

GRUNDBAUINGENIEURE STEINFELD UND PARTNER

BERATENDE INGENIEURE mbB

Kernkraftwerk Grohnde, KWG Neubau Transportbereitstellungshalle TBH-KWG

1. Bericht

Baugrundbeurteilung
und Gründungsempfehlung

Revision 1

Hamburg, den 18. März 2019 - Auftr.-Nr. 023040

REIMERSBRÜCKE 5, D-20457 HAMBURG · TELEFON (040) 38 91 39-0 · TELEFAX (040) 380 91 70

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Veranlassung.....	1
2. Unterlagen.....	2
3. Angaben zum Baugelände und zur geplanten Halle.....	3
3.1 Baugelände	3
3.2 Geplanter Neubau.....	3
4. Baugrund.....	4
4.1 Baugrundaufschluss.....	4
4.2 Baugrundsichtung.....	6
4.2.1 Auffüllung.....	6
4.2.2 Auelehmkomplex	7
4.2.3 Kies	8
4.2.4 Festgestein (Keuper)	9
4.3 Wasser im Baugrund	10
4.3.1 Stauwasser.....	10
4.3.2 Grundwasser	10
4.3.3 Grundwasserqualität	11
5. Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche.....	11
5.1 Wassergehalt	12
5.2 Glühverlust	12
5.3 Bestimmung der Korngrößenverteilung.....	13
5.3.1 Auelehmkomplex.....	13
5.3.2 Kies	13
5.3.3 Keuper, verwittert	14
5.4 Zustandsgrenzen.....	14
5.4.1 Auelehm.....	14
5.4.2 Keuper, verwittert	15

	<u>Seite</u>
6. Bodenkennwerte	16
6.1 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen.....	16
6.2 Dynamische Bodenkennwerte	17
7. Homogenbereiche	19
7.1 Allgemeines.....	19
7.2 Einteilung der Böden in Homogenbereiche	19
8. Orientierende technische Untersuchung des künftigen Aushubbodens auf Schadstoffe	20
8.1 Zusammenstellung der Mischproben	20
8.2 Fachliche Beurteilung der Analyseergebnisse im Hinblick auf die Verbringung/Entsorgung des Aushubbodens	22
8.3 Hinweise für das weitere Handeln.....	23
9. Gründungsempfehlung.....	24
9.1 Baugrundbeurteilung	24
9.2 Gründungskonzept.....	25
9.3 Hinweise zum Bodenaustausch	28
9.4 Angaben zur Grundbruchsicherheit und zur Sohlplattenbemessung	29
9.5 Abtragung von Horizontallasten bei Sonderlastfällen (dynamischer Lastangriff)	31
9.6 Angaben zum Setzungsverhalten	31
10. Zusammenfassung	32

Anlagenverzeichnis

023040/1	Lage- und Übersichtsplan
023040/2	Bohrprofile B 1 bis B 4 Drucksondierungen DS 1 bis DS 4
023040/3	Bohrprofile B 5 bis B 8 Drucksondierungen DS 5 bis DS 8
023040/4, Blatt 1 - 5	Grundwasseranalysen
023040/5 bis 7	Korngrößenverteilungen Auelehm
023040/8	Korngrößenverteilungen Sande, Auelehmstreifen
023040/9 und 10	Korngrößenverteilungen Kiese
023040/11 und 12	Korngrößenverteilungen Keuper, verwittert
023040/13 bis 15	Konsistenzgrenzen Auelehm
023040/16	Konsistenzgrenzen Keuper, verwittert
023040/17, Blatt 1 - 3	LAGA Bodenart „Sand“, MP 1, MP 2, MP 5 und MP 6
023040/18, Blatt 1 - 3	LAGA Bodenart „Lehm/Schluff“, MP 3 und MP 4
023040/19.1 bis 19.5	Homogenbereiche

Gemeinschaftskernkraftwerk
Grohnde GmbH & Co. oHG
Kraftwerksgelände
31860 Emmerthal

023040

18. März 2019
- Ri/Na -

Kernkraftwerk Grohnde, KWG
Neubau Transportbereitstellungshalle TBH-KWG
hier: Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung

Bestellnummer 4500331534/PC7/0750
Anlagen: 023040/1 bis 19

1. Bericht

Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung

1. Veranlassung

Auf dem Gelände des Kernkraftwerkes Grohnde (KWG) ist der Neubau der Transportbereitstellungshalle TBH-KWG geplant.

Mit der o. g. Bestellung wurden wir seitens der PreussenElektra GmbH, Hannover, beauftragt, im Namen und auf Rechnung der Gemeinschaftskernkraftwerk Grohnde GmbH & Co. oHG für dieses Bauvorhaben den Bericht zur „Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung“ zu erstellen.

2. Unterlagen

Neben unseren Archivunterlagen zu den Baugrundverhältnissen vom Kraftwerksgelände stehen uns für die Bearbeitung die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

Von der PreussenElektra GmbH, Hannover:

U 2.1 Planunterlagen zur TBH-KWG als Vorabzug:

- Lageplan, M 1 : 500, Zeichnungs-Nr. E18725-040, Index 0 vom 27.06.2018
- Grundrisse, M 1 : 100, Zeichnungs-Nr. E18725-041.1, Index 0 vom 11.06.2018
- Schnitte, M 1 : 100, Zeichnungs-Nr. E18725-041.2, Index 0 vom 11.06.2018

Pläne erstellt von der wti GNS-Gruppe, Jülich,

- E-Mail der PreussenElektra GmbH mit Angabe der Nutzlasten für den Verlade- und Lagerbereich

Eingang am 28.06.2018

Vom Bohrunternehmen W. Soltau Brunnenbau GmbH, Seevetal:

U 2.2 Schichtenverzeichnisse der 8 konventionellen Baugrundaufschlussbohrungen B 1 bis B 8 nach DIN EN ISO 22475-1, Endteufen zwischen rd. 8,5 m und rd. 11,2 m unter OK Gelände (Bohrtiefen bis rd. 1 m in das Festgestein), einschließlich 60 gestörter Bodenproben in PVC-Bechern, 8 gestörten Bodenproben in 10 l-Eimern (Kies), 89 gestörte Bodenproben in LAGA-Gläsern, 24 ungestörte Bodenproben in 1 m langen PVC-Linern sowie einer ungestörten Bodenprobe im Stahlstutzen, Bohrungen ausgeführt im Zeitraum 17.09. bis 28.09.2018

Eingang der Bodenproben am 01.10.2018

U 2.3 Sondierdiagramme der 8 Drucksondierungen DS 1 bis DS 8 nach DIN EN ISO 22476-1, erreichte Aufschlusstiefen zwischen rd. 6,6 m und rd. 9,9 m unter OK Gelände (Mittelwert rd. 8,6 m), Drucksondierungen ausgeführt am 19./20.09.2018 von der Fugro Germany Land GmbH, Lilienthal

Eingang am 26.09.2018

U 2.4 Analyseergebnisse einer Grundwasserprobe aus der Bohrung B 3 zur Beurteilung der Betonkorrosion nach DIN 4030 sowie der Stahlaggressivität nach DIN 50929, Analysen ausgeführt von der GBA Gesellschaft für Bioanalytik, Pinneberg, Prüfbericht-Nr. 2018P518835/1 vom 09.10.2018 mit 2 Anlagen

Eingang am 19.10.2018

Vom Kernkraftwerk Grohnde, KWG:

U 2.5 Lageplan, Grobabsteckungsprotokoll (Skizze ohne Maßstab) als Dokumentation der Absteckung der Bohrpunkte B 1 bis B 8 in der Örtlichkeit (mit NN-Höhe), gemessen am 03.09.2018, ausgeführt vom Vermessungsbüro Carsten Fey, Thomas Hampe, Hameln

Eingang am 04.09.2018

Von der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg:

- U 2.6 - Prüfbericht Nr. 2018P520568/1, Analyseergebnisse der Mischproben MP 1, MP 2, MP 5 und MP 6, Zuordnung gemäß LAGA-Boden (M 20, Fassung 2004) / Boden „Sand“, Datum 02.11.2018
- Prüfbericht Nr. 2018P520569/1, Analyseergebnisse der Mischproben MP 3 und MP 4, Zuordnung gemäß LAGA-Boden (M 20, Fassung 2004) / Boden „Lehm/Schluff“, Datum 02.11.2018

Eingang der Prüfberichte am 02.11.2018

Vom Kernkraftwerk Grohnde, KWG

- U 2.7 Kernkraftwerk Grohnde (KWG), „Aktualisierte Stellungnahme zu den bei Erdbebenberechnungen zu verwendenden bodendynamischen Kennwerten“, Oktober 2006, erstellt von BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
- Eingang am 22.02.2019

3. Angaben zum Baugelände und zur geplanten Halle

3.1 Baugelände

Der Neubau der Transportbereitstellungshalle ist auf dem südöstlichen äußeren Kraftwerksgelände im Bereich der Parkplätze T.05 und der Grünanlage T.09 (ehemaliger Sportplatz) geplant. Die Lage des Neubaus kann aus dem Lage- und Übersichtsplan der Anlage 023040/1 ersehen werden.

Nach der Einmessung der Aufschlussansatzpunkte durch den Vermesser (U 2.5) liegt das Gelände im Bereich der Parkplätze T.05 (etwa südwestliche Hälfte des neuen Hallengrundrisses TBH) auf Höhen um NN +73,6 m (Bereich B 1, B 5) bzw. auf Höhen um NN +73,1 m (Bereich B 2, B 6). Über eine kleine Böschung fällt dann das Gelände zur Grünanlage T.09 auf Höhen um rd. NN +72,2 m ab.

3.2 Geplanter Neubau

Der nicht unterkellerte Neubau besteht aus dem Lagergebäude mit Anlieferung und Lagerbereich sowie aus dem im Südwesten unmittelbar anschließenden Betriebsgebäude. Die Grundrissabmessungen betragen insgesamt 28,10 m x 90,00 m. Die Sohlplatten der Gebäudeteile sollen einheitlich mit OK auf NN +72,20 m (BN ±0,00 m) liegen (U 2.1).

Das Lagergebäude erhält Abmessungen von 28,10 m x 80,00 m. Es wird in Stahlbetonbauweise errichtet. Der Anlieferbereich im Südwesten wird 12,00 m breit. Die restliche Grundfläche wird als Lager genutzt. Die Kranschiene verlaufen rd. 10,5 m über OK Sohlplatte mit OK Schiene auf BN +10,51 m. Die Gesamthöhe des Lagers beträgt über OK Sohlplatte rd. 18,80 m (OK umlaufende Traufe). Die Dicke der auf Stahlbetonfertigteilmern aufliegenden Decke beträgt rd. 50 cm. Die Außenwände erhalten eine Dicke von 85 cm und die Sohlplatte wird voraussichtlich rd. 60 cm dick ausgeführt, mit Plattenverstärkungen unter den Wänden von etwa 100 cm Dicke.

Das Betriebsgebäude wird vom Lager durch eine Fuge getrennt. Es erhält Abmessungen von rd. 10,0 m x 28,10 m und insgesamt 3 Geschosse (EG, 1. OG, 2. OG) und soll in Stahlbeton und Ziegelmauerwerk errichtet werden. Die Gebäudehöhe beträgt über OK Sohle EG bis OK Traufe rd. 11,50 m (U 2.1). Die Gründung erfolgt auf einer Sohlplatte mit einer Dicke von voraussichtlich rd. 40 cm, unter den Außenwänden umlaufend auf rd. 80 cm verstärkt.

Lasten aus einer statischen Berechnung liegen für den geplanten Neubau der Transportbereitstellungshalle noch nicht vor. Die Nutzlast für den Lagerbereich ist mit 250 kN/m² und im Verladebereich mit 100 kN/m² geplant (U 2.1). Die Wand- und die über die Außenwände abgetragenen Deckenlasten wurden von uns mit rd. 600 kN/m abgeschätzt.

Für das Betriebsgebäude wird vorerst von einer mittleren Geschossflächenlast von rd. 15 kN/m² ausgegangen. Bei drei Geschossen (EG, 1. OG und 2. OG) beträgt die über die Sohlplatte abzutragende Flächenlast dann rd. 45 kN/m².

4. Baugrund

4.1 Baugrundaufschluss

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse sind bezogen auf den geplanten Neubaugrundriss der Transportbereitstellungshalle 8 konventionelle Baugrundaufschlussbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 (B 1 bis B 8, U 2.2) sowie 8 Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1 (DS 1 bis DS 8, U 2.3) ausgeführt worden. Die ungefähre Lage der Aufschluss-

ansatzpunkte kann aus dem Lageplan der Anlage 023040/1 ersehen werden. Die Aufschlüsse haben untereinander einen Abstand von rd. 30 m.

Die Drucksondierungen wurden entweder vor den Bohrungen ausgeführt (DS 1, DS 2, DS 5, DS 6) oder mit einem Abstand von etwa 1 m bis 3 m zum Bohrpunkt. Mit den Drucksondierungen konnten Aufschlusstiefen zwischen rd. 6,6 m (DS 3) und rd. 9,9 m (DS 5) unter OK Gelände (Mittelwert rd. 8,6 m) erreicht werden. Die Drucksondierungen enden somit verfahrensbedingt (Geräteauslastung) im Kies bzw. auf der Festgesteinsoberfläche (s. Abschn. 4.2).

Der Bohrdurchmesser der 8 Aufschlussbohrungen betrug $D = 324$ mm. Ab rd. 2 m Tiefe unter OK Gelände bis 5 m Tiefe unter OK Gelände (B 3 bis 4 m; B 7 bis 6 m) wurden die Aufschlussbohrungen als Bohrungen mit der Entnahme von Rohrkernen (Kernlänge jeweils 1 m, Kern- \emptyset ca. 100 mm) ausgeführt. Dann wurde konventionell bis zur Endteufe weiter gebohrt. Mit allen Bohrungen wurde das unverwitterte Festgestein angebohrt (max. bis rd. 0,9 m Tiefe). Es wurden Aufschlusstiefen zwischen rd. 8,5 m (B 3) und rd. 11,2 m (B 1) unter OK Gelände erreicht (Mittelwert rd. 10,2 m).

Die Ergebnisse der Bohrungen sind nach den Angaben des Bohrunternehmers in den Schichtenverzeichnissen (U 2.2) sowie nach unserer visuellen und manuellen Bewertung der uns vom Bohrunternehmen angelieferten Bodenproben auf den Anlagen 023040/2 und 3 jeweils rechts neben den Ergebnissen der benachbarten Drucksondierung als höhengerecht dargestelltes Bohrprofile im Maßstab 1 : 100 aufgetragen. Die Drucksondierergebnisse sind in Form der Sondierdiagramme im Maßstab 1:100 über die Tiefe dargestellt. In den Sondierdiagrammen auf den Anlagen 023040/2 und 3 sind jeweils die lokale Mantelreibung τ_m in MN/m², der Spitzenwiderstand q_c in MN/m² und das daraus berechnete Reibungsverhältnis $R_f = \tau_m / q_c \cdot 100$ aufgetragen (U 2.3).

Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse vermitteln das folgende Bild über den Baugrundaufbau.

4.2 Baugrundsichtung

Über die erkundete Tiefe weist der Baugrund die folgende Baugrundsichtung auf:

- 4.2.1 Auffüllung
- 4.2.2 Auelehmkomplex
- 4.2.3 Kies
- 4.2.4 Festgestein (Keuper)

4.2.1 Auffüllung

Die Parkplatzfläche T.05 liegt im Mittel rd. 1,2 m höher als die Grünanlage T.09 (max. rd. 1,4 m). Die Ergebnisse der Baugrundaufschlussbohrungen zeigen, dass das höhere Geländeniveau durch Auffüllungen entstanden ist.

Im Bereich der Parkplatzfläche steht unter der Asphaltbefestigung (Dicke ca. 17 cm bis 18 cm) zunächst bis rd. 0,5 m Tiefe unter Ansatzpunkt der Unterbau des Parkplatzes aus sandigem Kies an (in der Bohrung B 1 mit Schlackeresten; in der Bohrung B 2 mit deutlichen Schluffbeimengungen). Darunter folgt nur in der Bohrung B 6 und hier bis zur Basis der Auffüllung (rd. 1,3 m unter Ansatzpunkt) ein vergleichbar sandiger Kies, der hier Auelehmbrocken enthält. Der aufgefüllte sandige Kies ist hoch verdichtet und sehr dicht gelagert. In den anderen 3 Bohrungen (B 1, B 2 und B 5) besteht die Auffüllung unter dem Parkplatzunterbau aus aufgefülltem Auelehm in Mächtigkeiten zwischen rd. 1,1 m (B 2) und rd. 1,7 m (B 5). Der aufgefüllte Auelehm war witterungsbedingt besonders oberflächennah überwiegend stark ausgetrocknet, mit einer steifen bis halbfesten Konsistenz. Örtlich kann auch eine feste Konsistenz vorhanden sein (s. Abschn. 4.2.2). Die Auffüllung unter der Parkplatzfläche ist insgesamt zwischen rd. 1,3 m (B 6) und rd. 2,2 m (B 5) mächtig (i. M. rd. 1,8 m). Die Basis der Auffüllung wurde im Bereich der Parkplatzfläche T.05 im Mittel etwa im Niveau um rd. NN +71,6 m erkundet. Sie liegt somit etwa 0,6 m unter der mittleren Geländehöhe der benachbarten Grünanlage T.09 (OK Gelände dort i. M. NN +72,20 m).

Im Bereich der Grünanlage T.09 ist die Auffüllung unter einer örtlich z. T. auch kaum vorhandenen Grasnarbe in der Regel nur rd. 0,2 m (B 4) bis rd. 0,4 m (B 7) mächtig. Sie besteht aus sandigem Kies mit geringen Schluffanteilen, Auelehmbrocken und Ziegelresten (B 3, B 7) oder aus überwiegend Mittelsand (B 4). In der Bohrung B 8 ist die Auffüllung rd. 1,3 m mächtig (Basis bei rd. NN +70,90 m). Sie besteht hier ebenfalls aus überwiegend Mittelsand. Die aufgefüllten Sande sind hier mitteldicht bis dicht gelagert.

4.2.2 Auelehmkomplex

Unter der Auffüllung beginnt in allen Bohrungen der gewachsene Baugrund aus bindigem Auelehm mit örtlichen (B 3, B 4, B 7) unterlagernden Sanden (Auelehmkomplex). Der Schichtkomplex ist zwischen rd. 1,9 m (B 5) und rd. 4,8 m (B 7) mächtig (Mittelwert rd. 3,2 m). Die Basis des Schichtkomplexes wurde in Tiefen zwischen rd. NN +69,5 m (B 5) und rd. NN +66,9 m (B 7) erbohrt (Mittelwert rd. NN +68,4 m).

Der Auelehmkomplex ist sehr inhomogen zusammengesetzt. Das betrifft sowohl den Kornaufbau und die Mächtigkeit als auch die Steifigkeit der einzelnen Schichten im Auelehmkomplex. Typisch für den Schichtkomplex sind Sandbänder/Sandschichten im überwiegend bindigen Auelehm oder aber auch bindige Bänder/Schichten in der überwiegend rolligen Ausprägung.

Der Schichtkomplex ist überwiegend bindig. Nach den Ergebnissen der Glühverlustbestimmungen (s. Abschn. 5.2) ist der bindige Auelehm nach bodenmechanischer Definition als schwach organischer Boden einzustufen. Die Kornstruktur der bindigen Schichten reicht vom tonigen Schluff mit einem Sandanteil von etwa 30 % (überwiegend Feinsand) bis hin zum schluffigen, schwach tonigen und schwach mittelsandigen Feinsand.

Bei örtlich überwiegend rolliger Ausbildung des Auelehmkomplexes (meist in Basisnähe, s. B 3, B 4 oder B 7) wurden Fein- und Mittelsande erbohrt, deren Schluffbeimengungen - überwiegend in gebänderter Form - aber auch mehr als 20 % erreichen können. Die Übergänge sind regellos.

Der Auelehm wurde oberflächennah witterungsbedingt häufig ausgetrocknet angetroffen. Er steht dann in steifer bis halbfester Konsistenz an. Örtlich kann auch eine feste Konsistenz ausgebildet sein. Unter dieser oberflächennah ausgetrockneten Zone wechselt die Konsistenz des Auelehms regellos. Es wurden steifplastische Schichten, Schichten in weicher bis steifer oder auch nur weicher Konsistenz erkundet. Auch eine nur breiige Konsistenz ist örtlich möglich, insbesondere bei sandiger Ausprägung. Durch die Bänderung des Auelehms ist dieser Boden weiterhin besonders strukturempfindlich (s. Abschn. 9.1).

Die örtlich überwiegend rolligen Schichten des Auelehmkomplexes stehen nur in sehr lockerer oder lockerer Lagerung an (meist $q_c < 5 \text{ MN/m}^2$).

4.2.3 Kies

Unter dem Schichtkomplex des Auelehms folgt in allen Bohrungen der Weserkies. Es handelt sich um ein Sand-Kies-Gemisch mit Steinen, wobei der Sandanteil in der Regel mit der Tiefe abnimmt (zunächst häufiger sandiger Kies, tiefer dann auch Kiese mit einem Sandanteil von zum Teil weniger als 5 %).

Der Steinanteil im Kies nimmt in der Regel mit der Tiefe zu. Örtlich wurden mehr als 30 % Steine aufgeschlossen.

Die während der Bohrarbeiten erkundeten Steine ($d > 6 \text{ cm}$) sind nach den Angaben in den Schichtenverzeichnissen des Bohrunternehmens (U 2.2) an den Bohrprofilen auf den Anlagen 023040/2 und 3, der jeweiligen Tiefe zugeordnet, angetragen. Mit dem gewählten Bohrdurchmesser von $D = 324 \text{ mm}$ konnten die Kiese durchteuft werden. Es wurden Steine bis zu einer Kantenlänge von max. rd. 20 cm geborgen (B 8).

Der Weserkies wurde mit Schichtmächtigkeiten zwischen rd. 3,3 m (B 7) und rd. 5,4 m (B 4) erkundet (Mittelwert rd. 4,5 m). Die Schichtbasis steht nach den Bohrergebnissen zwischen rd. NN +64,9 m (B 3) und rd. NN +62,6 m (B 4) an (Mittelwert rd. NN +63,9 m).

Von den 8 Drucksondierungen enden 4 Stück hindernisbedingt in der Kiesschicht (DS 3, DS 4, DS 6 und DS 8). Die Drucksondierungen DS 1 und DS 7 enden etwa an der Schichtbasis der Kiese. Mit den Drucksondierungen DS 2 und DS 5 wurde der Kies komplett durchteuft, sie enden auf der Festgesteinsoberfläche.

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen ist der Weserkies mindestens mitteldicht gelagert ($q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$). Häufig ist eine dichte Lagerung ($q_c \geq 15 \text{ MN/m}^2$) oder eine sehr dichte Lagerung ($q_c \geq 25 \text{ MN/m}^2$) belegt. Örtliche Druckabfälle sind auf das Beiseitdrücken von größeren Kiesen und/oder Steinen zurückzuführen. Die in der Drucksondierung DS 8 auf den oberen rd. 1,5 m der Kiesschicht festgestellte nur lockere Lagerung wird auf den Einfluss der Bohrarbeiten zurückgeführt.

Beim Weserkies handelt es sich nach den Erfahrungen vom Kraftwerksgelände um eine hochtragfähige Schicht.

4.2.4 Festgestein (Keuper)

Nach dem Durchteufen der Kiesschicht enden alle Bohrungen im Festgestein des Keupers. Die Oberfläche des Keupers wurde in Tiefen zwischen rd. 7,2 m (B 3) und rd. 9,6 m (B 4) unter OK Gelände erkundet (Mittelwert rd. 8,9 m) bzw. bezogen auf Normalnull zwischen rd. NN +64,9 m (B 3) und rd. NN +62,6 m (B 4; Mittelwert rd. NN +63,9 m).

In 5 Bohrungen war der Sandstein oberflächlich geringmächtig verwittert (B 1, B 2, B 3, B 5 und B 6). Die aufgeschlossenen Schichtmächtigkeiten liegen zwischen rd. 0,5 m (B 6) und rd. 1,2 m (B 1 und B 5). Es handelt sich hierbei um einen bindigen Boden in mindestens halbfester Konsistenz mit wechselnden Sand-, Schluff-, Ton- und Kiesanteilen.

Mit der Felsbohrschnecke konnte das unverwitterte Festgestein des Keupers im Mittel noch rd. 0,7 m tief angebohrt werden. Die Bohrungen enden im Niveau zwischen rd. NN +63,6 m (B 3) und rd. NN +61,7 m (B 4) bzw. im Mittel bei rd. NN +62,6 m.

4.3 Wasser im Baugrund

In den sandigen Auffüllungen oberhalb des Auelehms oder auf Sperrschichten in der Auffüllung bzw. auch im Auelehmkomplex können sich niederschlagsabhängige Stauwasserstände ausbilden. Das Grundwasser steht in den sehr gut wasserdurchlässigen Kiesen unter dem Auelehmkomplex an.

4.3.1 Stauwasser

Zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten im September 2018 wurden keine Stauwasserstände angetroffen. Der Baugrund war oberflächennah z. T. stark ausgetrocknet. Örtlich vorhandene tiefer anstehende Stauwasserstände in sandigen Schichten des Auelehmkomplexes waren verfahrensbedingt nicht messbar.

Die Stauwasserstände sind niederschlagsabhängig. Sie unterliegen entsprechenden Schwankungen. In Zeiten mit lang anhaltenden ergiebigen Niederschlägen ist von einem zeitweisen Aufstau bis zur Geländeoberfläche auszugehen.

4.3.2 Grundwasser

Das in den sehr gut wasserdurchlässigen Weserkiesen anstehende Grundwasser steht mit den Weserwasserständen in Verbindung.

Zum Zeitpunkt der Bohrarbeiten im September 2018 wurde der Grundwasserstand in der Regel im Niveau von rd. NN +65,8 m bzw. rd. NN +65,9 m angetroffen. Je nach Geländehöhe stand das Grundwasser damit zwischen rd. 7,8 m (B 1, B 5) und rd. 6,3 m (B 7) unter OK Gelände an. Die Bohrung B 3 zeigt einen rd. 20 cm bzw. 30 cm höheren Grundwasserstand bei rd. NN +66,1 m (rd. 6,0 m unter OK Gelände).

Die während der Bohrarbeiten eingemessene Grundwasserstände weisen für diesen Zeitraum auf etwa mittlere Weserwasserstände hin (s. unten).

Für das KW-Gelände sind abhängig von den Weserwasserständen die folgenden Grundwasserstände vorgegeben:

MHw	NN +69,6 m
Mw	NN +66,6 m
MNw	NN +65,7 m

Der Grundwasserstand entsprechend dem 100-jährigen Hochwasser ist für das KW-Gelände mit HHw NN +71,07 m vorgegeben.

In Zeiten mit hohen Grundwasserständen steht das Grundwasser unter der Auelehmdeckschicht als weiträumig gespannter Druckhorizont an.

4.3.3 Grundwasserqualität

Während der Bohrarbeiten wurde vom Bohrunternehmer aus der Bohrung B 3 eine Grundwasserprobe aus einer Entnahmetiefe von rd. 6,2 m bis 7,2 m Tiefe unter OK Gelände entnommen. Die Wasserprobe ist von der GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH auf Betonaggressivität nach DIN 4030, Teil 1, sowie Stahlaggressivität nach DIN 50929, Teil 3, untersucht worden (U 2.4).

Die Analyseergebnisse sind dem vorliegenden Bericht als Anlage 023040/4, Blatt 1 bis 5, beigelegt. Danach ist das untersuchte Grundwasser nicht betonangreifend (Anlage 023040/4, Blatt 4). Die Korrosionswahrscheinlichkeiten von Stahl (Mulden-, Loch- oder Flächenkorrosion) werden als sehr gering abgeschätzt (Anlage 023040/4, Blatt 5).

5. Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Für die Bestimmung von Bodenkennwerten und zur Übertragbarkeit von Bodenkennwerten gleicher Bodenarten vom Kraftwerksgelände sowie von vergleichbaren Bauvorhaben sind von repräsentativ ausgewählten typischen Bodenproben bodenmechanische Laborversuche ausgeführt worden, deren Ergebnisse nachfolgend mitgeteilt werden.

5.1 Wassergehalt

Die Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen von bindigen Bodenproben durch Ofentrocknung nach DIN EN ISO 17892-1 sind auf den Anlagen 023040/2 und 3 rechts neben den Bohrprofilardarstellungen in einer gesonderten Spalte eingetragen. Es ergeben sich folgende Grenz- und Mittelwerte:

Tabelle 1 Wassergehalte

Bodenart	Anzahl der Versuche	Wassergehalt w (%)		
		min.	mittel	max.
Auffüllung Auelehms	3	13,1	15,3	17,6
Auelehms	28	17,3	22,2	33,1
Keuper, verwittert	6	10,3	12,4	14,5

Die Ergebnisse der Wassergehaltsbestimmungen liegen in der für die untersuchten Böden erwarteten und vom Kraftwerksgelände bekannten Größenordnung.

Die z. T. vergleichsweise geringen Wassergehalte der Auelehmauffüllung deuten auf die witterungsbedingte Austrocknung der oberflächennahen Böden hin.

Die Bandbreite der Wassergehalte des Auelehms weist auf den inhomogenen Aufbau des Auelehmkomplexes hin (s. Abschn. 4.2.2)

Die Wassergehalte für die bindige Schicht aus verwittertem Keuper-Festgestein sind sehr gering. Sie verweisen auf die mindestens halbfeste Konsistenz dieser Schicht (s. Abschn. 5.4.2).

5.2 Glühverlust

Der Gehalt an organischer Substanz ist an insgesamt 4 Auelehmproben im Glühverlustversuch nach DIN 18128 bestimmt worden. Die Ergebnisse sind auf den Anlagen 023040/2 und 3 links neben den Bohrprofilen B 4, B 5, B 7 und B 8, der jeweiligen Schicht zugeordnet, angegeben. Es ergeben sich folgende Grenz- und Mittelwerte.

Tabelle 2 Glühverlust

Bodenart	Anzahl der Versuche	Glühverlust V_{gl} (%)		
		min.	mittel	max.
Auelehm	4	2,02	2,65	4,07

Nach den Ergebnissen der Glühverlustversuche ist der Auelehm als schwach organischer Boden ($V_{gl} < 5 \%$) einzustufen.

5.3 Bestimmung der Korngrößenverteilung

Von den erkundeten Baugrundsichten sind Korngrößenverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4 durch Siebung und/oder Sedimentation bestimmt worden. Die Einzelergebnisse sind auf den Anlagen 023040/5 bis 12 dokumentiert.

5.3.1 Auelehmkomplex

Die Anlagen 023040/5 bis 7 zeigen 11 Kornverteilungen des bindigen Auelehms. Auf der Anlage 023040/8 sind 3 Kornverteilungen der Sande des Auelehmkomplexes dargestellt. Die 14 Kornverteilungen zeigen die große Bandbreite im Kornaufbau des inhomogen aufgebauten Auelehmkomplexes (s. Abschn.4.2.2).

Der Tongehalt ($d \leq 0,002 \text{ mm}$) des bindigen Auelehms wurde mit Anteilen zwischen etwa rd. 5 % und rd. 20 % bestimmt. Der Ton- und Schluffanteil ($d \leq 0,06 \text{ mm}$) liegt häufig zwischen 40 % und 70 %. Er kann aber bei stark feinsandiger Ausbildung auch deutlich unter 40 % liegen.

Die Sande des Auelehmkomplexes (s. Anlage 023040/8) bestehen überwiegend aus Fein- und Mittelsanden, wobei der Schluffanteil in Abhängigkeit von der Intensität der bindigen Bänderung stark schwankt (im Versuch zwischen etwa rd. 8 % und rd. 20 % bestimmt).

5.3.2 Kies

Auf den Anlagen 023040/9 und 10 sind insgesamt 6 Kornverteilungen der unter dem Auelehmkomplex folgenden Kiese dargestellt (s. Abschn. 4.2.3). Um möglichst repräsentative Angaben über den Kornaufbau der Kiese zu erhalten, wurde in den 6 Versuchen jeweils der gesamte Inhalt der vom Bohrunternehmen in 10 l-Eimern aus dem Kies entnommenen Bodenproben gesiebt (U 2.2).

Der Sandgehalt ($d \leq 2 \text{ mm}$) wurde zwischen rd. 2 % und rd. 56 % bestimmt. In der Regel nimmt der Sandanteil mit zunehmender Tiefe ab, während der Steinanteil gleichzeitig zunimmt. Der Steinanteil ($d > 60 \text{ mm}$) wurde in den Versuchen zwischen 0 % und rd. 35 % bestimmt (s. a. Abschn. 4.2.3).

5.3.3 Keuper, verwittert

Die Anlagen 023040/11 und 12 zeigen den Kornaufbau des örtlich oberhalb der Festgesteinsoberfläche anstehenden verwitterten Keupers als bindigen Boden in mindestens halbfester Konsistenz (s. Abschn. 4.2.4 und 5.4.2). Der Tonanteil ($d \leq 0,002 \text{ mm}$) wurde zwischen rd. 12 % und rd. 28 % und der Ton- und Schluffanteil ($d \leq 0,06 \text{ mm}$) zwischen rd. 32 % und rd. 81 % bestimmt. Der Sand- und Kiesanteil ($d > 0,06 \text{ mm}$) variiert zwischen rd. 19 % und rd. 68 %.

5.4 Zustandsgrenzen

Von 3 Bodenproben des bindigen Auelehms sowie von einer Bodenprobe des bindigen verwitterten Keupers wurden zur Bestimmung der Plastizitäts- und der Konsistenzzahl (I_p und I_c) die Wassergehalte an der Fließ- und Ausrollgrenze (w_L und w_P) nach DIN 18122 bestimmt.

5.4.1 Auelehm

Die Ergebnisse der Zustandsgrenzenbestimmung des Auelehms sind auf den Anlagen 023040/13 bis 15 dargestellt. Sie lauten wie folgt:

Tabelle 3 Zustandsgrenzen Auelehm

Probe aus / s. Anlage	zugehörige Kornverteilung auf Anlage	Fließ- grenze	natürlicher Wassergehalt	Ausroll- grenze	Plastizitäts- zahl	Konsistenz- zahl	Zustands- form
B 3, 1,50 m / 023040/13	023040/5	31,5	22,6	21,1	10,4	0,86	steif
B 5, 2,60 m / 023040/14	023040/6	25,6	20,2	17,1	8,5	0,64	weich
B 7, 1,00 m / 023040/15	023040/7	25,7	18,1	18,0	7,7	0,98	steif, nahe halbfest

Bei den untersuchten Auelehmen aus überwiegend oberflächennahen Bereichen handelt es sich nach bodenmechanischer Definition um Sand-Ton-Gemische (ST) im Grenzbereich zu leicht plastischem Ton (TL) mit Fließgrenzen zwischen rd. 25 % und rd. 32 % bei weicher oder steifer Konsistenz. Nach den Erfahrungen vom Kraftwerksgelände treten auch mittelplastische Tone (TM) auf.

Nach unserer Beurteilung der uns vom Bohrunternehmer zur Verfügung gestellten Bodenproben haben die oberflächennahen Auelehme aufgrund der witterungsbedingten Austrocknung in der Regel eine steife bis halbfeste oder halbfeste Konsistenz. Örtlich kann hier aber auch eine feste Konsistenz ausgebildet sein. Darunter wechseln die Konsistenzen regellos auch in Abhängigkeit vom Kornaufbau und vom Wassergehalte überwiegend zwischen steifer, weich bis steifer oder weicher Konsistenz. Vom Kraftwerksgelände sind örtlich auch Auelehme in nur breiiger Konsistenz bekannt. Wegen der oftmals zu hohen Sandanteile ist aber eine labormäßige Bestimmung der Zustandsgrenzen häufig nicht zielführend.

5.4.2 Keuper, verwittert

Die Ergebnisse der Zustandsgrenzenbestimmung von einer Probe des verwitterten Keupers sind auf der Anlage 023040/16 dargestellt. Sie lauten wie folgt:

Tabelle 4 Zustandsgrenzen Keuper, verwittert

Probe aus / s. Anlage	zugehörige Kornverteilung auf Anlage	Fließ- grenze	natürlicher Wassergehalt	Ausroll- grenze	Plastizitäts- zahl	Konsistenz- zahl	Zustands- form
B 2, 9,55 m / 023040/16	023040/11	23,2	11,7	18,2	5,0	2,33	halbfest

Bei dem untersuchten verwitterten Keuper handelt es sich nach bodenmechanischer Definition um ein Sand-Schluff-/Sand-Ton-Gemisch mit einer Fließgrenze von rd. 23 % bei mindestens halbfester Konsistenz. Die Abgrenzung zwischen halbfester und fester Konsistenz ist allein nach den Versuchen zur Bestimmung der Zustandsgrenzen nicht möglich. Für die v. g. Probe des verwitterten Keupers wurde deshalb auch der Wasser-

gehalt an der Schrumpfgrenze mit $w_s = 10,9 \%$ bestimmt. Nach bodenmechanischer Definition hat ein Boden eine feste Konsistenz, wenn der natürliche Wassergehalt der Bodenproben (hier $w = 11,7 \%$) kleiner ist als der Wassergehalt an der Schrumpfgrenze (hier $w_s = 10,9 \%$). Für den verwitterten Keuper ist damit eine halbfeste Konsistenz belegt. Örtlich kann auch eine feste Konsistenz gegeben sein.

6. Bodenkennwerte

Nach Auswertung der am Standort der geplanten Transportbereitstellungshalle grundrissbezogen ausgeführten Drucksondierungen und Baugrundaufschlussbohrungen werden nachfolgend zunächst die bodenmechanischen Kennwerte für die erdstatischen Berechnungen (s. Abschn. 6.1) und anschließend für dynamische Berechnungen die dynamischen Bodenkennwerte zusammengestellt (s. Abschn. 6.2). Gleichzeitig enthalten die Tabellen mit den Kennwerten auch die maßgebenden Schichtgrenzen als Bemessungsprofil.

6.1 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind den erkundeten Bodenschichten gemäß Abschn. 4.2 bodenmechanische Kennwerte zugewiesen. Den aufgeführten Werten liegen die visuelle und manuelle Beurteilung der Bodenproben, die Ergebnisse der Laborversuche gemäß Abschn. 5 sowie unsere Erfahrungen mit den Baugrund- und Gründungsverhältnissen vom Kraftwerksgelände zugrunde. Es werden weiterhin auch Kennwerte für fachgerecht verdichtet eingebautes Bodenaustauschmaterial aus Sanden der Bodengruppen SE, SW nach DIN 18196 bzw. alternativ für Kiessand oder Kies der Bodengruppen GE, GW und GU, letztere mit einem Schluffgehalt $< 10 \%$ (s. Abschn. 9.3), angegeben. Die in der Tabelle angegebenen Kennwerte sind in den erdstatischen Berechnungen als charakteristische Werte anzusetzen.

Ferner werden in der nachfolgenden Tabelle 5 auch die Bodenklassen nach alter DIN 18300:2012-09 (Erdarbeiten) aufgeführt. Die Angaben zu den Homogenbereichen nach VOB/C, Ausgabe 2016, folgen in Abschn. 7.

Die Ergebnisse der LAGA-Analysen im Hinblick auf mögliche Schadstoffbelastungen der Aushubböden werden in Abschn. 8 zusammengestellt.

Tabelle 5 Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen

Schicht-Nr. Bericht Abschn.	Schicht- grenze mNN	Bodenart	Wichte γ/γ' (kN/m ³)	Scherfestigkeit		Steifemodul $E_{s,k}$ (MN/m ²)	Bodenklasse nach DIN 18300
				ϕ'_k (°)	c'_k (kN/m ²)		
0 ¹⁾ 4.2.1 / 4.2.2	GOK bis i. M. +68,5	Auffüllung und Auelehmkomplex	18/10	30	0	≥ 10	3, 4 ²⁾
1a 9.3	UK Sohlplatte bis i. M. +68,5	Bodenaustausch: Sande SE, SW, mindestens mitteldicht gelagert	19/11	35	0	≥ 60	3
alternativ zu 1a: 1b 9.3	UK Sohlplatte bis i. M. +68,5	Bodenaustausch: Kiessand, Kies GE, GW, GU ³⁾ mindestens mitteldicht gelagert	20/12	35	0	≥ 60	3
2 4.2.3	bis i. M. +64,0	Kiessand, Kies, örtlich Steine, mindestens mitteldicht gelagert	20/12	35	0	> 100	3 ⁴⁾
3 4.2.4 5.4.2	bis i. M. +63,0	Festgestein (Keuper), verwittert, halb feste oder feste Konsistenz	22/12	$c_u > 500$ kN/m ²		≥ 100	4, 5, 6
4 4.2.4	unter i. M. +63,0	Festgestein (Keuper)	24/14	nicht bestimmt $c_u > 2000$ kN/m ²		≥ 200	7

¹⁾ Es erfolgt ein Bodenaustausch dieser Schicht (s. Abschn. 9.3)

²⁾ Bei witterungsbedingter oberflächennaher Austrocknung im Auelehm, aufgefüllt oder gewachsen, Bodenklasse 6 möglich (feste Konsistenz)

³⁾ GU: Schluffanteil $d \leq 0,06$ mm, max. 10 %

⁴⁾ Bei hohem Steinanteil Bodenklasse 5, in Ausnahmefällen Bodenklasse 6

6.2 Dynamische Bodenkennwerte

Für die dynamischen Berechnungen im Lastfall Bemessungserdbeben werden nachfolgend die bodendynamischen Ansatzwerte zusammengestellt. Die Angaben beruhen auf Untersuchungen, die im Rahmen früherer Bauvorhaben für das Kernkraftwerk Grohnde durchgeführt wurden. Maßgebend wird hier die im Jahr 2006 von der BGR Hannover für den Neubau des Standortzwischenlagers ZL-KWG erstellte „Aktualisierte Stellungnahme zu den bei Erdbebenberechnungen zu verwendenden bodendynamischen Kennwerten“ (U 2.7).

Das in U 2.7 für den Zwischenlagerstandort ZL-KWG erstellte Scherwellengeschwindigkeits-Teufen-Profil (s. U 2.7, S. 13, Tabelle 4) und die dort auf Seite 15 in Tabelle 5 zusammengestellten bodendynamischen Kennwerte wurden auf die am Standort TBH erkundete Baugrundsichtung angepasst (s. folgende Tabelle 6). Wesentlich sind für den Standort TBH das um rd. 6 m höher anstehende Festgestein (Keuper) und der für die Gründung der TBH erforderliche Bodenaustausch der Auffüllung und des Auelehmkomplexes (s. Abschn. 9.3). Die nur geringmächtig als bindiger Boden in mindestens halbfester Konsistenz erbohrte Schicht des verwitterten Festgesteins (s. Schicht 3 in Tabelle 5 in Abschn. 6.1) wurde in der nachfolgenden Tabelle 6 dem Lockergestein (gewachsene Kiese) zugeschlagen.

Tabelle 6 Dynamische Bodenkennwerte

Teufe von GOK NN +72,0 m bis (m bzw. mNN)	Baugrund	Dichte ρ (kg/m ³)	Druckwellen- geschwindigkeit v_p (m/s)	Scherwellen- geschwindigkeit v_s (m/s)	Schubmodul (Anfangs- wert) $G_{max.}$ (MPa)	Quer- kontrak- tionszahl ν (-)
3,5 bzw. +68,5	<u>Bodenaustausch für Auffüllung und Auelehmkomplex:</u> Sande, Kies, mindestens mitteldicht gelagert	1900	350	200	76	0,26
5,5 bzw. +66,5	Kiessand, Kies, örtlich Steine, mindestens mitteldicht gelagert	2000	1800	230	106	0,49
9,0 bzw. 63,0	Kies, örtlich Steine, mitteldicht bzw. dicht gelagert	2200 ¹⁾	1800	350	270	0,48
Halbraum	Festgestein (Keuper)	2400 ¹⁾	2900	1500	5400	0,32

¹⁾ wassergesättigter Boden

7. Homogenbereiche

7.1 Allgemeines

Mit der VOB/C, Ausgabe 2016, erfolgte für den Bereich Tiefbau die Einführung geänderter Allgemeiner Technischer Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV), nach denen die bisher geltenden Bodenklassen durch die Beschreibung des Baugrundes mit Homogenbereichen für alle Tiefbau-ATV vereinheitlicht werden.

Auf der Grundlage der für die geplante Baumaßnahme erforderlichen Tiefbauarbeiten werden die Homogenbereiche unter Berücksichtigung der nachfolgend aufgeführten Normen (Stand 2016-09) angegeben, wobei das Bauvorhaben der geotechnischen Kategorie GK 3 zugeordnet wird.

- DIN 18300 Erdarbeiten
- DIN 18301 Bohrarbeiten

7.2 Einteilung der Böden in Homogenbereiche

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse (s. Abschn.4.2) werden für die erbohrten Lockergesteine die folgenden Homogenbereiche H 1 bis H 5 festgelegt.

Homogenbereich H 1: Auffüllung aus überwiegend Sanden und/oder Kiesen mit örtlichen Schluffbeimengungen sowie mit geringen anthropogenen Bestandteilen

Homogenbereich H 2: Auffüllung aus überwiegend Auelemm mit einzelnen Kiesen und mit geringen anthropogenen Bestandteilen

Homogenbereich H 3: Auelemmkomplex, überwiegend bindig, örtlich stark sandig bzw. Sande mit bindigen Auelehmlagen oder -schichten

Homogenbereich H 4: Kiese mit wechselnden Sand- und/oder Steinbeimengungen

Homogenbereich H 5: Festgestein (Keuper), verwittert, bindiger Boden in mindestens halbfester Konsistenz

Die Abschätzungen im Hinblick auf die Bandbreite der bodenmechanischen Eigenschaften der Böden erfolgt für die einzelnen Homogenbereiche auf der Grundlage der Ergebnisse der ausgeführten Baugrundaufschlüsse (s. Abschn. 4) und der bodenmechanischen Laborversuche (s. Abschn. 5) sowie der uns vorliegenden Erfahrungswerte von vergleichbaren Böden. Aufgrund von anthropogenen sowie von natürlich geogen bedingten Unregelmäßigkeiten sind Abweichungen davon möglich. Bei hohen anthropogenen Anteilen in den Auffüllungen (z. B. überwiegend Bauschutt) sind die Homogenbereiche erforderlichenfalls auf der Baustelle an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen.

Die für die einzelnen Homogenbereiche festgelegten Eigenschaften sind in den Anlagen 023040/19.1 bis 19.5 tabellarisch zusammengestellt. Gegebenenfalls vorhandene Schadstoffbelastungen sind nicht berücksichtigt (s. a. Abschn. 8).

8. Orientierende technische Untersuchung des künftigen Aushubbodens auf Schadstoffe

Um die Verbringungsmöglichkeiten für den Aushubboden zu klären, sind vom Bohrunternehmer aus den Bohrungen B 1 bis B 8 auch Bodenproben in luftdicht verschlossenen Gläsern entnommen worden (U 2.2). Die Bodenproben wurden von uns horizont- bzw. bodenschichtbezogen zu 6 Mischproben (MP 1 bis MP 6) zusammengestellt. Die Mischproben sind hinsichtlich ggf. enthaltener Schad- und Inhaltsstoffe gemäß LAGA-TR Boden (2004) chemisch auf den Parameterumfang gemäß der Tabelle II.1.2-1 untersucht worden. Die Analysen sind vom behördlich anerkannten Chemielaboratorium GBA Gesellschaft für Bioanalytik mbH, Pinneberg, ausgeführt worden (U 2.6).

8.1 Zusammenstellung der Mischproben

Die Zusammenstellung der Mischproben mit dem Bezug zur Baufläche (Bezeichnung der Bohrungen), den jeweils zugehörigen Entnahmereichen (Tiefen unter OK Gelände) sowie der Bodenbeschreibung und der Sensorik sind in der folgenden Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7 Zusammenstellung der Proben MP 1 bis MP 6

Mischprobe / Zuordnung zum Grundstück	Bohrung	Entnahmebereich (m unter GOK)	Bodenart, Beschreibung / Sensorik	Zuordnung gemäß TR LAGA
MP 1 / rollige Auffüllung, Bereich Parkplatz T.05	B 1	0,18 - 0,50	Auffüllung überwiegend Sande und Kiese, örtlich Auelehmbrocken und wenig Schlacke- und/oder Ziegelreste / unauffällig	Bodenart „Sand“
	B 2	0,17 - 0,50		
	B 5	0,18 - 0,50		
	B 6	0,17 - 0,50		
	B 6	0,50 - 0,70		
	B 6	0,70 - 1,30		
MP 2 / rollige Auffüllung, Bereich Grünanlage T.09	B 3	0,00 - 0,30	Auffüllung überwiegend Sande und Kiese, örtlich Auelehmbrocken und wenig Ziegelreste / unauffällig	Bodenart „Sand“
	B 4	0,00 - 0,20		
	B 7	0,00 - 0,40		
	B 8	0,00 - 1,30		
MP 3 / bindige Auffüllung aus Auelehm, Bereich Parkplatz T.05	B 1	0,50 - 2,10	Auffüllung, überwiegend Auelehm, örtlich Sand- und Kiesbeimengungen und Ziegelreste / unauffällig	Bodenart „Lehm/Schluff“
	B 2	0,50 - 1,60		
	B 5	0,50 - 2,20		
MP 4 / Auelehm (bindig) vom Gesamtgrundstück	B 1	2,10 - 4,30	Auelehmkomplex, bindig, überwiegend Schluffe und Feinsande / unauffällig	Bodenart „Lehm/Schluff“
	B 2	1,60 - 4,60		
	B 3	0,30 - 2,50		
	B 4	0,20 - 3,30		
	B 5	2,20 - 3,40		
	B 6	1,30 - 3,50		
	B 7	0,40 - 4,00		
	B 8	1,30 - 4,00		
MP 5 / Basisbereich des Auelehmkomplexes (überwiegend rollig) vom Gesamtgrundstück	B 2	4,60 - 5,10	Auelehmkomplex, überwiegend rollig, Sande, örtlich Kiese mit Auelehmeinlagerungen bzw. Auelehm, stark sandig / unauffällig	Bodenart „Sand“
	B 3	2,50 - 3,80		
	B 4	3,30 - 4,20		
	B 5	3,40 - 4,10		
	B 6	3,50 - 4,70		
	B 7	4,00 - 5,20		
MP 6 / Kiese vom Gesamtgrundstück	B 1	4,30 - 8,50	Kies, Kiese mit wechselnden Sand- und Steinanteilen / unauffällig	Bodenart „Sand“
	B 2	5,10 - 9,00		
	B 3	3,80 - 7,20		
	B 4	4,20 - 9,60		
	B 5	4,10 - 7,80		
	B 6	4,70 - 9,30		
	B 7	5,20 - 8,50		
	B 8	4,00 - 9,30		

Die Analyseergebnisse der Mischproben MP 1 bis MP 6 sind dem vorliegenden Bericht als Anlage 023040/17 und 18, jeweils Blatt 1 bis 3, beigelegt (U 2.6).

8.2 Fachliche Beurteilung der Analyseergebnisse im Hinblick auf die Verbringung/Entsorgung des Aushubbodens

Mischprobe MP 1

Die Mischprobe **MP 1** repräsentiert die rolligen Auffüllungen aus überwiegend Sanden und Kiesen vom Grundstücksteil des Parkplatzes T.05.

Nach den Analyseergebnissen (s. Anlage 023040/17, Blatt 2) weist die Mischprobe MP 1 einen erhöhten Zinkgehalt mit 96 mg/kg Trockenmasse auf. Alle anderen Parameter sind unauffällig.

Der untersuchte Boden ist nach LAGA-TR Boden der Einbauklasse 1 (Z1-Boden) zuzuordnen.

Untersuchter Boden der Einbauklasse 1 kann nach LAGA-TR Boden im offenen Einbau in technischen Bauwerken in hydrologisch günstigen Gebieten wieder eingebaut werden.

Mischprobe MP 2

Die Mischprobe **MP 2** repräsentiert die rolligen Auffüllungen aus überwiegend Sanden und Kiesen vom Grundstücksteil der Grünanlage T.09.

Nach Analyseergebnissen (Anlage 023040/17, Blatt 2) weist die Mischprobe MP 2 einen erhöhten pH-Wert mit 9,7 m auf. Alle anderen Parameter sind unauffällig.

Der untersuchte Boden ist nach LAGA-TR Boden der Einbauklasse 1 (Z1.2-Boden) zuzuordnen (eingeschränkter offener Einbau in technischen Bauwerken).

Mischprobe MP 3

Die Mischprobe **MP 3** repräsentiert die überwiegend bindigen Auffüllungen aus überwiegend Auelehm vom Grundstücksteil des Parkplatzes T.05.

Nach den Analyseergebnissen zeigt die Mischprobe MP 3 keine Auffälligkeiten in Bezug auf die Zuordnungswerte der LAGA-TR Boden (s. Anlage 023040/18, Blatt 2).

Der untersuchte Boden der Mischprobe MP 3 ist nach LAGA-TR Boden der Einbauklasse 0 (Z0-Boden) zuzuordnen.

Untersuchter Boden der Einbauklasse 0 ist uneingeschränkt verwertbar.

Mischproben MP 4, MP 5 und MP 6

Die Mischproben **MP 4 bis MP 6** repräsentieren die unter den Auffüllungen (s. MP 1 bis MP 3) folgenden gewachsenen Baugrundsichten des Baugrundstücks (Gesamtgrundstück).

Die Mischprobe **MP 4** repräsentiert den Auelehmkomplex aus bindigem Boden.

Die Mischprobe **MP 5** repräsentiert die in Basisnähe des Auelehmkomplexes anstehenden überwiegend rolligen Schichten mit bindigen Lagen sowie auch örtlich die oberen Dezimeter des folgenden sandigen Kieses mit Auelehmanteilen.

Die Mischprobe **MP 6** repräsentiert die Kiesschichten unter dem Auelehmkomplex mit wechselnden Sand- und Steinanteilen.

Nach den Analyseergebnissen zeigen alle 3 Mischproben keine Auffälligkeiten in Bezug auf die Zuordnungswerte der LAGA-TR Boden (MP 4 s. Anlage 023040/18, Blatt 2; MP 5 und MP 6 s. Anlage 023040/17, Blatt 2).

Der untersuchte Boden der Mischproben MP 4, MP 5 und MP 6 ist nach LAGA-TR Boden der Einbauklasse 0 (Z0-Boden) zuzuordnen.

Untersuchter Boden der Einbauklasse 0 ist uneingeschränkt verwertbar.

8.3 Hinweise für das weitere Handeln

Die Entsorgung von Baugrubenaushub mit Schadstoffgehalten größer Z0 außerhalb der Baustelle verursacht Mehrkosten gegenüber nicht verunreinigtem Boden mit dem Zuordnungswert Z0 (Z0-Boden).

Im vorliegenden Fall ist nach den Analyseergebnissen nur die rollige Auffüllung aus dem Bereich der Parkplatzfläche T.05 (MP 1) und aus dem Bereich der Grünanlage T.09 (MP 2) als Z1- bzw. Z1.2-Boden einzustufen. Die anderen Mischproben (MP 3 bis MP 6) waren ohne Auffälligkeiten. Die Erfahrungen vom Kraftwerksgelände haben aber gezeigt, dass die anstehenden Auffüllungen in der Regel als Z1-Boden analysiert wurden und als Z1-Boden zu verbringen sind. Wir empfehlen deshalb vorerst im Zusammenhang mit Kostenermittlungen für die Verbringung des Aushubbodens, die anstehenden Auffüllungen (MP 1, MP 2, MP 3) als Z1- und Z1.2-Boden zu berücksichtigen. Die letztlich vorzunehmende Einstufung der Aushubböden erfolgt auf der Grundlage von aushubbegleitenden Deklarationsanalysen während der Bauzeit (s. u.)

Unabhängig von den Analyseergebnissen sind für die Verbringung des Aushubbodens mit dem Erdbauunternehmer eindeutige vertragliche Regelungen zu treffen und Einheitspreise getrennt nach den Zuordnungswerten Z0, Z1, Z1.1, Z1.2, Z2 und > Z2 gemäß LAGA Richtlinie (LAGA-TR Boden und LAGA-TR Bauschutt) sowie Einheitspreise für ergänzende Schadstoffuntersuchungen (Deklarationsanalysen) einzuholen. Ebenso sind die Kosten und der Zeitbedarf für die Zwischenlagerung/Aufhaldung des Aushubs auf einer Bereitstellungsfläche zu erfassen. Der Aushub kann dann nach dem Vorliegen der Ergebnisse von Deklarationsanalysen je ca. 500 m³-Halde ergebnisabhängig sowie nach den vertraglichen Regelungen mit dem Erdbauunternehmer fachgerecht entsorgt werden.

9. Gründungsempfehlung

9.1 Baugrundbeurteilung

Die unter den Auffüllungen und dem Auelehmkomplex anstehenden Kiese sowie das folgende Festgestein (s. Abschn. 4.2.3 und 4.2.4) sind hochtragfähige Schichten, die für den setzungsarmen Abtrag von großen Bauwerkslasten sehr gut geeignet sind. Dieses belegen zuletzt auch die Ergebnisse der Setzungsmessungen des in den Jahren 2003/2004 gebauten Standortzwischenlagers ZL-KWG. Nach der derzeit letzten Setzungsmessung vom 05.03.2018 (29. Folgemessung) und bei einer Lagerauslastung von z. Z. rd. 35 % liegen die gemessenen Bauwerkssetzungen in der Größenordnung von $s \leq 10$ mm (Mittelwert rd. $s = 6$ mm), bei prognostizierten Werten von rd. $s = 15$ mm (Lager voll).

Die oberen Auffüllungen und der folgende Auelehmkomplex (s. Abschn. 4.2.1 und 4.2.2) sind infolge ihrer großen Inhomogenität im Hinblick auf die Schichtzusammensetzung, die nur geringen und örtlich stark wechselnden Steifigkeiten und den Unterschieden in den Schichtmächtigkeiten für eine Flachgründung der neuen Bauwerkslasten nicht geeignet.

Zu beachten sind die wasserstauenden Eigenschaften der aufgefüllten und gewachsenen Auelehmschichten. Auch eingelagerte Sandschichten können witterungsabhängig stauwasserführend sein.

Der häufig sehr sandige oder von Sandbändern durchzogene Auelehm ist stark strukturgefährdet. Bei Wasserdargebot, z. B. als Folge von Niederschlägen oder zufolge von wasserführenden Sandbändern und bei dynamischen Einflüssen aus dem Baubetrieb gehen diese Schichten schnell in einen sehr weichen oder breiigen Zustand über (s. Abschn. 4.2 und Abschn. 9.3)

In den oberflächennahen Zonen kann der Auelehm witterungsbedingt stark ausgetrocknet sein. Er erreicht dann eine vergleichsweise hohe Festigkeit und kann in fester Konsistenz anstehen (Bodenklasse 6 nach alter DIN 18300:2012-09).

Weiterhin sind die Auelehmschichten stark frostgefährdete Böden.

Die unter dem Auelehmkomplex anstehenden Kiese (s. Abschn. 4.2.3) besitzen eine sehr hohe Wasserdurchlässigkeit. Das Grundwasser steht deshalb mit den Weserwasserständen in direkter hydraulischer Verbindung. Auf der sicheren Seite liegend sind die Grundwasserstände den jeweiligen Weserwasserständen gleichzusetzen. In Zeiten mit hohen Weserwasserständen steht das Grundwasser in Höhe der wasserstauenden Auelehmschichtbasis als gespannter Druckhorizont an (s. Abschn.4.3).

9.2 Gründungskonzept

Das in den Jahren 2003/2004 gebaute Standortzwischenlager ZL-KWG (Grundfläche rd. 27,2 m x 92,5 m) ist auf insgesamt 146 Großbohrpfählen mit einem Schaftdurchmesser von $D_s = 1,50$ m in den Kiesen ca. 2 m bis 3 m oberhalb des Festgesteins tief gegründet.

Ausschlaggebend für die Tiefgründung waren die im Süden bis zu rd. 7 m mächtigen Auffüllungen und die den nördlichen Grundriss querende sowie lastfrei und zugänglich zu überbauende VE-Leitung. Eine Flachgründung nach Bodenaustausch war unter diesen Randbedingungen nicht wirtschaftlich.

Die im Grundrissbereich der geplanten Transportbereitstellungshalle ausgeführten Baugrundaufschlüsse zeigen die für eine Flachgründung ausreichend tragfähigen Schichten unterhalb der Basis des Auelehmschichtkomplexes in Tiefen zwischen rd. NN +69,5 m (B 5) und rd. NN +66,9 m (B 7; s. Abschn. 4.2.2). Im Mittel liegt die Schichtbasis bei rd. NN +68,5 m, d. h. rd. 3,7 m unterhalb der geplanten OK Hallensole bei rd. NN +72,2 m. Bei einer für eine Sohlplattengründung der neuen Halle erforderlichen Aushubtiefe unter OK Sohlplatte von mind. rd. 0,7 m verbleibt eine Bodenaustauschtiefe von im Mittel rd. 3,0 m. Ein Bodenaustausch wird damit für das geplante Bauvorhaben erfahrungsgemäß deutlich wirtschaftlicher sein, als eine Großbohrpfahlgründung.

Als Gründung für die Transportbereitstellungshalle und für das angrenzende Betriebsgebäude empfehlen wir eine Flachgründung auf einer Sohlplatte nach Bodenaustausch der dafür nicht ausreichend tragfähigen Schichten bis zur Basis des Auelehmkomplexes.

Für die Bodenaustauscharbeiten besteht eine Abhängigkeit von den Grundwasser-/ Weserwasserständen während der Austauscharbeiten. Die Bodenaustauscharbeiten können nur im Trockenen, d. h. bei ausreichend tief unter Aushubsohle anstehenden Grundwasserständen ausgeführt werden. Das Grundwasser darf max. bis rd. 0,5 m unter geplanter Aushubsohle anstehen, da sonst eine fachgerechte Nachverdichtung der Aushubsohle und der fachgerechte Einbau des Bodenaustauschmaterials nicht möglich ist. Das bedeutet, dass die Bodenaustauscharbeiten nur bis zu Weserwasserständen von rd. NN +66,5 m bzw. bis i. M. rd. NN +68,0 m ausführbar sind (je nach Teilfläche im Austauschgrundriss; Grundwasser-Mw NN +66,6 m, s. Abschn. 4.3). Für die Bodenaustauscharbeiten muss deshalb ein Zeitfenster gefunden werden, in dem ausreichend niedrige Weserwasserstände zu erwarten sind.

Zu empfehlen ist ein Vorziehen des Bodenaustausches vor dem eigentlichen Baubeginn für den Neubau mit einem ausreichenden Zeitpuffer im Hinblick auf zeitweise unerwartet hohe Wasserstände. Ist das nicht möglich, muss über eine Pfahlgründung für die neue Halle nachgedacht werden, da Großbohrpfähle unabhängig von den Weserwasserständen normgerecht herstellbar sind.

Für eine Pfahlgründung sind die Randbedingungen des Baugrunds am Neubaustandort allerdings deutlich ungünstiger als am Zwischenlager ZL-KWG, wo die Festgesteinsoberfläche im Mittel bei rd. NN +57,0 m ansteht, also rd. 7 m tiefer als am neuen Hallenstandort (Basis Kies im Mittel bei rd. NN +64,0 m).

Können die Pfähle für die neue Halle direkt auf dem unverwitterten Festgestein abgesetzt werden, kann wie beim ZL-KWG von einem Pfahldurchmesser $D_s = 1,50$ m mit einer Auslastung je Pfahl von $F_k \leq 6.500$ kN ausgegangen werden. Ist das wegen des Abtrages der dynamisch wirkenden Lasten nicht möglich und wird ein Absetzen der Pfähle wegen einer sicherzustellenden Entkopplung oberhalb des Festgesteins in den Kiesen erforderlich (z. B. bei rd. NN +66,0 m), muss bei vergleichbarer Pfahlauslastung wegen der dann nur geringen Einbindung der Pfähle in die Kiese mit einem größeren Pfahldurchmesser geplant werden (geschätzt $D_s = 1,80$ bzw. $D_s = 2,00$ m). Sofern für den Neubau eine Pfahlgründung realisiert werden soll, müssen die Randbedingungen hierfür zusammen mit dem Tragwerksplaner noch definiert werden. Im Weiteren wird von einer Flachgründung für den Neubau nach Bodenaustausch ausgegangen.

In jedem Fall bindet die neue Sohlplatte des Betriebsgebäudes der Transportbereitstellungshalle in den Stau- und Grundwasserschwankungsbereich ein (s. Abschn. 4.3). Es wird deshalb eine druckwasserhaltende Ausbildung in WU-Beton, bemessen als „Weiße Wanne“ erforderlich. Als Bemessungswasserstand ist die Oberfläche des umliegenden Geländes (z. B. NN +72,2 m) anzusetzen. Durch eine entsprechende Geländegestaltung um die neue Halle herum mit einem ausreichenden Gefälle weg vom Neubau muss sichergestellt werden, dass auch im Fall von Starkregenfällen kein Oberflächenwasser in die Halle eindringen kann.

9.3 Hinweise zum Bodenaustausch

Die Abhängigkeit der Bodenaustauscharbeiten von den Grundwasserständen ist in Abschn. 9.2 zusammengefasst.

Es wird davon ausgegangen, dass die Bodenaustauscharbeiten im Hinblick auf den Grundwassereinfluss nur im Trockenen, d. h. bei ausreichend tief unter Aushubsohle anstehendem Grundwasser ($\geq 0,5$ m), ausgeführt werden. Unabhängig davon muss während der Bodenaustauscharbeiten mit möglichen Stauwasserständen gerechnet werden (Tagwasser zufolge von Niederschlägen, Schichtwasser aus Sanden im Auelehm). Durch entsprechendes Baugrubenwasserhaltungsmanagement (bei Erfordernis offene Wasserhaltung mit Pumpensümpfen, Vorentwässerung durch Ausbluten) ist sicherzustellen, dass der stark strukturgefährdete Auelehm beim Aushub nicht unzulässig aufweicht (s. Abschn. 4.2.2). Bei höheren Sandgehalten kann dieser Boden beim Aushub im Stauwasser schnell in einen breiigen oder bodenmechanisch „flüssigen“ Zustand übergehen. Er ist dann in den Transportwannen der Lkw nicht mehr sicher abzufahren.

Einen Anhalt über die erforderlichen Tiefen der Bodenaustauscharbeiten bis zur Basis des Auelehmkomplexes geben die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse. Grundsätzlich wird der Übergang zu den Kiesen im Anschnitt gut zu erkennen sein. Ob die örtlich an der Basis des Auelehms erkundeten Sande mit Auelehmeinlagerungen bei überwiegend nichtbindiger rolliger Zusammensetzung in jedem Fall ausgetauscht werden müssen oder im Baugrund verbleiben könne, ist im Einzelfall im Anschnitt zu entscheiden. Das gilt besonders für die in der Bohrung B 7 sehr tief bis rd. NN +66,9 m erkundeten, stark mittelsandigen und schluffigen Feinsande mit Auelehmbeimengungen.

Der Bodenaustausch muss im Grundrissbereich der geplanten Bebauung einschließlich des Druckausstrahlungsbereiches von UK Sohlplatte nach außen unter 45° erfolgen. Die umlaufenden Baugrubenböschungen sind nicht steiler als unter $\beta = 60^\circ$ auszubilden, bei Beachtung der Vorgaben in der DIN 4124. Bei Austritt von Schichtenwasser und/oder überwiegend anstehender Sande oder sandiger Auffüllungen wird ein Abflachen auf $\beta = 45^\circ$ erforderlich. Die Böschungen sind ggf. zusätzlich durch Auflastfilter zu stabilisieren.

Vor Beginn des Bodeneinbaus sind die aushubbedingten Auflockerungen in Höhe der Aushubsohle flächig nachzuverdichten. Es soll hier bis mindestens rd. 0,5 m unter Aushubsohle eine mindestens mitteldichte Lagerung erreicht werden.

Als Bodenaustauschmaterial eignen sich schluffarme Sande (Schluffanteil $d \leq 0,06$ mm max. 5 %) der Bodengruppe SE oder SW nach DIN 18196 mit einer Ungleichförmigkeit $U \geq 3$ oder auch Kiese bzw. Kiessand der Bodengruppen GE oder GW oder auch GU, wobei bei der Bodengruppe GU der Schluffanteil auf max. 10 % zu begrenzen ist und der Wassergehalt des einzubauenden Materials den Verdichtungserfolg nicht beeinträchtigen darf. Die Verantwortung dafür, dass auf die Baustelle ein ausreichend verdichtungsfähiges Bodenaustauschmaterial angeliefert wird, obliegt der Erdbaufirma.

Der Materialeinbau muss lagenweise unter Verdichtung erfolgen. Die Lagendicke ist in Abhängigkeit vom gewählten Verdichtungsgerät festzulegen. Die Kontrolle der Verdichtung sollte ebenfalls bereits lagenweise erfolgen. Der zu erreichende Verdichtungsgrad muss etwa 100 % der einfachen Proctordichte D_{Pr} entsprechen. Unabhängig vom Bodenaustauschmaterial muss bei den Prüfungen im statischen Plattendruckversuch ein statischer E-Modul von $E_{v2} \geq 100$ MN/m² erreicht werden.

Das endgültige Konzept für den Bodeneinbau, die Verdichtung und die Verdichtungskontrollen sind in Abhängigkeit vom gewählten Bodenaustauschmaterial und dem eingesetzten Verdichtungsgerät möglichst auf der Grundlage der Ergebnisse aus einem Probefeld festzulegen. Der Erdbauer hat vorab ein entsprechendes Konzept zur Prüfung und Genehmigung vorzulegen. Die Verdichtungskontrollen sind in Eigenüberwachung vorzunehmen und durch Fremdüberwachungen stichprobenartig zu überprüfen.

9.4 Angaben zur Grundbruchsicherheit und zur Sohlplattenbemessung

Bei einer Gründung der neuen Halle und des angrenzenden Betriebsgebäudes auf fachgerecht bemessenen und ausgeführten Sohlplatten nach Bodenaustausch ist ein rechnerischer Nachweis der Grundbruchsicherheit (GEO-2 nach EC 7) nicht erforderlich, da für die Sohlplattengründungen im vorliegenden Fall stets eine ausreichende Grundbruchsicherheit gegeben ist.

Die Sohlplattenverstärkungen am Rand der Sohlplatten sind im Übergang vom Betriebsgebäude zur TBH durch eine Fuge getrennt (U 2.1) und hier auf gleicher Gründungstiefe abzusetzen.

Aus setzungstechnischen Gründen empfehlen wir, die Sohldrücke in der Sohlplatte in Bereichen mit Lastkonzentrationen (z. B. in Bereichen mit Wandlasten) auf Werte für die THB von σ_0 bzw. $\sigma_{zul} \leq 350 \text{ kN/m}^2$ ($= \sigma_{R,d} / 1,4$ nach EC 7) bzw. für das Betriebsgebäude von σ_0 bzw. $\sigma_{zul} \leq 250 \text{ kN/m}^2$ zu begrenzen.

Abgestimmt auf die anstehenden Baugrundverhältnisse können für die Bemessung der Sohlplatte bei einer Flachgründung nach Bodenaustausch die nachfolgend genannten charakteristischen Bettungsmoduli angesetzt werden.

<u>Halle TBH</u>	<u>statisch</u>	<u>dynamisch</u>
- Rand unter lastabtragenden Wänden ¹⁾	$k_{s,k} = 20 \text{ MN/m}^3$	dyn $k_{s,k} = 40 \text{ bis } 60 \text{ MN/m}^3$
- im Feld	$k_{s,k} = 10 \text{ MN/m}^3$	dyn $k_{s,k} = 20 \text{ bis } 30 \text{ MN/m}^3$
<u>Betriebsgebäude</u>	<u>statisch</u>	<u>dynamisch</u>
- Rand unter lastabtragenden Wänden ¹⁾	$k_{s,k} = 16 \text{ MN/m}^3$	dyn $k_{s,k} = 32 \text{ bis } 48 \text{ MN/m}^3$
- im Feld	$k_{s,k} = 8 \text{ MN/m}^3$	dyn $k_{s,k} = 16 \text{ bis } 24 \text{ MN/m}^3$

¹⁾ Der unter lastabtragenden Wänden (und evtl. Stützen) anschließende mitwirkende Sohlplattenbereich ist konstruktiv festzulegen (Lastverteilung) und ggf. nach einem ersten Rechenlauf sinnvoll anzupassen (s. u.).

Die angegebenen Bettungsmoduli sind zunächst Anhaltswerte, da der Bettungsmodul keine bodenmechanische Kenngröße ist, sondern auch von den geometrischen Abmessungen, der Gebäudesteifigkeit und den Gebäudelasten beeinflusst wird. Das Ergebnis der Sohlplattenbemessung ist deshalb auf Plausibilität (Sohldruck/Setzungen/ Setzungsdifferenzen) zu überprüfen. Gegebenenfalls wird eine Anpassung der Bettungsmoduli hinsichtlich Größe und Verteilung in einem weiteren Berechnungsschritt erforderlich.

9.5 Abtragung von Horizontallasten bei Sonderlastfällen (dynamischer Lastangriff)

Bei Ausführung einer Flachgründung nach Bodenaustausch werden die am Bauwerk angreifenden Horizontallasten überwiegend durch die Sohlreibung τ (mögl. $\tau = \sigma \cdot \tan \varphi'_k$) der Gründungssohlplatte in den Baugrund abgetragen. Ein Erdwiderstand vor den in den Baugrund einbindenden Sohlplatten kann nur angesetzt werden, wenn Aufgrabungen im Erdwiderstandsbereich zu jeder Zeit ausgeschlossen werden können. Maximal darf nur 50 % des möglichen Erdwiderstandes angesetzt werden.

Wenn $\eta = \text{mögl. } \tau / \text{vorh. } \tau > 2,0$ ist, kann bei den anstehenden Baugrundverhältnissen davon ausgegangen werden, dass die durch Eintragung der Sohlschubspannungen in den Baugrund ausgelösten horizontalen Bodenverschiebungen $s_h < 1$ cm betragen werden.

9.6 Angaben zum Setzungsverhalten

Bei dem anstehenden hochtragfähigen Baugrund und nach einem fachgerecht ausgeführten Bodenaustausch bleiben die Bauwerkssetzungen für den Neubau erfahrungsgemäß gering. Mit den uns bislang vorliegenden Angaben (U 2.1) und den gewählten Lastannahmen (s. Abschn. 3.2) haben wir die Setzungen abgeschätzt. Danach sind für die Halle und das angrenzende Betriebsgebäude Setzungen in folgender Größenordnung zu erwarten:

<u>Halle TBH</u>	Plattenrand	Plattenmitte
Halle leer	$1,0 \text{ cm} \leq s \leq 1,5 \text{ cm}$	$s \leq 0,5 \text{ cm}$
Halle voll	$1,5 \text{ cm} \leq s \leq 2,5 \text{ cm}$	$s \leq 2,5 \text{ cm}$
<u>Betriebsgebäude</u>	$0,5 \text{ cm} \leq s \leq 1,0 \text{ cm}$	$1,0 \text{ cm} \leq s \leq 1,5 \text{ cm}$

Im an die TBH angrenzenden Betriebsgebäude (Achse 14, U 2.1) muss mit Mitnahmesetzungen (Zusatzsetzungen) infolge des Lasteneinflusses aus den Hallenlasten (Lastausbreitung im Baugrund unter 45°) gerechnet werden. Diese können im Endzustand eine Größenordnung bis $s \leq 1,0$ cm erreichen. Das Betriebsgebäude kann sich somit sehr leicht in Richtung Halle TBH neigen. Bei der Bemessung der Bauwerksfuge Betriebsgebäude / TBH ist dieser Vorgang zu beachten.

Da die erwarteten Bauwerkssetzungen und Setzungsdifferenzen unter den v. g. Randbedingungen für beide Bauwerksteile gering bleiben werden, ist nicht davon auszugehen, dass Risseschäden infolge von unzulässig großen Setzungsdifferenzen zu erwarten sind.

Für die Kranbahn mit einer Spurweite von rd. 25 m (U 2.1) können infolge ungleichmäßiger Verteilung von Lagerlasten (Teilfüllungszustände) und infolge von Baugrundinhomogenitäten sowohl in Längs- als auch in Querrichtung Verkantungen aus Setzungsunterschieden in einer Größenordnung bis rd. $\tan \alpha = 1 : 1.500$ wirksam werden.

10. Zusammenfassung

Für den geplanten Neubau der Transportbereitstellungshalle im KWG (s. Abschn. 3) ist der Baugrund grundrissbezogen durch 8 Drucksondierungen und 8 Aufschlussbohrungen erkundet worden (s. Abschn. 4.1). Die erkundeten Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sind in Abschn. 4.2 und 4.3 und die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche in Abschn. 5 beschrieben.

Der Abschn. 6 enthält die einem Bemessungsprofil zugeordneten bodenmechanischen Kennwerte für erdstatische und dynamische Berechnungen. Angaben zu den Homogenbereichen nach VOB/C (2016) sind in Abschn. 7 und die Ergebnisse der LAGA-Untersuchungen des künftigen Aushubbodens sind in Abschn. 8 zusammengefasst.

Für die Gründung des Neubaus wird eine Flachgründung auf Sohlplatten nach Bodenaustausch des Auelehmkomplexes empfohlen (s. Abschn. 9.1). Die Bodenaustauscharbeiten sind abhängig von den Weserwasserständen. Sie sollten deshalb zeitlich vorlaufend ausgeführt werden. (s. Abschn. 9.2 und 9.3).

Angaben zur Grundbruchsicherheit und zur Sohlplattenbemessung sind in Abschn. 9.4 und zum Setzungsverhalten des Neubaus in Abschn. 9.6 zusammengefasst.

Für eine weitere Beratung stehen wir jederzeit gern zur Verfügung.

Bearbeiter:

Grundbauingenieure
Steinfeld und Partner
Beratende Ingenieure mbB

(Rinke)

Verteiler:

Grohnde, KWG, Frau Busse
cc Herr Hennig
cc Herr Adler

2fach und per E-Mail: Christina.Busse@preussenelektra.de
per E-Mail: Egbert.Hennig@preussenelektra.de
per E-Mail: Jens.Adler@preussenelektra.de