

Unterlage 6-8-1

Planfeststellungsverfahren

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

Hydrogeologisches Gutachten HB-Lev 1

VORHABENTRÄGER:

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



WSV.de

Wasser- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes

VERFASSER:

Knabe Enders Dührkop Ingenieure GmbH

Stand: 10.07.2013

Kurze Erläuterung

Das vorliegende Gutachten stellt die hydrologische und hydrogeologische Situation sowie eine grobe Beschreibung des geologischen Aufbaus im Bereich des geplanten Brückenbaus und eine Auswertung der Wasserstände aus Messstellen an den Kanalufern dar.

Im Rahmen des Gutachtens waren für die Planung und die Bemessung der Stützwände an den Ufern des Kanals, der jeweilige Bemessungswasserstand sowie der mögliche Dränagewasseranfall anzugeben. Als Planungsstand wurde dabei der 30.05.2012 verwendet. Die fortgeschriebene Planung der Brücke hat keine Auswirkungen auf die Gültigkeit des hydrogeologischen Gutachtens.

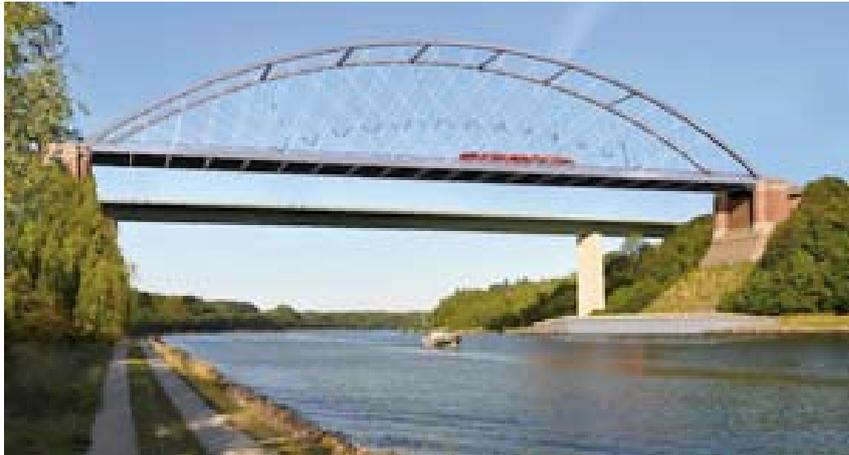
Die Unterlage gliedert sich wie folgt:

Erläuterungstext

- Anlage 1 Übersichtslageplan
- Anlage 2 Übersichtsplan der Neutrassierung
- Anlage 3 Lageplan der Oberflächengewässer
- Anlage 4.2 Lageplan des FFH-Gebietes DE 1626-352 „Kalkquelle am Nord-Ostsee-Kanal“
- Anlage 5 Schematischer Schnitt mit den hydrogeologischen Einheiten
- Anlage 6 Grundwasserganglinien
- Anlage 7 Dokumentation der Grundwassermessstellen*
 - Anlage 7.1 Für die Bemessung relevante Grundwassermessstellen
 - Anlage 7.2 Dokumentation der nicht relevanten Grundwassermessstellen
- Anlage 8 Höhenschichtenplan
- Anlage 9 Korrelation der Wasserstände mit dem NOK-Wasserstand
- Anlage 10 Grundwassermessstellen Schichtenaufbau und Ausbau
- Anlage 11 Durchlaufentwässerung
- Anlage 12 Dränagewasseranfall
 - Anlage 12.1 Abschätzung Dränagewasseranfall Nordseite
 - Anlage 12.2 Abschätzung Dränagewasseranfall hinter Sicherungswand am Südufer
- Anlage 13 Lageplan des Überwachungsbereiches

Auftraggeber:

Planungsgruppe für den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals
beim Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau
Schleuseninsel 2
22761 Kiel



ERSATZNEUBAU LEVENSAUER HOCHBRÜCKE

Hydrogeologisches Gutachten

07/2013



Knabe Enders Dührkop Ingenieure GmbH
Gasstraße 18, Haus 4, D - 22761 Hamburg

Tel: (040) 800 803 - 0
Fax: (040) 800 803 - 111
Mail: info@ked-ingenieure.de
Web: www.ked-ingenieure.de

Dokumenten-Kontrollblatt

Auftraggeber: Planungsgruppe für den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals
beim Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau
Schleuseninsel 2
22761 Kiel

Projektbezeichnung: Ersatzneubau Levensauer Hochbrücke

Bericht: Hydrogeologisches Gutachten

Projektnummer: 110387-0102

Bearbeitungsinhalt: - Gutachterliche Stellungnahme -

Dokument: 110387-01__KB_BMW_DWA__130710.docx

Anzahl Seiten: 32

Rev.	Datum	aufgestellt	Geprüft	Status
01	10.07.2013	<i>gez. Kp</i>	<i>gez. Pn</i>	Endversion

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
VERZEICHNIS DER FOTOS.....	4
TABELLENVERZEICHNIS	4
1 VERANLASSUNG.....	1
2 UNTERLAGEN	1
3 GEPLANTES BAUWERK	2
4 METHODIK.....	2
4.1 Oberflächengewässer und Schutzgebiete.....	2
4.2 Baugrunddaten und geologische Informationen	2
4.3 Wasserstände.....	2
5 OBERFLÄCHENGEWÄSSER UND SCHUTZGEBIETE.....	3
6 GEOLOGISCHE ENTWICKLUNG	7
6.1 Glimmerton	8
6.2 Pleistozäner Komplex.....	8
6.2.1 Elsterzeitliche Sedimente und Sedimente der Holsteinwarmzeit.....	9
6.2.2 Saale-Kaltzeitliche Sedimente	10
6.2.3 Weichselkaltzeitliche Sedimente	10
6.2.4 Holozäne Entwicklung und Auffüllungen.....	15
7 HYDROGEOLOGIE.....	15
7.1 Grundwasserleiter I – Auffüllungen -	15
7.2 Grundwasserleiter II - Beckensedimente und gestauchte Sande -	16
7.3 Grundwasserleiter III - Sande und Kiese -	16
7.4 Tiefliegende Grundwasserleiter.....	16
7.5 Oberflächengewässer.....	17

7.6	FFH-Gebiet.....	17
7.7	Grundwasserneubildung.....	18
7.8	Zusammenfassung	19
8	BEMESSUNGSWASSERSTAND	20
9	DRÄNAGEWASSERANFALL.....	20
10	DURCHLAUFENTWÄSSERUNG.....	21
11	VERÄNDERUNGEN DES GRUNDWASSERHAUSHALTES DURCH DAS GEPLANTE BAUWERK.....	22
12	SCHLUSSBEMERKUNGEN	23
13	ANLAGENVERZEICHNIS	25

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Verlauf der Levensau 1652.....	3
Abbildung 2: Falte im Korallensand Carl Loewe (Hrsg., 1895): Der Nord-Ostsee-Kanal.	13
Abbildung 3: Baugrube nördlicher Pfeiler von 1893, Postkarte	14

VERZEICHNIS DER FOTOS

Foto 1: Auslaufbauwerk "Alter Eiderkanal" in den NOK	4
Foto 2: Kalkquelle am Nord-Ostsee-Kanal	5
Foto 3: Weinbergschnecke an der Böschung des Nord-Ostsee-Kanals	6
Foto 4: Auslaufbauwerk eines Baches aus dem Projensdorfer Gehölz am NOK.....	7
Foto 5: rezenter Sander (Skeidarársandur) vor dem Vatnajökull, Island.....	11
Foto 6: Gletschertor am Vatnajökull Island.....	12
Foto 7: Gletschersee Jökullsaarlón Island.....	13

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Benennung der stratigraphischen Einheiten des Pleistozäns	9
Tabelle 2: Gliederung des Saale-Komplexes (nach Caspers et.al. 1995, Streif 1995, Ehlers 1995).....	10
Tabelle 3: Durchlässigkeitsbeiwerte untere weichselkaltzeitlichen Sedimente.....	12

1 Veranlassung

Im Rahmen der Planungen zum Ersatzneubau der Levensauer Hochbrücke wurde die Knabe Enders Dührkop Ingenieure GmbH (KED) neben der Erstellung eines hydrogeologischen Gutachtens u.a. mit der Erarbeitung eines technischen Berichtes zum Bemessungswasserstand und zu dem möglichen Dränagewasseranfall hinter dem Kanalverbau an beiden Ufern (Nord und Süd) beauftragt.

Das vorliegende Gutachten stellt die hydrologische und hydrogeologische Situation, eine grobe Beschreibung des geologischen Aufbaus im Bereich des geplanten Brückenbaus und eine Auswertung der Wasserstände aus Messstellen an den Kanalufern dar.

2 Unterlagen

Für die Erstellung des Berichtes wurden die unten aufgeführten Unterlagen herangezogen:

- | | | |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| /1/ | Email mit Angaben zu den Bohrfahlwänden
(Planungsgruppe für den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals) | 30.05.2012 |
| /2/ | Gutachten über die Baugrundverhältnisse an der Levensauer Hochbrücke
(Landesanstalt für angewandte Geologie, Kiel) | 17.06.1952 |
| /3/ | Bohrprofile und Ausbau der Grundwassermessstellen
im Bereich der Levensauer Hochbrücken
(PHW, Planer für Hafenflächenrecycling und Wasserbau, Hamburg) | 2008 |
| /4/ | Anpassung der Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals,
Grundwassermonitoring, Ergebnisse der Vorlaufphase
(BWS GmbH, Hamburg) | 20.05.2010 |
| /5/ | Ersatzneubau der Hochbrücke Levensau Nord-Ostsee-Kanal. NOK-km 93,491;
Geotechnischer Bericht
(Bundesanstalt für Wasserbau, Referat K1) | 15.03.2013 |
| /6/ | http://www.umweltdaten.landsh.de/public/natura/daten download | 12/2012 |
| /7/ | Grundwasser- und Niederschlagsdaten bis 01.06.2012
(Planungsgruppe für den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals) | 06/2012 |

3 Geplantes Bauwerk

Für den geplanten Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals (NOK) muss im Bereich der Levensauer Hochbrücken der Kanalquerschnitt vergrößert werden. In diesem Zusammenhang soll die Levensauer Hochbrücke erneuert werden. Für das Bauvorhaben sind an beiden Ufern des Kanals Stützwände (Bohrpfahlwände) erforderlich, die unterschiedlich tief in den Untergrund einbinden. Am Nordufer bindet die Stützwand als reine Ufereinfassung bis NHN -16,5 m ein (Kopf: NHN +1,5 m). Auf der Südseite gehört die Ufereinfassung auch zur Sicherung des neu zu erstellenden Brückenwiderlagers, so dass hier die Bohrpfahlwand bis NHN -27,5 m einbindet (Kopf: NHN +6,5 m). Die Stützwände weisen an beiden Ufern eine Länge von jeweils 450 m auf (s. Anlage 2).

Für die Planung und die Bemessung der Stützwände waren der jeweilige Bemessungswasserstand sowie der mögliche Dränagewasseranfall anzugeben. Der verwendete Planungsstand ist der 30.05.2012.

4 Methodik

4.1 Oberflächengewässer und Schutzgebiete

Die Oberflächengewässer sind sowohl aus den topographischen Karten entnommen als auch durch Ortsbegehungen kartiert worden.

Die Informationen über die Schutzgebiete z.B. FFH-Gebiete wurden aus dem Umweltatlas des Landes Schleswig-Holstein übernommen. Ergänzende Daten sind den Scoping-Unterlagen des Auftraggebers entnommen.

4.2 Baugrunddaten und geologische Informationen

Die Daten zum Baugrund und zur Geologie wurden einer Reihe von Gutachten und der Literatur entnommen. Die vorhandenen Bohrprofile wurden gesichtet und hinsichtlich der hydrogeologischen Beschreibung ausgewertet. Die festgelegten hydrogeologischen Einheiten wurden mit der BAW abgestimmt (s. Anlage 5).

4.3 Wasserstände

Für die Beschreibung der Wasserstandsverläufe wurden Messdaten (Grundwasserstände, Kanalwasserstände und Klimadaten) aus einem Zeitraum von 01.06.2009 bis 01.06.2012 vom Auftraggeber übernommen und ausgewertet. Weiterhin wurden Grundwasserentnahmestellen Dritter aufgenommen und dokumentiert. Die verwendeten

Grundwassermessstellen und die Datenauswertung sind in der Anlage 6 dargestellt. Die Dokumentation der Grundwasserentnahmestellen ist in der Anlage 7 zusammengestellt. Für die tiefer liegenden Grundwasserleiter sind Unterlagen von der Wasserwirtschaft beschafft worden. Weiterhin wurden Daten und Beschreibungen aus Johannsen – Hydrogeologie Schleswig-Holstein - (1980) übernommen.

5 Oberflächengewässer und Schutzgebiete

Die Oberfläche des Untersuchungsgebietes wurde im Wesentlichen durch die Zertalung am Ende der letzten Vereisungsphase des Weichselglazial geprägt. Beim Abschmelzen der Gletscher kam es im Bereich westlich von Kiel zu einer Reliefumkehr¹. Die während der Vereisung westlich ausgerichteten Entwässerungssysteme sind nachdem Abschmelzen der Gletscher östlich gerichtet. Es bildete sich die Wasserscheide zwischen der Nord- und Ostsee im Bereich Rendsburg aus. Die sich anschließende weitere Talvertiefung führte zur Bildung des Bach- und Flussnetzes der Levensau (s. Abb. 1).



Abbildung 1: Verlauf der Levensau 1652

Abbildung wurde aus - Neue Landesbeschreibung der zwei Herzogtümer Schleswig und Holstein Johannes Mejer & Caspar Danckwerth 1652 – entnommen
Quelle: <http://www.library.ucla.edu/yrl/reference/maps>.

¹ Reliefumkehr: Umkehr der Fließrichtungen von natürlichen Entwässerungssystemen durch exogene oder endogene Vorgänge.

Die Levensau entspringt in der Nähe des Gutes Warteburg und verläuft mäandrierend bis zur Mündung in die Ostsee südlich von Holtenau. Dieses System wurde vermutlich überwiegend durch Niederschlagswasser gespeist. Jetzt mündet die Levensau südlich des Gutes Warteburg in den NOK.

Ab 1777 wurde der Verlauf der Levensau in den Eiderkanal integriert. Mit Bau des Nord-Ostsee Kanals ist dieser teilweise als Bett des Kanals ausgebaut worden. Es besteht noch nordöstlich der Levensauer Brücken ein Teilstück des „Alten Eiderkanal“ (s. Anlage 3 und Foto 1).



Foto 1: Auslaufbauwerk "Alter Eiderkanal" in den NOK

Der Verlauf des „Alten Eiderkanals“ ist als ein Landschaftsschutzgebiet (nach § 18 LNaturSchG) ausgewiesen. Er verläuft von der östlichen Mündung in den NOK in nördlicher Richtung bis zur Rathmannsdorfer Schleuse. Hier knickt der Verlauf nach Südwesten ab. Im weiteren verläuft der „Alte Eiderkanal“ bis zu den Anfahrtsrampen der B 76 als Grabensystem mit randlichen Vernässungszonen, Nach der Passage der beiden nördlichen Rampen der B 76 und K 24 ist der „Alte Eiderkanal“ zunächst als Vernässungsbereich mit Stillgewässern ausgebildet. In der Nähe des südwestlichen Übergabepunktes am NOK ist er

ein teichartiges Stillgewässer. Hier schließt der Verlauf an die Linie der geplanten Stützbauten an (s. Anlage 3).

Östlich der Mündung des „Alten Eiderkanals“ in den NOK besteht bei Knoop ein großer Teich.

In der Ortschaft Suchsdorf (OT Margetental) sind die ehemaligen Oberflächengewässer weites gehend versiegelt. Im südöstlichen Teil bestehen noch einige kleinere Teiche.

Östlich der südlichen Rampen schließt sich das Projensdorfer Gehölz an, welches in großen Teilen als Landschaftsschutzgebiet nach § 18 LNaturSchG ausgewiesen ist.

Im nordöstlichen Bereich der Waldfläche in unmittelbarer Nähe des NOK befindet sich das FFH-Gebiet 1626-352 Kalkquelle am Nord-Ostsee-Kanal (s. Anlage 4.2 und Foto 2).



Foto 2: Kalkquelle am Nord-Ostsee-Kanal

Die Kalkquellen lagen ursprünglich im Bereich der Aue um die Levensau. Diese sind beim Bau des NOK überschüttet worden. Seitdem treten sie am Hang unter- und oberhalb des

Unterhaltungsweges aus. Ihre Höhenlage schwankt zwischen NHN +1,50 m und NHN +2,50 m. Die gesamte Böschung entlang des NOK weist florenelemente auf, die auf einen hohen Kalkgehalt der anstehenden Böden schließen lassen. Auch das Auftreten von Weinbergschnecken auf der Böschung ist ein Anzeiger, dass erhöhte Kalkgehalte im Untergrund vorhanden sind (s. Foto 3).



Foto 3: Weinbergschnecke an der Böschung des Nord-Ostsee-Kanals

Innerhalb des Projensdorfer Gehölzes liegen einige Teiche und Bäche. Die Bäche entwässern in den NOK (s. Anlage 3 und Foto 4).



Foto 4: Auslaufbauwerk eines Baches aus dem Projensdorfer Gehölz am NOK

6 Geologische Entwicklung

Für die Beschreibung der geologischen bzw. hydrogeologischen Verhältnisse liegen eine Reihe von Unterlagen vor. Zur generellen Charakterisierung der stark heterogenen Verhältnisse können Beschreibungen aus einer umfangreichen Literatur sowie aus den Unterlagen /2/ und /5/, sowie den mündlichen Auskünften des LLUR und der BAW dienen. Weiterhin haben wir aufgrund eigener Untersuchungen bereits Kenntnisse über den Untergundaufbau. Vereinfacht lassen sich folgende generelle Aussagen treffen:

- (1) Im Bereich der Levensauer Hochbrücken durchschneidet der Kanal Stauchendmoränen².
- (2) Es konnten 3 Grundwasserleiter und 4 Grundwasserhemmer festgelegt werden.
- (3) Eine Detailmodellierung der äußerst zahlreichen Scherflächen und Stauchfalten ist auf Grundlage der Bohrungen allein nicht möglich.

Die jeweiligen Grundwasserhemmer wurden alphabetisch vom Hangenden³ zum Liegenden⁴ bezeichnet.

² Als eine Stauchendmoräne wird ein Moränentyp bezeichnet, der durch die Oszillation des Gletscherrandes entstanden ist. Die Besonderheit ist hierbei die Einfaltung von Material aus dem Untergrund in die Moräne.

³ Hangendes: Als Hangendes wird in der Geologie und im Bergbau die oben liegende Schicht bezeichnet.

Die Grundwasserleiter wurden mit römischen Ziffern ebenfalls von Hangenden ins Liegende durchnummeriert. Nachfolgend wird die geologische Genese der einzelnen hydraulisch wirksamen Komplexe (s. Anlage 5) und die Schichtenverteilung beschrieben. Die Beschreibung der hydrogeologischen Einheiten erfolgt, im Gegensatz zu den geotechnischen Gutachten, vom Liegenden zum Hangenden.

6.1 Glimmerton

Die Basis des betrachteten hydrogeologischen Komplexes bilden die Ablagerungen des Glimmertones (s. Anlage 5). Es stellt für das Gebiet einen weitgehend flächig durchgehenden Wasserhemmer dar (Johannsen, 1980).

Es handelt sich bei dem Glimmerton um miozäne⁵ hochmarine Ablagerungen. Er ist dunkelbraun bis schwarz gefärbt. Nach /5/ ist der Glimmerton in Levensau überwiegend als toniger Schluff bis schluffiger Ton ausgebildet. Er enthält untergeordnet sandige Bestandteile.

Die Durchlässigkeit wurde aufgrund der Untersuchung der BAW auf $k_f = 1 \times 10^{-9}$ m/s festgelegt.

Der Glimmerton stellt somit einen ausgeprägten Grundwasserhemmer dar. Er fällt von NHN -14 m im Süden auf NHN -40 m im Norden ab. Nach den hydrogeologischen Profilen aus Hydrogeologie von Schleswig-Holstein (Johannsen 1980) repräsentiert der erbohrte Ton den zweiten Abschnitt einer Sedimentationssequenz während des Miozäns. Im Liegenden folgen dann die Schichten der wasserführenden Braunkohlesande.

6.2 Pleistozäner Komplex

Während des Pleistozäns wurde das Sedimentationsgeschehen in Norddeutschland im Wesentlichen durch den Wechsel von Eis- und Meeresbedeckung (s. Tabelle 1) bestimmt. Im Altpleistozän (ca. 2,6 Mio. bis 780.000 Jahre vor heute) führte die langsam fortschreitende Absenkung des Nordseebeckens zu Meereseinbrüchen und zur Ausbildung von Fluss- und Deltasystemen. Durch die weitere Abkühlung kam das gesamte Gebiet unter

⁴ Liegendes: Als Liegendes wird in der Geologie und im Bergbau die unten liegende Schicht bezeichnet.

⁵ Miozän: Epoche des Tertiärs ca. 24 Mio. a bis 5,3 Mio. a. vor heute.

periglazialen⁶ Einfluß. Im Mittel- und Jungpleistozän wurde der Bereich der Levensauer Hochbrücke insgesamt mindestens 4-mal von großen Gletschern überfahren.

Epoche	Stufe	Sedimente im Untersuchungsgebiet
Jungpleistozän	Weichselkaltzeit	Schmelzwassersande/Geschiebemergel
	Eemwarmzeit	Das Eemmeer erreicht das Untersuchungsgebiet nicht.
Mittelpleistozän	Saalekaltzeit	Schmelzwassersande, Residualsedimente
	Holsteinwarmzeit	Das Holsteinmeer erreicht das Untersuchungsgebiet nicht.
	Elsterkaltzeit	Sedimente nicht nachgewiesen
Altpleistozän	Präglaziale Komplexe	Sedimente nicht nachgewiesen

Tabelle 1: Benennung der stratigraphischen Einheiten des Pleistozäns

Von den während des Pleistozäns abgelagerten Sedimenten sind die Geschiebemergel/-lehme und Schmelzwassersande der Saalevereisung und der Weichselvereisung im Untersuchungsgebiet flächig vertreten. Die Sande und Mergel sind auch durch die durchgeführten von der BAW begleiteten Neubohrungen aufgeschlossen und geotechnisch untersucht worden.

6.2.1 Elsterzeitliche Sedimente und Sedimente der Holsteinwarmzeit

Präelsterzeitliche Ablagerungen, wie sie im Bereich des Salzstockes Lieth bei Elmshorn nachgewiesen sind (Stephan, 1995), sind im Bereich der Levensauer Hochbrücke nicht beschrieben worden. In den im Rahmen des Projektes durchgeführten Neubohrungen sind elsterzeitliche und holsteinzeitliche Sedimente nicht angetroffen worden.

⁶ Unter dem Begriff Periglazial versteht sich ein von Gletscher beeinflusster eisfreier Bereich, in dem die geologischen Prozesse im Wesentlichen durch den Wechsel von Frost und Auftauen gesteuert werden. Das Periglazial ist durch das Auftreten von Permafrostböden gekennzeichnet [Weise 1982].

6.2.2 Saale-Kaltzeitliche Sedimente

Während der Saalevereisung wurde das Untersuchungsgebiet mindestens dreimal von größeren Inlandsgletschern (Hauptdrenthe Vorstoß, jüngerer Drenthe Vorstoß und dem Warthe Vorstoß; Hennstedtformation; Ehlers, 1995) überfahren (s. Tabelle 2). Die Eisvorstöße sind durch Schmelzwassersandeinschaltungen getrennt. Für die jüngere Warthemoräne stellt die Hohe Geest den südlichsten Ausbreitungspunkt dar.

Die saalekaltzeitlichen Ablagerungen wurden durch die nachfolgende Weichselkaltzeit weitgehend erodiert. Inwieweit im Grundwasserleiter III (s. Anlage 5) noch Reste von saalekaltzeitlichen Mergeln zu finden sind, kann durch die vorliegenden Untersuchungen nicht geklärt werden. Als ein Indiz für den weitgehenden Abtrag der Saalesedimente ist das Auftreten der oberhalb des Glimmertons erbohrten Kies- und Gerölllagen in denen auch Reste von Geschiebelehmen gefunden wurden.

	Stadien	Wichtige Endmoränenstaffeln
Saale Komplex	Warthe	Hennstedtvorstoß
	Drenthe	Jüngere Drenthe (Lamstedter Phase, Kudenvorstoß) Haupt-Drenthe (Rehburger Phase, Burgvorstoß) (Hamelner Phase; Feuersteinlinie)

Tabelle 2: Gliederung des Saale-Komplexes (nach Caspers et.al. 1995, Streif 1995, Ehlers 1995)

6.2.3 Weichselkaltzeitliche Sedimente

Der Bereich der Brücke Levensau gehört geomorphologisch und naturräumlich zum östlichen Hügelland Schleswig-Holsteins. Hierbei handelt es sich um die Eisrandlagen, die während der letzten Eiszeit ausgebildet waren. Die Endmoränen wurden durch das Oszillieren der Gletscher gestaucht.

Bevor die Gletscher den Raum von Kiel erreichten, bildeten sich vor den Gletscher mächtige Sander (beispielhaft s. Foto 5). Diese Vorschüttsande stellen den unteren Teil des Grundwasserleiters III (s. Anlage 5) dar.



Foto 5: rezenter Sander (Skeidarársandur) vor dem Vatnajökull, Island
[Im Hintergrund eine Eiszunge von Vatnajökull]

Im Hochglazial, während der Pommerische Phase, schoben sich einzelne Eisloben⁷ in westlicher Richtung vor und schufen die Förden und Buchten an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste

Im Raum Kiel lassen sich folgende Hauptphasen der Eislobenvorstöße ausgliedern (Stephan, 1994): Blumenthaler Vorstoß und Sehberg Vorstoß.

In Abhängigkeit von dem Kontakt zwischen Gletscher und Untergrund wurden die Schichten beim Oszillieren aufgenommen und gefaltet. Der Grundwasserleiter III und der Leiter II b werden im unmittelbaren Bereich der Brücke durch die unteren und mittleren Geschiebemergel (GWH C) von Leiter II getrennt (s. Anlage 5). Aufgrund der Genese der Schichten kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass außerhalb des Untersuchungsbereiches hydrogeologische Fenster zwischen diesen Schichten existieren.

⁷ Eisloben: Zungenartige Teilgletscher die sich von einem Hauptgletscher in die Umgebung schieben (s. Foto 5).

Es wurden folgende Durchlässigkeitsbeiwerte festgelegt:

Schicht	Durchlässigkeitsbeiwert
B : Mittlerer Geschiebemergel	$k_f = 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}$
IIB : Sand und Kies	$k_f = 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
C : Unterer Geschiebemergel	$k_f = 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
III : Mittel- und Grobsand	$k_f = 6 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Tabelle 3: Durchlässigkeitsbeiwerte untere weichselkaltzeitlichen Sedimente

Der sich im Hangenden anschließende Grundwasserleiter II (s. Anlage 5) wird aus einer Stauchendmoräne gebildet. Dies stellt eine hydrogeologische Besonderheit⁸ dar. Der Leiter besteht überwiegend aus Mittelsand mit sandigen und kiesigen Anteilen /5/. Der Sand wurde durch Gletschertore abgelagert. Aufgrund der erbohrten Nebenanteile wie Geschiebelehm, organische humose Bestandteile etc. kann vermutet werden, dass es sich um Ablagerungen in einem Gletschersee handelt. Diese Ablagerungen wurden beim Oszillieren des Gletschers lokal wieder aufgenommen und gefaltet (beispielhaft s. Fotos 5-7).



Foto 6: Gletschertor am Vatnajökull Island

⁸ Der in Norddeutschland als Synonym für Moräne verwendete Begriff Geschiebemergel oder -lehm ist als genetischer Begriff nicht zu verwenden. Als Möräne werden in der Geologie alle durch Tätigkeiten des Eises (Lösen, Fließen, Abschmelzen) abgelagerte Materialien bezeichnet. In der Geologie wird deshalb auch der Begriff Diamikton verwendet.



Foto 7: Gletschersee Jökullsaarlón Island
[Im Hintergrund der Eisschild des Vatnajökull]



Abbildung 2: Falte im Korallensand⁹ Carl Loewe (Hrsg., 1895): Der Nord-Ostsee-Kanal.
freundliche Überlassung der BAW DH K1.

⁹ Als Korallensand wurde früher ein Sand benannt, der durch die Wiederaufnahme von vermutlich nordischem Geschiebematerial entstanden ist. Bei Bryozoen handelt sich um sog. Moostierchen. Moostierchen sind mikroskopisch kleine Vielzeller, die im Wasser leben und sich ähnlich wie Korallen die Nahrung mit Tentakeln zu wedeln.

Der Grundwasserleiter II stellt den Wasserleiter dar, der vom Wasserstand des Nord-Ostsee-Kanals beeinflusst wird (s. Kapitel 7). Er liefert ebenfalls das Quellwasser für die nordöstlichen Kalkquellen. Die Schicht keilt von Nord nach Süd aus. Die Oberkante liegt bei NHN +15 m und die Unterkante reicht bis NHN -20 m (Norden) /2, 5/. Die laterale Ausdehnung umfasst den gesamten Untersuchungsbereich bis an die Kieler Förde (Johannsen 1980). Aufgrund der starken glaziotektonischen Durchmischung der Schicht zeigen nicht alle in der Schicht verfilterten Messstellen den gleichen Wasserstand. Die Wasserstandsverläufe korrelieren nicht immer mit dem des Nord-Ostsee-Kanals (s. Kapitel 7).

Der Durchlässigkeitsbeiwert wurde mit $k_f = 5 \times 10^{-4}$ m/s festgelegt.

Die hangenden Beckensedimente und Moräne bilden den oberen Abschluss der natürlich anstehenden Sedimente. Die im Bereich der Brückenwiderlager erbohrten Beckensedimente sind ebenfalls in einem Gletschersee abgelagert und durch den Gletscher aufgenommen und gefaltet worden (s. Abbildung 3). Sie sind durch die BAW /5/ als tonige Sande bzw. als schluffige Sande beschrieben worden.

Die Beckensedimente sind mit dem festgelegten k_f –Wert von 1×10^{-5} m/s etwas gering durchlässiger als die liegenden Sande müssen aber trotzdem zum Komplex Grundwasserleiter II gerechnet werden.



Abbildung 3: Baugrube nördlicher Pfeiler von 1893, Postkarte

Der auf den Beckensedimenten liegende obere Geschiebemergel wurde vermutlich als Ablationsmoräne¹⁰ abgelagert und nicht mehr gefaltet. Die von der BAW /5/ festgestellten streifigen Sandeinlagerungen und Zwischensandschichten lassen den Schluss zu, dass die lokal aufgenommenen Sedimente schichtenweise im Gletscher eingebunden waren und durch den Abschmelzvorgang schichtenweise abgelagert wurden. Die horizontale Durchlässigkeit wird höher liegen als die Vertikale. Der k_f -Wert wurde mit 1×10^{-7} m/s festgelegt. Der obere Geschiebemergel stellt somit einen Grundwasserhemmer dar. Er ist im Norden bereichsweise erodiert worden.

6.2.4 Holozäne Entwicklung und Auffüllungen

Der Bereich der Levensauer Hochbrücke liegt an der Wasserscheide zwischen Nordsee und Ostsee. Der Bach Levensau entwässerte vor dem Kanalbau in die Ostsee. Sein Flußbett war durch die periglaziale Zertalung bei Übergang zwischen Hochglazial und Holozän entstanden.

Im südlichen Teil des Untersuchungsbereiches waren eine Reihe von Quellen vorhanden, die sowohl aus Niederschlägen als auch aus dem zweiten Grundwasserleiter ihr Wasser bezogen. Es bildeten sich hier Kalktuffe und Anmoore aus. Die Quellaustritte liegen zwischen NHN +1,50 m und NHN +2,50 m.

Mit dem Bau der Eisenbahnbrücke wurde der Bereich der Widerlager aufgehöhht. Als Auffüllungsmaterial dienten im Wesentlichen Sande aus der Umgebung (s. Anlage 5). Diese Auffüllungen stellen im Bereich der Brücke und Rampen den obersten Grundwasserleiter (GWL I) dar.

7 Hydrogeologie

7.1 Grundwasserleiter I – Auffüllungen -

Die Rampen des nördlichen und südlichen Widerlagers und der Brückenzufahrten wurden im Zuge des Baues aufgeschüttet bzw. durch Bodenaustausch in den Untergrund eingebracht. Sie stellen der obersten Grundwasserleiter (GWL I) dar. Diese Schicht ist für die Festlegung des Bemessungswasserstandes entscheidend. Für die Auffüllungen kann der Nord-Ostsee-Kanal als Vorfluter betrachtet werden.

¹⁰ Ablationsmoräne ist eine Moräne, die durch das Aufeinanderschichten von im und auf dem Gletscher befindlichen Material entsteht.

7.2 Grundwasserleiter II - Beckensedimente und gestauchte Sande -

Der Grundwasserleiter II wird im Süden durch den Grundwasserhemmer A vom GWL I getrennt. Im Süden ist der Geschiebemergel (GWH A) beim Abschmelzen der Gletscher und in anschließend Holozän weitgehend ausgeräumt worden. Hier bilden die Auffüllungen und der GWL II einen gemeinsamen Leiter.

An beiden Ufern des Kanals existieren eine Reihe von Grundwassermessstellen, für die die Bohr- und Ausbauprofile vorliegen (vgl. Unterlage /3/ und Anlage 5) und für den Zeitraum von Juni 2009 bis Juni 2012 Gangliniendarstellungen zur Verfügung stehen (vgl. Unterlage /4/ und Anlage 6). Die Messstellen die im zweiten Grundwasserleiter eingebaut wurden zeigen unterschiedliche Ganglinienverläufe und korrelieren nicht alle mit dem NOK-Wasserstand (s. Anlage 6). Die Wasserstände in den Messstellen liegen oberhalb des Kanalwasserstandes. Die Wasserstände auf der Nordseite liegen ca. auf einem Niveau von NHN +2,0 m; auf der Südseite liegt das entsprechende Niveau auf NHN +1,6 m.

7.3 Grundwasserleiter III - Sande und Kiese -

Der Grundwasserleiter III wird durch den mittleren Geschiebemergel /5/ (GWH B) und den unteren Geschiebemergel (GWH C) vom hangenden GWL II und vom Kanalwasserstand getrennt (s. Anlage 5). Die laterale Ausdehnung der Mergel umfasst, nach den bisherigen beschriebenen Aufschlüssen, den gesamten Untersuchungsbereich. Messstellen wurden in unmittelbarer Kanalnähe nicht in den Leiter eingebaut. Der Leiter nimmt aufgrund der zwischenliegenden Grundwasserhemmer auch nicht unmittelbar am hydrogeologischen Geschehen im Bereich der Kalktuffquellen teil. Basal wird der Grundwasserleiter durch den Glimmerton begrenzt.

7.4 Tiefliegende Grundwasserleiter

Die tiefliegenden Grundwasserleiter (Braunkohlesande; Johannsen 1980) sind stratigraphisch dem Miozän (Tertiär) zu zuordnen. Sie werden durch den Glimmerton vom GWL III getrennt. Ihr Einzugsgebiet umfasst den gesamten westlichen Kieler Raum. Die geplanten Baumaßnahme stellt ein Linienbauwerk dar, bei dem die Fußbereiche in den unteren Geschiebemergel einbinden. Aufgrund der Länge des Bauwerkes und der Höhenlagen ist eine messbare Beeinflussung der tiefliegenden Grundwasserstockwerke nicht zu erwarten.

7.5 Oberflächengewässer

Die Oberflächengewässer im Bereich des Projensdorfers Gehölz werden durch Niederschläge gespeist. In Abhängigkeit von der Evapotranspirationsrate ist die Wasserführung höher oder niedriger. Teilweise fallen die Bäche auch trocken. Die Teiche sind ebenfalls in der Wasserspiegelhöhe von der Witterung abhängig. Eine Beeinflussung der Gewässer durch das geplante Bauwerk ist nicht zu erwarten, da in diesem Bereich zwischen den obersten Schichten und dem GWL II der Grundwasserhemmer A liegt und deshalb ein Wasseraustausch mit dem GWL II verhindert wird. Zwischen den Rampen (GWL I) und der Umgebung (GWH A im Norden bzw. GWL II im Süden) hat sich in den letzten 100 Jahren ein Gleichgewichtszustand eingestellt. Da planmäßig an den Rampen keine größeren Veränderungen vorgenommen werden, kann eine Beeinflussung hieraus ausgeschlossen werden.

Der „Alte Eiderkanal“ schneidet im Norden in den zweiten Grundwasserleiter (GWL II) ein. In wie weit die Autokolmation des Gewässerbettes eine Zusickerung verhindert, kann abschließend nicht bestimmt werden. Da er aber im Verlauf der ehemaligen Levensau angelegt wurde, ist davon auszugehen, dass ein Gleichgewicht zwischen der Infiltration aus dem Kanal in den GWL II und der Exfiltration aus dem GWL II in den Kanal besteht. Bei großen Niederschlagsereignissen erfolgt ein höherer Abfluss in den Kanal. Dies zeigt ein hydrogeologisches Gleichgewicht auf. Am südwestlichen Ende der geplante Verbaustrecke ist eine Beeinflussung der Wasserführung im Alten Kanal durch das Bauwerk nicht auszuschließen. Hier kann eine verminderte Exfiltration in den NOK stattfinden, welche zu höheren Wasserständen führen kann. Im Rahmen eines Grundwassermonitorings ist diese besondere hydrogeologische Situation im Detail zu untersuchen.

7.6 FFH-Gebiet

Das FFH-Gebiet liegt sehr weit außerhalb des geplanten Stützbauwerkes. Eine Beeinflussung der Quellen durch das Bauwerk ist deshalb ausgeschlossen. Zudem werden, nach Beobachtungen, die Wassermengen an den Quellaustritte durch die Niederschlagshöhen bestimmt. Im Rahmen eines Grundwassermonitorings sollten diese Beobachtungen durch Messungen überprüft werden. Eine Zusickerung aus dem NOK in die Liefergebiete der Quellen ist, aufgrund der deutlich geringeren Wasserspiegelhöhe im NOK, ausgeschlossen und damit eine Beeinflussung.

7.7 Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung wird im Bereich des NOK durch zwei Faktoren bestimmt, den Niederschlägen und dem Kanalwasserstand.

Bei der Bewertung der Grundwasserganglinien ergab sich bei einigen Messstellen eine Korrelation zwischen Grundwasser- und Kanalwasserstand bei anderen nicht. Der Kanalwasserstand wird durch Pumpen auf einer Höhe von $\text{NHN} \pm 0,0 \text{ m}$ mit einer Schwankungsbreite von im Mittel $\pm 20 \text{ cm}$ gehalten. Die Wasserstände in den Pegeln beiderseits des Kanal liegen teilweise deutlich höher. Dies bedeutet, dass der NOK eine Vorflut sowohl für die Oberflächengewässer als auch für die Grundwasserleiter GWL I und GWL II darstellt. Es hat sich zwischen dem NOK und den Grundwasserleitern ein Druckpotentialgleichgewicht aufgebaut, welches bei den geringen Schwankungen des Kanalwasserstandes reagiert. Bei Niederschlägen ist zu beobachten, dass sich die gemessenen Leitfähigkeiten in den Grundwassermessstellen des GWL II erhöhen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass das Grundwasser im Bereich Levensau sehr kalkhaltig ist und freier Kalk auch in den Sedimenten auftritt. Es besteht somit ein chemisches Gleichgewicht zwischen den Kalkmineralien und dem freien Kalzium im Wasser. Das Gleichgewicht wird über das freie CO_2 im Grundwasser gesteuert. Die infiltrierenden Niederschläge führen zusätzliches CO_2 mit sich. Dies führt zu einer Veränderung des freien Kalziums im Grundwasser und damit zur Erhöhung der Leitfähigkeit.

Dies bedeutet, dass das Grundwasser im Bereich Levensau im Wesentlichen durch die Niederschläge gespeist wird. Das geplante Bauwerk wird deshalb nur geringen Einfluss auf die Grundwasserneubildungsrate haben. Der Haupteinfluss erfolgt über die Erhöhung der Grundwasserstände landseitig hinter den Verbauwänden. Hier kommt es aufgrund des erhöhten Druckpotentials zu einer lokal höheren Versickerungsrate als vor dem Bau. Eine Beeinträchtigung der Grundwasserleiter und –qualität ist nicht zu erwarten. Diese Potentialerhöhung ist lokal eng begrenzt und wird deshalb auch nicht auf die Flächen im nördlichen und südlichen Hinterland des Bauwerkes wirksam werden. Die Reichweite dieser Erhöhung lässt sich nur näherungsweise abschätzen.

Es ergibt sich nach *Sichardt* für das Bauwerk

$$R = 3000 \times s \sqrt{k_f}$$

Es gilt:

R = Reichweite der Potentialerhöhung

S= Ausgleich zusätzliches Druckpotential – natürlicher Wasserspiegel in m

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert in m/s.

Die Formel ist empirisch und deshalb dimensionslos.

Für die Südseite:

Bemessungswasserstand NHN +6,5 m

Grundwasserstand im GWL II : NHN 3,0 m

$S = 3,5 \text{ m}$

K_f -Wert GWL II $5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

$234,78 \text{ m} = 3000 \times 3,5 \text{ m} \times \sqrt{5 \times 10^{-4} \text{ m/s}}$

Für die Nordseite:

Bemessungswasserstand NHN +1,50 m

Grundwasserstand im GWL II : NHN 1,00 m (ungünstigster Wasserstand)

$S = 0,5 \text{ m}$

K_f -Wert GWL II $5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

$33,54 \text{ m} = 3000 \times 0,5 \text{ m} \times \sqrt{5 \times 10^{-4} \text{ m/s}}$

Datengrundlage siehe Kap. 8 und Anlage 12.

Diese Berechnung zeigt, dass die Grundwasserneubildungsrate nur lokal erhöht wird.

7.8 Zusammenfassung

Die Ganglinien der Grundwasserstände (s. Anlage 6) belegen im Zusammenhang mit dem gemessenen Kanalwasserstand, dass der Kanal jeweils Vorfluter für den GWL II ist. In Norden liegt noch ein Grundwasserhemmer (GWH A) zwischen dem GWL II und dem GWL I. Der NOK stellt hier die Vorflut für den GWL I dar. Die Wasserstände für den Grundwasserleiter II liegen oberhalb des Kanalwasserspiegels. Die Wasserstände in den GWL I und GWL II werden durch die Niederschläge gesteuert.

Im Hinblick auf die Fragestellung, ob ggf. eine entlastend wirkende Unterströmung der Stützwände in Richtung Kanalsole vorliegt, muss davon ausgegangen werden, dass die Stützwände auf beiden Uferseiten im Fußbereich voraussichtlich in den geringdurchlässigen Geschiebemergel (GWH B oder C) einbinden und somit eine Unterströmung jeweils nicht gegeben ist.

Für den Bereich rückwärtig der beiden Uferlinien existieren außer weit entfernt liegenden einzelnen Brunnen für private Wasserfassungen (vielfach ohne Möglichkeit zur Bestimmung der Wasserstände in den Brunnen) keine Messstellen zur Bestimmung von Grund- oder Stauwasserständen (s. Anlage 7.2).

8 Bemessungswasserstand

Für die Festlegung von Bemessungswasserständen zur Dimensionierung der absperrend wirkenden Stützwände sind neben Informationen zu Grund- und Stauwasserniveaus in direkter Umgebung der Wände mindestens auch entsprechende Kenntnisse zum Niveau im rückwärtigen Hinterland erforderlich. Entsprechende Informationen liegen, wie oben erläutert, derzeit nicht vor.

Vor diesem Hintergrund muss für die Neukonstruktion auf der sicheren Seite liegend angenommen werden, dass ohne Errichtung von Dränagemaßnahmen entlang der Stützwände und ohne Berücksichtigung einer prinzipiell entlastenden seitlichen Umströmung, die Wände jeweils bis zum Kopfniveau eingestaut werden können (Nordseite: NHN +2,0 m, Südseite: NHN +6,5 m). Das Höhenschichtenmodell (s. Anlage 8) zeigt wie mächtig diese Auffüllungen im Bereich der Brückenwiderlager sind.

Generell sind vor dem Hintergrund des sehr heterogenen Untergrundaufbaus sowie der zur Verfügung stehenden Messdaten für Grundwasserstände Angaben zu möglichen Bemessungswasserständen mit großen Unsicherheiten behaftet.

Für die Neukonstruktion werden folgende Bemessungswasserstände festgelegt.

Nordseite: NHN + 1,5 m

Südseite: NHN + 6,5 m

9 Dränagewasseranfall

Für definierte hydraulische Randbedingungen an den Stützwänden sind zu ihrer Dimensionierung voraussichtlich Dränagesysteme zweckdienlich. Für die hydraulische Auslegung entsprechender Systeme ist als Berechnungsbasis ein maximaler Dränagewasseranfall erforderlich.

In diesem Zusammenhang werden für eine orientierende rechnerische Abschätzung entsprechender Wassermengen die nachfolgenden Annahmen getroffen:

- (1) Es wird sowohl auf der Nord- wie auf der Südseite der oben liegende Grundwasserleiter I sowie der unterlagernde Grundwasserleiter II in den Berechnungen berücksichtigt.
- (2) Für die Abschätzung der Zusickerung von Grundwasser zu den Dränagesystemen wird von einer großräumigen durchgehenden Erstreckung der jeweiligen Leitersysteme auch ins Hinterland ausgegangen. Dies gilt auch für die Auffüllungen insbesondere im

Rampenbereich. Vor dem Hintergrund der beschriebenen hydrogeologischen Gegebenheiten, ist dies eine eher auf der sicheren Seite liegende Annahme.

- (3) Den Berechnungen wird der Formelzusammenhang $Q = k \cdot i \cdot A$ zugrunde gelegt.
- (4) Über das Dränagesystem werden die Grundwasserleiter hydraulisch miteinander verbunden, so dass sich an den Sicherungswänden jeweils in beiden Leitern dieselben Wasserstandsniveaus einstellen.
- (5) Zur Berechnung eines hydraulischen Gradienten i werden im Hinterland Wasserstände auf Basis von Informationen zur Topographie und privaten Wasserfassungen angenommen.
- (6) Für die grundwasserleitenden Mittelsande wird einheitlich eine hydraulische Durchlässigkeit von $k_f = 5 \times 10^{-4}$ m/s angesetzt.
- (7) Aus den Bohraufschlusssdaten und den angesetzten Grundwasserniveaus wird ein durchflossener Querschnitt ermittelt und angesetzt.
- (8) Für die Sicherungswände wird eine Länge von 450 m angesetzt.

Die rechnerische Ermittlung des Dränagewasseranfalls ist für Nord- und Südufer in den Anlagen 12.1 und 12.2 dokumentiert. Im Ergebnis resultiert rechnerisch ein Sickerwasseranfall Q je Kanalseite von 15 l/s bis 20 l/s. Vor dem Hintergrund der beschriebenen Heterogenität ist nicht ausgeschlossen, dass die tatsächlich anfallenden Wassermengen nach kurzzeitigem Ausbluten lokaler wasserführender „Sandlinsen“ deutlich niedriger liegen (z.B. nur noch im Bereich weniger Liter pro Sekunde). Jedoch ist auch das Überschreiten der genannten Werte nicht vollkommen ausgeschlossen.

10 Durchlaufentwässerung

Um den sehr hohen Bemessungswasserstand deutlich zu reduzieren, schlagen wir als einen ersten Entwurf/Variante eine Durchlaufentwässerung zur Absenkung der Bemessungswasserstände basierend auf dem uns bekannten Planungsstand vor.

Bau Südseite:

Mit der Herstellung der Bohrpfahlwand werden gleichzeitig Großbohrungen (D 1000 mm) im 10 m Abstand durch die Auffüllungen und den oberen Geschiebemergel bis ca. NHN +2,0 m niedergebracht. Hierdurch wird eine Wasserableitung zwischen den Auffüllungen (GWLI) und dem Grundwasserleiter II hergestellt. Um sicherzustellen, dass der Wasserstand an der Bohrpfahlwand NHN +2,5 m nicht übersteigen kann, wird in jedem 5'ten Primärpfahl eine 115 mm horizontale Kernbohrung eingebracht. Im Bohrloch wird ein 100 mm PVC-Rohr,

welches eine Kiesfüllung hat und an den Enden mit Keramik- oder Vliesfiltern verschlossen ist, eingebaut. Das Dränagewasser wird über ein gekrümmtes Rohr zum Kanal hin abgeführt. Die Lage der Bohrungen wird örtlich angepasst. Optional können die Großbohrungen noch mit einem Sickergraben verbunden werden.

Bau Nordseite

Die Spundwand wird ca. 70 cm unterhalb des Kopfes mit Schlitzten gem. EAU versehen. Hinter der Wand wird eine Kiesrigole mit den Abmessungen 1,0mx1,0mx1,0m eingebaut. Damit wird der Wasserstand bei ca. NHN +1,30 m gehalten. Das Dränagewasser kann direkt in den Kanal abfließen.

Welche Auswirkungen solche Entwässerungssysteme auf die lokale Hydrologie haben, kann erst nach der tatsächlichen planerischer Beschreibung und Festlegung einer Zwangsentwässerung betrachtet werden.

11 Veränderungen des Grundwasserhaushaltes durch das geplante Bauwerk

Das geplante Bauwerk wird aufgrund der Einbindetiefen der Stützwände nur eine Veränderung in den lokalen hydraulischen Verhältnissen verursachen. Über die Größenordnung lässt sich aufgrund der beschriebenen geologischen Verhältnisse zur Zeit keine abschließenden Aussagen treffen. Es ist hierfür ein erweitertes Grundwassermonitoring erforderlich. Die gleichen Aussagen gelten auch für die Bewertungen der vorhabensbedingten Veränderungen in den Grundwasserleitern nach EG-WRRL. Um bei den schwierigen geologischen Verhältnissen ein aussagekräftiges Messstellensystem für ein mögliches Monitoringverfahren planen zu können, empfehlen wir, die Geologie in einem erweiterten Untersuchungsraum beiderseits des Kanals zu modellieren (s. Anlage 13). Hierfür sollen ggf. erforderliche weitere Baugrundaufschlüsse hinsichtlich der Fazies und der Stratigraphie bewertet werden. Weiterhin ist es aus unserer Sicht sinnvoll mit geophysikalischen Untersuchungen über Profilschnitte auch Aussagen über die flächige Verbreitung der natürlichen Schichten treffen zu können. Die Größe dieses Gebietes haben wir auf Grundlage der in Kap. 7.7 dargestellten Reichweitenberechnung festgelegt. Auf der sicheren Seite liegend ist davon auszugehen, dass der Einfluss der Bauwerke auf die hydrogeologischen Verhältnisse bis max. 400 m beiderseits des Kanals reicht.

Für die Auffüllungen gilt, dass die oberflächennahen Bodenschichten gegenüber den derzeitigen Verhältnissen sich in ihren hydraulischen Eigenschaften nicht ändern werden.

Eine Beeinflussung durch die Bauwerke sind in den Oberflächengewässern deshalb nicht zu erwarten.

12 Schlussbemerkungen

Den rechnerischen Abschätzungen liegen eine Reihe von Annahmen zugrunde. Von besonderer Bedeutung ist diesbezüglich die Existenz von großräumig zusammenhängenden Leitersystemen für Grund- und Stauwasser. Für die weitere Erkundung und zur späteren Beweissicherung sollten auf beiden Uferseiten rückwärtig weitere Messstellen mit Filterstrecken in den betrachteten Leitersystemen erstellt werden. Hier könnten z.B. mittels Pumpversuchen und Messung der Auswirkungen in den umgebenden Messstellen weitere Erkenntnisse über die Erstreckung der Leitersysteme gewonnen werden.

Für die dauerhafte Wirksamkeit von Dränagesystemen wird die Verwendung von mineralischen Materialien empfohlen. Die Erdstoffe müssen filterstabil gegen den umgebenden Boden ausgebildet sein.

Für die Zuleitung von anfallendem Dränagewasser in Richtung Vorflut und/oder den Ansatz eines über die Tiefe einheitlichen Bemessungswasserstandes sind ggf. vertikale Dränelemente zwischen den jeweiligen Leitern zweckmäßig.

Die vorliegenden Abschätzungen sollten aktualisiert werden, sobald weitere hydrogeologische Informationen vorliegen.

Hamburg, 10.07.2013

i.V. Dipl. Geol. M. Kneppenberg

i.A. Dipl. Ing. G. Penschow

Literatur

<http://www.library.ucla.edu/yrl/reference/maps> Download 30.03.2013

Jürgen Ehlers, 1994

Allgemeine und historische Quartärgeologie
Ferdinand Enke Verlag Stuttgart

Wolfgang Fraedrich, 1996

Spuren der Eiszeit, Landschaftsformen in Europa
Springer-Verlag Berlin Heidelberg München

Walter Herth, Erich Arendts 1994

Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung
Ernst & Sohn Verlag Berlin 3 Aufl.

Bernward Hölting, Wilhelm Coldewey 2012

Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie
Spektrum Akademischer Verlag

Alfred Johannsen, 1980

Hydrogeologie von Schleswig-Holstein, Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Heft 28,
BGR, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart

Hansjörg Stephan, 1995

Schleswig-Holstein,
in das Quartär Deutschlands Hrsg.: Leopold Benda und die geologischen Dienste der
Bundesrepublik Deutschland;
Gebr. Borntraeger, Berlin Stuttgart

Hansjörg Stephan, 1994

Der Jungbaltische Gletschervorstoss in Norddeutschland,
Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereines Schleswig-Holstein Bd. 64; Kiel

Otfried R. Weise, 1983

Das Periglazial;
Gebr. Borntraeger, Berlin Stuttgart

13 Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtslageplan
Anlage 2	Übersichtsplan der Neutrassierung
Anlage 5	Schematischer Schnitt mit den hydrogeologischen Einheiten
Anlage 6	Grundwasserganglinien
Anlage 7.1	Für die Bemessung relevante Grundwassermessstellen
Anlage 7.2	Dokumentation der nicht relevanten Grundwassermessstellen
Anlage 8	Höhenschichtenplan
Anlage 9	Korrelation der Wasserstände mit dem NOK-Wasserstand
Anlage 10	Grundwassermessstellen Schichtenaufbau und Ausbau
Anlage 11	Durchlaufentwässerung
Anlage 12	Dränagewasseranfall
Anlage 13	Lageplan des Überwachungsbereiches