



Ingenieurgeologie  
Dr. Lübke

Füchteler Straße 29  
49377 Vechta  
Telefon 0 44 41 – 979 75-0  
Telefax 0 44 41 – 979 75-29

[www.ig-luebbe.de](http://www.ig-luebbe.de)  
[office@ig-luebbe.de](mailto:office@ig-luebbe.de)

# GEOTECHNISCHER BERICHT

PROJEKT:  
270-13-2

Stadt Bocholt,  
BV Museumsbrücke und Quartiersbrücke  
an der Bocholter Aa

Auftraggeber:  
Vulhop + Becker GmbH & Co. KG  
Butjadinger Straße 76  
26180 Rastede

17. Oktober 2013

Baugrunderkundungen  
Gründungsgutachten  
Baugrundlabor  
Altlastenuntersuchungen  
Gefährdungsabschätzungen  
Sanierungskonzepte  
Hydrogeologie

In Kooperation mit der  
TERRA Umwelt Consulting GmbH



Projektdaten:

Projekt: 270-13-2  
Stadt Bocholt, BV Museumsbrücke und  
Quartiersbrücke an der Bocholter Aa

Auftraggeber: Vulhop + Becker GmbH & Co. KG  
Butjadinger Straße 76  
26180 Rastede

Auftragnehmer: Ingenieurgeologie Dr. Lübbe  
Füchteler Str. 11  
49377 Vechta

Projektbearbeiterin: Dipl.-Geol. Petra Müller

Exemplare: 1 Stück

Dieser Bericht umfasst 17 Seiten, 7 Tabellen und 6 Anlagen.

Vechta, 17. Oktober 2013

Der Bericht darf nur vollständig und unverändert vervielfältigt werden und nur zu dem Zweck, der unserer Beauftragung mit der Erstellung des Gutachtens zugrunde liegt. Die Vervielfältigung zu anderen Zwecken, eine auszugsweise oder veränderte Wiedergabe sowie eine Veröffentlichung bedürfen unserer schriftlichen Genehmigung.



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG.....</b>	<b>5</b>
1. Unterlagen.....	5
2. Bauwerksangaben.....	5
<b>II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>5</b>
<b>III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE.....</b>	<b>6</b>
1. Boden.....	6
2. Grundwasser.....	7
3. Erdbebenzone.....	8
4. Körnungsanalysen.....	8
5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196.....	9
6. Bodenkennwerte.....	10
<b>IV. AUSWERTUNG UND BEWERTUNG, GRÜNDUNG.....</b>	<b>10</b>
1. Geotechnische Kategorie.....	10
2. Auswertung und Bewertung.....	11
<b>V. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG.....</b>	<b>15</b>
1. Baugrube, Böschungen, Wasserhaltung .....	15
2. Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtung.....	15
3. Altlasten.....	16
<b>VI. SCHLUSSWORT.....</b>	<b>16</b>



## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Bodenprofile.....	7
Tabelle 2:	Ergebnisse der Körnungsanalysen.....	9
Tabelle 3:	Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18300.....	9
Tabelle 4:	Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196.....	10
Tabelle 5:	Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (2012), EAU (1998), Ergebnissen der Drucksondierungen und eigenen Erfahrungswerten.....	10
Tabelle 6:	Tiefenlage des tragfähigen Baugrundes an der Museums- und an der Quartiersbrücke.....	12
Tabelle 7.1-7.3:	Aufnehmbare Sohldrücke und Setzungen ( $\gamma = 1,4$ )....	13- 14

## ANLAGENVERZEICHNIS:

ANLAGE 1:	Lageplan
ANLAGE 2.1-2.2:	Bohrprofile nach DIN 4023 und Drucksondierdiagramme nach DIN 4094 ( <i>überarbeitet und zusammengefasst</i> )
ANLAGE 3:	Schichtenverzeichnisse, Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
ANLAGE 4:	Bohrprofile, Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
ANLAGE 5:	Drucksondierprotokolle, Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
ANLAGE 6.1-6.3:	Körnungslinien, DIN 18123



## I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG

Die Stadt Bocholt plant zwei Brücken (*Museumsbrücke und Quartiersbrücke*) über die Bocholter Aa zu errichten.

Unser Büro wurde über die Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede, beauftragt, den Baugrund auf der Grundlage der durch die Vulhop + Becker GmbH & Co. KG ausgeführten Baugrundaufschlüsse und Drucksondierungen für die Gründung zu beurteilen.

### 1. Unterlagen

Zur Durchführung der Untersuchungen erhielten wir folgende Unterlagen:

- KUBAai - Arbeitsplan, Maßstab 1 : 1000
- Lageplan Vulhop + Becker vom 06.09.2013, Maßstab 1 : 1000
- Schichtenverzeichnisse Vulhop + Becker GmbH & Co. KG.
- Graphische Darstellung der Bohrprofile mit Kernschlagzahlen und Bohrlochverfüllung, Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
- Protokolle der Drucksondierungen, Vulhop + Becker GmbH & Co. KG.

### 2. Bauwerksangaben

Angaben zu den Bauwerken lagen uns zum Zeitpunkt der Berichterstellung nicht vor.

## II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden vom 11.09. bis 18.09.2013 durch die Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede, sowohl für die Museumsbrücke als auch für die Quartiersbrücke jeweils zwei Schneckenbohrungen bis jeweils 20 m unter Gelände abgeteuft ( $\Phi$  180 mm, B 1 M-Nord, B 2 M-Süd und B 1 Q-Nord, B 2 Q-Süd).

Außerdem wurden je Brückenbauwerk jeweils zwei elektrische Drucksondierungen bis 25,0 m bzw. 29,0 m unter Gelände durchgeführt (CPT 1 M-Nord, CPT 2 M-Süd und CPT 1 Q Nord und CPT 1 Q-Süd).

Ergänzend zu den Drucksondierungen wurden in der B 1 M-Süd ab 4,00 m und in der B 1 Q-Nord ab 3,00 m bis jeweils 7,0 m unter GOK Bohrlochrammungen nach DIN 4094 ausgeführt.

Die Untersuchungspunkte verteilen sich wie folgt:

Museumsbrücke:	Nordseite:	B 1 M-Nord und CPT 1 M-Nord
	Südseite:	B 2 M-Süd und CPT 2 M-Süd
Quartiersbrücke:	Nordseite:	B 1 Q-Nord und CPT 1 Q-Nord
	Südseite:	B 1 Q-Süd und CPT 2 Q-Süd.



Aus den Schneckenbohrungen wurden Bodenproben entnommen. Zusätzlich wurden an der geplanten Museumsbrücke aus der Bohrung B 1 M-Süd und an der geplanten Quartiersbrücke aus der Bohrung B 1 Q-Nord zwischen 3,0 m bis 7,0 m bzw. 4,0 m bis 7,0 m verrohrte Bohrkern (Liner-Proben,  $\Phi$  219 mm) entnommen.

An insgesamt zwölf exemplarisch ausgewählten Bodenproben aus den oberen, gründungsrelevanten Bodenschichten wurden Körnungsanalysen nach DIN 18123 durch Siebanalyse durchgeführt.

Die Lage der Sondieransatzpunkte ist in Anlage 1 dargestellt. Die erbohrten Bodenprofile wurden entsprechend DIN 4022 ingenieurgeologisch vor Ort angesprochen und in Schichtenverzeichnissen aufgenommen (Anlage 3). Die Ergebnisse sind in Anlage 4 als Bohrprofile nach DIN 4023 dargestellt. In Anlage 5 liegen die Drucksondierprotokolle nach DIN 4094 vor.

Nach Sichtung der Bodenproben und Auswertung der Siebanalysen wurde die Bodenansprache in den Bohrprofilen geringfügig überarbeitet und gleichartige Bodenschichten zusammengefasst. Die entsprechenden Bohrprofile sind nach DIN 4023 zusammen mit den Drucksondierdiagrammen (CPT nach DIN 4094) in Anlage 2.1-2.2 dargestellt. Die Körnungslinien liegen in Anlage 6.1-6.3 vor.

### III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

#### 1. Boden

Nach der geologischen Karte von Nordrhein-Westfalen, Maßstab 1 : 500 000 sind im Bereich von Bocholt grundsätzlich pleistozäne Niederterrassenablagerungen aus Sand und Kies zu erwarten. Bereichsweise sind diese von Flugsanden oder Löss überlagert.

Nach den vorliegenden Bohrprofilen und den Drucksondierdiagrammen kann die grundsätzliche Bodenschichtung an den geplanten Brückenbauwerken wie folgt zusammengefasst werden (vgl. Tabellen 1.1-1.2):



Museumsbrücke:

Tiefe (bis m u. GOK min./max.)	Mächtigkeit (m)	Bodenschicht (Spitzendruck $q_c$ in $MN/m^2$ )	nicht bindig/ bindig	Baugrund- eigenschaften
3,00/4,00	3,00/4,00	künstliche Anfüllungen mit Bauschutt und Fremdstoffen oder locker gelagerte Sande, z. T. schwach schluffig, humose Sande	überwiegend nicht bindig	nicht geeignet
26,0	22,0	Sande und Kiese, überwiegend mitteldicht oder gut mitteldicht, bereichsweise nur locker	nicht bindig	geeignet bis gut
11,70-12,90	1,20	Torf und Schluff, weich oder steifplastisch	bindig	gering tragfähig

Tabelle 1.1: Bodenprofil an der Museumsbrücke, Bodenaufschlüsse B 1 M-Nord und B 2 M-Süd sowie CPT 1 M-Nord und CPT 2 M-Süd.

Quartiersbrücke:

Tiefe (bis m u. GOK min./max.)	Mächtigkeit (m)	Bodenschicht (Spitzendruck $q_c$ in $MN/m^2$ )	nicht bindig/ bindig	Baugrund- eigenschaften
3,00/3,50	3,00-3,50	locker gelagerte Sande, z. T. schwach schluffig, humose Sande oder Löss bzw. künstliche Anfüllungen	nicht bindig	nicht geeignet
5,00/7,00	2,00-4,00	Fein- bis Mittelsand, locker	nicht bindig	locker = mäßig gut, Nachverdichtung möglich, dann gut geeignet
15,0/17,0	10,0	Sande und Kiese, gut mitteldicht	nicht bindig	gut
28,0	> 10,0	Ton, halbfest bis fest	bindig	gut

Tabelle 1.2: Bodenprofil an der Quartiersbrücke, Bodenaufschlüsse B 1 Q-Nord und B 2 Q-Süd sowie CPT 1 Q-Nord und CPT 2 Q-Süd.

2. Grundwasser

Grundwasser wurde bei den Bohrarbeiten vom 11.09. bis 18.09.2013 ab 2,00 m bzw. 2,95 m unter Bohransatzpunkt angetroffen. Bis zur Endteufe der Bohrungen von 20,00 m unter GOK bei der Museumsbrücke bzw. bis zum Erreichen der Tone in einer Tiefe von 17,0 m an der Quartiersbrücke waren die anstehenden Sande wassergesättigt und nass. Nach Ende der Bohrarbeiten wurde die Grundwasser Oberfläche geringfügig höher bei 1,80 m bzw. 2,80 m unter GOK eingemessen.

Das erbohrte Grundwasser ist einem zusammenhängenden, geschlossenen Grundwasserkörper zuzuordnen.



Vom Untersuchungsgelände liegen uns keine langfristigen Grundwasserstandsbeobachtungen vor, daher kann der Grundwasserschwankungsbetrag nur abgeschätzt angegeben werden. Am Ende eines Winters/Beginn des Frühjahres sind erfahrungsgemäß Grundwasserhöchststände zu erwarten. Im Laufe der Vegetationsperiode eines Sommers sinkt der Grundwasserspiegel ab. Außerdem wird der Grundwasserspiegel hier vom Wasserstand der Aa beeinflusst.

Je nach Jahreszeit und vorausgegangenen Niederschlagsmengen muss mit einem Anstieg über die gemessenen Werte von einigen Dezimetern gerechnet werden.

Wenn keine näheren Informationen vorliegen, sollte als Bemessungswasserstand die Geländeoberkante angenommen werden.

### 3. Erdbebenzone

Die Stadt Bocholt im Regierungsbezirk Münster befindet sich nach DIN 4149 in der Erdbebenzone 0. Seismische Aktivitäten und daraus folgende Einwirkungen auf Gebäude sind in diesem Bereich nicht zu erwarten und werden daher für die weiteren Ausführungen nicht berücksichtigt.

### 4. Körnungsanalysen

Zur Überprüfung der Bodenansprache des Bohrgutes und zur Klassifizierung der anstehenden Bodenarten, wurden an zwölf exemplarisch aus den oberen, gründungsrelevanten Bodenschichten ausgewählten Bodenproben Kornverteilungen nach DIN 18123 die Körnungslinien ermittelt. Nach der Labormethode „Sieb-linienauswertung“ wurden die kf-Werte nach HAZEN ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst.



Sondierung, Probennummer	Entnahmetiefe (m u. GOK)	Anteil <0,063 mm	Bodenart	k <sub>f</sub> -Wert (HAZEN) (m/s)
B1 M-Nord, P2	0,90-1,00	0,91	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig	1,9 x 10 <sup>-4</sup>
B1 M-Nord, P4	1,80-2,50	1,55	Mittelsand, stark feinsandig,	1,5 x 10 <sup>-4</sup>
B1 M-Nord, P5	2,50-3,00	1,24	Fein- bis Mittelsand	1,4 x 10 <sup>-4</sup>
B1 M-Nord, P6	3,00-4,00	1,16	Mittelsand, feinsandig, grobsandig	3,0 x 10 <sup>-4</sup>
B2 M-Süd, P3	2,50-2,80	0,60	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig	2,7 x 10 <sup>-4</sup>
B2 M-Süd, P4	2,80-3,10	1,92	Mittelsand, stark feinsandig	1,5 x 10 <sup>-4</sup>
B2 M-Süd, P5	3,10-4,00	1,68	Mittelsand, feinsandig, schwach kiesig, schwach grobsandig	2,1 x 10 <sup>-4</sup>
B2 M-Süd, P6	4,00-5,00	0,34	Mittelsand, grobsandig, schwach feinsandig	4,1 x 10 <sup>-4</sup>
B1 Q-Nord, P7	3,00-4,00	1,12	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig	2,7 x 10 <sup>-4</sup>
B1 Q-Nord, P8	4,00-5,00	1,33	Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schwach feinkiesig	2,8 x 10 <sup>-4</sup>
B2 Q-Süd, P7	3,50-5,00	1,19	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig	2,0 x 10 <sup>-4</sup>
B2 Q-Süd, P8	5,00-6,50	0,85	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig	2,1 x 10 <sup>-4</sup>

Tabelle 2: Ergebnisse der Körnungsanalysen.

Nach DIN 18130 werden in Abhängigkeit vom Durchlässigkeitsbeiwert (*k<sub>f</sub>-Wert*) folgende Durchlässigkeitsbereiche unterschieden (*Tabelle 3*):

k <sub>f</sub> -Wert (m/s)	Bereich
unter 10 <sup>-8</sup>	sehr schwach durchlässig
10 <sup>-8</sup> bis 10 <sup>-6</sup>	schwach durchlässig
über 10 <sup>-6</sup> bis 10 <sup>-4</sup>	durchlässig
über 10 <sup>-4</sup> bis 10 <sup>-2</sup>	stark durchlässig
über 10 <sup>-2</sup>	sehr stark durchlässig

Tabelle 3: Durchlässigkeitsbereiche nach DIN 18300.

Die anstehenden Sande sind mit k<sub>f</sub> im Mittel = 2,3 x 10<sup>-4</sup> m/s durchlässig bis stark durchlässig.

### 5. Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten können die angetroffenen Bodenarten aufgrund ihrer bautechnischen Eigenschaften wie folgt klassifiziert werden (*vgl. Tabelle 4*):



Bezeichnung	Bodenklasse nach DIN 18300	Bodengruppe nach DIN 18196
humose Sande	1	OH
Schluff, feinsandig, schwach tonig (Löss)	4 bei starker Vernässung ( $I_c < 0,5$ ) und dynamischer Beanspruchung in Klasse 2 übergehend	UL, UM
Sande und Kiese	3	SE, SW, SU
Torf	2	HN, HZ, OU
Ton, schluffig	4	TM, TA

Tabelle 4: Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196.

## 6. Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte wurden nach der Bodenansprache, den durchgeführten klassifizierenden Laborversuchen (*Körnungsanalysen*) und den bautechnischen Eigenschaften zugewiesen. Danach können in Anlehnung an TÜRKE (2012), EAU (1998) und eigenen Erfahrungswerten die in Tabelle 5 aufgeführten Bodenkennwerte bei erdstatischen Berechnungen zugrunde gelegt werden.

Bezeichnung (bis m u. GOK)	Boden- gruppe  DIN 18196	Lagerungs- dichte/ Konsistenz	Wichte erdfeucht/ unter Auf- trieb $\text{cal } \gamma / \text{cal } \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungs- winkel  $\text{cal } \varphi$ [°]	Kohäsion  $\text{cal-c}'$ kN/m <sup>2</sup>	Steife- modul  $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Schluff, feinsandig, schwach tonig (Löss)	UL, UM	-/weich	18/8	27,5	2	3-8
Sande und Kiese	SE, SW, SU	locker/-	18/10	30-32,5	0	30-40
		mitteldicht/-	19/11	35	0	40-80
		dicht/-	19/11	37,5	0	80-120
Torf	HN, HZ, OU	-/weich	13/3	15	10	1-2
Ton, schluffig	TM, TA	-/halbfest-fest	19-20/9-10	22,5-27,5	20-25	10-15

Tabelle 5: Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (2012), EAU (1998), Grundbau Taschenbuch, Ergebnissen der Drucksondierungen und eigenen Erfahrungswerten.

## IV. AUSWERTUNG UND BEWERTUNG, GRÜNDUNG

### 1. Geotechnische Kategorie

Nach der Baugrunduntersuchung wurden unter Mischböden aus z. T. humosen und z. T. angefüllten sandigen Deckschichten bis zur maximalen direkten Aufschlusstiefe von 20,0 m unter GOK an der Museumsbrücke Sandböden und an der Quartiersbrücke in den tieferen Profilabschnitten noch Tone angetroffen. Im Sand sind eingeschaltete Torfschichten zu berücksichtigen. Die freie Grundwasser Oberfläche liegt im Bereich der Gründungssohle. Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse können in die Geotechnische Kategorie GK 2 in Anlehnung an DIN 4020 eingeordnet werden.



Bei den geplanten Brückenbauwerken handelt es sich um übliche Ingenieurbauten auf Einzel- oder Streifenfundamenten, Gründungsplatten oder mit Pfahlgründung der geotechnischen Kategorie 2 nach DIN 4020.

## 2. Auswertung und Bewertung

### Museumsbrücke:

Nach den vorliegenden Baugrunderkundungen stehen unter der Oberflächenbefestigung aus Pflaster oder Schotteranfüllung an der Nordseite bis 3,0 m bzw. an der Südseite bis 4,0 m unter GOK nur gering tragfähige, mit Fremdstoffen durchzogene künstliche Anfüllungen aus Sand, schwach schluffige Sande oder Schluff an. Die Lagerungsdichte dieser Mischböden ist mit Spitzendrücken der Drucksondierungen von  $q_c = 1...5 \text{ MN/m}^2$  locker bis sehr locker. Für die Gründung der Widerlagerfundamente sind diese Schichten nicht geeignet. Eine Baugrundverbesserung z. B. durch Nachverdichten ist wegen der heterogenen Kornzusammensetzung nicht erfolgversprechend. Daher wird von solchen Maßnahmen abgeraten.

Ab 3,0 m bzw. 4,0 m unter GOK stehen graue oder hellbraune Mittelsande an. Ihre Lagerungsdichte ist in den oberen Bereichen bis etwa 4,0 m bzw. 5,0 m unter GOK noch locker ( $q_c \approx 4...5 \text{ MN/m}^2$ ), geht dann aber mit Spitzendrücken von  $q_c \geq 10...15$  in gut mitteldichte oder sogar dichte Lagerung ( $q_c \geq 20 \text{ MN/m}^2$ ) über. Die Kernschlagzahlen in der Bohrung von im Mittel  $n_{20} = 32$  bestätigen die gut mitteldichte Lagerung. Die oberen, locker gelagerten Bereiche dieser Sande können nachverdichtet werden. Grundsätzlich ist der gewachsene Boden aus Fein- bis Mittelsand ausreichend tragfähig.

An der Nordseite der Museumsbrücke wurde innerhalb der Sande zwischen 11,70 m und 12,90 m unter GOK eine 1,20 m mächtige, gering tragfähige Torf-, bzw. Schluffzwischenlage angetroffen. Der überwiegende Lastabtrag findet direkt unterhalb der Gründungsebene in den oberen Sanden statt. Aufgrund der Tiefenlage dieser Weichschicht wirkt sich diese nur bei sehr breiten Fundamenten oder sehr hohen Lasten tragfähigkeitsmindernd aus.

An der Südseite der Museumsbrücke sind die zwischen 14,0 m und 19,5 m unter GOK anstehenden kiesigen Sande mit Spitzendrücken von  $q_c \approx 5 \text{ MN/m}^2$  nur locker gelagert. Die Tragfähigkeit für eine Flächengründung ist dennoch gegeben.



Quartiersbrücke:

Nach den vorliegenden Baugrunderkundungen stehen auch hier unter der Oberflächenbefestigung aus Pflaster bzw. Asphalt bis 3,0 m an der Nordseite bzw. bis 3,5 m unter GOK an der Südseite nur gering tragfähige, mit Fremdstoffen durchzogene künstliche Anfüllungen aus Sand und auch organisch durchzogene Sande oder Schluffe an. Die Lagerungsdichte dieser Böden ist mit Spitzendrücken der Drucksondierungen von  $q_c = 1...3 \text{ MN/m}^2$  locker bis sehr locker. Für die Gründung der Widerlagerfundamente sind diese Schichten nicht geeignet. Auch hier wird von einer Baugrundverbesserung dieser oberen Schichten z. B. durch Nachverdichten aus den o. g. Gründen abgeraten.

Ab 3,0 m bzw. 3,50 m unter GOK stehen hellbraune oder graubraune Mittelsande an. Ihre Tragfähigkeit ist bis 5,0 m (*Südseite*) bzw. 7,0 m (*Nordseite*) mit Spitzendrücken von  $q_c \approx 5 \text{ MN/m}^2$  noch locker. Nach den in der Bohrung B 1 Q-Nord ermittelten Kernschlagzahlen von  $n_{20} = 18$  bis  $> 50$  weist dies auf eine mitteldichte Lagerung hin. Die ausreichende Tragfähigkeit ist damit nachgewiesen. Nach den vorliegenden Körnungslinien (*vgl. Anlage 6.3*) sind diese Sande der Bodengruppe SE nach DIN 18196 zuzuordnen. Eine zusätzliche Nachverdichtung ist daher grundsätzlich möglich und die Tragfähigkeit könnte weiter verbessert werden.

Ab 5,0 m bzw. 7,0 m unter GOK stehen bis 15,0 m bzw. 17,0 m unter GOK mit  $q_c \geq 10...20$  sehr gut tragfähige Fein- bis Mittelsande oder Kiese an.

Unterlagert wird die Sandabfolge von halbfesten bis festen Tonen. Ihre Tragfähigkeit ist aufgrund der hohen Konsistenz ebenfalls gut.

Die Tiefenlage des tragfähigen Baugrundes kann für die beiden Bauvorhaben wie folgt zusammengefasst angegeben werden (*Tabelle 6*):

Bauvorhaben	Oberkante tragfähiger Baugrund (m unter GOK)	Beschreibung
Museumsbrücke, Nordseite	ca. 3,0	grauer oder hellbrauner Fein- bis Mittelsand, zunächst locker bis knapp mitteldicht mit zunehmender Tiefe rasch in gut mitteldichte Lagerung übergehend
Museumsbrücke, Südseite	ca. 4,0	
Quartiersbrücke, Nordseite	ca. 3,0	grauer oder hellbrauner Fein- bis Mittelsand, locker bis mitteldicht; Nachverdichtung möglich
Quartiersbrücke, Südseite	ca. 3,50	

Tabelle 6: Oberkante des tragfähigen Baugrundes an der Museums- und an der Quartiersbrücke.



Gründungsempfehlungen:

Die Baugrundverhältnisse an der Museumsbrücke und an der Quartiersbrücke sind grundsätzlich vergleichbar. Daher können die Gründungsvarianten für beide Bauvorhaben zusammen betrachtet werden. Folgende Varianten sind möglich:

- 1) Flachgründung nach Bodenaustausch bis auf den tragfähigen Baugrund
- 2) Spundwandgründung
- 3) Pfahlgründung.

zu 1) Flachgründung nach Bodenaustausch

Für einen Bodenaustausch sind die oberen nicht tragfähigen künstlichen Anfüllungen oder/und organisch durchzogenen Sande bis auf die in Tabelle 6 genannten Tiefenlagen zu entfernen. Zur Durchführung der Erdarbeiten ist eine Wasserhaltung notwendig.

Zum Bodenaustausch sind grobkörnige, verdichtungsfähige Böden (z. B. Füllsand SE, SW oder Kies GE, GW, gem. DIN 18196 oder vergleichbare Bodenarten) geeignet. Der Austauschboden ist lagenweise ( $d \leq 0,30 \text{ m}$ ) sorgfältig mit einem mindestens mittelschweren Flächenrüttler und mehreren kreuzweise angeordneten Übergängen auf mindestens 98 % der einfachen Protordichte zu verdichten (Verdichtungsnachweise vgl. Kap. V.2).

Auf einem gut verdichteten Bodenaustausch, bei einer mindestens frostfreien Einbindetiefe der Fundamente von  $t = 0,80 \text{ m}$ , unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte, einem Ausnutzungsgrad des Grundbruchwiderstandes von  $\mu \leq 1,0$  und Begrenzung der Setzungen auf 2,5 cm kann der Bemessungswert des Sohlwiderstandes für unterschiedliche Fundamentbreiten wie folgt angenommen werden (Tabelle 7.1-7.3):

Fundamentbreite b (m)	1,0	2,0	3,0	5,0
Bemessungswert Sohldruck (kN/m <sup>2</sup> )	550	600	500	300
Setzungen (cm)	1,3	2,0	2,5	2,5

Tabelle 7.1: Aufnehmbarer Sohldruck und Setzungen ( $\gamma = 1,4$ ). Museumsbrücke Nordseite.

An der Nordseite der Museumsbrücke wirkt sich die Torflage ab 11,70 m unter GOK für breite Fundamente tragfähigkeitsmindernd aus.



Fundamentbreite b (m)	1,0	2,0	3,0	5,0
Bemessungswert Sohldruck (kN/m <sup>2</sup> )	550	600	500	400
Setzungen (cm)	1,5	2,5	2,5	2,5

Tabelle 7.2: Aufnehmbarer Sohldruck und Setzungen ( $\gamma = 1,4$ ). Museumsbrücke Südseite.

Fundamentbreite b (m)	1,0	2,0	3,0	5,0
Bemessungswert Sohldruck (kN/m <sup>2</sup> )	500	550	430	350
Setzungen (cm)	1,5	2,5	2,5	2,5

Tabelle 7.3: Aufnehmbarer Sohldruck und Setzungen ( $\gamma = 1,4$ ). Quartiersbrücke.

An der Quartiersbrücke kann, falls statischerseits erforderlich, durch eine zusätzliche Baugrundverbesserung, z. B. durch Rütteldruck- oder Rüttelstopfverdichtung der Sande zwischen ca. 3,0 m und 7,0 m unter GOK, deren Lagerungsdichte verbessert werden. Als Folge wären hier höhere Bemessungswerte des Sohldruckes möglich.

Die Bewehrung erfolgt jeweils nach den statischen Erfordernissen.

Bei den Angaben der Tabellen 7 handelt es sich nicht um den aufnehmbaren Sohldruck nach DIN 1054: 2005-1 und nicht um die zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054: 1976-11.

Zwischenwerte können geradlinig eingeschaltet werden. Bei ausmittiger Belastung sind die aufnehmbaren Sohldrücke auf die Ersatzfläche  $b' = b - 2e$  ( $e = \text{Maß der Ausmittigkeit}$ ) zu beziehen.

Für die Berechnung einer elastisch gebetteten Bodenplatte kann der Bettungsmodul mit  $k_s = 30 \text{ MN/m}^3$  oder je nach Verfahren der Steifemodul mit  $E_s = 60 \text{ MN/m}^2$  angenommen werden.

## zu 2) Spundwandgründung

Spundwände können durch lotrechte Auflasten in ihrer Achsrichtung ähnlich wie Pfähle belastet werden, wenn sie genügend tief in den tragfähigen Untergrund einbinden und beim Einrammen ausreichend fest werden.

Als Mindesteinbindelänge in den gut mitteldicht gelagerten, tragfähigen Sand sind etwa 5,0 m vorzusehen. Damit ergeben sich folgende Mindestprofillängen:

Museumsbrücke: ca. 15,0 m (*Nordseite*) und ca. 20,0 m (*Südseite*)

Quartiersbrücke: ca. 12,0 m.

Zur Bemessung können in Anlehnung an EA Pfähle die charakteristischen Bodenkennwerte für die anstehenden, gut mitteldicht gelagerten Sande wie folgt angenommen:



Mantelreibung:

$$q_{s, k} = 100 \text{ kN/m}^2$$

Spitzendruck:

$$q_{b, k} = 3,5 \text{ MN/m}^2.$$

Je nach verwendetem Stahlprofil und in Abhängigkeit von der Rammtiefe sowie unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte können damit die zulässigen Lasten rechnerisch ermittelt werden.

Die Tragfähigkeit kann durch eine Probelastung beim Einpressvorgang der Spunddielen überprüft werden.

### zu 3) Pfahlgründung

Bei einer Pfahlgründung müssen die Pfähle ausreichend tief, d. h. mindestens 3,0 m in den tragfähigen Baugrund aus mitteldicht gelagerten Sanden einbinden. Auch Pfähle sollten nicht kurz oberhalb von gering tragfähigen Böden (z. B. Torfe, locker gelagerten Sanden) abgesetzt werden. Damit ergeben sich auch hier folgende Mindestpfahlabsetztiefen:

Museumsbrücke: ca. 15,0 m (*Nordseite*) und ca. 20,0 m (*Südseite*)

Quartiersbrücke: ca. 12,0 m.

Die charakteristischen Pfahllasten ergeben sich in Abhängigkeit vom Pfahltyp, Pfahldurchmesser und Pfahllänge.

Falls erforderlich können, sobald konkretere Planungen vorliegen, die Einbindelängen und die charakteristischen Pfahlwiderstände für mögliche Pfahltypen angegeben werden.

## V. HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG

### 1. Baugrube, Böschungen, Wasserhaltung

Für den Aushub der Baugrube gilt DIN 4124. In den anstehenden Sanden können die Böschungen mit maximal 45° geneigt hergestellt werden.

Die anstehenden Sande neigen beim Anschnitt im wassergesättigten Zustand zum Fließen. Ein Bodenaushub unterhalb des Grundwasserspiegels ist daher nur im Schutze einer geschlossenen Wasserhaltung über Vakuumfilter, Tiefendränage oder Tiefbrunnen möglich.

Die anstehenden Fein- bis Mittelsande sind mit  $k_{f, \text{Mittel}} = 2,3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  gut durchlässig. Es ist mit einem ständigen und ergiebigen Grundwasserzufluss zu rechnen.



## 2. Wiederverwendung Bodenaushub, Verdichtung

Bei einer Flachgründung ist der Bodenaustausch z. B. aus Sand (*SE, SW, gem. DIN 18196*) lagenweise ( $d = \max. 0,30 \text{ m}$ ) mit einem mindestens mittelschweren Flächenrüttler und mindestens drei Übergängen je Lage gleichmäßig auf 98 % der einfachen Proctordichte verdichtet einzubauen.

Die beim Bodenaushub anfallenden Mischböden sind zum Wiedereinbau nicht geeignet. Entsprechende Austauschböden sind vorzuhalten.

Für die Verdichtungsarbeiten gelten die Anforderungen der ZTVE-StB 2009. Die ausreichende Verdichtung kann z. B. Rammsondierungen (z. B. *DPH, gem. DIN EN ISO 22476-2*) oder Lastplattendruckversuche (*DIN 18134*) nachgewiesen werden. Dabei sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

### Schlagzahlen schwere Rammsondierung:

ohne Grundwasser: mindestens 5 Schläge je 10 cm Eindringtiefe

mit Grundwasser: mindestens 3 Schläge je 10 cm Eindringtiefe.

### Lastplattendruckversuche:

Sand:  $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$  und  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,50$ .

Schotter:  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  bei  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,50$  zu erreichen.

Der Verdichtungserfolg ist durch den ausführenden Unternehmer im Rahmen der Erdbaukontrollprüfungen nachzuweisen und durch die Auftraggeberseite zu kontrollieren.

## 3. Altlasten

In den oberen Profildbereichen wurden jeweils mit Fremdstoffen durchmischte Anfüllungen festgestellt. Falls diese bei Erdarbeiten als Aushub anfallen, sind chemische Analysen nach LAGA TR Boden (2004) Tabelle II 1.2-4/-5 zur abfallrechtlichen Bewertung des Materials erforderlich. Die Analysen können an aus den Bohrungen entnommenen Bodenproben im Vorfeld der Baumaßnahme durchgeführt werden. Das notwendige Probenmaterial steht bis zu drei Monate als Rückstellprobe in unserem Büro bereit.

## VI. SCHLUSSWORT

Die vorliegende Baugrund- und Gründungsbeurteilung beschreibt die in unmittelbarer Umgebung der punktuellen Bodenaufschlüsse festgestellten Baugrundverhältnisse in geologischer, bodenmechanischer und hydrogeologischer Hinsicht und ist nur für diese gültig. Interpolationen zwischen den Aufschlusspunkten sind nicht statthaft. Die bautechnischen Aussagen beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes bekannten Planungsstand und auf die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen. Werden von den vorstehenden Angaben abweichende Baugrundverhältnisse festgestellt, sollten die getroffenen



Aussagen und Empfehlungen überprüft und ggf. an die geänderten Randbedingungen angepasst werden.

Sämtliche Aussagen, Bewertungen und Empfehlungen basieren auf dem im Bericht beschriebenen Erkundungsrahmen und erheben keinen Anspruch auf eine vollständige repräsentative Beurteilung der Fläche.

Falls sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Gutachten nicht oder abweichend erörtert wurden, ist der Baugrundgutachter zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern. Unser Büro ist z. B. für Baugrubenabnahmen rechtzeitig zu bestellen.

Vechta, den 17. Oktober 2013

Dipl.-Geol. Dr. Joachim Lübke

Dipl.-Geol. Petra Müller

Der Bericht wird dem Auftraggeber auch im pdf-Format zur Verfügung gestellt.

Die EDV-Version ist nur in Verbindung mit einer original unterschriebenen Druckversion in Papierform gültig.