

Stand: 01.10.2013

Feste Fehmarnbeltquerung
Planfeststellung

Hydrogeologie

S. 1-14
Nachrichtlich

Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung

Anlage 25: Hydrogeologie

Aufgestellt:

Femern
Sund ≈ Bält

Landesbetrieb
Straßenbau und Verkehr
Schleswig-Holstein
Niederlassung Lübeck



Kopenhagen, 01.10.2013
Femern A/S

Lübeck, 01.10.2013
LBV-SH Niederlassung Lübeck

gez. Claus Dynesen

gez. Torsten Conradt

Die alleinige Verantwortung für diese Veröffentlichung liegt beim Autor.
Die Europäische Union haftet nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen.



Von der Europäischen Union kofinanziert
Transeuropäisches Verkehrsnetz (TEN-V)

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	6
2. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT	7
2.1. Allgemein	7
2.2. Fehmarn	7
3. GEOLOGIE.....	8
3.1. Allgemeines	8
3.2. Fehmarn	9
4. GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE	10
4.1. Allgemeines	10
4.2. Fehmarn	11
5. WECHSELWIRKUNG GRUNDWASSER - BAUVORHABEN	14
5.1. Allgemeines	14
5.2. Fehmarn	14
5.2.1. Wasserseitig der Küste	14
5.2.2. Landseitig der Küste	14

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1: Geologischer Schnitt durch den Fehmarnbelt	8
Abb. 3.2: Lageplan und Schnitt durch die Schichtenfolge in der Küstenregion, senkrecht zur Küste östlich vom Hafen Puttgarden	10
Abb. 4.1: Eine ältere Karte der Grundwasserspeicher in den quartären Ablagerungen Fehmarns (Geologische Landesaufnahme von Schleswig-Holstein)	12
Abb. 4.2: Ein Ausschnitt der Karte aus Abbildung 4.1. Dargestellt ist die Lage der Erkundungstrassen zusammen mit einer möglichen Lage einer Sandschicht (gelb)	13

Tabellenverzeichnis

Es sind keine Tabellen vorhanden.

Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
Abk	Abkürzung
bzw.	beziehungsweise
ca.	cirka
d.h.	das heißt
FBQ	Feste Fehmarnbeltquerung
GOK	Geländeoberkante
GW	Grundwasser

N-S-Richtung	Nord-Süd-Richtung
o.g.	oben genannt
s.	siehe
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung

Der Zweck des vorliegenden Berichtes besteht darin, die im Gebiet der Festen Fehmarnbeltquerung vorherrschenden geologischen Verhältnisse und Grundwasserverhältnisse aufzuzeigen.

Ausgehend von dieser Beschreibung wird die voraussichtliche Wechselwirkung zwischen dem Grundwasser und dem Bauvorhaben beurteilt.

Die Beschreibungen und Auswertungen beruhen auf Folgendem:

- Allgemeine Kenntnisse über die Geologie von Fehmarn einschließlich der Erkenntnisse aus der Schichtenfolge in der Heiligenhafener Steilklippe auf der Landseite des Fehmarnsund, westlich der Brücke. Außerdem Informationen aus den Bohrprofilen im Bereich der Fehmarnsund-Brücke aus den Jahren 1959/60 und 2010.
- Ältere geotechnische Berichte über Boden- und Grundwasserverhältnisse in Puttgarden.
- Geologische und topographische Karten von Fehmarn:
 - Topographische Karte von Fehmarn (1951)
 - Hydrogeologische Karte von Fehmarn
 - Geologische Karte von Fehmarn mit Darstellung der Petrographie der obersten Bodenschicht
 - Karte von Fehmarn mit Verknüpfung der morphologischen Landschaftsstruktur und der oberer Bodenschicht
 - Karte von Schleswig-Holstein mit Darstellung der Pleistozänbasis
- Ergebnisse von im Rahmen der Erkundungen im Jahr 2008 und 2010 durchgeführten seismischen Untersuchungen (Offshore / Onshore).
- Ergebnisse von 7 tiefen Landbohrungen (09.A.601-607) in der Landanbindungsfläche auf der Seite Fehmarns und von 2 weiteren Landbohrungen (10.A.607 und 10.A.610) auf Fehmarn aus dem Jahr 2010.
- Ergebnisse von sehr nahe der Küste an beiden Seiten des Belts ausgeführten Offshore-Bohrungen mit Schwerpunkt auf den Bohrungen 10.A.071 und 10.A.072, welche insbesondere zur Kartierung möglicher wasserführender Sandschichten ausgeführt worden sind.
- Bohrprotokolle von ca. 90 kurzen Bohrungen, welche im Jahr 2008 für die geplante Straße vom Süden des Fehmarnsund quer durch Fehmarn in nahezu N-S-Richtung ausgeführt worden sind.

- Eine große Anzahl an - überwiegend kurzen - Bohrungen, welche in den beiden relevanten Bereichen in der ersten Phase der 1995/96er Erkundungen ausgeführt und von verschiedenen Behörden und Unternehmen zusammengetragen wurden.
- Entwurfskonzept des Bauvorhabens, November 2010

2. Zusammenfassung und Fazit

2.1. Allgemein

Der vorliegende Bericht enthält eine Beschreibung der geologischen Verhältnisse im Fehmarnbelt, der Grundwasserverhältnisse und der Wechselwirkung zwischen den Grundwasserverhältnissen und dem Bauvorhaben.

Innerhalb des Projektgebietes gibt es im Belt keinen zusammenhängenden Grundwasserspeicher. Daher betrifft die Wechselwirkung zwischen Grundwasser und dem Bauvorhaben nur die Küstengebiete.

Durch das Bauvorhaben kommt es weder in der Bauphase zu temporären noch in der Betriebsphase zu permanenten Grundwasserabsenkungen.

2.2. Fehmarn

Wasserseitig der Küstenlinie wird die obere dünne Sandschicht entweder entfernt oder eine Abschottung geschaffen. Unter dieser Sandschicht wurde bis in beträchtlicher Tiefe nur paläogener Ton angetroffen. Es wird kein Einfluss auf ein Grundwassersystem erwartet.

Landseitig überwiegen Geschiebeböden mit Schollen aus paläogenen Tonen bis in die betreffenden Tiefen. In Richtung Nordwesten wurden isolierte Vorkommen aus Schmelzwassersand erkundet. Aus Standsicherheitsgründen ist eine Grundwasserentspannung dieser Sandvorkommen im Baugrubenbereich gegebenenfalls notwendig. Dies kann mittels vereinzelter Entspannungsbohrungen bis unterhalb der entscheidenden Tiefe (d.h. etwa -12 m) erfolgen. Die Ergiebigkeit dieser Entspannungsbrunnen ist sehr begrenzt und es wird daher keine Beeinflussung des Grundwasserregimes außerhalb des Baugrubenbereiches geben.

In diesem Teil von Fehmarn gibt es keine Grundwasserentnahmestellen.

3. Geologie

3.1. Allgemeines

Nachfolgend erfolgt eine Kurzdarstellung zur Geologie des gesamten Gebietes der festen Querung. Anschließend folgt ein Überblick der aus den v. g. Quellen gesammelten Informationen zu Fehmarn.

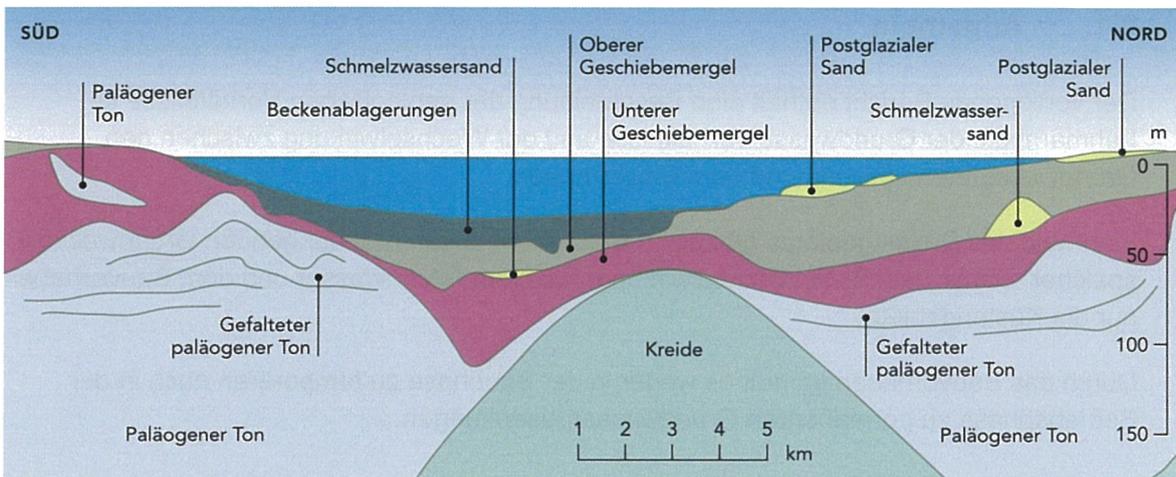


Abb. 3.1: Geologischer Schnitt durch den Fehmarnbelt

Die mit den für das Vorhaben durchgeführten Bohrungen bis zur Erkundungstiefe erkundete Schichtenfolge setzt sich aus den nachfolgenden Ablagerungen zusammen (von oben nach unten mit zunehmendem Alter):

- Nacheiszeitliche marine Sande und Gytja
- Nacheiszeitliche / späteiszeitliche Beckenablagerungen
- Eiszeitliche Ablagerungen (obere und untere Moräne und zwischengelagerte Schmelzwasserablagerungen)
- Paläogener Ton hoher und sehr hoher Plastizität
- Kreidezeitliche Schreibkreide

Die Verbreitung der Schichten im Fehmarnbelt geht aus der Abb. 3.1 hervor.

Der obere Bereich des paläogenen Tons und wahrscheinlich auch die eiszeitlichen Ablagerungen sind durch glazialtektonische Störungen stark geprägt (gestört und verfaltet).

Die eigenartige Gestalt der Kreideoberfläche resultiert aus halokinetischen Vorgängen (Hebung infolge emporsteigender Salzkörper).

Die Grundwasservorkommen und die Grundwassergewinnung in den Landanbindungsflächen hängen grundsätzlich mit den Schmelzwassersandablagerungen zwischen den Moränen und mit den obersten nacheiszeitlichen marinen Sanden zusammen.

3.2. Fehmarn

Die Fläche der Insel Fehmarn umfasst 185 km², und der höchste Punkt ist der 27 m hohe Hinrichberg im südlichen Teil der Insel. Im nördlichen Teil der Insel ist die Geländehöhe mit wenigen Ausnahmen überwiegend unterhalb von +5 m. Auf der Landanbindungsfläche beim Hafen im nördlichen Teil reicht eine kleine Anhöhe bis in ein Höhenniveau von 12 m.

Fehmarn wird beherrscht von leicht geneigten, stark länglichen Hügeln, typischerweise mit einer Ost-West und Ost/Südost-West/Nordwest Ausrichtung. Die Form der Hügel kann möglicherweise darauf hindeuten, dass diese als kleine Stauchmoränen infolge der aus nördlicher oder nordöstlicher Richtung zur Insel vorgestoßenen Gletscher entstanden sind.

Auf der Grundlage der o. g. Kenntnissen sind nachfolgend genannte geologische Schichtenabfolgen in der nördlichen Fläche Fehmarns zu erwarten:

- Im Hafengebiet und nahen Küstengebiet außerhalb des Hafens steht örtlich eine oberste Schicht aus nacheiszeitlichen marinen Sanden an
- Unmittelbar unterhalb der nacheiszeitlichen Böden im küstennahen Offshore-Gebiet sowie des Oberbodens der übrigen Fläche folgt eine eher dünne, homogene Moränen-Einheit (Geschiebeeboden)
- Unterhalb der oberen Moräneneinheit folgt eine eiszeitlich gestörte, verfaltete und verworfene Bodeneinheit. Mehrere unterschiedliche Ablagerungen sind in der gestörten Bodeneinheit enthalten und es scheint, dass mind. zwei „untere“ Moräneneinheiten, eine Schmelzwassersand-Einheit und gestörte Schollen aus paläogenem Ton sehr hoher Plastizität in dieser enthalten sind. Sie soll einige zehner Meter dick sein, jedoch sind die Sandschichten lediglich eher dünn, zumindest im nördlichsten Teil Fehmarns. Die Bohrungen aus dem Jahr 2009 zeigen, dass die Schollen aus Sand/Kies nur sehr lokal in der gestörten Schichtenfolge anstehen.
- Im Bereich der Aufschlüsse 09.A.601, 09.A.602 und 09.A.607 scheinen ziemlich dicke Schollen aus Schmelzwassersand/-kies in Tiefen größer als 10 bis 12 m anzustehen.
- Unterhalb der eiszeitlich gestörten Bodeneinheit steht paläogener Ton an. Der obere Teil des Tons wurde infolge der Gletscherbewegung in riesige Falten gefaltet. Gemäß der in 09.A.603 durchgeführten Drucksondierung wurde die Oberkante des ungestörten paläogenen Tons erst in einer Tiefe von ca. 84 m unter GOK angetroffen.
- Die beschriebenen quartären Schichten sind nur im Landbereich vorhanden und verlaufen ggf. noch eine kurze Strecke weiter außerhalb der Küste. Außerhalb dieses

Bereiches steht unmittelbar unter örtlichen, dünnen nacheiszeitlichen marinen Ablagerungen gefalteter paläogener Ton hoher Plastizität an (s. Abb. 3.2).

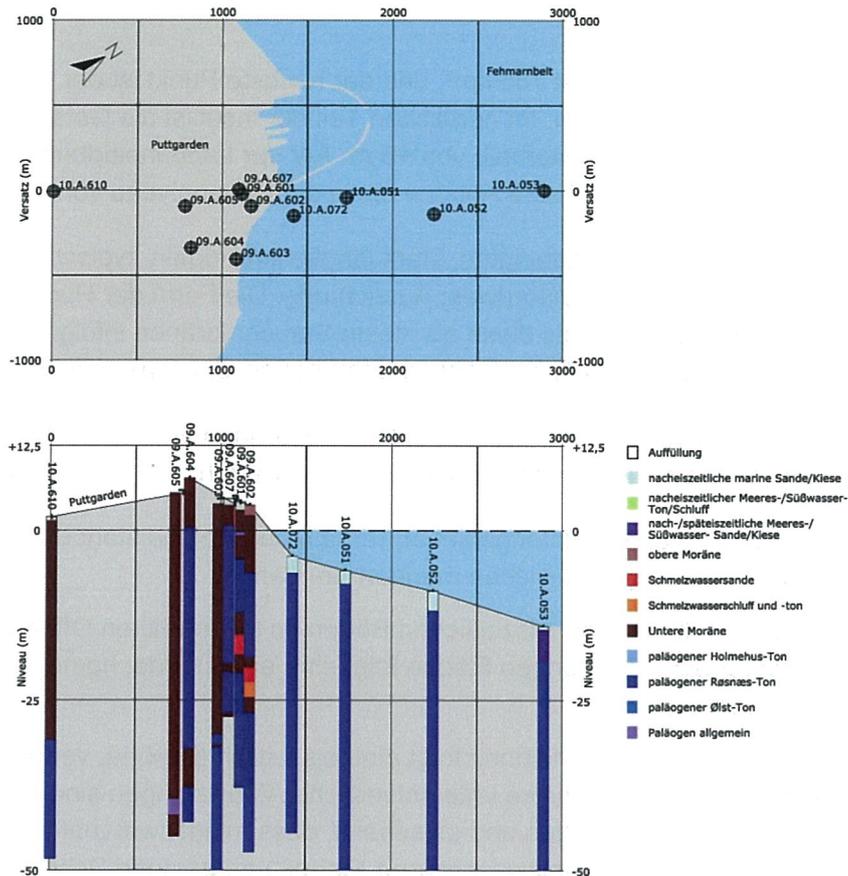


Abb. 3.2: Lageplan und Schnitt durch die Schichtenfolge in der Küstenregion, senkrecht zur Küste östlich vom Hafen Puttgarden

4. Grundwasserverhältnisse

4.1. Allgemeines

Ausgehend von dem in Abb. 3.1 dargestellten geologischen Schnitt, den Beobachtungen während der Bohrkampagnen und den Laborversuchen gibt es keine Anzeichen für zusammenhängende Grundwasserleiter im marinen Teil der Fehmarnbelt-Fläche.

Demzufolge gilt die Beschreibung der Grundwasserverhältnisse nur für die Küstengebiete, gesondert angegeben für Fehmarn.

4.2. Fehmarn

In den überwiegend tonigen (bindigen) Ablagerungen des Quartärs sind entsprechend einer älteren geologischen Karte (siehe Abb. 4.1) einige lokale Grundwasserspeicher in Form von diluvialen Sanden (= Schmelzwassersand) zu finden. Der auf der Karte genannte Begriff „Höffigkeit“ ist eine deutsche Beschreibung des Grundwasserspeichervermögens eines Speichers. Sie ist definiert als die Möglichkeit der dauerhaften (schadlosen) Gewinnbarkeit bestimmter Wassermengen bei ausreichender Grundwasserneubildung.

Die Lagerung der quartären Schichten ist eiszeitlich gestört, weswegen das Vorkommen von größeren miteinander verbundenen Sandschichten unwahrscheinlich ist. Dennoch scheint der Sandanteil in den quartären Schichten auf der Insel Fehmarn in Richtung Süden zuzunehmen. Unterhalb der oberen quartären Schicht überwiegend aus Ton steht eine Übergangszone mit einer Mächtigkeit von 50 m aus eiszeitlich gestörtem paläogenem Ton an. Darunter wurde der intakte paläogene Ton mit einem Oberflächenniveau in einer Tiefe von etwa -75 m bis -80 m angetroffen.

Die Oberfläche der wasserführenden kreidezeitlichen Schreibkreide liegt mehr als 100 m unter der Geländeoberfläche. Die Schreibkreide ist für die Entnahme von Trinkwasser nicht geeignet, da sie sehr tief unter der Geländeoberfläche liegt und die Grundwasserneubildung des Speichers sehr gering ist entsprechend der niedrigen Geländehöhe und der dicken Überdeckung mit geringdurchlässigen Schichten aus Geschiebemergel und paläogenem Ton.

Der größte Teil der durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsmenge von ca. 500 mm verdunstet oder fließt als Oberflächenabfluss oder oberflächennaher Abfluss ab. Vermutlich erreichen nur wenige mm die kreidezeitliche Schreibkreide.

Da die Schreibkreide für die Wasserentnahme nicht geeignet ist, sind die quartären Sandschichten die einzigen potentiellen Grundwasserspeicher. Wie oben beschrieben gibt es auf Fehmarn keine großen Grundwasserspeicher, es sind jedoch kleine abgegrenzte Grundwasserleiter innerhalb der quartären Schichten auf der Insel vorhanden.

In der Landanbindungsfläche können örtlich in den oberen 1 bis 4 Metern im Hafengebiet und nahe dem Küstengebiet außerhalb des Hafens wasserführende nacheiszeitliche marine Sande anstehen.

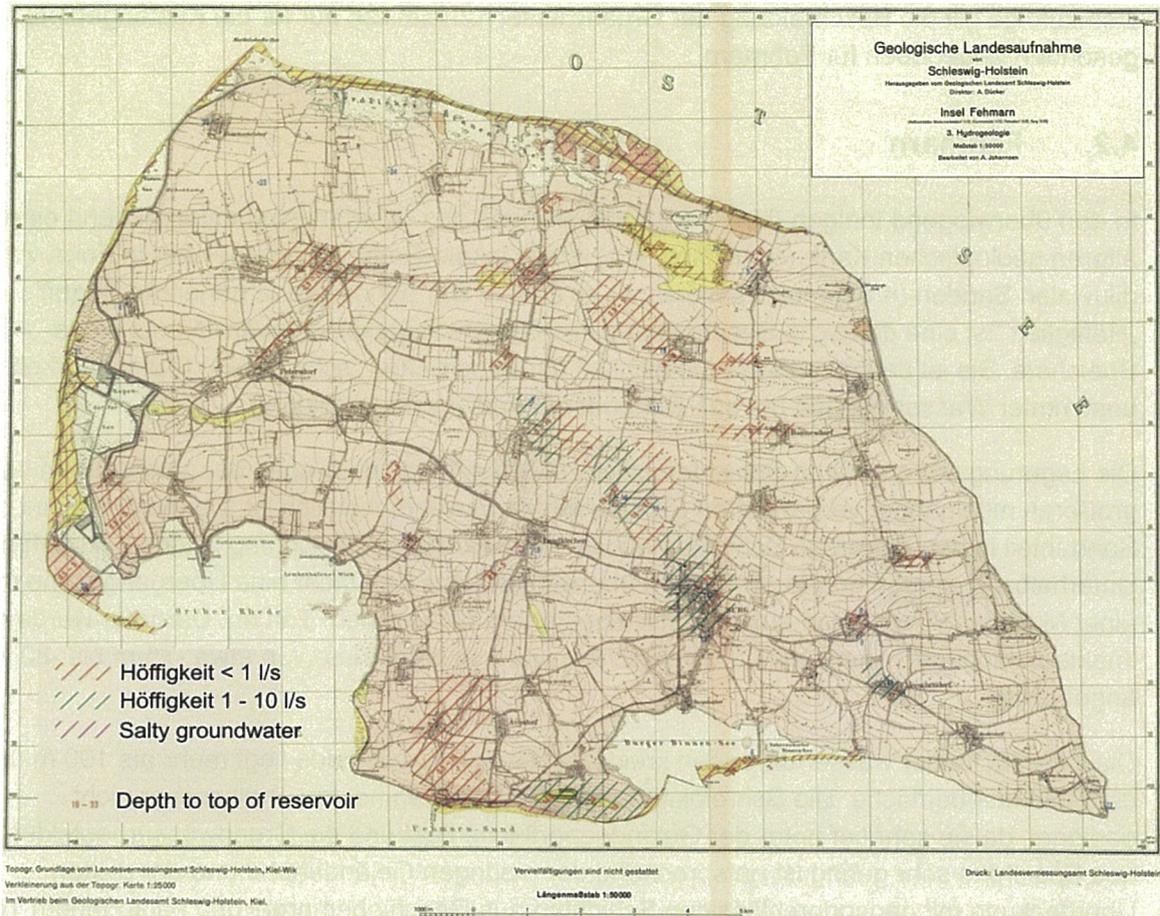


Abb. 4.1: Eine ältere Karte der Grundwasserspeicher in den quartären Ablagerungen Fehmarns (Geologische Landesaufnahme von Schleswig-Holstein)

Es gibt in den auf der Abb. 4.2 gekennzeichneten Erkundungstrassen (CVES/Mep) außer im nordwestlichen Teil des Kartenausschnittes, wo die Oberfläche der eiszeitlich gestörten paläogenen Tonablagerungen in einem tiefen Niveau erwartet wird, keine Anzeichen für Sandschichten. Diese Sandschicht wurde durch die Bohrung 09.A.606 bestätigt, in welcher eine Sandschicht von ca. -8 m bis -12 m angetroffen wurde (siehe Abb. 4.2).

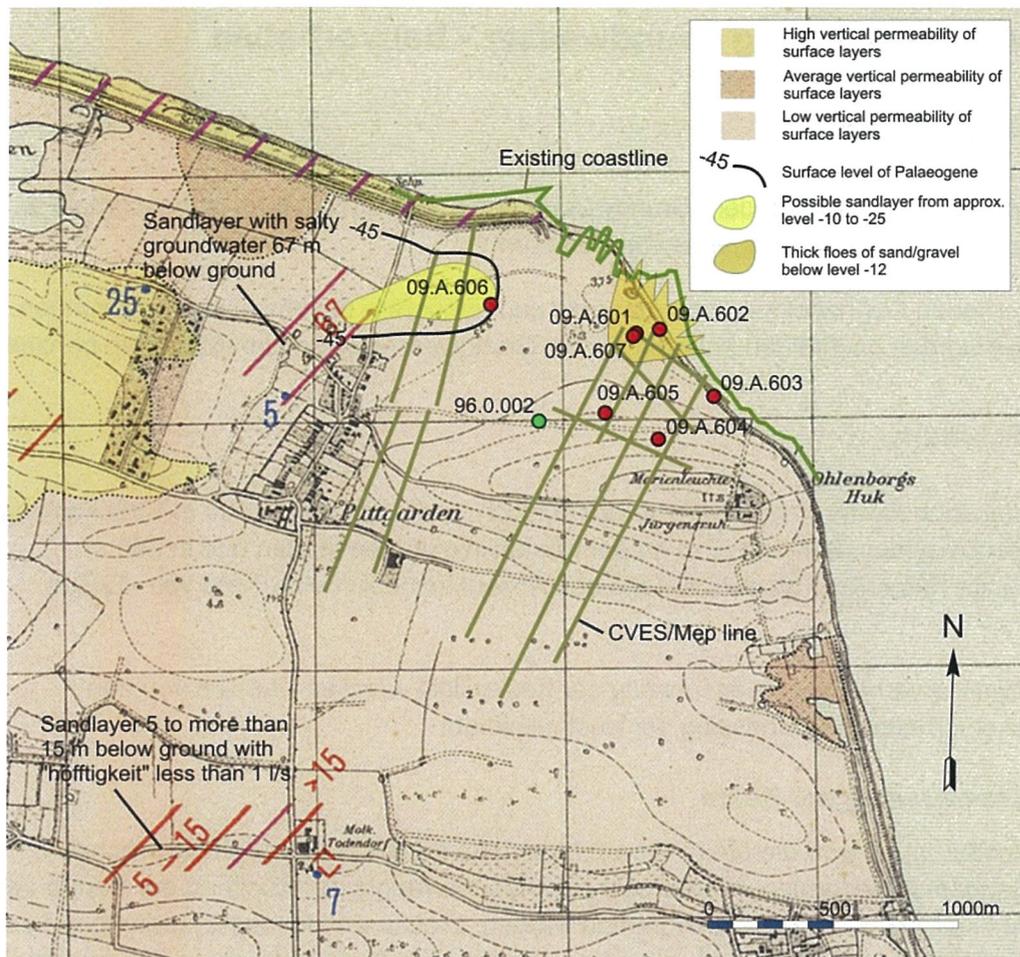


Abb. 4.2: Ein Ausschnitt der Karte aus Abbildung 4.1. Dargestellt ist die Lage der Erkundungstrassen zusammen mit einer möglichen Lage einer Sandschicht (gelb)

In dem Gebiet, in dem die Bohrungen 09.A.601, 09.A.602 und 09.A.607 durchgeführt wurden scheinen in Tiefen unterhalb von 10 bis 12 m ziemlich mächtige Schollen aus Schmelzwassersand/ -kies anzustehen (siehe Abb. 4.2). Die Verbreitung dieser wasserführenden Zonen ist nicht bekannt, jedoch können Sandschichten mit einer Ausdehnung von mehreren 100 Metern in diesem Bereich angetroffen werden. Da die eiszeitlichen Schichten als gestört, gefaltet und verworfen gelten, ist es jedoch unwahrscheinlich, dass Sandschichten mit viel größerer Verbreitung anzutreffen sind.

Die öffentliche Trinkwasserversorgung auf Fehmarn erfolgt durch Wasserwerke auf dem Festland. Es gibt zwei private Wasserwerke auf der Insel. Beide Wasserwerke dienen der Wasserversorgung eines Campingplatzes im südlichen Teil der Insel: WBG Wulfen e.V. und WV Campingplatz Wulfener Hals. Die maximale Abgabe der Wasserwerke liegt zwischen 15.000 und 65.000 m³/Jahr.

5. Wechselwirkung Grundwasser - Bauvorhaben

5.1. Allgemeines

Die Wechselwirkung zwischen dem Grundwasser und dem Bauvorhaben ist beschränkt auf die Rampenbereiche im Küstengebiet von Fehmarn.

Das Bauvorhaben beinhaltet keine permanente und temporäre Grundwasserabsenkungen. Demzufolge werden nachfolgend nur temporäre Grundwasserhaltungsmaßnahmen behandelt.

5.2. Fehmarn

Der Bodenaushub für die Rampe wird voraussichtlich landseitig auf ca. 400 m Streckenlänge bis in Tiefen zwischen ± 0 m und -6 m an der Küstenlinie vorgenommen und in 600 m Entfernung zur Küstenlinie bis zum Anfang des Absenktunnels in eine Tiefe von -12,5 m geführt.

Die Grundwasserverhältnisse wasserseitig der Küstenlinie weichen ziemlich von den Grundwasserverhältnissen landseitig der Küstenlinie ab.

5.2.1. Wasserseitig der Küste

Die Rampenbaugrube wird die obere etwa 2 Meter dicke Schicht aus nacheiszeitlichen marinen Sanden durchdringen. Hierfür wird entweder vorrangig der Rückbau der Sande oder der Einbau einer Abschottung vorgenommen werden. Dieses wird keine Auswirkung auf das landseitige Grundwasserregime haben und somit zur keiner Grundwasserabsenkung führen.

Unterhalb der Sandschicht wurde paläogener Ton bis in beträchtlicher Tiefe angetroffen, so dass keine Grundwasserhaltung (zur Trockenhaltung der wasserseitigen Rampenbaugrube) erforderlich ist.

5.2.2. Landseitig der Küste

Im Allgemeinen überwiegen im landseitigen Teil der Rampenfläche Geschiebeeböden und Schollen aus paläogenem Ton.

In nordwestlicher Richtung wurden jedoch innerhalb der betreffenden Tiefe einige Sand-/Kiesvorkommen erkundet. In der Baugrube könnten solche lokalen Sand-/Kiesvorkommen angetroffen werden, was eine Grundwasserentspannung im Baugrubenbereich mittels Entspannungsbrunnen bis zur kritischen Tiefe erfordern wird. Die Zusickerung in diese Entspannungsbrunnen wird sehr begrenzt sein.

Weil diese Vorkommen als isoliert und begrenzt in ihrer Ausdehnung angenommen werden, wird es infolge der temporären Grundwasserdruckentlastung keine Auswirkung auf das außerhalb der Baugrube befindliche Grundwasserregime und Oberflächenwasser geben.