

GEOTECHNISCHES BÜRO PROF. DR.-ING. H. DÜLLMANN GMBH



Erd-/Grundbau
Fels-/Spezialtiefbau
Ing./Hydrogeologie
Altlasten/Deponien

Geotechnisches Büro GmbH • Neuenhofstr. 112 • 52078 Aachen

Landesbetrieb Straßenbau NRW

Region III - Rheinland

Abteilung Brückenbau

Herrn Ralf Küppers

Breitenbachstr. 90

41065 Mönchengladbach

52078 Aachen
Neuenhofstr. 112
Tel. (0241) 9 28 39 - 0
Fax (0241) 9 28 39 - 92
info@gbduellmann.de
www.gbduellmann.de

Unser Zeichen
Dr. Ne/Kr/21.126

Sachbearbeiter
Krings

Durchwahl
-17

E-Mail
krings@gbduellmann.de

Datum
10.03.2022

BV L117n Ratheim, BW 3, Geotechnische Angaben insbesondere zum Pumpwerk

Sehr Herr Küppers,

gemäß Ihrer Mail-Anfrage vom 24.2.2022 zum Pumpwerk (PW) außerhalb des Trogs sowie vom 9.3.2022 zum Schichtwasser wird Folgendes ausgeführt:

1 Wasserhaltung

Die Aushubsohle des PW liegt bei 42,08 m ü.NHN und damit noch knapp in den tertiären Feinsanden, der bauzeitliche Bemessungsgrundwasserstand bei 46,5 m ü.NHN (Angabe AG). Bei einer Vollumschließung des PW vorab mit einer überschnittenen Bohrpfahlwand, die in den sehr gering durchlässigen tertiären Ton einbindet, ist eine offene Wasserhaltung ausreichend. Bei den angegebenen Pfahltiefen von 39 m ü.NHN ist eine Einbindung in den Ton gegeben. Hierbei müssten dann auch die Bohrpfähle des Troges im Bereich des PW vollständig in den Ton einbinden. Eine Druckentspannung in den tertiären Feinsanden unter dem Ton ist aufgrund der Stärke des Tonpaketes nicht erforderlich.

Die Alternative, bei nicht vollständiger Einbindung der Pfähle in den Ton, wäre eine grundwasserschonende Bauweise mit Einbringung einer Unterwasserbetonsohle.

52078 Aachen
Neuenhofstr. 112
Tel. (0241) 928 39 - 0
Fax (0241) 928 39 - 92

53332 Bornheim
Ballenpfad 18
Tel. (022 27) 92 92 33 - 0
Fax (022 27) 92 92 33-10

Geschäftsführer
Dr.-Ing. M. Nendza
Prof. Dr. I. Obernosterer

Amtsgericht Aachen
HRB 13065
Steuer-Nr. 201/5961/3379
USt.-IdNr. DE242696552

Bankverbindung
Sparkasse Aachen
IBAN DE68 3905 0000 0048 3620 08
SWIFT BIC: AACSDE33



2 Rückverankerte Unterwasserbetonsohle im Pumpenhaus

Bei Ausführung einer Rückverankerung sind für die Bemessung der Verankerung die Vorgaben nach DIN EN 1537 oder Kleinbohrverpresspfählen nach DIN EN 14199 (2005) sowie die Vorgaben der EAB und der DIN 1054 (04/2021) maßgebend.

Die Aushubsohle des PW liegt noch in den tertiären Feinsanden, jedoch nur einige dm über OK Ton.

Die zulässige Zugbelastung von Ankern bzw. Verpresspfählen mit kleinem Durchmesser ist nach DIN 1054 (04/2021) aus Probelastungen zu ermitteln. Im Rahmen einer Vordimensionierung kann jedoch auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden (z.B. DIN 1054, EA Pfähle, OSTERMAYER (1991)). Auf dieser Grundlage werden für die Rückverankerung nachverpresster Anker für die Vorbemessung eine Mantelreibung in den tertiären Tonen von $q_{s,k} = 0,03 \text{ MN/m}^2$, für die tertiären Feinsande von $0,10 \text{ MN/m}^2$ empfohlen. Diese Angaben sind im Rahmen der Eignungsprüfungen rechtzeitig vor Herstellung der Bauwerksanker nachzuweisen.

Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass die unter den tertiären Tonen wieder möglichen Feinsande hier bis in eine Tiefe von 35 m ü.NHN nicht erkundet wurden. Nur in der mit 20 m tiefsten Bohrung B 7/3 wurden auf den letzten 0,4 m Feinsande angetroffen. Im Bedarfsfall sind weitere, noch tiefere Bohrungen abzuteufen.

3 Grundwasserabsenkung mittels Vakuumanlage im Bereich des Stauraumkanals?

Der Stauraumkanal soll nach Herstellung der überschnittenen Bohrpfahlwand gebaut werden.

Von der DMT wurden 2018 die Durchlässigkeiten der rolligen Böden in 3 Kurzpumpversuchen ermittelt. Danach betragen die Durchlässigkeitsbeiwerte K im Quartär $K = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, in den tertiären Feinsanden $K = 4 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$.

Das Absenkziel liegt nach Eckhardt (2019) bei 43,3 m ü.NHN und damit 2,9 m unter dem o.g. Bau-Bemessungswasserstand. Hierbei sind beide o.g. Böden zu entwässern. Mit o.g. K -Werten ist eine Wasserhaltung mit Vakuumanlagen sinnvoll. Die Vakuumanlagen müssen jedoch in einem Voreinschnitt platziert werden, da die technisch mögliche GW-Absenkung auf ca. 4 m begrenzt ist. Sollte ein Voreinschnitt nicht möglich sein, sind Vakuumtiefbrunnen auszuführen.



4 Senkt die temporäre Grundwasserabsenkung im Bereich des Stauraumkanals auch die GW-Höhe innerhalb des Bohrpfahlwandkastens, so dass man evtl. mit weniger Auftrieb rechnen müsste?

Die Frage ist nicht hinreichend genau zu beantworten. Der Einfluss der Grundwasserabsenkung im Bereich des Stauraumkanals hängt i.w. davon ab, ob alle oder nur ein Teil der Bohrpfähle in den „dichten“ Ton einbinden. Durch die Überschneidung der Bohrpfähle selbst wird nach Herstellerangaben eine „bedingte Wasserdichtigkeit“ der Bohrpfahlwand gewährleistet. Bei dem Fall „Einbindung aller Pfähle in den Ton“ ist davon auszugehen, dass die Grundwasserabsenkung für den Stauraumkanal keinen nennenswerten Einfluß auf den GW-Stand im Bohrpfahlwandkasten hat.

5 Aussagen bezüglich der Lastabtragung der Bohrpfähle

Hierzu sei auf unsere Stellungnahme vom 30.9.2021 verwiesen.

Eine Lastabtragung ausschließlich über Mantelreibung wie vom Büro Eckhart 2020 vorgesehen, ist nicht ohne weiteres machbar. Für die in EA Pfähle genannten und vom Geot. Büro wie auch vom IB Eckhart verwendeten bodenabhängigen Größen von Mantelreibung und Pfahlspitzen-
druck wird nach EA Pfähle vorausgesetzt, dass

- die Mächtigkeit der tragfähigen Schicht unterhalb der Pfahlfußfläche nicht weniger als drei Pfahlfußdurchmesser, mindestens aber 1,50 m beträgt und
- in diesem Bereich der Spitzenwiderstand der Drucksonde $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$ bzw. die Scherfestigkeit des undränierten Bodens $c_{u,k} \geq 100 \text{ kN/m}^2$ nachgewiesen ist.

Unabhängig davon wird (in EA Pfähle) empfohlen, die Pfahlfüße in Bereichen mit $q_c \geq 10 \text{ MN/m}^2$ abzusetzen. Diese o.g. Werte werden in dem tertiären ausgeprägt plastischen Ton nach den Drucksondierungen der Baugrunduntersuchung des IB Eckhart 2011 nicht erzielt (mittlerer q_c in den Tonen = $5,1 \text{ MN/m}^2$).

Wie bereits im September 2021 geschrieben, kann eine Einbindung der Pfähle in die tertiären Tone somit nicht empfohlen werden. Tiefere Bohrpfähle sind in die unter den Tonen nach Archivunterlagen wahrscheinlich wieder folgenden Feinsande einzubinden. Die OK, Mächtigkeit und Lagerungsdichte der Feinsande unterhalb der Tone wurde bisher nicht erkundet. Es wird empfohlen, dies nachzuholen.



Eine Mantelreibung kann nur in den Teufenabschnitten angesetzt werden, in denen sich der Bohrpfahl vollständig im Boden befindet; somit nicht in den Abschnitten in denen er (einseitig) freigelegt wird.

Eine Rückverankerung der Bohrpfahlwände soll nach Angaben des AG grundsätzlich vermieden werden (Grunddienstbarkeit).

6 Angaben zur Lastabtragung des Pumpenhauses

Die geplante UK Betonsohle des Pumpenhauses liegt bei 42,08 m ü. NHN (ca. 13,2 m u. GOK) und damit wahrscheinlich noch in den tertiären Feinsanden. Die Restmächtigkeit bis zum Ton beträgt vermutlich nur wenige dm.

Das Planum ist (wenn möglich) nachzuverdichten.

Die Bodenplatte des Pumpenhauses kann nach den konstruktiven Erfordernissen auf dem Planum flach gegründet werden. Auf dem Planum kann eine Sohlpressung von

$$\sigma_{zul} = 150 \text{ kN/m}^2$$

bzw. ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes gem. DIN 1054 (2010-12)

$$\sigma_{R,d} = 210 \text{ kN/m}^2$$

zugelassen werden.

Für das Planum im Feinsand kann unter Berücksichtigung der Aushubentlastung ein Bettungsmodul $k_s = 4 \text{ MN/m}^3$ abgeschätzt werden. Eine Überprüfung nach Vorlage des Lastenplans wird empfohlen.

Da die Bauwerkslasten kleiner sein dürften als die Aushubentlastung ist mit bauwerksbedingten Setzungen $< 2 \text{ cm}$ zu rechnen.

Die Grundbruchsicherheit ist bei den o.g. Sohlpressungen in erforderlicher Größe nachgewiesen.

7 Schichtwasser

Gemäß dem der Mail beigefügten Besprechungsprotokoll vom 10.8.2017 braucht „Das Schichtwasser oberhalb des GW-Spiegels ... hydrostatisch nicht angesetzt zu werden und kann über



Drainagen abgeleitet werden, z. B. vertikales Rohr in "Zwickel" vor den Bohrpfählen". Das vom Büro Kocks hierzu gemäß Protokoll auszuarbeitende Detail lag der Mail nicht bei.

Nach dem Baugrundgutachten von Eckardt 2011 wurden in allen 13 Bohrungen Auffüllungen (sandig-kiesiger Bodenaushub oder Schotter) in Stärken von 0,3 m bis 1,7 m, i.M. 0,7 m angetroffen. Grundsätzlich kann es insbesondere nach länger anhaltenden stärkeren Niederschlägen in den durchlässigen Auffüllungen oberhalb des gering durchlässigen Lößlehms zur Ausbildung von Schichtwasser und damit zur Ausbildung eines hydrostatischen Drucks kommen.

Daher ist es sinnvoll, das Schichtenwasser wie vorgesehen entlang der Bohrpfähle in die tieferliegenden Terrassensedimente abzuführen.

Dipl.-Geol. S. Krings

Dr.-Ing. M. Nendza