einer Endtiefe von 5 m nicht erschlossen.

Die Konsistenz des Geschiebemergels wurde als mehrheitlich steif beurteilt. Bereichsweise liegen auch Schichtenintervalle vor, in denen weich-steifer bzw. steif-halbfester Geschiebemergel angetroffen wurde.

Die Unterkante des Geschiebemergels wurde mit Ausnahme der Sondierbohrung RV/BS 538c mit Endtiefen zwischen 5 m und 10 m nicht erkundet. Einzig in der Sondierbohrung RV/BS 538c wurde unterhalb des Geschiebemergels ab einer Tiefe von 5,8 m **Schluff** angetroffen. Der Schluff weist eine steife Konsistenz auf.

Im nördlichen Bereich (RV/BS 545 bis RV/BS 551) wurden unterhalb des Torfes mit den Endtiefen von bis zu 10 m ausschließliche **grundwasserführende Sande** sowie Schluffe angetroffen. Bei den Sanden handelt es sich vornehmlich um Fein- und Mittelsande, die stark wechselhafte schluffige Beimengungen aufweisen. Die Schluffschichten weisen dabei unterschiedliche Mächtigkeiten auf. Zum Teil handelt es sich um Schluffstreifen und -bänder im Dezimeterbereich, in der RV/BS 547 wurde eine Schluffschicht mit einer Mächtigkeit von mehr als 5 m erkundet. Die erkundeten Schluffe weisen einen stark sandigen Charakter auf.

Die Ergebnisse der ergänzenden Untergundaufschlüsse bestätigen grundsätzlich die bisher angetroffenen Untergrundverhältnisse in den Bauwerksaufschlüssen, vgl. hierzu auch den geologischen Schnitt auf der Anlage 3.10 von [U2].

5. BODENMECHANISCHE LABORVERSUCHE

Von den beim Niederbringen der ergänzenden Aufschlüsse aus den einzelnen Bodenschichten entnommenen Bodenproben wurden repräsentative Proben ausgewählt und diese – soweit es für die Klassifizierung bzw. Ermittlung von Bodenkennwerten erforderlich war – im bodenmechanischen Labor untersucht.

Dabei wurde vornehmlich zur Klassifizierung der rolligen, bindigen und gemischtkörnigen Böden die Kornverteilung mittels Sieb- bzw. kombinierter Sieb- und Schlämmanalysen bestimmt. Weiterhin wurden Wassergehalte der bindigen, gemischtkörnigen und organogenen Böden ermittelt.



Der untersuchte **Geschiebemergel** ist als stark schluffiger bzw. schluffiger Sand mit tonigen Anteilen zu klassifizieren, vgl. Körnungslinien auf der Anlage 4.1.

Der ermittelte Wassergehalt des steifen Geschiebemergels schwankt zwischen 12,6 % und 14,9 %. Für den weich bis steifen Geschiebemergel wurden erwartungsgemäß höhere Werte zwischen 16,1 % und 19,8 % ermittelt. Die bei der Bodenansprache festgestellten Konsistenzen werden damit plausibel bestätigt.

Der **gewachsene Schluff** ist kornanalytisch als stark feinsandiger und schwach mittelsandiger Schluff mit schwach tonigen Anteilen anzusprechen, vgl. Kornverteilungskurve auf der Anlage 4.2. Der ermittelte Wassergehalt liegt bei 21,2 %.

Die gewachsenen **Sande** sind kornanalytisch überwiegend als schwach schluffige bis schluffige Fein- und Mittelsande meist mit grobsandigen bzw. schwach grobsandigen Anteilen einzustufen, vgl. Anlagen 4.3 bis 4.5. Der Feinkornanteil schwankt zwischen 4 Massen-% und 35 Massen-%. Der hohe Schluffanteil ist z. T. auch auf eingelagerte Schluffbänder zurückzuführen. Vereinzelt wurden auch schwach kiesige Anteile festgestellt.

Für den **Torf** wurden die erwartet sehr hohen Wassergehalte von 250,3 % bis 574,9 % ermittelt.

6. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

6.1 Grundwasserstände

Die beim Niederbringen der Sondierbohrungen angetroffenen Grundwasserstände sind neben den Profilsäulen auf den Anlagen 2.1 und 2.2 aufgetragen.

In den Sondierbohrungen RV/BS 547 bis RV/BS 549 wurde in Geländeoberkante Grundwasser in Form von Stauwasser angebohrt. In den unterhalb der organischen bzw. gemischtkörnigen Böden anstehenden Sanden wurde Grundwasser in Tiefen von 1,8 m (RV/BS 545) bis 5,6 m (RV/BS 538a) angebohrt.

Die geloteten Endwasserstände nach Beendigung der Sondierbohrungen – sofern feststellbar - liegen zwischen 0,28 m (RV/BS 545) und 2,47 m (RV/BS 540a) unter Gelände. Bezogen auf m NN wurden damit Endwasserstände zwischen – 3,61 m NN und - 1,15 m NN festgestellt. Das Grund- und Schichtenwasser steht in **gespannter Form** an.

Bei den geloteten Messwerten handelt es sich um nicht ausgepegelte Wasserstände im offenen Sondierloch.



6.2 Hochwassergebiet

Für die Planung wird als maßgebender Bemessungswasserstand für den **Endzustand** im **Hochwassergebiet** das Binnenhochwasser **HW₁₀₀ mit + 0,5 m NN** zugrunde gelegt. Damit liegt der Bemessungswasserstand im untersuchten Bereich oberhalb des Geländes. Der Bemessungswasserstand gilt für die gesamte Niederung, vgl. Geotechnischen Bericht [U2].

Unabhängig vom eintretenden Hochwasserereignis kann es auf dem oberflächennah anstehenden **Torf** nach niederschlagsreichen Zeiten zu einem **Aufstau** des **versickernden Niederschlagswassers** kommen. Für den **Bauzustand** kann im Bereich des Hochwassergebietes aus geotechnischer Sicht ein Bemessungswasserstand bis an die Geländeoberkante angenommen werden. Geländeüberflutungen, wie oben aufgeführt, sind hierbei jedoch nicht völlig auszuschließen. Dies ist bei der Ausführung der Baumaßnahme zu berücksichtigen.

7. GRÜNDUNGSEMPFEHLUNG

Mit den ergänzenden Baugrunderkundungen wurden die geringen Mächtigkeiten der organischen Weichschichten von bis zu 3 m mit Ausnahme des südwestlichen Bereiches grundsätzlich bestätigt. Im südwestlichen Bereich wurden Mächtigkeiten von bis zu 7 m erschlossen. Für die Gründung der RV-Trasse ergeben sich nach folgende Möglichkeiten.

7.1 Brückenbauwerk

Die Errichtung eines Brückenbauwerkes, welches sich über den gesamten Niederungsbereich erstreckt, ist grundsätzlich möglich. Aufgrund der angetroffenen Weichschichten ist eine Tiefgründung für das Bauwerk notwendig. Die in [U2] genannten Empfehlungen und Angaben zur Pfahlgründung (Abschnitt 9.2) bleiben unberührt.

7.2 Bodenaustausch

Für die organischen Böden ist aus geotechnischer Sicht zudem grundsätzlich ein Bodenaustausch möglich. Der Torf und die Mudde sind vollständig auszutauschen. Der Bodenaustausch muss mindestens die ganze Breite des Bahnkörpers erfassen. Zusätzlich ist eine Druckausbreitung von 45° bis zur Tiefe des tragfähigen Baugrundes zu berücksichtigen.

Angesichts der flurnah angetroffenen Wasserstände ist zur Durchführung des Bodenaustausches eine umfangreiche Wasserhaltung erforderlich.



Im südwestlichen Bereich ergeben sich durch die hier angetroffenen größeren Mächtigkeiten (bis 7 m unter Gelände) deutlich höhere Aufwendungen. Zum einen muss der Bodenaustausch im Schutze eines Verbau oder Senkkästen durchgeführt werden. Zum anderen ist eine großflächige Wasserhaltung notwendig. Weiterhin erhöhen sich deutlich die Aushubmengen und somit auch die Entsorgungskosten.

Aus den genannten Gründen wird für den südwestlichen Bereich aus wirtschaftlichen Aspekten kein Bodenaustausch empfohlen, vgl. hierzu auch Abschnitt 7.4.

7.3 Tiefgründung

Alternativ zum Bodenaustausch wäre im Bereich der nicht tragfähigen Böden eine Tiefgründung nach Ril 836.4203 möglich.

Als Tiefgründungen für die organischen Weichschichten kommen Konstruktionen aus horizontalen lastverteilenden, geokunststoffbewehrten Bodenschichten mit vertikalen Traggliedern („Aufgeständerte Gründungspolster“) in Frage. Oberhalb der Tragglieder ist eine Lastverteilungsschicht anzuordnen, um über die Tragglieder die Lasteintragung in die tiefer liegenden, tragfähigen Bodenschichten zu gewährleisten. Die Tragglieder sind für die Aufnahme der Überlagerungslasten und Eisenbahnverkehr zu dimensionieren. Die Aufnahme von Spreizkräften bei neu geschütteten Dämmen ist sicherzustellen. Als Tragglieder bieten sich im vorliegenden Fall Betonsäulen sowie vermörtelte Stopfsäulen an. Alternativ können auch biegesteife Tragglieder (Pfähle) zum Einsatz kommen.

Durch dieses Tragsystem wird gewährleistet, dass die Lasten aus Damm und Verkehr in die tragfähigen Böden unterhalb der Weichschichten eingeleitet werden.

7.3.1 Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen

Die Überprüfung zum Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Betonsäulen hat im Regelfall durch Probelastungen zu erfolgen. Sofern Probelastungen von vergleichbaren Maßnahmen vorliegen, können diese berücksichtigt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass für pfahlartige Tragglieder, die zu einer punktförmigen Stützung des zu gründenden Dammes führen, keine allgemein anerkannte Bemessungs- und Nachweisverfahren vorliegen. Hier sind entsprechende anbieterspezifische Betrachtungen für den Einzelfall erforderlich. Dies gilt insbesondere für den z. T. im Einbindebereich anstehenden locker gelagerten Sand, vgl. Abschnitt 5.2 in [U2].

Ggf. ist auf Grund der Setzungen, die aus der Schüttung einer Arbeitsebene/Säulenherstellenebene resultieren, negative Mantelreibung in Ansatz zu bringen, vgl.



Abschnitt 7.3.2. Zur Berücksichtigung einer **negativen Mantelreibung** infolge der Geländesetzungen kann diese näherungsweise mit $\tau_{n, k} \approx c_{u, k}$ angesetzt werden. Dies ist bei der Bemessung der Arbeitsebene zu überprüfen bzw. in der Bemessung der Säulen zu berücksichtigen.

7.3.2 Ergänzende Hinweise für den Erdbau

Aufgrund der unzureichenden Standfestigkeit des Untergrundes muss eine Arbeitsebene erstellt werden, um die Lasten durch schwere Baugeräte und -fahrzeuge sicher in den Untergrund ableiten zu können. Bohrgeräte weisen erfahrungsgemäß Lasten von 75 t auf. Von dieser Arbeitsebene werden die vorgesehenen Säulen in den Boden eingebracht. Auf die Arbeitsebene wird nach Herstellung der Säulen eine Lastverteilungsschicht aufgefüllt. Auf diese Lastverteilungsschicht wird das Dammmaterial lagenweise bis zur erforderlichen Höhe eingebaut und verdichtet.

Grundsätzlich bietet sich folgender Bauablauf an:

- Ggf. Bodenabtrag zur Einhaltung einer Überdeckungshöhe von mindestens 2 m (bei Entwurfsgeschwindigkeit bis 160 km/h) zwischen OK Schwelle und OK Tragglied,
- Auftragen einer Recyclingschicht als Arbeitsebene (ca. 0,5 m) für leichtes Gerät, bei Einsatz von schweren Gerät (≥ 75 t) i. d. R. $d \geq 0,80$ m,
- Ggf. Einbringen von Vertikaldränagen,
- Aufbringen der Säulenherstellebene (Dicke $\geq 1,0$ m), ggf. mit Überschüttung,
- Abwarten der Primärkonsolidation und ggf. Rückbau der Überschüttung,
- Herstellung der Säulen,
- Herstellung der Lastverteilungsschicht,
- Herstellung des Dammkörpers.

7.4 Vorzugsvariante

Die Herstellung der o.g. Arbeitsebene ist im Vergleich zu den überwiegend geringen Säulenlängen sehr aufwendig. Aus diesem Grund sowie unter Berücksichtigung der in Abschnitt 7.2 genannten Aspekte wird - sofern für die Gründung der Trasse die Dammlösung favorisiert wird - aus geotechnischer und wirtschaftlicher Sicht empfohlen, einen Bodenaustausch ausschließlich im Bereich der gering mächtigen Weichschichten (< 3 m) vorzunehmen.



Für die tieferreichenden Weichschichten im südwestlichen Bereich (RV/BS 538, RV/BS 538a, RV/BS 538b und RV/BS 540) ist die Ausführung eines „Aufgeständer-ten Gründungspolster“ oder alternativ die Fortsetzung der im Bereich der Deponie Oldenburger Bruch vorgesehene Pfahlgründung um ca. 45 m vorzuziehen.

Im Zuge der weiteren Planung ist zu prüfen, ob der Bodenaustausch auch aus abfall-technischer Sicht sowie unter Berücksichtigung von umweltrechtlichen Belangen eine wirtschaftliche Variante darstellt und somit weiter verfolgt werden soll. Hierzu wird auf den Bericht „Untersuchung des Versauerungspotenzials von organischen Böden sowie orientierende abfalltechnische Schadstofferkundungen und Untersu-chungen von Poren- und Oberflächenwasser“ [U3] verwiesen.

Es wird darauf hingewiesen, dass auch bei der Ausführung des Brückenbauwerkes zur Gewährleistung von standfesten Zuwegungen bereichsweise ein Bodenaustausch erforderlich wird.

BBI Geo- und Umwelttechnik

Bahn

Dipl.-Ing. P. Bahnsen



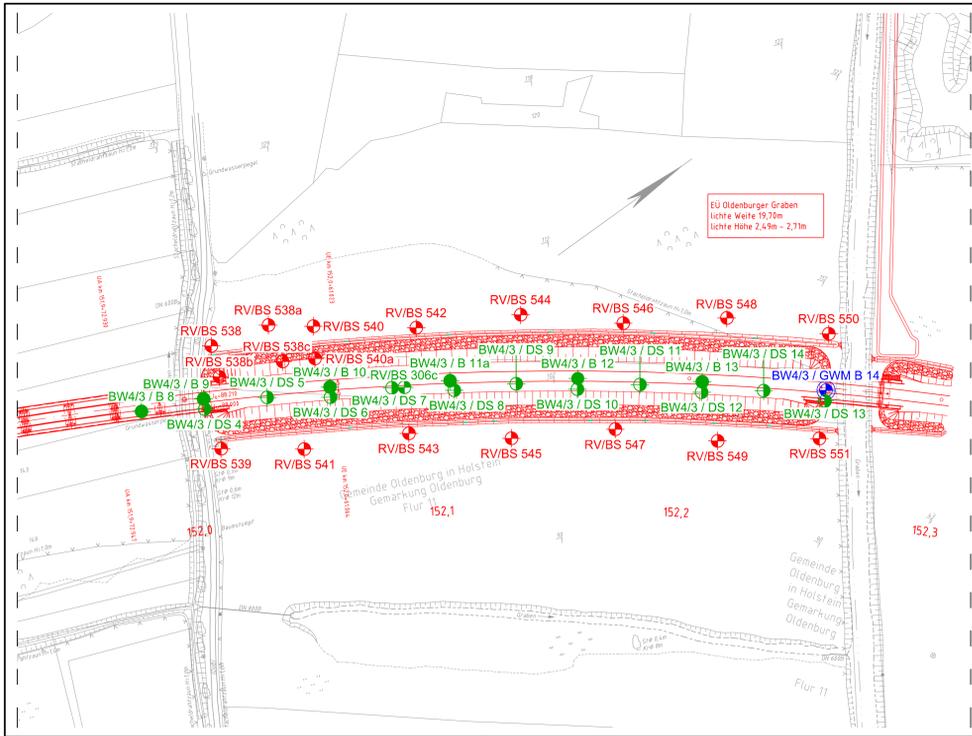
i. A. *A. Voss*

Dipl.-Ing. A. Voss



ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage 1	Lageplan M. 1:1.000
Anlagen 2.1 und 2.2	Ergebnisse der Untergroundaufschlüsse M. d. H. 1:100
Anlagen 3.1 bis 3.3	Zusammenstellung der Versuchsergebnisse
Anlagen 4.1 bis 4.5	Ergebnisse der Laborversuche (Körnungslinien)
Anlage 5.1	Isolinienplan „Mächtigkeit der organischen Weichschichten“ (bezogen auf GOK)
Anlage 5.2	Isolinienplan „Unterkante der organischen Weichschichten“ (bezogen auf m NN)



LEGENDE :

ergänzende Baugrundaufschlüsse 2017:

• Sondierbohrung (RV/BS)

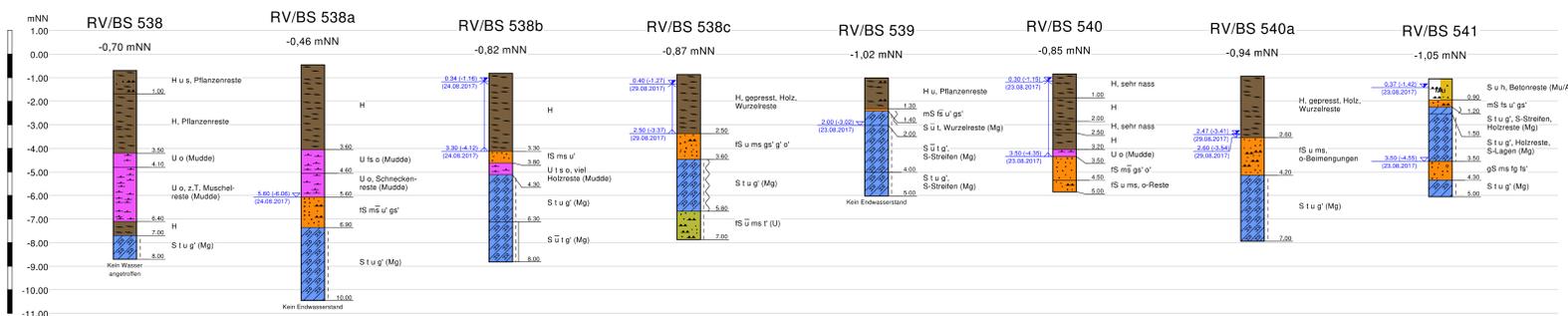
vorhandene Baugrundaufschlüsse:

- Sondierbohrung (RV/BS)
- Bohrung (BW/B)
- Drucksondierung (BW/DS)
- Bohrung zur Grundwassermessstelle ausgebaut (BW/GWM B)

Hinweis:
Auf Grund der Koordinatentransformation der vorhandenen Baugrundaufschlüsse ergeben sich geringfügige Abweichungen zwischen tatsächlicher und dargestellter Lage.

Legende:	
Bestandskilometrierung Strecke 1100	Bestandskilometrierung
Bau-Kilometrierung	Bau-Kilometrierung
Bestand	Bestand
Planung	Planung
Rückbau	Rückbau
Planung Dritter	Planung Dritter
DB Grenze	DB Grenze
Baufeld	Baufeld
Baustellenzufahrt / -einrichtungsfläche	Baustellenzufahrt / -einrichtungsfläche
Kabelkanalbau	<ul style="list-style-type: none"> Kabelkanal Kabelquerung Kabelkanal aufgespändert Kabel erdverlegt Kabelkanal auf- und zudeckeln, vorh. Trasse nutzen Kabelschacht Kabelschacht mit Schachtanschlussbausatz
Erntewässerung/Entfallbau	<ul style="list-style-type: none"> Mulde Graben Tiefenerntewässerung Erntewässerungsschacht Sickerschicht
Schallschutz/Schallleitung	<ul style="list-style-type: none"> Schallschutzwand Stahlmast z.B. Gittermast Stahlrohrmast

Anlage 1			
Index	Änderungen bzw. Ergänzungen	Name	Datum
		Prüfvermerke	
die Überstimmung der Zeichnung mit der Ausführung bestätigt		Freigabe zur bautechnischen Prüfung	
Für den Auftragnehmer:		Ort, Datum, Unterschrift	
Für die DB E&C GmbH:		Ort, Datum, Unterschrift	
Interessent/Prüfer (besondere Stellung, Name)		geprüft / genehmigt	
Datum		geprüft / genehmigt	
Datum		geprüft / genehmigt	
Datum		geprüft / genehmigt	
Eisenbahn-Bauzustand		geprüft / genehmigt	
Datum		geprüft / genehmigt	
Freigabe der Ausführungsunterlagen		Freigabe durch den BVB	
Projekt-Nr.: 117P-4-P-227		Ort, Datum, Unterschrift (BVB)	
Genehmigung zur Bauausführung		Ort, Datum, Unterschrift	
Lagegröße			
Planverfasser - Baugrund Ingenieurbüro für Geotechnik und Umwelttechnik MBH Lise Meitner Str. 1 22887 Hamburg		Planverfasser DB Engineering & Consulting GmbH Berlin 10177 117P-0-P-227 (BVB) Geotechnik/Planung/Gründe 5-11 10115 Berlin	
Baubehörde DB Netz AG Regionalbereich Nord Grafenbrucher Nord Lindenmühlstraße 9 20913 Hannover		DB Netz AG Regionalbereich Nord Grafenbrucher Nord Lindenmühlstraße 9 20913 Hannover	
Auftraggeber DB Netz AG Auftrag-Nr.: G 016124.900		Blatt 067 Auftrag-Nr.: G 016124.900	
Datum 25.10.2017 Zeichner 25.10.2017 M. Hoffmann		Datum 25.10.2017 M. Hoffmann	
Plan-Nr.: L01GG01_XXII.dwg		Blatt 750 x 297	
Entwurfsplanung		Einwirkungen: Erdbebenlast	
Höhen- und Koordinatensystem DHHN 92 / DB REF		Datum 2014/11/21, aageplan_DB_Ref	
ABS/NBS Hamburg - Lübeck - Puttgarden (Hinterlandanbindung FB0) Lübeck Hbf - Puttgarden			
Bauwerksnummer Kilometer Kennzahl Brückennr.		Barcode	



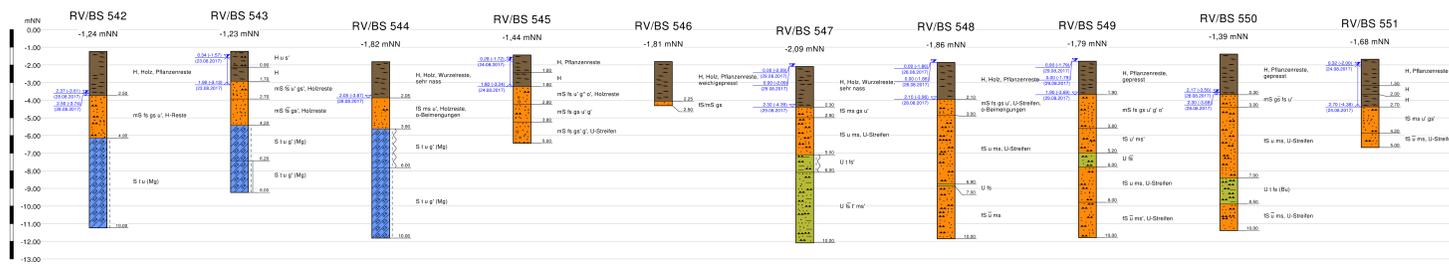
Legende

H	steif - halbfest	T	(Ton)	G	(Kies)
I	steif	U	(Schluff)	H	(Torf, Humus)
IS	weich - steif	mS	(Mittelsand)	Mu	(Mutterboden)
		gS	(Grobsand)	A	(Auflage)
		S	(Sand)	F	(Mudde)
		IG	(Feinkies)	Mg	(Geschiebemergel)
				o	(org. Beimengung)

Beimengungen werden mit kleinen Buchstaben angegeben.
 Anteil der Beimengung: " = schwach, " = stark
 Beispiel: U 5% = schwach tonig; stark sandiger Schluff
 ■ 5.2 = Sondierprobe aus 5.2 m Tiefe unter Gelände
 ▽ 8.00 (1.21) Grundwasser am 01.01.2017 in 6.00 m (1.21 mNN)
 ▽ 7.00 (0.21) Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung
 ▽ 6.50 (0.71) Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch
 (01.01.2017)

Zusatz: r = Reste, st = Stücke, str = Streifen,
 wsf. = wasserführend, wsh. = wasserhaltig,
 kalkh. = kalkhaltig, zers. = zersetzt

Planverfasser:	 GED-UND-UMWELTTECHNIK INGENIEURGESELLSCHAFT MBH BERATUNGS-INGENIEURE LÜBECKER STR. 1 2087 HAMBURG TEL. 040 / 229 488-0 FAX 040 / 229 488-40	Projekt Nr.:	2014/172
		Anlagen Nr.:	2.1
Bauvorhaben:		Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung	
PFA 4 - TORFNIEDERUNG OLDENBURGER BRUCH ERGEBNISSE DER ERGÄNZENDEN UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE (08/2017)			
Datum:	Blattgröße:	Gezeichnet:	Geprüft:
26.10.2017	890 x 297	So	Ho
Maststab:		d. H. 1 : 100	



Legende

stf - Kalkstein	T (Ton)	G (Kies)
stf - weich - stf	U (Schutt)	H (Torf/Mulde)
	Bu (Bachschutt)	Mu (Mutterboden)
	S (Felsand)	A (Aufschüttung)
	mS (Mittelsand)	F (Muschel)
	gs (Grobsand)	Mj (Gesteinsgeröl)
	S (Sand)	s (sig. Bohrung)
	gs (Finkies)	

Bohrungen werden mit kleinen Rührbohrern angebohrt.
 Anteil der Bohrung: = schwach, = stark
 Beispiel U/G: schwach bis stark
 S.S.: Bindeerde aus 0,2 m Tiefe unter Gelände
 S.S.S.: Bindeerde aus 0,2 bis 0,5 m Tiefe unter Gelände
 S.S.S.S.: Bindeerde aus 0,5 bis 1,0 m Tiefe unter Gelände
 Grundwasserstand nach Beendigung der Bohrung
 Rührwasserstand in einem ausgebauten Bohrloch
 Zusatz: c = Plastizität, w = Schwindmaß, sh = Steifheit, w_{pl} = Wasserbindungsvermögen, w_l = Wasserhaltbarkeit, w_h = Kalkhaltigkeit, z_{pl} = Plastizitätszahl

Planzeichner:	Projekt-Nr.:
001 UBERCKER STR. 1 20877 HAMBURG TEL. 041 22448-0 FAX 041 22448-44	2014172
BO: UBERCKER STR. 1 20877 HAMBURG TEL. 041 22448-0 FAX 041 22448-44	2.2
	Zeichnungs-Nr.:
	UBR0022_KXIII.BOP

Schienenanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung

FFA 4 - TORFNIEDERUNG GLEBNBURGER BRUCH
 ERGEBNISSE DER ERGÄNZENDEN UNTERGRUNDAUFSCHLÜSSE
 (08/2017)

Datum:	26.10.2017	Maßstab:	1:500 x 2:20	Gezeichnet:	Sc	Geprüft:	Hu	Maßstab:	d. H. 1:100
--------	------------	----------	--------------	-------------	----	----------	----	----------	-------------



GEO-UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 -0 FAX 040 / 229 468 40
Bearbeiter: Stu Datum: 29.09.2017

Körnungslinie

FBQ

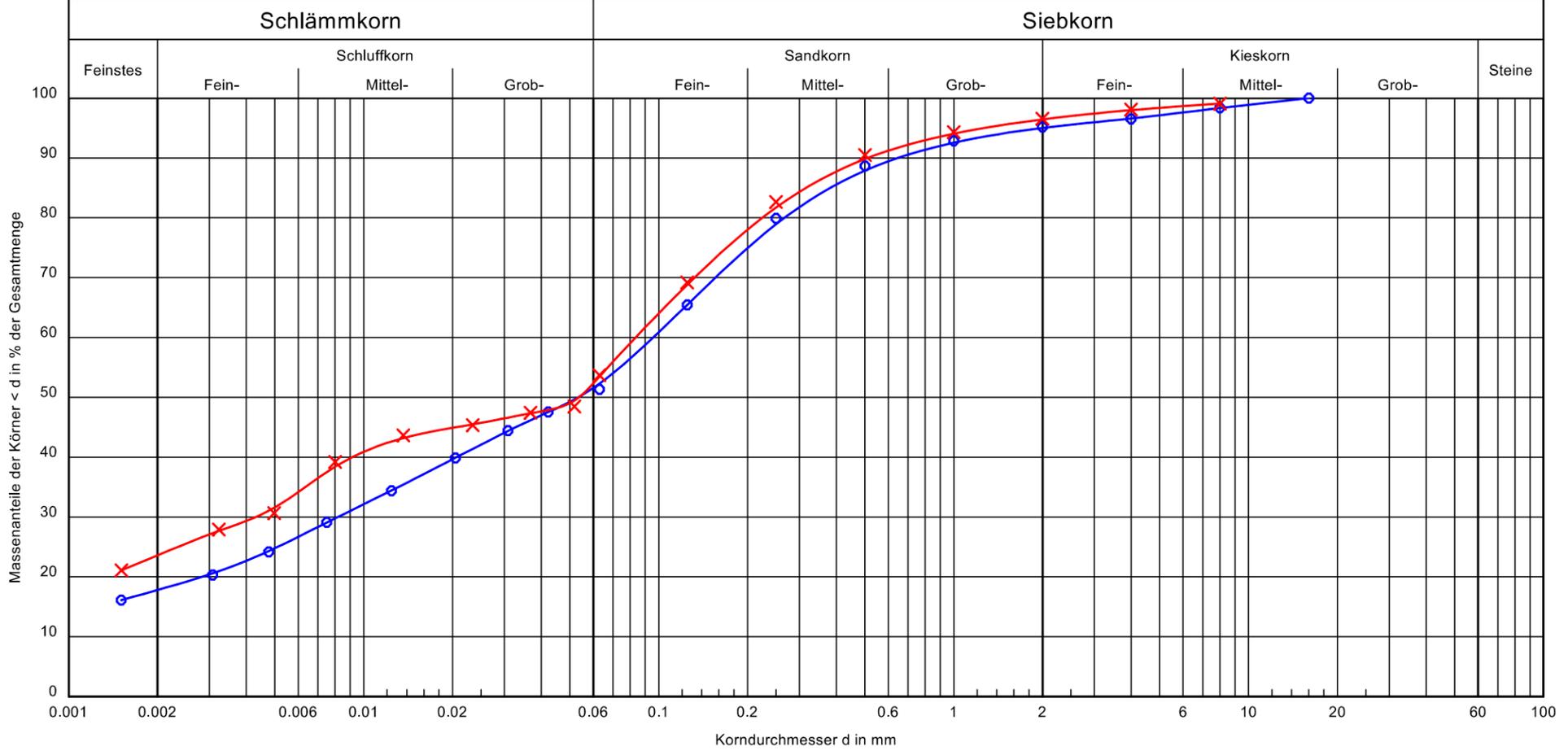
Torfniederung Oldenburger Bruch

Prüfungsnummer: RVBS 539/3, RV/BS 542/10

Probe entnommen am: 23.08.2017

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombinierte Analyse



Signatur			Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 2014/172 Anlage: 4.1
Bodenart:	S, \bar{u} , t (Mg)	S, t, u (Mg)		
Tiefe:	1,4 - 2,0 m	7,0 - 8,0 m		
U/Cc:	-/-	-/-		
Entnahmestelle:	RV/BS 539/3	RV/BS 542/10		



GEO-UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 -0 FAX 040 / 229 468 40
 Bearbeiter: Stu Datum: 29.09.2017

Körnungslinie

FBQ

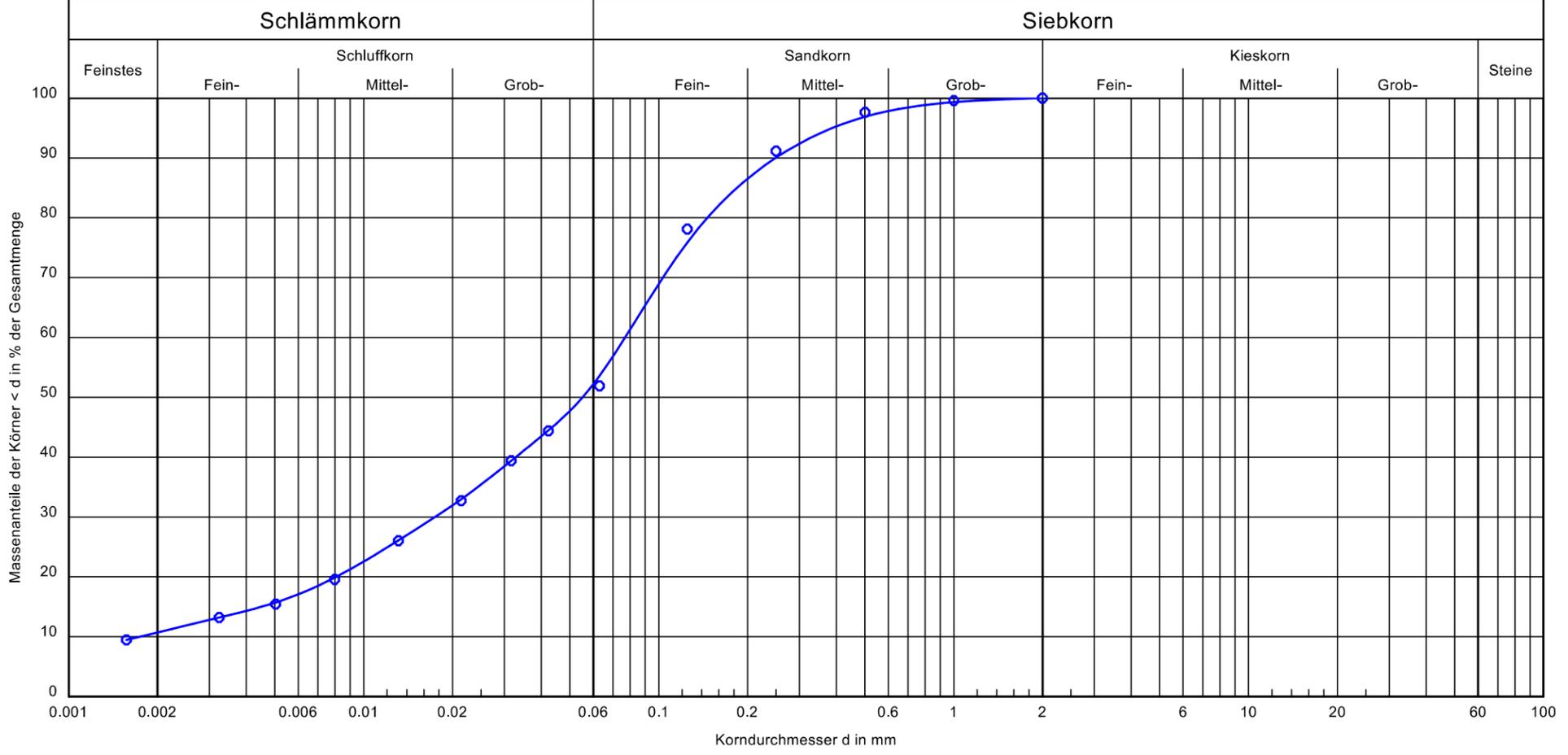
Torfniederung Oldenburger Bruch

Prüfungsnummer: RV/BS 547/8

Probe entnommen am: 29.08.2017

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombinierte Analyse



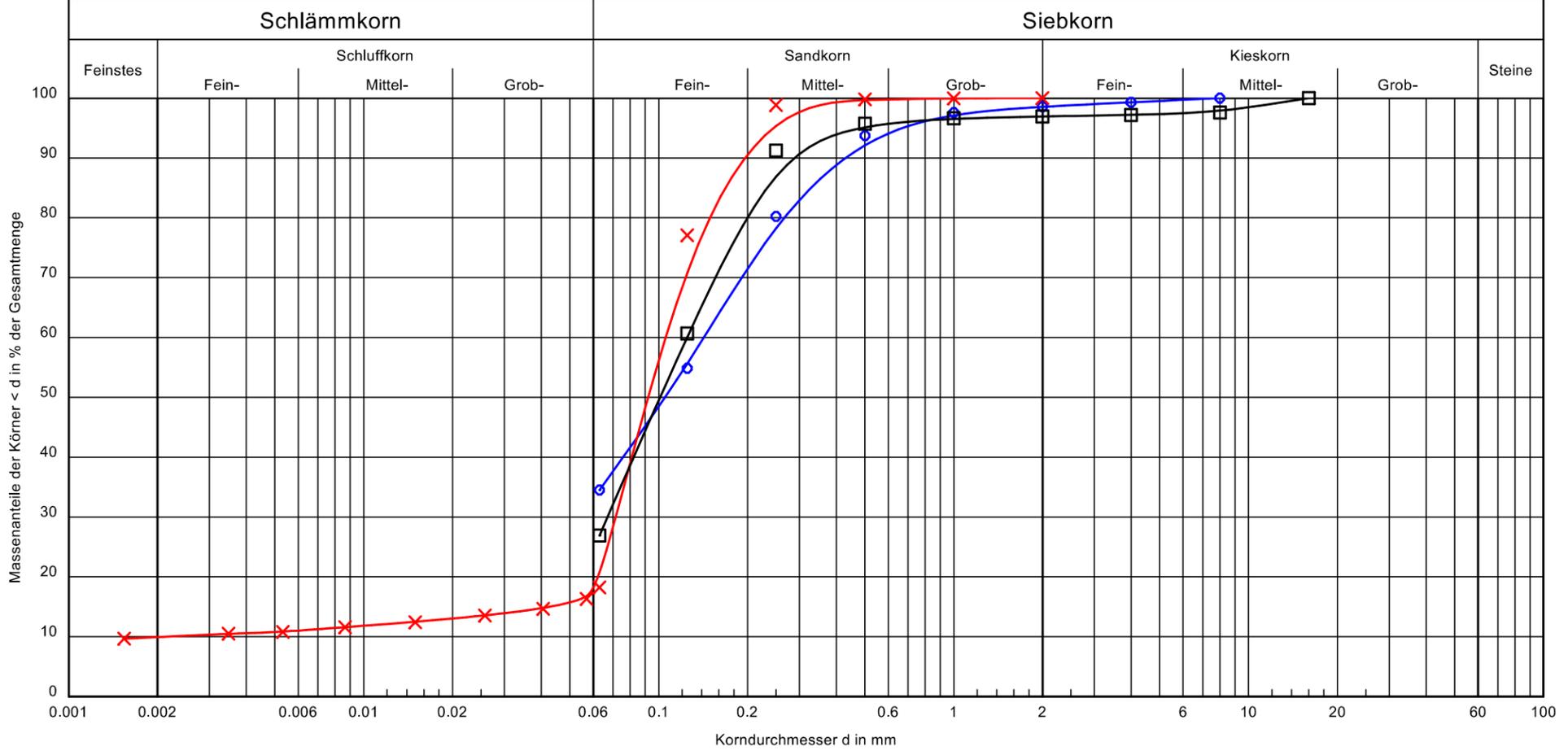
Signatur		Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 2014/172 Anlage: 4.2
Bodenart:	U, \bar{f}_s , t', ms'		
Tiefe:	6,0 - 7,0 m		
U/Cc:	44.1/2.3		
Entnahmestelle:	RV/BS 547/8		

Körnungslinie

FBQ

Torfniederung Oldenburger Bruch

Prüfungsnummer: RV/BS 547/5, RV/BS 549/7, RV/BS 550/6
 Probe entnommen am: 29.08.2017
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Nasssiebung/Kombinierte Analyse



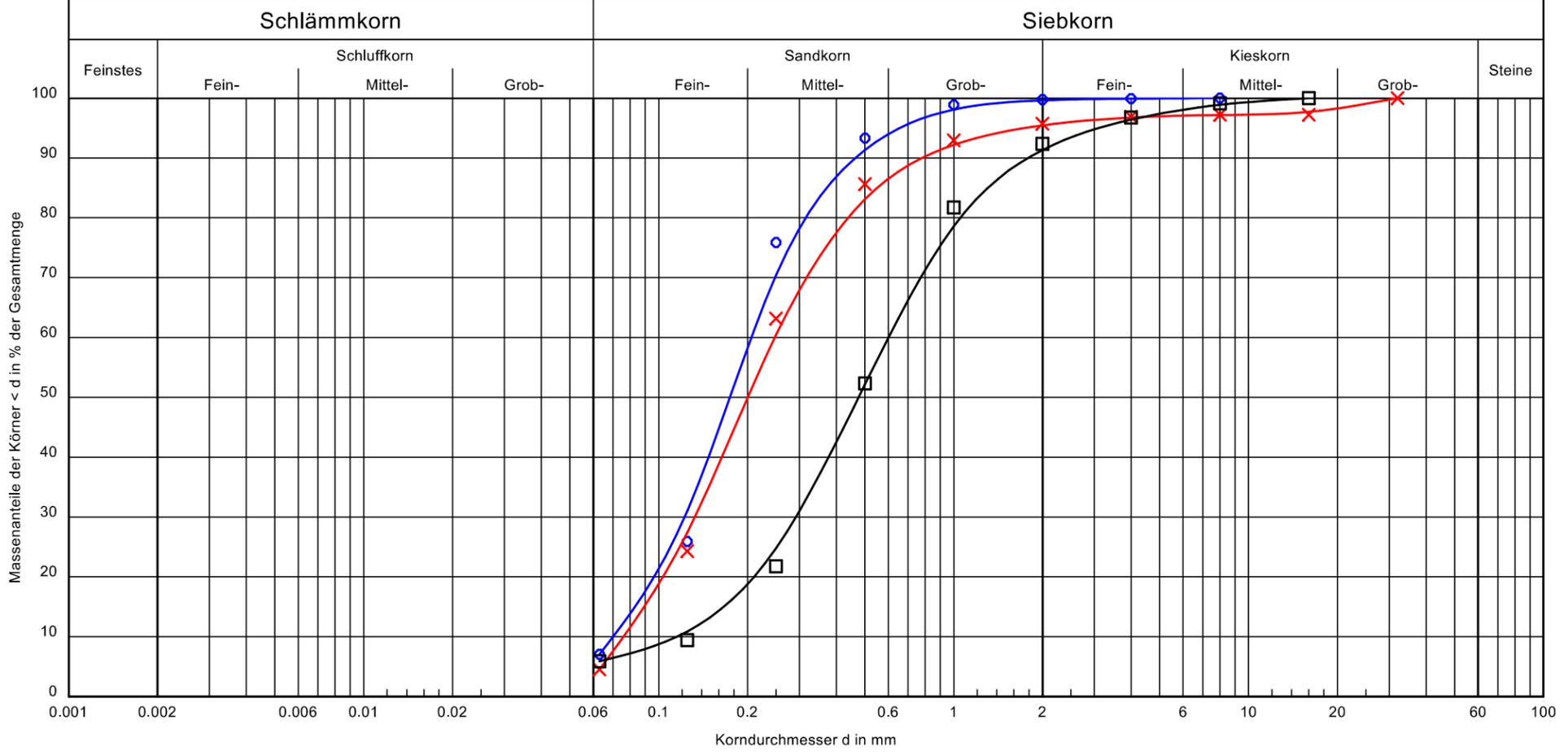
Signatur	○—○	x—x	□—□	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 2014/172 Anlage: 4.3
Bodenart:	fS, \bar{u} , ms (Sand mit U - Lagen)	fS, t', u', ms'	fS, u, ms		
Tiefe:	2,9 - 4,0 m	4,5 - 5,2 m	3,0 - 4,0 m		
U/Cc:	-/-	49.6/22.7	-/-		
Entnahmestelle:	RV/BS 547/5	RV/BS 549/7	RV/BS 550/6		

Körnungslinie

FBQ

Torfniederung Oldenburger Bruch

Prüfungsnummer: RV/BS 538a/6, RV/BS 540/7, RV/BS 541/6
 Probe entnommen am: 24.08.2017
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Signatur	○—○	×—×	□—□	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 2014/172 Anlage: 4,4
Bodenart:	fS, m \bar{s} , u', gs'	fS, m \bar{s} , gs'	mS, g \bar{s} , fs, fg'		
Tiefe:	5,6 - 6,9 m	3,5 - 4,5 m	3,5 - 4,3 m		
U/Cc:	2.9/1.0	3.3/0.9	5.2/1.2		
Entnahmestelle:	RV/BS 538a/6	RV/BS 540/7	RV/BS 541/6		



GEO-UND UMWELTECHNIK
INGENIEUR-GESELLSCHAFT MBH

BERATENDE INGENIEURE

BBI LÜBECKER STR. 1 22087 HAMBURG TEL. 040 / 229 468 -0 FAX 040 / 229 468 40
 Bearbeiter: Stu/ Mö Datum: 29.09.2017

Körnungslinie

FBQ

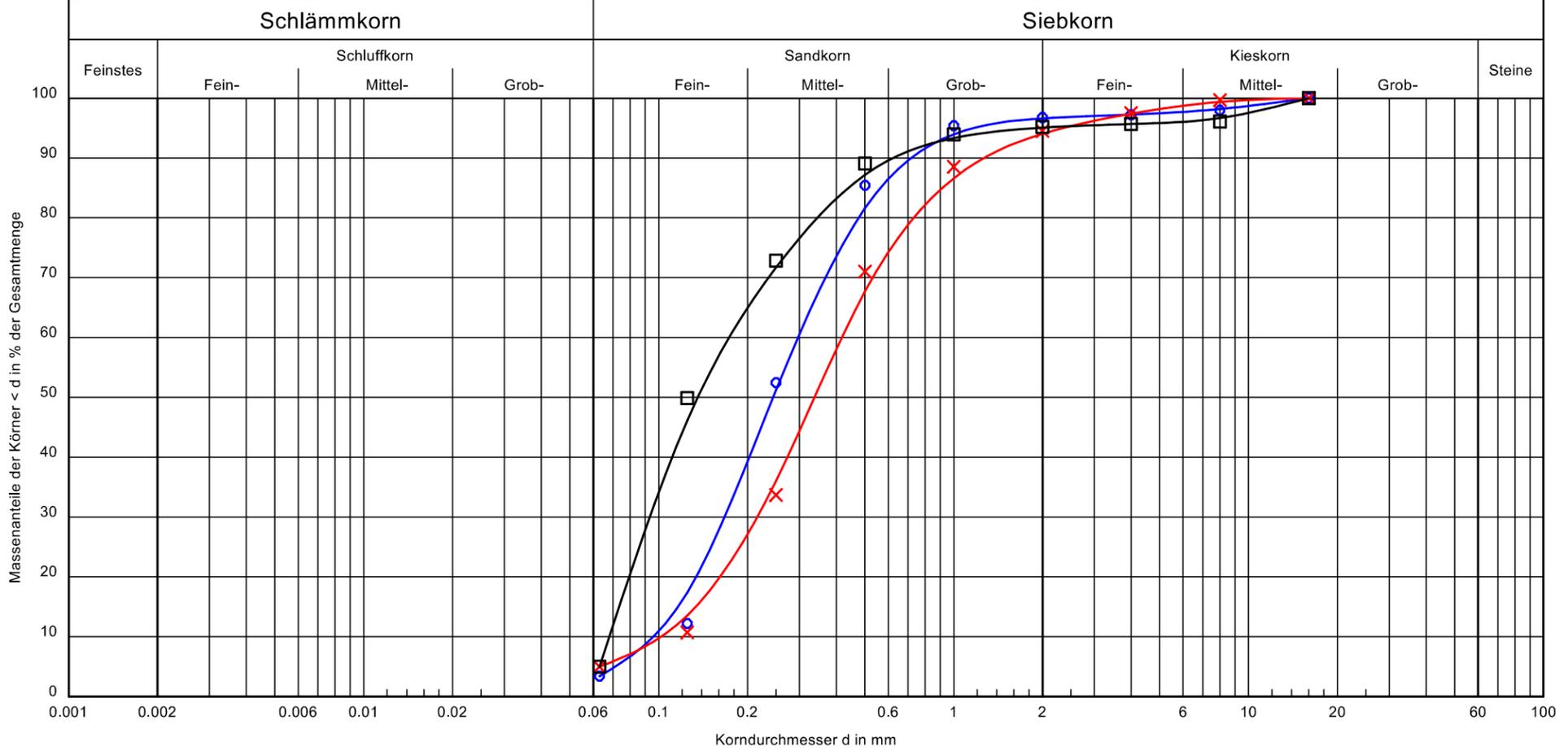
Torfniederung Oldenburger Bruch

Prüfungsnummer: RV/BS 543/4, RV/BS 549/4, RV/BS 551/5

Probe entnommen am: 23.08.2017

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung



Signatur				Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 2014/172 Anlage: 4.5
Bodenart:	mS, fs, gs'	mS, fs, gs, u', g'	fS, ms, u', gs'		
Tiefe:	2,7 - 4,2 m	1,9 - 2,5 m	2,7 - 4,2 m		
U/Cc:	3.1/1.0	4.1/1.1	2.5/0.7		
Entnahmestelle:	RV/BS 543/4	RV/BS 549/4	RV/BS 551/5		

