

Unterlage 5-1-2

Planfeststellungsverfahren

**Ersatzneubau der alten Levensauer Hochbrücke
und
Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals
NOK-Km 93,2 – 94,2**

Ergänzende gründungstechnische Stellungnahme

VORHABENTRÄGER:

**WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT KIEL-HOLTENAU
SCHLEUSENINSEL 2
24159 KIEL-HOLTENAU**



WSV.de

Wasser- und
Schiffahrtsverwaltung
des Bundes

VERFASSER:

Bundesanstalt für Wasserbau [BAW]

Stand: 10.10.2014

Kurze Erläuterung

In dieser Unterlage ist die gründungstechnische Stellungnahme der BAW für das Bauvorhaben Ersatzneubau Hochbrücke Levensau enthalten.

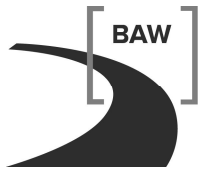
In dieser Stellungnahme wird vorrangig auf folgende Berechnungsgrundlagen und Bauteile eingegangen:

- Ergänzende Bodenkennwerte,
- Brunnengründung des Brückenbogens,
- Wände,
- Verankerungen,
- Pfähle,
- Erdarbeiten und Wasserhaltung.

Die Unterlage gliedert sich wie folgt:

Bericht

Anlage 1 Charakteristische Werte für Spitzendruck und Mantelreibung



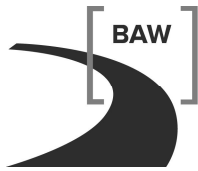
Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Nord-Ostsee-Kanal

**Ersatzneubau
Hochbrücke Levensau**

Gründungstechnische Stellungnahme

A39550110286



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Ersatzneubau Hochbrücke Levensau
Gründungstechnische Stellungnahme

Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau
Planungsgruppe für den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals

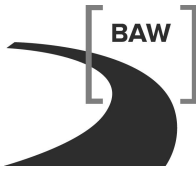
Auftrag vom: 09.06.2009

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. A39550110286

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Küstenbereich (K)
Referat: Geotechnik Nord (K1)
Bearbeiter: Dipl.-Ing. Christian Puscher

Hamburg, 10. Oktober 2014

Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.



Zusammenfassung

Das Referat Geotechnik Nord (K1) der BAW-DH wurde vom Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau, Planungsgruppe für den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals beauftragt, eine gründungstechnische Stellungnahme für das Bauvorhaben Ersatzneubau 1. Hochbrücke Levensau zu erarbeiten. In dieser Stellungnahme wird vorrangig auf folgende Berechnungsgrundlagen und Bauteile eingegangen:

Ergänzende Bodenkennwerte

In Ergänzung zu den bisherigen Unterlagen zum Baugrund werden die Bodenklassen hinsichtlich der Klassifizierung für Bohrarbeiten gegeben und dynamische Steifemoduln genannt.

Brunnengründung des Brückenbogens

Für die Dimensionierung und für die Verformungsbetrachtungen werden Kennwerte und Verfahren angegeben. Als Vorzugsverfahren wird die FE-Methode empfohlen. Aus Vorberechnungen ergeben sich für den Brückenbogen verträgliche Setzungen. Ferner werden Hinweise zur Herstellung gegeben. Als Wände für die Brunnengründung kommen Bohrpfahl- und Schlitzwände in Betracht.

Wände

Als Wandarten für die Widerlager, die Ufersicherungen und vor dem WL-Süd sind Wände als Bohrpfahlwand, Schlitzwand oder Spundwand möglich. Zur Wanddimensionierung werden erdstatische Parameter angegeben. Im Baugrund können Stein- und Blockhindernisse angetroffen werden, die bei den Wandplanungen zu berücksichtigen sind. Bei Spundwänden kann bereichsweises Vorbohren und Bodenaustausch erforderlich werden.

Verankerungen

Für verschiedene Verankerungssysteme (Rundstahlanker mit Ankerplatte / Pfähle / Verpressanker) sind aufgrund von Erfahrungswerten Ankertragfähigkeiten angegeben.

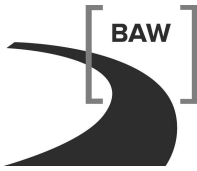
Pfähle

Zur Dimensionierung von Pfahlgründungen sind Kennwerte genannt. Ebenso werden Hinweise zur Pfahlherstellung gegeben.

Erdarbeiten und Wasserhaltung

Für die Arbeiten an der Hochbrücke sind umfangreiche Erdarbeiten erforderlich, für die Hinweise auch im Hinblick auf die Wiederverwertbarkeit des Aushubs gegeben werden. Ebenso werden Angaben zu der bauzeitlichen und dauerhaften Trockenhaltung gemacht.

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Unterlagen	1
3	Bauwerke und Baugrund	1
3.1	Lage und Grunddaten der Bauwerke	1
3.1.1	1. Hochbrücke Levensau	2
3.1.2	Dammbauwerke	5
3.2	Baugrund	5
3.3	Hinweise aus dem Baugrundgutachten	5
3.4	Ergänzungen zur Klassifizierung des Bodens	6
3.5	Zusätzliche Bodenkennwerte	6
3.5.1	Dynamische Steifemoduln	6
3.6	Beton- und Stahlaggressivität	7
4	Empfehlungen	7
4.1	Bemessungsprofile	7
4.2	Gründung der geplanten Brücke	8
4.2.1	Gründungsart	8
4.2.2	Wände Brunnengründung	8
4.2.3	Verformungsermittlung	9
4.2.3.1	Kennwerte für numerische Verfahren	9
4.2.3.2	Kennwerte für analytische Verfahren	10
4.2.3.3	Weitere Verfahren	11
4.2.3.4	Verformungen aus Vorbemessungen	11
4.2.4	Zeitsetzungsverhalten	12
4.3	Wände	12
4.4	Verankerungen	14
4.5	Pfahlgründungen	16
4.5.1	Vertikallastabtrag	16
4.5.2	Horizontallastabtrag	16
4.5.3	Konstruktive Hinweise zur Pfahlherstellung	16
5	Hydraulische und geohydraulische Nachweise	17
6	Bauzeitliche Trockenhaltung	17
7	Dauernde Trockenhaltung	17



8	Durchführung von Erdarbeiten	18
9	Verwendung von Aushubböden	19
10	Hinterfüllung von Bauwerken	19
11	Verkehrsflächen	20
12	Bauzeitliche Betriebs- und Verkehrsflächen	20
13	Beeinflussung des Altbestandes und von Nachbarbauwerken	21
14	Beeinflussung durch Frost	21
15	Seismische Gefährdung	22

Bildverzeichnis

Seite

Bild 1: Übersichtslageplan Brücken und Dammbauwerke (Plangrundlage aus /U2/)	2
Bild 2: Draufsicht auf die geplante neue 1. Hochbrücke Levensau in der Achse der bestehenden 1. Hochbrücke (Auszug aus /U2/)	2
Bild 3: Ansicht der geplanten 1. Hochbrücke Levensau (Auszug aus /U2/)	3
Bild 4: Gründungen im Bereich des nördlichen Widerlagers (Plangrundlagen aus /U2/)	4
Bild 5: Gründungen im Bereich des südlichen Widerlagers (Plangrundlagen aus /U2/)	4

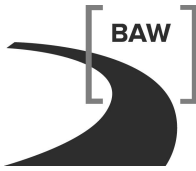
Tabellenverzeichnis

Seite

Tabelle 1: Klassifizierung der Böden gemäß DIN 18301	6
Tabelle 2: Dynamische Steifemoduln der Böden	7
Tabelle 3: Bodenkennwerte für nichtbindige Böden für die Simulation von geringen rechnerischen Verformungen	10
Tabelle 4: Berechnungswerte der Lagerungsdichte für Vergleichsberechnungen nach DIN 4085	11
Tabelle 5: Grenzlasten beim Bruch in nichtbindigen Böden für verschiedene Verpresskörperlängen von Verpressankern	15
Tabelle 6: Grenzmantelreibung in bindigen Böden für verschiedene Verpresskörperlängen von Verpressankern mit Nachverpressung	15

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Charakteristische Werte für Spitzendruck und Mantelreibung
--



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Referat GEOTECHNIK NORD der BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU, DIENSTSTELLE HAMBURG (BAW-DH), wurde im Rahmen der geotechnischen Beratungstätigkeit für das Bauvorhaben Ersatzneubau Hochbrücke Levensau vom Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau, Planungsgruppe für den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals, beauftragt, eine gründungstechnische Stellungnahme zu erstellen.

2 Unterlagen

Für die Erstellung der gründungstechnischen Stellungnahme stehen folgende kennzeichnende Unterlagen zur Verfügung:

/U1/ Ersatzneubau der Hochbrücke Levensau, Nord-Ostsee-Kanal, NOK-km 93,491, Geotechnischer Bericht BAW vom 15.03.2013

/U2/ Ersatzneubau 1. Hochbrücke Levensau, Vorplanungen 2013 + 2014, WKC Hamburg GmbH + Anwikar Consultants

/U3/ Ersatzneubau 1. Hochbrücke Levensau, Neubau Brückenwiderlager Süd und Nord, zusammenfassender Arbeitsstand vom 15.07.2014, WKC Hamburg GmbH

/U4/ Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals, Ersatzbauwerk Hochbrücke Levensau, Ergänzende Baugrunderkundung der bestehenden Dammbauwerke, Aktenvermerk Nr. 2, Überprüfungen der zu erwartenden Setzungen am benachbarten Dammbauwerk B76, IGB Ingenieurgesellschaft mbH, 12.04.2013

3 Bauwerke und Baugrund

3.1 Lage und Grunddaten der Bauwerke

Eine Übersicht der Lage der bestehenden Eisenbahn- und Straßenbrücke Levensau (1. Hochbrücke Levensau), deren Ersatzneubau geplant ist, sowie der anschließenden Dammbauwerke und der benachbarten Straßenbrücke B76 ist in Bild 1 gegeben:

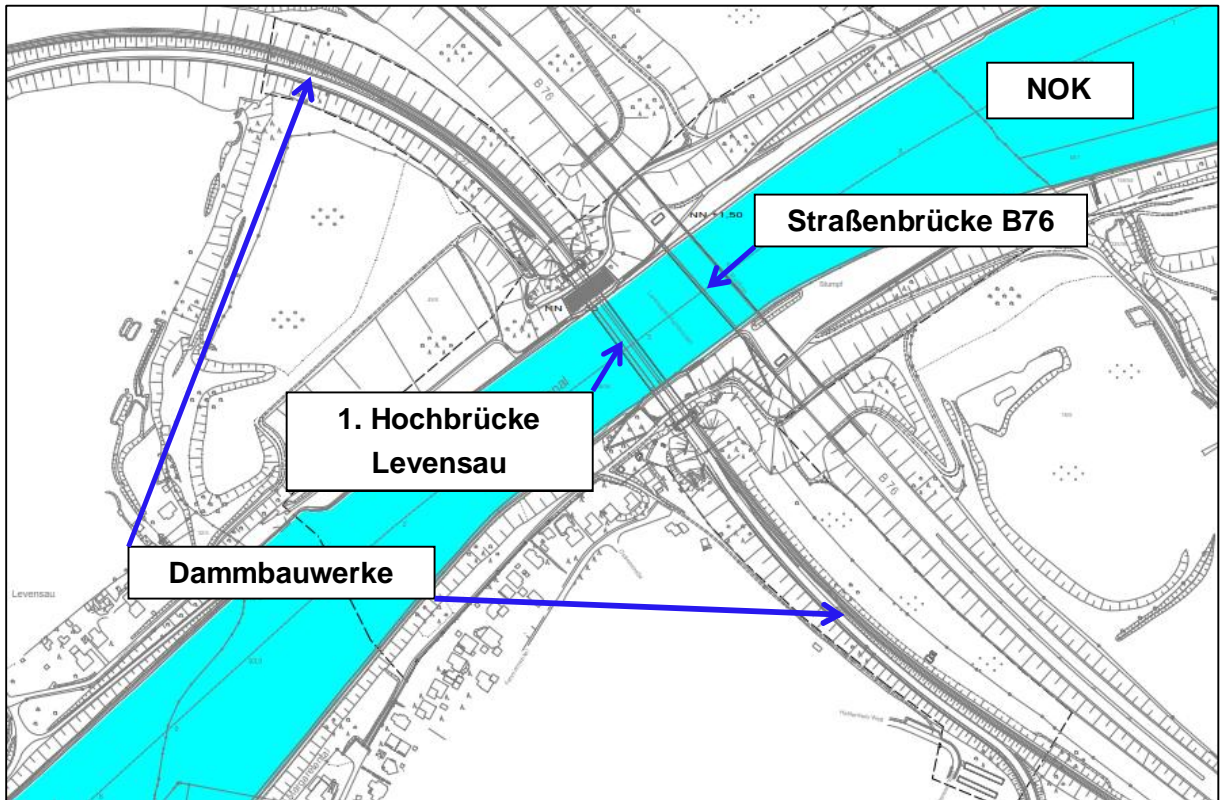


Bild 1: Übersichtslageplan Brücken und Dammbauwerke (Plangrundlage aus /U2/)

3.1.1 1. Hochbrücke Levensau

Der Ersatzneubau der 1. Hochbrücke Levensau soll in der Trasse der vorhandenen 1. Hochbrücke errichtet werden. Eine Draufsicht der geplanten Hochbrücke zeigt Bild 2:

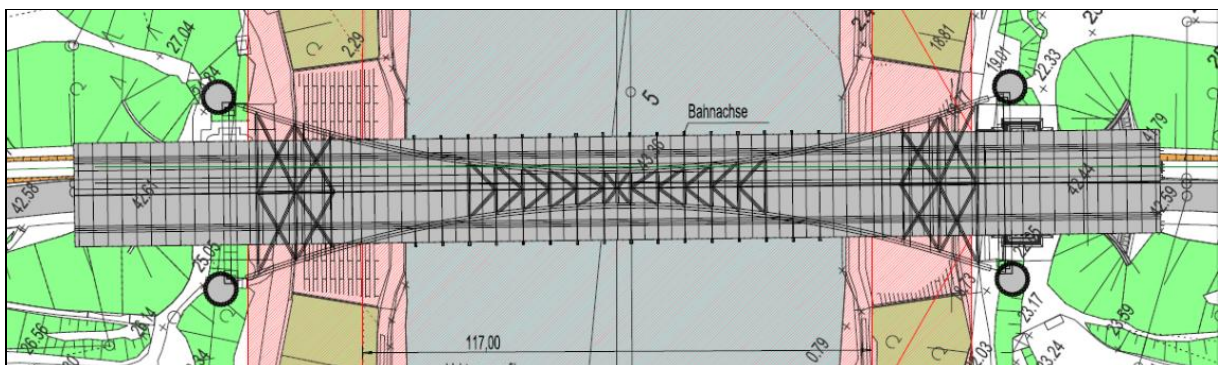


Bild 2: Draufsicht auf die geplante neue 1. Hochbrücke Levensau in der Achse der bestehenden 1. Hochbrücke (Auszug aus /U2/)

Die Ausführung der neuen 1. Hochbrücke ist als Spreizbogenbrücke in Stahlbauweise geplant. Eine Ansicht der neuen Brücke ist in Bild 3 gezeigt:

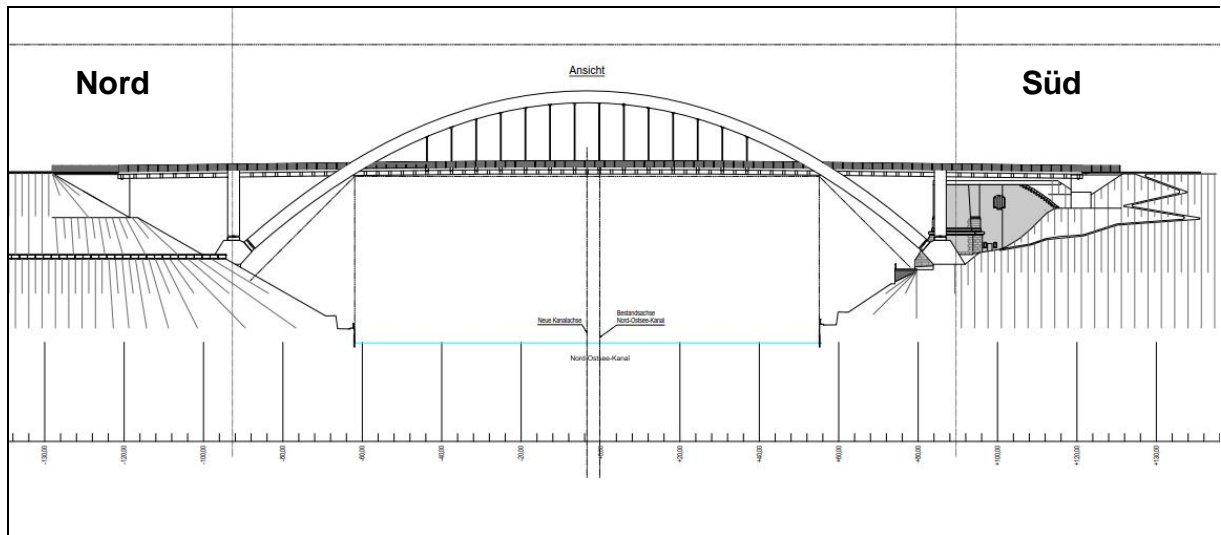


Bild 3: Ansicht der geplanten 1. Hochbrücke Levensau (Auszug aus /U2/)

Die kennzeichnenden Abmessungen für die neue 1. Hochbrücke sind:

- Gesamtstützweite: ca. 241 m
- Abstand zwischen den Bogenfußpunkten ca. 178 m
- Fahrbahnbreite ca 16,5 m
- kleinste lichte Höhe ca. 42 m

Im Bereich des nördlichen Widerlagerbereiches wird das bestehende Widerlager abgebrochen. Der Bogen wird mittels sog. „Brunnengründungen“ tief gegründet und das Widerlager mittels Bohrpfehlwand erstellt. Die neuen Uferwände sind ebenfalls als Bohrpfehlwand geplant. Die Gründungselemente im Bereich des nördlichen Widerlagers zeigt Bild 4.

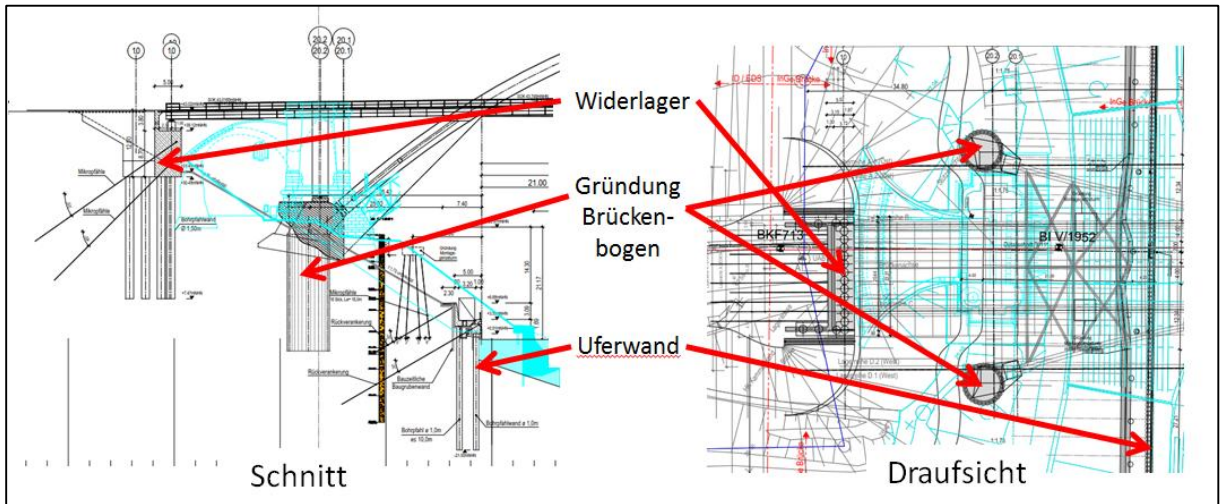


Bild 4: Gründungen im Bereich des nördlichen Widerlagers (Plangrundlagen aus /U2/)

Im Bereich des südlichen Widerlagers soll das alte Widerlagerbauwerk bestehen bleiben. Dieses muss allerdings nur in seiner Funktion als Fledermaushabitat erhalten werden. Eine Abtragung der Lasten aus der neuen Brücke über das alte Widerlager ist nicht geplant. Aus der Erhaltung des alten Widerlagers ergibt sich die Erfordernis, dieses Widerlager im Zuge der Kanalverbreiterung zu sichern. Dies soll mittels einer zusätzlichen Wand vor dem Widerlager erfolgen. Ansonsten sind die gleichen Gründungselemente wie im Bereich des nördlichen Widerlagers vorgesehen. Die Gründungssituation im Bereich des südlichen Widerlagers ist auf Bild 5 dargestellt:

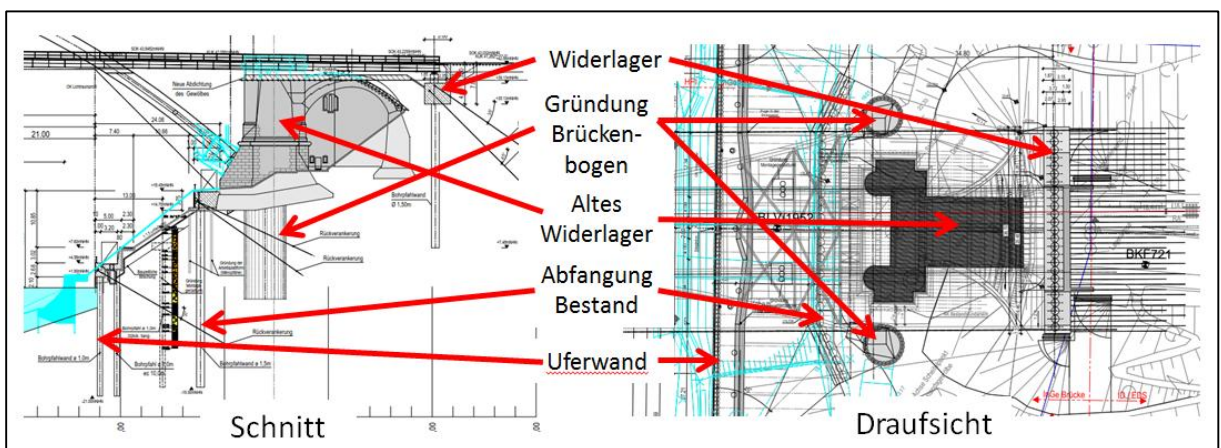


Bild 5: Gründungen im Bereich des südlichen Widerlagers (Plangrundlagen aus /U2/)

3.1.2 Dammbauwerke

Die Dammbauwerke sind in der bestehenden Form für das Bestandsbauwerk errichtet worden und sollen im Wesentlichen für den Neubau weiterverwendet werden. Im nördlichen Dammbereich sind auf der Straßenseite Sicherungen geplant.

3.2 Baugrund

Laut Geotechnischem Bericht der BAW zum Baugrund /U1/ treten im Bereich der Hochbrücke Levensau grundsätzlich folgende Bodenarten auf:

- Auffüllung: Mischboden aus Sand überwiegend geringer Festigkeit und untergeordnet Geschiebemergel überwiegend weicher bis steifer Konsistenz
- Oberer Geschiebemergel: Mischboden aus Geschiebemergel überwiegend steifer Konsistenz und untergeordnet Sand überwiegend mittlerer Festigkeit
- Beckensedimente: Mischboden aus Beckensand überwiegend großer bis sehr großer Festigkeit und untergeordnet Beckenton und –schluff überwiegend weicher bis steifer Konsistenz
- Feinsand überwiegend sehr großer Festigkeit
- Mittelsand überwiegend sehr großer Festigkeit
- Sand und Kies überwiegend sehr großer Festigkeit
- Mittlerer Geschiebemergel überwiegend steifer Konsistenz
- Unterer Geschiebemergel: Mischboden aus Geschiebemergel, untergeordnet Beckenton, Beckenschluff und Geschiebemergel/Beckenton-Gemischen überwiegend halbfester Konsistenz
- Mittel- und Grobsand sehr großer Festigkeit
- Glimmerton überwiegend halbfester Konsistenz

Im gesamten Baugrund – besonders aber in den Geschiebemergeln, im Mittelsand, im Sand und Kies und im Mittel- und Grobsand – ist mit Steinen und Blöcken zu rechnen, die einzeln, in Lagen und in Nestern auftreten.

Der Baugrundaufbau im Einzelnen und die Bodenkennwerte sind dem Geotechnischen Bericht /U1/ zu entnehmen.

3.3 Hinweise aus dem Baugrundgutachten

Der Geotechnische Bericht zum Baugrund im Bereich des geplanten Ersatzneubaus der Hochbrücke Levensau /U1/ wurde 2013 erstellt. Die geometrischen Angaben im Geotechnischen Bericht beziehen sich auf dem zu dieser Zeit vorliegenden Planungsstand.

Die beschriebenen Steine und Blöcke können Hindernisse bei den Bauarbeiten (z.B. Bohrarbeiten, Rammarbeiten, Schlitzherstellung, Bodenaushub) darstellen und sind bei den Planungen zu berücksichtigen.

Im Geotechnischen Bericht /U1/ sind die Klassifizierungen für bautechnische Zwecke (DIN 18196), Erdarbeiten (DIN 18300) und Nassbaggerarbeiten (DIN 18311) sowie die Rammbarkeit gemäß EAU 2004 für die einzelnen Böden genannt (siehe Abschnitt 4.3).

3.4 Ergänzungen zur Klassifizierung des Bodens

Neben den im Geotechnischen Bericht /U1/ angegebenen Klassifizierungen ist nachfolgend ergänzend die Klassifizierung der Böden für Bohrarbeiten (DIN 18301) angegeben:

Tabelle 1: Klassifizierung der Böden gemäß DIN 18301

Boden	Klassifizierung gemäß DIN 18301
Auffüllung	BN 1, BN 2, BB 2, BB 3, Zusatzklassen BS 1, BS 3
Oberer Geschiebemergel (Zwischenlagen Beckenton und – schluff) (Zwischenlagen Beckensand)	BB 3, Zusatzklassen BS 1, BS 3 (BB 2, BB 3) (BN 2)
Beckensedimente	BN 1, BN 2, BB 2
Feinsand (Zwischenlage Beckenschluff)	BN 1, BN 2 (BB 2, BB 3)
Mittelsand	BN 1, Zusatzklassen BS 1, BS 3
Sand und Kies (Zwischenlagen Geschiebemergel)	BN 1, Zusatzklassen BS 1, BS 3 (BB 3, Zusatzklassen BS 1, BS 3)
Mittlerer Geschiebemergel	BB 3, Zusatzklassen BS 1, BS 3
Unterer Geschiebemergel	BB 3, BB 4, Zusatzklassen BS 1, BS 3
Mittel- und Grobsand	BN 1, Zusatzklassen BS 1, BS 3
Glimmerton	BB 4

3.5 Zusätzliche Bodenkennwerte

3.5.1 Dynamische Steifemoduln

Bei kurzzeitig wirkenden Lasten können die folgenden dynamischen Steifemoduln $E_{s,dyn}$ verwendet werden:

Tabelle 2: Dynamische Steifemoduln der Böden

Boden	$E_{s,dyn}$ in MPa
Auffüllung	30
Oberer Geschiebemergel	Werte gemäß Bild 60 Geotechnischer Bericht /U1/ multipliziert mit dem Faktor 4
Beckensedimente	210
Feinsand	300
Mittelsand	300
Sand und Kies	330
Mittlerer Geschiebemergel	Werte gemäß Bild 60 Geotechnischer Bericht /U1/ multipliziert mit dem Faktor 4
Unterer Geschiebemergel, Erstbelastung	Werte gemäß Bild 69 Geotechnischer Bericht /U1/ multipliziert mit dem Faktor 4
Unterer Geschiebemergel, Wiederbelastung	Werte gemäß Bild 70 Geotechnischer Bericht /U1/ multipliziert mit dem Faktor 2,7
Mittel- und Grobsand	375
Glimmerton	Werte gemäß Bild 84 Geotechnischer Bericht /U1/ multipliziert mit dem Faktor 2,7

3.6 Beton- und Stahlaggressivität

Bisher liegen keine Untersuchungen zur Korrosionswahrscheinlichkeit von Stahlwerkstoffen sowie zum Angriffsgrad auf Beton / Expositionsklasse vor. Im Zuge der weiteren Untersuchungen sollten aus den bestehenden Grundwassermessstellen und noch durchzuführenden Erkundungen (z.B. ergänzende Aufschlüsse für die geplanten Standorte der Brunnengründung) entsprechende Proben von Wasser und Boden für die Analytik gewonnen werden.

4 Empfehlungen

4.1 Bemessungsprofile

In der Unterlage /U1/ sind die bauwerksrelevanten Aufschlüsse im Hinblick auf die Einordnungen der Böden zu den gegebenen Homogenbereichen ausgewertet. Anhand dieser Zuordnungen können die in /U1/ bewerteten Aufschlüsse ohne weitere Interpretation der Aufschlüsse zur Erstellung von räumlichen Baugrundmodellen oder geotechnischen Schnitten für unterschiedliche Fragestellungen genutzt werden. In /U1/ sind aus den bewerteten Aufschlüssen bereits sieben Schnitte entwickelt und dargestellt: ein bauwerksrelevanter Längsschnitt und je 3 Querschnitte pro Widerlagerseite. Bei der Festlegung der Schichtgrenzen

mussten Vereinfachungen getroffen werden, die jedoch im Hinblick auf die erdstatischen Berechnungen – nicht aber im Hinblick auf Fragen der Bauausführung – auf der sicheren Seite liegen. Dies kann dazu führen, dass örtlich größere Festigkeiten auftreten, als es die Beschreibung der Bodenarten in Unterlage /U1/ erwarten lässt. Die Bodenkennwerte der einzelnen Schichten sind der Unterlage /U1/ zu entnehmen.

4.2 Gründung der geplanten Brücke

4.2.1 Gründungsart

Die Gründungspunkte der geplanten Brücke befinden sich in grundsätzlich tragfähigem Boden. So ist z.B. die alte Brücke auf Fundamentplatten flach gegründet. Aus der Notwendigkeit heraus, insbesondere die Horizontalverformungen für die Brücke zu begrenzen, ist vorgesehen, die Bögen auf sog. Brunnen Gründungen abzusetzen. Diese haben den Vorteil, dass die auftretenden Horizontalkräfte in den tieferen Untergrund abgetragen werden können und damit die Horizontalverformungen auf verträgliche Maße reduziert werden. Zusätzlich ergibt sich aus dem tiefergeführten Gründungskörper eine Reduzierung der Setzungen.

4.2.2 Wände Brunnen Gründung

Als Herstellungsarten für die Wände der Brunnen Gründungen sind folgende Ausführungen möglich:

- Bohrpfehlwand
- Schlitzwand

Bei Bohrpfehlwänden ist für die Ermittlung des aktiven Erddrucks Wandreibungswinkel von $\bar{\delta}_{a,k} = 2/3 \varphi'$ anzusetzen. Für die Ermittlung des passiven Erddrucks ist bis zu einem Reibungswinkel des Bodens von $\varphi' \leq 35^\circ$ ebenfalls ein Wandreibungswinkel von $\bar{\delta}_{p,k} = -2/3 \varphi'$ möglich. Bei Reibungswinkeln von $\varphi' > 35^\circ$ sind Ansätze mit gekrümmten Gleitflächen zu verwenden. Der Wandreibungswinkel ergibt sich dann nach EAB, 5. Auflage, Abschnitt 2.3, Absatz 5 zu $\bar{\delta}_{p,k} = \varphi'_k$ (für Verzahnung). Hierbei ist zu beachten, dass der Neigungswinkel $\bar{\delta}_p$ nicht überschätzt wird. Dies ist durch den Nachweis des inneren Gleichgewichtes der Vertikalkräfte zu prüfen. Bei Schlitzwänden ist der Wandreibungswinkel auf $\bar{\delta}_k = \pm 1/2 \varphi'$ abzumindern.

Der Erddruck auf die Wände sollten wegen der zu erwartenden Verformungen nicht als aktiver Erddruck, sondern als erhöhter aktiven Erddruck von $E = 0,5 E_a + 0,5 E_0$ angesetzt werden. Bei der Erfordernis einer größeren Verformungsreduzierung ist der Ansatz eines erhöhten Erddrucks von $E = 0,25 E_a + 0,75 E_0$ zu prüfen (siehe auch EAB, 5. Aufl., Abschnitt 9.5).

4.2.3 Verformungsermittlung

Für die aufgehende Brückenkonstruktion sind die Verformungen der Gründung im Bereich der Bogenfußpunkte von besonderem Interesse. Eine Verformungsbetrachtung ist mittels der FE-Methode sinnvoll, da diese direkte Verformungsangaben im Kontinuum im Verbund mit den Systemsteifigkeiten des Bauwerks erlaubt und nur mit dieser Methode alle (räumlichen) Effekte erfasst werden können. Für Berechnungen mit der FE-Methode sind für die Erfassung von Bandbreiten nachfolgende Parameter anzusetzen.

4.2.3.1 Kennwerte für numerische Verfahren

Für die Simulation von großen rechnerischen Verformungswerten sind die charakteristischen Kennwerte aus dem Geotechnischen Bericht /U1/ bzw. für die Berechnungen angepasste Kennwerte zu verwenden. Für das Stoffmodell HS-small im Programm PLAXIS, das für die Berechnungen verwendet werden soll, können für die entsprechenden Homogenbereiche für die nichtbindigen Böden die üblichen Erfahrungsansätze auf Grundlage der Angaben der Steifigkeiten im Geotechnischen Bericht /U1/ gewählt werden. Für bindige Böden sind die Triaxial- und Ödometerversuche mit dem Spannungsniveau entsprechend der Tiefenlage der Bodenschichten nachzufahren. Begrenzt werden die Festigkeiten durch den Ansatz der charakteristischen Scherparameter aus /U1/.

Für die Simulation von geringen rechnerischen Verformungen sind die Stoffparameter anhand der versuchstechnischen Daten zu ermitteln. Hierzu sind die Daten der Triaxial- und Ödometerversuche an bindigen Böden aus /U1/ ohne Begrenzung durch char. Scherparameter zu verwenden. Zur besseren Durchführung können die Datensätze der Versuchsauswertung zur Verfügung gestellt werden.

Für die nichtbindigen Homogenbereiche kann von folgenden Werten ausgegangen werden:

Tabelle 3: Bodenkennwerte für nichtbindige Böden für die Simulation von geringen rechnerischen Verformungen

Berechnungs- parameter Homogenbereich	E_s	φ'
	in MPa	in °
Auffüllung	15	32,5
Beckensedimente	75	41,5
Feinsand	110	42
Mittelsand	110	42
Sand und Kies	140	43
Mittel- und Grobsand	175	44

4.2.3.2 Kennwerte für analytische Verfahren

Zur Einschätzung der Größenordnung der Verformungen und zum Vergleich mit den Ergebnissen der numerischen Berechnungen können analytische Vergleichsberechnungen durchgeführt werden. Hierzu sind Berechnungen mit Ansätzen gemäß DIN 4085 vorgesehen. In diesem Zusammenhang werden die Lagerungsdichten der nichtbindigen Böden in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4: Berechnungswerte der Lagerungsdichte für Vergleichsberechnungen nach DIN 4085

Homogenbereich	Lagerungsdichte D
Auffüllung	0,25
Beckensedimente	0,76
Feinsand	0,81
Mittelsand	0,79
Sand und Kies	0,85
Mittel- und Grobsand	0,88

Die angegebenen Werte aus Tabelle 4 sind ausschließlich für den Zweck der analytischen Vergleichsberechnung zu verwenden.

4.2.3.3 Weitere Verfahren

Eine Berechnung nach dem p-y-Verfahren setzt die Kenntnis des Einflusses des hier gegebenen großen Durchmessers voraus. Da dieser Einfluss für derartige „Pfähle“ nur unzureichend bekannt ist, sollte das p-y-Verfahren hier nicht zur Anwendung kommen.

Die Angabe von Bettungen erfordert eine Betrachtung der Verformungen unter Berücksichtigung der angegebenen Bodenschichtung und –steifigkeit. Falls nicht im Kontinuum ermittelt, müssen diese Werte iterativ mit den sich ergebenden Spannungsverteilungen aus der Bauwerkslast abgeglichen werden. Als Ergebnis der vom Massivbau übertragenen Spannungen und der ermittelten Setzungen können dann erst Bettungsmoduln als statische Hilfwerte angegeben werden. Da hier aber die Verformungen im Vordergrund stehen, wird die Ermittlung der Verformungen mit der FE-Methode empfohlen (s.o.).

4.2.3.4 Verformungen aus Vorbemessungen

Die zu erwartenden Verformungen wurden in analytischen Vorbetrachtungen ermittelt /U3/. Danach wurden für große rechnerische Verformungen am Lagerpunkt des Bogens auf der Südwestseite Verformungen von 57 mm in Brückenlängsrichtung, 24 mm in Brückenquerrichtung und 8 mm vertikal ermittelt. Für den Lagerpunkt des Bogens auf der Nordwestseite ergaben sich Verformungen von 55 mm in Brückenlängsrichtung, 20 mm in Brückenquerrichtung und 4 mm vertikal. Von der BAW durchgeführte FE-Vergleichsvorberechnungen erga-

ben geringere Horizontalverformungen und etwa gleiche Vertikalverformungen. Diese Verformungen liegen gemäß Statik in verträglichen Größenordnungen für die Brücke. Für geringere Verformungen wurde in den Vorbetrachtungen auf der sicheren Seite liegend eine Verformung von $s = 0$ mm (keine Verschiebung) angesetzt.

4.2.4 Zeitsetzungsverhalten

Für die Statik der Brücke ist das Zeitsetzungsverhalten aus Konsolidationsvorgängen nicht maßgebend, da die Endverformungen aus den Konsolidationsvorgängen verträglich sind. Verformungen aus Kriechen sind demgegenüber schwer zu fassen, da es kaum Aussagen über die zu erwartenden horizontalen Kriechmaße gibt. Diese Effekte sind noch im Zuge der weiteren Aufschlussarbeiten für die Standorte der Brunnengründungen zu untersuchen.

4.3 Wände

Als Wandarten für die Wände der Widerlager, Ufersicherungen und vor dem WL-Süd sind folgende Ausführungen möglich:

- Bohrpfahlwand
- Schlitzwand
- Spundwand (mit Vorbohren/Bodenaustausch)

Hindernisse im Baugrund (z.B. Steine, Blöcke) sind zu erwarten. Daher ist bei der Wandherstellung eine erforderliche Räumung von Hindernissen zu berücksichtigen.

Für den Erddruckansatz sowie die Erddruckermittlung gelten die Parameter wie in Abschnitt 4.2.2 angegeben.

Die Fuß- und Mantelwiderstände der Wände ergeben sich aus den für den jeweiligen Baugrund anzusetzenden Bruchwerten für den charakteristischen Spitzenwiderstand $q_{b,k}$ und die charakteristische Mantelreibung $q_{s,k}$. Die entsprechenden Werte für gerammte Spundwände sind in Anlage 1 angegeben. Die wirksame Aufstandsfläche entspricht der Stahlquerschnittsfläche des Wandprofils gemäß EAU 2012. Für eingerüttelte/einvibrierte Spundwände sind die o.g. Werte ohne Vorliegen von Probelastungen rechnerisch auf 70% der Ursprungswerte abzumindern. Eine Abminderung der Spitzenwiderstände für eingerüttelte/einvibrierte Spundwände entfällt, wenn diese auf den letzten 3 m in den Boden gerammt werden.

Falls eine Rammung von Spundwänden im Hinblick auf Erschütterungen zulässig ist, kann die Schwere der Rammung nach den EAU 2004, Abschnitt 1.8.3.1 in den entsprechenden Bodenarten angegeben werden. Vibrieren bzw. Rütteln ist als Einbringverfahren nicht zu

empfehlen. In steifen bis halbfesten bindigen Böden ist erfahrungsgemäß mit Schwierigkeiten beim Eindringfortschritt zu rechnen. Zudem ist ein ungünstiger Einfluss im Hinblick auf Erschütterungen und Bodenverflüssigungen in allen Bodenarten zu erwarten.

Folgende Angaben zur Beurteilung der Rammbarkeit der Böden sind in /U1/, Abschnitt 5.3 gegeben:

- leicht bis schwerst rammbar:
Auffüllung, Oberer Geschiebemergel, Beckensedimente, Mittlerer Geschiebemergel
- mittelschwer bis schwerst rammbar:
Unterer Geschiebemergel
- schwer bis schwerst rammbar:
Feinsand, Mittelsand, Glimmertone
- schwerst rammbar:
Sand und Kies, Mittel- und Grobsand

Als Hilfsmaßnahme für das Einbringen kann örtlicher Bodenersatz mittels vorgezogener Großbohrungen vorgesehen werden. Das Vorbohren ist als Einbringhilfe geeignet, die nicht auszuschließenden Stein- und Blockhindernisse vor Einbringung der Spundwand in der Trasse zu lokalisieren, zu beseitigen und somit ein Hindernisfreies Einbringen der Spundwand zu ermöglichen. Als Bodenaustauschmaterial sollte gut verdichtbarer Sand (z.B. mit einer Körnungslinie für Betonzuschlagstoffe nach DIN 1045 zwischen 0 mm und 8 mm) verwendet werden. Der Ton- und Schluffanteil sollte $\leq 5\%$ liegen und er sollte keine Grobkies- und Steinanteile enthalten.

Bei der Spundwandbemessung sind für die Ermittlung der Erddruckneigungswinkel die Scherparameter des Bodenaustauschmaterials anzusetzen. Für den empfohlenen Sand kann ein Reibungswinkel von $\varphi' = 32,5^\circ$ zugrunde gelegt werden. Bei Verwendung eines davon abweichenden Austauschmaterials sind die Scherparameter ggf. geringer und nochmals mit der BAW abzustimmen.

Auswirkungen von Erschütterungen beim Einbringen von Spundwänden sind im Hinblick auf bestehende Anlagen gesondert zu betrachten. Hierzu ist das Referat G5, Baugruddynamik einzuschalten.

4.4 Verankerungen

Zur Verankerung der Wände sowie z.T. auch zur Rückverankerung des bestehenden Widerlagers sind bei den erkundeten Baugrundverhältnissen folgende Verankerungssysteme möglich:

- Rundstahlanker mit Ankerplatten/-wänden nach EAU 2004, Abs. 8 (Bereich Widerlagerwände)
- Mikropfähle (Verpresspfähle mit kleinem Durchmesser) nach DIN EN 14 199 und EC 7
- Dauerverpressanker nach DIN EN 1537

Falls eine Rammung im Hinblick auf den Bestand zulässig ist können auch folgende Systeme zum Einsatz kommen:

- Stahlpfähle nach EAU 2004, Abs. 9.2.1.1 und 9.5, DIN 1054, Abs. 8 und Anhang C und EC7 sowie Herstellungsrichtlinie DIN EN 12 699
- Gerammte Verpressmantelpfähle (VM-Pfähle) nach EAU 2004, Abs. 9.2.1.3 und 9.6

Die Einsatzmöglichkeit der Anker richtet sich nach den abzutragenden Lasten und den geometrischen Randbedingungen. Zusätzlich sind besondere bauliche Zwangspunkte zu berücksichtigen (Leitungsführungen o.ä.).

Die Bemessung von Ankerplatten sollte mit den in /U1/ genannten Bodenparametern erfolgen (z.B. beim Nachweis gegen Aufbruch des Verankerungsbodens).

Für Mikropfähle können die in Abschnitt 4.5 genannten Mantelreibungswerte verwendet werden. Zu beachten ist die maximale Länge von Pfahlssystemen gemäß deren Zulassung. Des weiteren gelten die in Anlage 1 angegebenen Werte nur für rechnerische Verpresskörperlängen von bis zu 12 m.

Die Tragfähigkeit von Pfählen ist durch Probelastungen nachzuweisen.

Für Verpressanker in nichtbindigen Böden sind die Tragfähigkeiten nach OSTERMAYER (Grundbautaschenbuch, 7. Auflage) abgeleitet. Die Grenzlasten sind in der Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5: Grenzlasten beim Bruch in nichtbindigen Böden für verschiedene Verpresskörperlängen von Verpressankern

Boden	Verpresskörperlänge in m	Grenzlast in kN
Feinsand Mittelsand	6	750
	8	800
Sand und Kies	6	1000
	8	1200
Mittel- und Grobsand	6	900
	8	1000

Für nachverpresste Verpressanker in bindigen Böden sind die Tragfähigkeiten ebenfalls nach OSTERMAYER abgeleitet. Die Grenzlasten sind in der Tabelle 6 angegeben:

Tabelle 6: Grenzmantelreibung in bindigen Böden für verschiedene Verpresskörperlängen von Verpressankern mit Nachverpressung

Boden	Verpresskörperlänge in m	Grenzmantelreibung in kPa
Oberer Geschiebemergel Beckensedimente	bis 5	200
	6	180
	8	150
Mittlerer Geschiebemergel	bis 5	130
	6	120
	8	90
Unterer Geschiebemergel	bis 5	330
	6	310
	8	270

Zur Bestätigung der Werte sind an diesem Verankerungssystem im Vorwege Eignungsprüfungen auszuführen.

Auf eine setzungsarme Verfüllung des Bohrlochs ist insbesondere bei einer Nähe zum Bestand zu achten, die entweder durch Austausch des Verpressmaterials mit Zement-Bentonit oder durch druckloses Belassen des Verpressmörtels im Bohrloch bei Sicherstellung der freien Ankerlänge durch geeignete Hüllrohrsysteme herzustellen ist.

4.5 Pfahlgründungen

4.5.1 Vertikallastabtrag

Zum Abtrag von Vertikallasten aus Bauwerken oder Bauteilen (z.B. Verschiebbahn) können Pfahlgründungen verwendet werden. Hierzu können die in Anlage 1 angegebenen Werte für den Pfahlsitzenwiderstand und die Pfahlmantelreibung verwendet werden.

Für Teilverdrängungsbohrpfähle sind die Werte der Bohrpfähle um 20% zu erhöhen.

Die angegebenen Werte sind durch Probelastungen nachzuweisen.

4.5.2 Horizontallastabtrag

Ein Horizontallastabtrag kann durch geneigte Pfähle (Pfahlböcke) oder/und durch eine seitliche Bettung der Pfähle abgetragen werden. Bei einer entsprechenden Ausbildung des Überbaus können horizontale Einzellasten ggf. auch über mehrere Pfähle abgetragen werden. Es ist für die Gebrauchstauglichkeit nachzuweisen, dass die horizontalen Verformungen zur Aktivierung der Bettungsreaktionen bzw. des Erdwiderstandes verträglich sind.

Bei einer Aufnahme der Horizontallasten durch eine elastische horizontale Bettung können die Bettungsmoduln der beteiligten Bodenschichten für die Ermittlung von Schnittgrößen nach folgender Gleichung angesetzt werden:

$$k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$$

Dabei ist $k_{s,k}$ der charakteristische Wert des Bettungsmoduls, $E_{s,k}$ ist der charakteristische Wert des Steifemoduls der entsprechenden Bodenschicht und D_s ist der Pfahlschaftdurchmesser. Für Pfahlschaftdurchmesser $D_s > 1$ m ist rechnerisch $D_s = 1$ m anzusetzen.

Für die Aufnahme horizontaler Einwirkungen auf Pfahlböcke sind Zugbelastungen zu erwarten. Dafür kann mit dem charakteristischen Mantelreibungswert $q_{s,k}$ (Anlage 1) gerechnet werden.

4.5.3 Konstruktive Hinweise zur Pfahlherstellung

Beim Erreichen des Grundwasserspiegels kann es bei Bohrpfählen zu Auflockerungen im Pfahlfußbereich kommen. Daher ist bei der Pfahlherstellung im Grundwasser ein Wasserüberdruck im Bohrrohr sicherzustellen. Die Ziehgeschwindigkeit ist bei feinkörnigen Böden zu reduzieren.

Bei den Tiefgründungsarbeiten können Hindernisse (Steine und Blöcke) angetroffen werden. Dies ist bei der Planung zu berücksichtigen. Die Räumung von Hindernissen und/oder ein erforderliches Versetzen von Pfählen kann nicht ausgeschlossen werden.

Für den Ansatz der Spitzendruckwerte gemäß Anlage 1 sollten die Pfahlfußflächen einen Abstand von nicht weniger als 5 Pfahlfußdurchmesser, mind. aber 1,5 m zur Unterkante einer weniger festen unterlagernden Schicht einhalten. Für festere unterlagernde Schichten können die Werte unabhängig von diesem Abstand verwendet werden.

5 Hydraulische und geohydraulische Nachweise

Bei Aushubarbeiten in den Brunnengründungsbaugruben, die im Bereich des Grundwassers durchgeführt werden, sind hydraulischen und geohydraulischen Nachweise zu führen. Erfahrungsgemäß ist ein Wasserüberdruck im Inneren der Baugrube von > 1 m bei dem Unterwasseraushub baupraktisch erforderlich. Hierbei ist die besondere Geometrie der Baugrube zu berücksichtigen.

Für Dränagen (z.B. bei den Uferwänden) sind die Nachweise gemäß dem BAW-Merkblatt „Materialtransport im Boden“ (MMB) zu führen.

6 Bauzeitliche Trockenhaltung

Die bauzeitliche Trockenhaltung ist im Wesentlichen die Trockenhaltung der Bauflächen. Dies kann in Bereichen mit gering durchlässigen Böden z.B. durch Flächenentwässerungen mittels Stichgräben und Pumpensämpfen erfolgen.

Die Einleitung von Dränwasser ist mit der wasserrechtlich zuständigen Behörde abzustimmen.

7 Dauernde Trockenhaltung

Zur sicheren Fassung des vor den Uferwänden anstehenden Grundwassers sind Dränagen hinter den Wänden sowie Durchführungen durch die Wände zur Ableitung des Wassers geplant. Für Vorbemessungen sind Wasserstände von NHN +0,8 m hinter der unteren Bohrpfahlwand auf der Südseite sowie NHN + 1,8 m hinter der oberen Bohrpfahlwand im Vorwege angegeben worden. Im Zuge des externen hydrogeologischen Gutachtens sowie

der externen Drainageplanungen sind diese Wasserstände zu überprüfen und ggf. anzugleichen.

8 Durchführung von Erdarbeiten

Die Beschreibung der Böden für Erd- und Nassbaggerarbeiten in /U1/ erfolgt gemäß DIN 18300 bzw. DIN 18311, wo die Böden nach ihrer Lösbarkeit klassifiziert werden. Auf der Grundlage dieser Klassifizierung kann der Geräteeinsatz und die Durchführung von Erd- und Nassbaggerarbeiten geplant werden.

Die Wandanschlussbereiche sind nach dem Aushub durch Taucher von abgelagerten Sedimenten infolge Bodenaushub und anhaftendem Boden zu säubern. Nach Erreichen der Endteufe ist die Sohle auf Aushubsedimente durch Taucher zu untersuchen.

Sofern nicht anders angegeben, sind Auffüllungsböden gemäß ZTV-W, Leistungsbereich 205 zu verdichten. Für derart verdichtete nichtbindige Auffüllungsböden der Bodengruppen SW, SE, SI, GW, GE, GI gemäß DIN 18196 können die folgenden Kennwerte verwendet werden:

Wichte des feuchten Bodens	γ	= 19	kN/m ³
Wichte des Bodens unter Auftrieb	γ'	= 11	kN/m ³
Steifemodul	E_s	= 80	MPa
Effektiver Reibungswinkel	φ'	= 37,5	°
Effektive Kohäsion	c'	= 0	kPa
Durchlässigkeitsbeiwert	k	= 1 • 10 ⁻⁴ bis 1 • 10 ⁻³	m/s

Für kleinere Abgrabungen im Baufeld, die nicht direkt an bestehende Bauwerke angrenzen, sind Böschungen oder verbaute Leitungsgräben unter Beachtung der DIN 4124 möglich. Diese Böschungen sind vor Austrocknung und niederschlagsbedingten Erosionen zu schützen.

Beim Rückbau bestehender Flachgründungen sind die durch den Abbruch aufgelockerten Böden unterhalb des Fundamentes zu verdichten. Danach kann lagenweise verdichtungsfähiger Boden entsprechend der vorgesehenen Verwendung der Fläche verdichtet eingebracht werden.

Nicht mehr genutzte Brunnen und Dräns sowie Altbohrungen sind zu verfüllen oder zu verdämmen.

Die LAGA-Zuordnungsklassen der Aushubböden sind gesonderten Untersuchungen zu entnehmen.

9 Verwendung von Aushubböden

Die nichtbindigen Böden (Sande und Kiese) sind zur Wiederverwendung z.B. als Dammbaumaterial geeignet, sofern diese Böden in bautechnisch sinnvoll gewinnbaren Schichtmächtigkeiten anstehen. Hierzu ist eine Beurteilung im Anschnitt vor Ort erforderlich, wobei ausgeprägt bindige Bereiche innerhalb der nichtbindigen Böden zu separieren sind. Eine Sonderstellung nehmen hier die Auffüllungen ein. Hier sind gemäß /U1/ in den überwiegend anstehenden Sanden Schollen und Linsen aus Geschiebemergel und –lehm eingelagert (vgl. Bild 5 aus /U1/), die sich wegen der regellosen Anordnung baupraktisch nicht sinnvoll von dem Sand trennen lassen. Der aus den Auffüllungen gewonnene Aushubboden mit Lehm-/Mergelinschlüssen ist daher für erhöhte Einbauanforderungen im Hinblick auf z.B. Festigkeit, Setzungen, Frostempfindlichkeit nicht zu verwenden.

Im trockenen ausgehobene bindige Böden (leicht plastische Geschiebemergel und Beckenschluffe) sind nur bei sorgfältigem fachgerechtem Einbau (Verdichtung, Witterung) als Auffüllungsmaterial geeignet, wobei dieser Boden gegenüber fachgerecht eingebauten nichtbindigen Anschüttungsböden jedoch eine höhere Zusammendrückbarkeit aufweist. Zudem ist bindig ausgeprägter Boden frostempfindlich und beim Einbau witterungsempfindlich. Für eine bautechnische Wiederverwendung in zeitkritischen Bauabschnitten und/oder bei entsprechenden Setzungsanforderungen (z.B. Übergang Damm/Brücke) sollte daher von diesen Böden als Auffüllungsmaterial abgesehen werden.

10 Hinterfüllung von Bauwerken

Grundsätzlich sind Hinterfüllungen von Bauwerken sowie Verfüllungen von Gräben u.ä. gemäß ZTV-W 205, Abschnitt 3.10 zu verdichten. Ein Abweichen von den dort geforderten sehr hohen Verdichtungen ist möglich, falls es durch Betrachtungen zum Verdichtungs-erddruck auf Bauteilwände geboten scheint und wenn keine Bauwerke auf diesen Bereichen gegründet werden. Dies ist jedoch vorher mit einem geotechnischen Sachverständigen und dem Aufsteller der Wandstatik zu erörtern. In solchen Fällen sind nichtbindige Auffüllungsböden auf mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten, d.h. nichtbindige Auffüllungsböden mit einer Ungleichförmigkeitszahl ≤ 3 müssen eine Lagerungsdichte von $D \geq 0,3$ bzw. nicht-

bindige Auffüllungsböden mit einer Ungleichförmigkeitszahl > 3 müssen eine Lagerungsdichte von $D \geq 0,45$ aufweisen.

11 Verkehrsflächen

Die Verkehrsflächen für die Bahnstrecke sowie die Eckernförder Straße (K27) werden extern beplant. Daher wird ein Aufbau für diese Verkehrswege hier nicht angegeben. Als übrige Verkehrswege sind die Betriebswege der WSV zu nennen. Diese können entsprechend der zukünftig vorgesehenen Bauklasse und der zu erwartenden Wasserverhältnisse z.B. mit einer Oberbaustärke in Anlehnung an die RStO 01 hergestellt werden. Die Frostempfindlichkeitsklasse des anstehenden Bodens gemäß ZTV E-StB 09 ist vor Herstellung der Betriebswege oberflächennah zu erkunden.

Falls in Höhe Planum keine ausreichenden Festigkeiten in dem anstehenden Boden erreicht werden können, kann zum Erreichen eines nach RStO 01 erforderlichen Verformungsmoduls von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ in Höhe des Planums ein Bodenaustausch erfolgen. Als Austauschboden ist verdichtungsfähiges Sand-Kies-Gemisch lagenweise verdichtet einzubauen. Die Verdichtung soll eine Proctordichte D_{Pr} von 100 % erreichen. Auf dem Austauschboden ist für einen Oberbau mit Frostschuttschicht ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen. Der Bodenaustausch kann auf ca. 1 m unterhalb Planum begrenzt werden. Alternativ kann in Bereichen mit Bodenaustausch anstatt des frostsicheren Oberbaus mit Frostschuttschicht ein Oberbau ohne Frostschuttschicht verwendet werden. Der Austauschbereich kann dann auf insgesamt 1 m (mit Oberbau) begrenzt werden. Unterhalb des Oberbaus sind nicht frostempfindliche Böden (Frostempfindlichkeitsklasse F1) gemäß ZTV E-StB 09 als Austauschmaterial zu verwenden. Auf dieser Schicht ist dann ein entsprechender Verformungsmodul E_{v2} entsprechend der angestrebten Bauklasse gemäß RStO 01 zu erreichen. Darauf kann der Oberbau (ohne Frostschuttschicht) entsprechend RStO 01 hergestellt werden.

12 Bauzeitliche Betriebs- und Verkehrsflächen

Die Standsicherheit der Verschubbahn sowie von schwerem Gerät (z.B. Bohrgeräte, Greifer, Krane) ist im Hinblick auf Grundbruch/Geländebruch und/oder unzulässig große Stützensetzung erdstatisch untersuchen. Dabei können z.B. lastverteilende Baggermatratzen oder temporäre Fundamente zum Einsatz kommen. Falls sich in böschungsnahen Bereichen keine ausreichenden Standsicherheiten der Fundamente erreichen lassen, können Tiefgründungen erforderlich werden. Zur Vermeidung von Zusatzlasten auf Baugrubenwände aus z.B. Greiferlasten können Tiefgründungen erforderlich werden, die mit Bohrpfählen erschüt-

terungsarm herzustellen sind. Bei durchzuführenden Tiefgründungsarbeiten können Stein- und Blockhindernisse auftreten. Eine Hindernisräumung oder ein Versetzen der Pfahlgründung ist daher einzuplanen.

Für einen Ansatz einer Kapillarkohäsion nach MSD im Dammbereich wäre sicherzustellen, dass das nichtbindige Dammmaterial eine Körnungslinie mit $d_{50} < 0,6$ mm und $d_{85} < 2$ mm aufweist. Dies ist in diesem Fall jedoch nicht über den gesamten Dammbereich gewährleistet. Für Standsicherheitsnachweise im Bereich der Damfstrecken ist daher eine Kapillarkohäsion nicht anzusetzen.

Für Baustraßen sind ggf. Tragschichten aus Schotter erforderlich. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit können die Baustraßen zusätzlich mit Geogittern oder Geotextilien an der Unterkante der Tragschicht verstärkt werden. Da derartige temporäre Straßenaufbauten aufwändig sind, ist zu prüfen, inwieweit sich temporäre Straßen für spätere dauerhafte Nutzungen - z.B. als Unterbau für Betriebswege o.ä. - eignen.

13 Beeinflussung des Altbestandes und von Nachbarbauwerken

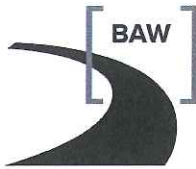
Das bestehende südliche Widerlager der 1. Hochbrücke Levensau hat nach dem Neubau keine lastabtragende Funktion mehr. Der Bestand als Fledermaushabitat muss jedoch gesichert sein. Da sich Einflüsse auf den Bestand aus den Lastumlagerungen des Abbruchs der alten Brücke, den Rückverankerungen, den Abgrabungen im Böschungsbereich sowie den neben dem Widerlager befindlichen Gründungen der neuen Brücke nicht ausschließen lassen, sollte das alte Widerlager z.B. durch eine Stützkonstruktion im Innern des Gewölbes gesichert werden.

Auf die bestehenden Dammbauwerke und die Brücke der Bundesstraße B76 ergaben sich keine nachteiligen Einflüsse aus Mitnahmesetzungen /U4/.

14 Beeinflussung durch Frost

Bei Frosteinwirkung ist mit Erschwernissen durch oberflächennah verfestigte Bodenbereiche (z.B. durch erhöhten Löseaufwand bei der Bodengewinnung) oder Einfrieren von Entwässerungseinrichtungen zu rechnen. Für den Baubetrieb benötigte Entwässerungseinrichtungen sind daher rechtzeitig vor Frosteinwirkung zu schützen.

Falls ein Einbau von nichtbindigen Aushubböden vorgesehen ist, so sind diese Böden nur in ungefrorenem (aufgetautem) Zustand verdichtet einzubauen. Gefrorene bindige Aushubbö-



den neigen nach Frosteinwirkung zum Aufweichen und sind daher als Einbaumaterial mit Verdichtungsanforderungen ungeeignet.

Falls gefrorene gewachsene Böden der Frostempfindlichkeitsklassen F2 oder F3 nach ZTVE-StB 09 als Gründungsebene für Kleinfundamente (z.B. Laternenfundamente) verwendet werden sollen, so sind die Gründungsbereiche bis auf den ungefrorenenen, tragfähigen Boden auszukoffern und durch verdichtetes nichtbindiges Sandmaterial der Frostempfindlichkeitsklasse F1 zu ersetzen.

15 Seismische Gefährdung

Der Standort der geplanten Hochbrücke Levensau liegt nach DIN EN 1998-1/NA, Bild NA.1, in keiner Erdbebenzone. Soweit uns bekannt, sind in dem Baubereich auch keine Erdfälle zu berücksichtigen, so dass seismische Belastungen im Sinne der DIN EN 1998-1 nicht auftreten.

Bundesanstalt für Wasserbau
Hamburg, Oktober 2014

Im Auftrag

Dr.-Ing. Pohl

Bearbeiter

Dipl.-Ing. Puscher