

16.04.2015

## Prüfbericht Nr. GI-LH-002

### 1. Betreff

Prüfauftrag vom:	06.08.2014 (Auftragsschreiben)
Ihr Zeichen:	2014-231.2ModS/7
Unsere Prüfnummer:	140179 / S 510/14
Unser Zeichen:	Pm/Gh/CA
Bauvorhaben:	Sicherung und Machbarkeit Grundinstandsetzung Alte Schleusen NOK-Kanal Kiel-Holtenau
Bauherr:	Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau Schleuseninsel 2, 24159 Kiel
Entwurfsverfasser:	Planungsgemeinschaft Kieler Schleusen - PKS bestehend aus: WTM und IRS Federführung WTM, Hamburg
Tragwerksplaner:	PKS bestehend aus: WTM und IRS Federführung WTM, Hamburg
<b>Gegenstand der Prüfung:</b>	<b>Lastenheft Grundinstandsetzung, Rev.0.3, Stand 30.01.2015</b>

## 2. Prüfunterlagen

B: Machbarkeitsstudie, Alte Schleuse Kiel Holtenau, Lastenheft für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung der alten Schleusen, Rev. 0.3, Stand 30.1.2015, Seiten 1 bis 30 und Anlage 2 (11 Seiten); Anlage 1 entfällt, aufgestellt durch die PKS

## 3. Baubeschreibung

Die alte (kleine) Doppelschleuse Kiel-Holtenau am östlichen Ende des Nord-Ostsee-Kanals aus dem Jahre 1895 wurde in Schwergewichtsbauweise komplett monolithisch errichtet und lässt sich in die Bauteile Außenhaupt, Binnenhaupt, nördliche Schleusenammerwand, südliche Schleusenammerwand, Mittelmauer und Sohle unterteilen. Aus den als Massivbauteile noch vorhandenen Mittelhauptern, die die Kammern in Außen- und Binnenkammern teilen, wurden die Mitteltore bereits seit den 1920er Jahren entfernt. In den Außen- und Binnenhäuptern sind jeweils Stemmortpaare angeordnet.

Die Nutzlänge der Kammern beträgt 125 m und die Nutzbreite 22 m bei einer Drempeltiefe von NHN -9,80 m. Der Wasserstand des NOK liegt bei NHN +-0,00 m und entspricht damit auch dem Grundwasserstand bei normalem Betrieb. Die Tide schwankt gemäß BAW-Zustandsgutachten zur Alten Schleuse Kiel-Holtenau A395 101 10257 vom 16.04.2014 um den Kanalwasserstand zwischen NHN -1,83 m (NNW) und NHN +2,25 m (HHW). Diese Angaben entsprechen in etwa denen der Konzeption des WSA Kiel-Holtenau vom September 2012, wonach die Extremwasserstände in der Förde NNW = -2,29 m NHN und HHW = +2,97 m NHN bei NOK-Wasserständen von -0,20 m NHN bis +0,50 m NHN sind. Die Spiegeldifferenz zwischen NOK und Förde beträgt den Großteil des Jahres aber nur wenige Dezimeter. Die Höhe der Plattform liegt im Kammerbereich bei NHN +2,77 m. Füllung und Leerung erfolgt über je zwei Längsläufe und je zwölf Stichkanäle.

Die Wände bestehen aus einer Vorsatzschale aus Wasserbauklinker, einem Füllmauerwerk sowie in zwei Höhenlagen angeordneten Sparbetonkammern. Die Sohle hat eine Dicke von 3,50 m im Bereich der Häupter und 2,50 m in den übrigen Bereichen und besteht aus Stampfbeton. Sie ist als umgekehrtes Gewölbe ausgebildet, wobei die Herstellung zum Abklingen von Setzungen abschnittsweise erfolgte: zunächst unter den Wänden mit schrägen Abstellungen, dann unter der Kammer, so dass nur der Wasserdruck über die umgekehrte Gewölbewirkung abzutragen ist.

Bereits 1973 wurden gravierende Schäden - insbesondere an der Südseite der Mittelmauer - festgestellt und die betroffenen Mauerteile durch großflächigen Abtrag und durch eine Kombination aus Vorsatzschale und Betonhinterfüllung saniert. Im Zuge dieser Maßnahme wurden auch die Tornischen der Mittelhäupter geschlossen.

Umgesetzt wurde nur der damals geplante 1. Bauabschnitt. Der untere Wandbereich ab Beginn der Sohlwölbung sowie die Kammersohle sollten in einem 2. Bauabschnitt streifenweise saniert werden. Diese Arbeiten sind bis heute nicht durchgeführt worden.

Das Mauerwerk weist heute erneut erhebliche Schäden in Form von breiten oberflächenparallelen Rissen im Abstand von etwa 30 cm auf. Diese Risse führen kammerseitig zu schalenförmigen Ablösungen dünner Mauerwerksschichten mit der Folge deutlich reduzierter Standsicherheiten. Die Südkammer ist vermutlich auf Grund der langen Nutzung als Trockendock von dieser Schädigung stärker betroffen als die Nordkammer, die aber ein grundsätzlich ähnliches Schadensbild aufweist. Während die Südkammer im trockengelegten Zustand untersucht und beprobt werden konnte, erfolgten Probenentnahmen in der Nordkammer nur im teilgelentzten Zustand, so dass die Beprobung der Nordkammer unterhalb NHN -3,00 m noch keine abschließenden Aussagen zulassen.

Der schlechte bauliche Zustand der Bestandskammern macht eine Grundinstandsetzung der beiden alten Kammern erforderlich.

Im Zuge der Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung soll die Möglichkeit des Verzichts auf jeweils eines der doppelten Stemmtorpaare zugunsten einer vergrößerten Nutzlänge untersucht werden. Hierzu müssen die Tore je nach Wasserständen auch gegen die Stemmrichtung auf Zug gehalten werden können.

Die zur Prüfung vorgelegte Fassung Rev. 0.3 enthält Änderungen gegenüber der geprüften Fassung Rev. 0.2, die in blauer Schrift gedruckt sind.

Mit der Grundinstandsetzung soll die Planiehöhe der Mittelmauer abweichend von der Bestandssituation einheitlich auf das gleiche Niveau der Häupter auf +4,30 mNHN gehoben werden. Dagegen soll die Planiehöhe der Seitenwände wie bisher im Bereich der Häupter auf +4,30 mNHN und im Bereich der Kammer auf +2,80 mNHN angeordnet werden.

#### 4. Lastannahmen

Siehe geprüftes Dokument

#### 5. Baustoffe

Siehe geprüftes Dokument

#### 6. Baugrund und Grundwasserverhältnisse

Siehe geprüftes Dokument

#### 7. Prüfbemerkungen

#### **Zu Kap. 2.2 Wasserstände Kieler Förde**

Entsprechend der Konzeption für die Grundinstandsetzung der alten Schleusen wird als Bemessungswasserstand für die Sturmflut

$$\text{BHW} = \text{RHW} (= \text{HW}_{\text{anno1872}}) + \Delta h = \text{NHN} + 2,97 \text{ m} + 0,50 \text{ m} = \text{NHN} 3,47 \text{ m}$$
 festgelegt.

Der in Übereinstimmung mit der Konzeption gewählte Ansatz findet auch im Generalplan Küstenschutz Schleswig-Holstein eine implizite Begründung.

Auf die angegebenen unteren Betriebswasserstände wird eine Sunkwelle von - 80 cm addiert, so dass sich ein unterer Bemessungswasserstand für die Massivbauteile in der Förde  $-1,40 - 0,80 = -2,20 \text{ m}$  NHN ergibt. Dieser Wert wird auf der sicheren Seite liegend auch in der Kammer angesetzt (vergl. 4.1.2 und 5.2).

Für den Stahlwasserbau wird in Kap. 6.5 als unterer Bemessungswasserstand NHN -1,40 m (bei Schleusenbetrieb) genannt (aus unterem Bemessungswasserstand für den NOK von NHN -0,20 m und Vorgabe Betrieb bei +-1,20 m). Für die Bemessung der Stahlwasserbauteile wird eine Schwall- und Sunkwelle von +-0,10 m addiert.

Generell wird für die Machbarkeitsstudie die Annahme getroffen, dass extrem hohe Wasserstände in der Förde nur bei oberem Betriebswasserstand im NOK und extrem niedrige Wasserstände in der Förde nur bei unterem Betriebswasserstand im NOK auftreten. Diese Annahme sollte für nachfolgende Planungsschritte verifiziert werden.

### **Zu Kap. 2.3 Wasserstände in den Kammern**

Im Zuge der Variantenuntersuchung ist es vorgesehen, den Lastfall Lenzen zu betrachten, sofern die jeweils betrachtete Variante ein Lenzen konstruktionsbedingt zulässt. Ebenso werden bauzeitliche Wasserstände für die Bauzustände berücksichtigt, die in den jeweiligen Statischen Berechnungen der zu betrachtenden Varianten zu konkretisieren sind..

Ermüdungswirksame Wasserstände werden im Rahmen der Machbarkeitsstudie noch nicht betrachtet und sind für die nachfolgenden Planungsphasen durch Fachgutachter festzulegen.

### **Zu Kap. 2.4 Grundwasserstände**

Der Grundwasserstand im Bereich der Schleuse korrespondiert grundsätzlich mit zeitlicher Verzögerung mit dem Wasserstand der Förde. Mit dem Hinweis auf nur kurzzeitig auftretende höhere Fördewasserstände als NHN = + 1,70 m wird das GW im Rahmen der Machbarkeitsstudie auf diesen Wert begrenzt (gilt auch für Bauzustände) und in der BS-P nur in Kombination mit höheren NOK/Kammerwasserständen (+0,5 m NHN (-0,3 m NHN Sunkwelle) und Förde-/Kammerwasserständen (+ 1,7 m NHN) angesetzt.

Als niedrigster Grundwasserstand für die Bemessungssituation mit maximal öffnenden Momenten (Belastung Richtung Erdreich) wird ein GW-Stand von -0,60 m NHN gemäß Baugrund-Gutachten zum Düker angesetzt.

Die Korrespondenz der verschiedenen Wasserstände Förde-GW-NOK soll weiter beobachtet und ggf. für spätere Planungsphasen angepasst werden.

### **Zu Kap. 3 Baugrund**

Zu den Ansätzen der Baugrundsichtung und der Bodenkennwerte hat eine Abstimmung mit der BAW mit Festlegung von Bemessungsprofilen stattgefunden. Die Ergebnisse sind im Lastenheft zusammengestellt.

#### **Zu Kap. 4.1.2 Wasserdruck**

Die in der Tabelle angegebenen Wasserstände stimmen mit den Angaben der Konzeption überein und wurden um den niedrigsten GW-Stand erweitert.

### **Zu Kap. 4.3 Verkehrslasten**

#### **Zu 4.3.1 Auflasten**

Es werden örtlich unbegrenzte Verkehrslasten von 10 kN/m<sup>2</sup> für die Bemessung des Massivbaus angesetzt.

Für den Bauzustand wird auf neu herzustellende Verbauwände zusätzlich eine Streifenlast von 50 kN/m<sup>2</sup> auf 2,5 m Breite im Abstand von 60 cm zur Baugrubenwand für ein 50 t-Fahrzeug (Nutzlasten aus Baggern und Hebezeugen EB 57) angesetzt.

Spezielle Kranstellplätze sind nicht vorgesehen, für den Torwechsel ist der Einsatz von Schwimmkränen erforderlich.

#### **Zu 4.3.4 Wellenlasten**

Es werden keine Wellenlasten berücksichtigt bzw. diese sind durch die gewählten Lastansätze abgedeckt (vergl. [18] zum Lastenheft).

#### **Zu 4.3.5 Eislasten**

Für die Ermittlung der Eisdrucklast wird für die Machbarkeitsstudie auf den Ansatz nach EAU 2004 verwiesen und eine Eisdicke gemäß E-Mail des WSA von 0,15 cm in der BS-P und gemäß EAU 2012, Tabelle E 177-2 für Kiel von 55 cm für die BS-A angesetzt. Mit einer mittleren Eisdruckfestigkeit für Ostseewasser und Süßwasser von 2,15 MN/m<sup>2</sup> und einem

Kontaktbeiwert  $k = 0,33$  ergeben sich Eisdrucklasten von  $p_0 = 110 \text{ kN/m}$  in der BS-P und  $p_0 = 390 \text{ kN/m}$  in der BS-A.

Für lokale Nachweise einzelner Bauteile ist der Kontaktbeiwert zu  $k = 1,0$  zu setzen. Örtliche Nachweise werden in nachfolgenden Planungsphasen geführt.

Für die Machbarkeitsstudie erscheint der vorgeschlagene Ansatz ausreichend genau.

### **Zu Kap. 5.2 Lastfallkombinationen**

Der in der BS-P1 angegebene Kammerwasserstand von NHN -2,20 m beinhaltet auf der sicheren Seite liegend eine Sunkwelle von -80 cm auch in der Kammer.

Für die BS-T1 (Revision) und BS-T2 (Bauzustand) sind variantenabhängig Zustände mit gelenzter Kammer vorgesehen. Dabei wird der oberer Förde- und GW-Wasserstand des „Betriebszustandes“, also +1,70 mNHN angesetzt. Bei höheren Förde- und GW-Wasserständen ist eine Revision nicht vorgesehen.

Sollten der GW- oder Fördewasserstand diese Kote im Bauzustand übersteigen, ist die Kammer/Baugrube zu fluten. Entsprechende Einrichtungen sind vorzusehen.

Für den Fall, dass die Annahme der Begrenzung des Grundwasserstand auf die angegebene Kote von +1,70 m NHN auch bei höherem Fördewasserstand bestätigt werden kann, ließe sich die Notwendigkeit der Baugrubenflutung vermeiden, wenn zumindest die Fangedämme/Baugrubensicherung zur Förde für einen höheren Fördewasserstand bei gelenzter Baugrube ausgelegt werden.

### **Zu Anlage 2.3 BS-T1:**

Für den Revisionszustand einer Kammer wird als höchster Förde- und GW-Wasserstand der „Betriebszustands“, also Förde/GW = +1,70 m NHN, angesetzt. In der gefüllten Kammer wird gleichzeitig „normaler“ Eisdruck (Eisdicke 15 cm) berücksichtigt.

### **Zu Anlage 2.4/2.5 BS-T2 und BS-T3:**

Für den Bauzustand werden die Kammerwasserstände variantenbezogen in den jeweiligen statische Berechnungen konkretisiert. Für die Förde und das GW wird als höchster Wasserstand der Betriebswasserstand ~~wasserstand~~ +1,70 m NHN berücksichtigt, vergl. Prüfbemerkung zu 5.2. BS-T3 entfällt.

### **Zu Anlage 2.8 BS-A3:**

Gegenüber BS-T1 wird hier im Zustand der Revision einer Kammer der volle Eisdruck in der anderen Kammer bei höchstem Betriebswasserstand angesetzt.

## **Zu Kap. 6 Berechnungsgrundlagen für den Stahlwasserbau**

### **Zu Kap. 6.4 bis 6.6 Wasserstände**

Im Betrieb ist die Wasserspiegeldifferenz zwischen Förde und NOK auf  $\pm 1,20 \text{ m}$  begrenzt. Sobald diese Differenz  $\pm 1,20 \text{ m}$  überschreitet, wird die Schleuse außer Betrieb gesetzt, der Verschluss Richtung Förde geschlossen und die Kammer mit dem NOK hydraulisch verbunden.

### **Zu Kap. 7.2 Materialkennwerte Bestand**

Für die Bestandssohle werden noch die Kennwerte aus dem Teilgutachten Materialprüfungen der BAW von 1992 angegeben. Inzwischen liegt auf Rückfrage der Planungsgemeinschaft eine Stellungnahme der BAW Karlsruhe vom 23.02.2015 zur langfristigen Weiterverwendung der Bestandssohle vor, die eine solche als nicht möglich einstuft.

### 8. Prüfergebnis

Die mit dem vorgelegten Lastenheft beschriebenen Planungsrandbedingungen bezüglich Boden- und Grundwasserkennwerten sowie Wasserständen im NOK und der Kieler Bucht sind in Zusammenhang mit den Materialkennwerten für den Bestand geeignet, eine Machbarkeitsstudie mit Variantenuntersuchung zur Grundinstandsetzung der beiden alten Schleusen Kiel-Holtenau durchzuführen. Die Prüfbemerkungen aus der Prüfung der Vorversion wurden aufgenommen/umgesetzt und weitere Konkretisierungen vorgenommen.

Das Lastenheft ist im Zuge der weiteren Planung mit der Entwicklung der Zielvariante fortzuschreiben. Dabei wird zwischen bauzeitlichen Randbedingungen, die noch durch den Bestand bzw. einen Verbau aufzunehmen sind und den Bedingungen für das teilverstärkte und vollständig instandgesetzte Bauwerk zu unterscheiden sein.

### 9. Sonstige Bemerkungen

-

### 10. Stand der Prüfung

Die Prüfung wird fortgesetzt.

  
Prüfer  
**Dr.-Ing. D. Pommerening**  
- Fachrichtung Massivbau -  
**Prüfung Kap. 1 - 5 + 7 + Anlage 2**

  
Prüfingenieurin  
**Dipl.-Ing. U. Schömig**  
- Fachrichtung Metallbau -  
**Prüfung Kap. 6**

### Verteiler:

WSA Kiel: 3 x  
z. d. A. KHP: 1 x  
z. d. A. SP: 1 x

# **B** Machbarkeitsstudie

**Alte Schleuse, Kiel-Holtenau**

Lastenheft für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung

Rev. 0.3

Stand: 30.01.2015

## PLANUNGSGEMEINSCHAFT KIELER SCHLEUSEN



Ingenieurbüro Rapsch und Schubert GmbH  
Max-von-Laue-Str. 12 ♦ 97080 Würzburg



WTM ENGINEERS GmbH  
Johannisbollwerk 6-8 ♦ 20459 Hamburg

aufgestellt:

*T. Sattler*

Dipl.-Ing. Timm Sattler

*Spang*

Dipl.-Ing. Joachim Spang

Projektleitung

*Prüfung Kap 1-5, 7 und Anlage Z*

In bautechnischer Hinsicht geprüft

**Pm**

Prüfnummer des Prüfverzeichnisses: *140 179*  
Prüfbericht Nr.: *GI-LH-002*  
Frankfurt, den *16.4.2015*

Prüfer für bautechnische Nachweise im Eisenbahnbau  
und gemäß WSV-Fachliste Prüfingenieure  
Tätigkeitsbereich: Massivbau

Anerkennungszeichen: 21/11/1006 vom 16.02.2011

Anerkannt durch das Eisenbahn-Bundesamt

Dr.-Ing. Dieter Pommerehne

Stresemannallee 30

60596 Frankfurt

Tel.: 069 - 63 00 08-0

*Pommerehne*  
(Unterschrift)

*J. Schömig*  
Geschäftsführung

*Prüfung Kap. 6*

**Hinsichtlich der Standsicherheit geprüft:**

Zu Grunde lagen die Pläne des Entwurfsverfassers:

*J.*

vom:

*J.*

Siehe Prüfbericht Nr. **GI-LH-002 v. 16.04.2015**

Der Bearbeiter

Die Prüfingenieurin

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig

Saatackerstraße 8, 63801 Kleingstheim

Tel. 06027/504-218, Fax 06027/504-100

anerkannt mit ME vom 16.06.1997

*Sattler*  
*Schömig*

Inhaltsverzeichnis

1. ALLGEMEINES	4
1.1 Bauteile	4
1.2 Geometrische Randbedingungen	4
1.3 Unterlagen	4
2. WASSERSTÄNDE	6
2.1 Wasserstände im Nordostseekanal	6
2.2 Wasserstände Kieler Förde	6
2.3 Wasserstände in den Kammern	8
2.4 Grundwasserstände	8
3. Baugrund	9
3.1 Bodenkennwerte	9
3.2 Bemessungsprofile	9
3.3 Äußere Tragfähigkeit Spundwände und Pfähle	12
4. Einwirkungen	12
4.1 Allgemeines	12
4.1.1 Eigenlasten	12
4.1.2 Wasserdruck	12
4.1.3 Wasserdruck im Innern von Bauteilen	12
4.2 Erddruck	13
4.3 Verkehrslasten	13
4.3.1 Auflasten	13
4.3.2 Pollerzug	13
4.3.3 Schiffsanlegedruck	13
4.3.4 Wellenlasten	13
4.3.5 Eislasten	14
4.3.6 Schlickablagerungen	14
4.3.7 Temperatur und Schwinden	14
4.3.8 Windlasten	14
5. Bemessungssituationen	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Lastfallkombinationen	15
5.2.1 Kammerwand (außerhalb Haupt)	15
5.2.2 Mittelmauer (außerhalb Haupt)	16
6. Berechnungsgrundlagen für den Stahlwasserbau	17

6.1	Normen und Bemessungsvorschriften	17
6.2	Allgemeine Planungsgrundsätze Stahlwasserbau	18
6.3	Geometrische Planungsvorgaben	19
6.4	Wasserstände	20
6.5	Wasserstandsdifferenzen Kieler Förde – Kammer - NOK	20
<b>6.6</b>	<b>Betriebszustände (Binnen- und Außenhaupt)</b>	<b>22</b>
<b>6.7</b>	<b>Einwirkungen</b>	<b>23</b>
6.7.1	Eigengewicht (ständige Einwirkung)	23
6.7.2	Hydrostatische Einwirkungen:	23
6.7.3	Hydrodynamische Einwirkungen:	24
6.7.4	Eisauflast	24
6.7.5	Eisdruck	24
6.7.6	Verkehrs- und Auflasten	25
6.7.7	Massenkräfte	25
6.7.8	Änderung der Stützbedingungen	25
6.7.9	Schiffsreibung	26
6.7.10	Schiffsstoß	26
6.7.11	Windlasten	26
6.7.12	Leckwerden von Luftkammern (Außergewöhnliche Einwirkung)	27
6.7.13	Abhebesicherung / Verriegelung (Außergewöhnliche Einwirkung)	27
6.7.14	Transport-, Montage- und Reparaturzustände	27
6.7.15	Bewegungsbehinderung durch Fremdkörper / Einwirkungen des Antriebes im Störfall	27
6.7.16	Weitere Einwirkungen auf die Verschlüsse	28
6.7.17	Betriebsfestigkeitsnachweise	28
6.7.18	Fahrzeiten Verschüsse	29
6.7.19	Füll- und Entleerungszeiten Schleuse	29
7.	Materialkenngrößen und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände	30
7.1	Normen	30
7.2	Materialkennwerte Bestand	30

## ANLAGEN

Anlage 1 – entfällt

Anlage 2 – Wasserstände

## 1. ALLGEMEINES

Das vorliegende Lastenheft gilt für die statischen Voruntersuchungen im Rahmen der Machbarkeitsstudie. Für anschließende Leistungsphasen ist das Lastenheft an die tiefer gehenden Planungen entsprechend anzupassen und ggf. zu ändern.

Änderungen gegenüber der vorangegangenen Revision sind in blauer Schrift gedruckt.

### 1.1 Bauteile

Die gesamte Baumaßnahme ist in die folgenden Bauteile unterteilt:

Bauteilkatalog
1. Außenhaupt
2. Binnenhaupt
3. Nördliche Schleusenkammerwand
4. Südliche Schleusenkammerwand
5. Mittelmauer
6. Sohle

### 1.2 Geometrische Randbedingungen

Die Oberkante der Schleusenplanie wird gegenüber der bestehenden Situation wie folgt geändert [25]. Die Planiehöhe wird für die Seiten- und Mittelmauer unterschiedlich vorgesehen. Während die Planiehöhe der Mittelmauer einheitlich auf +4,30 mNHN festgelegt wird, soll die Planiehöhe bei den Seitenwände wie bisher im Bereich der Häupter auf +4,30 mNHN und im Bereich der Kammer auf +2,80 mNHN angeordnet werden.

### 1.3 Unterlagen

- [1] Baugrundgutachten zur Standsicherheit der Südmauer, BAW Hamburg, Nr. 853375, 23.12.1988
- [2] Alte Schleuse Kiel-Holtenau, BAUGRUNDGUTACHTEN über die Hinterfüllung der Kammerwände, BAW Hamburg, Nr. 853375, 03.05.1990
- [3] Gutachten über Randbedingungen zur Standsicherheit der Alten Schleusen Kiel-Holtenau, BAW Karlsruhe, Nr. 89 16160, 30.11.1990
- [4] Teilgutachten Materialprüfungen (der) Alten Schleusen Kiel-Holtenau, BAW Karlsruhe, Nr. 89 16160, 01.12.1992
- [5] Zustandsgutachten zur Alten Schleuse Kiel-Holtenau, BAW Karlsruhe, Nr. A395 101 10257, 16.04.2014 mit Anlagen 1 bis 6
- [6] Alte Schleuse Kiel-Holtenau - Standsicherheitsuntersuchungen -, Ingenieurbüro Mohn GmbH, Kiel, 13/89, 04.06.1996

- [7] DIN 19702:2013-02 Massivbauwerke im Wasserbau – Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit
- [8] EAU 2004
- [9] EAU 2012
- [10] Technischer Jahresbericht 2013 des Arbeitsausschusses „Uferneufassungen“
- [11] Alte Schleuse Kiel-Holtenau - Bewertung der Standsicherheit unter Berücksichtigung des Bauwerkszustandes, Prof. Mark, Nr. D14 405, 10.06.2014
- [12] Konzeption gem. VV-WSV 2107, §6 (3) für die Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau vom Sept. 2012
- [13] E-Mail WSA, Herr Anke, vom 15.8.14
- [14] Generalplan Küstenschutz Integriertes Küstenschutzmanagement in Schleswig-Holstein 2001 (in [12] enthalten)
- [15] Generalplan Küstenschutz des Landes Schleswig-Holstein, Fortschreibung 2012, Vorläufige Endfassung
- [16] E-Mail WSA, Herr Anke, vom 9.9.14, 08.55 Uhr (Eingangswerte Eisdruck)
- [17] E-Mail WSA, Herr Anke, vom 15.9.14, 06.51 Uhr (Eislast)
- [18] E-Mail WSA, Herr Anke, vom 15.9.14, 08.08 Uhr (Sturmflut Bemessungswasserstand)
- [19] E-Mail WSA, Herr Anke, vom 17.9.14, 10.19 Uhr (Poller)
- [20] E-Mail WSA, Herr Anke, vom 17.9.14, 16.52 Uhr (Grundwasserstände)
- [21] Pegelstände Kiel-Holtenau -  
<https://www.pegelonline.wsv.de/gast/stammdaten?pegelnr=9610066>
- [22] Neubau eines Leitungsdükers Schleusenanlage Kiel-Holtenau, Geotechnischer Untersuchungsbericht, BAW Hamburg, A395501 10292, 06.01.2011
- [23] Kleine (Alte) Schleuse Kiel-Holtenau, Geotechnische Bemessungsprofile und Bauteilwiderstände für Sicherungsmaßnahmen und für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung, BAW Hamburg, A395501 10387\_Lie, 03.12.2014
- [24] Stellungnahme zu [23], BAW Hamburg, Herr Liebetruth, e-mail, 19.12.2014
- [25] Telefonnotiz WTM-WSA, E-Mail WTM, Herr Sunderdiek ~~07.01.2015, 13.49 Uhr~~  
08.01.2015, 10:53  
(Randbedingungen Seiten- und Mittelwand)

## 2. WASSERSTÄNDE

### 2.1 Wasserstände im Nordostseekanal

In der Konzeption der WSV für die Grundinstandsetzung der Kleinen Schleusen [12] sind für den NOK folgende Betriebswasserstände angegeben.

HKW = NHN +0,50m

NKW = NHN -0,20m -0,80m = -1,00m (incl. 0,80 m Sunkwelle)

### 2.2 Wasserstände Kieler Förde

Kennzeichnende Wasserstände (Pegel Kiel-Holtenau). Vom Pegel Alte Schleusen liegen diese Daten nicht vor. Die Werte des Pegels Kiel-LT weichen nur unwesentlich ab.

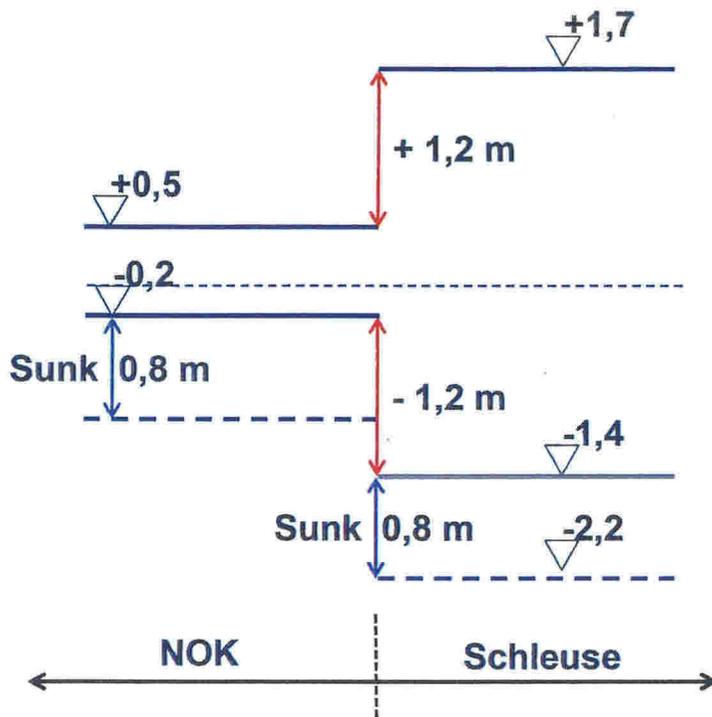


HW	NHN +1,75 m	(01.11.2000 – 31.10.2010) am 01.11.2006
MHW	NHN +1,30 m	(01.11.2000 – 31.10.2010)
MW	NHN +0,04 m	(01.11.2000 – 31.10.2010)
MNW	NHN -1,15 m	(01.11.2000 – 31.10.2010)
NW	NHN -1,59 m	(01.11.2000 – 31.10.2010) am 09.01.2005

In der Konzeption der WSV für die Grundinstandsetzung der Kleinen Schleusen [12] sind die Betriebswasserstände der Kleinen Schleusen in Bezug auf den NOK-Wasserstand angegeben.

Betriebswasserstände Differenz = +/- 1,20m zum NOK, d. h. NHN +1,70 / -1,40 m

Auf den unteren Wert ist die 0,80 m Sunkwelle zu addieren (-1,40 -0,80 = -2,20).



Extremwasserstände	HHW =	NHN +2,97 m	[3][12]
	NNW =	NHN -2,29 m	[12]

Die Extremwasserstände sind dem Generalplan Küstenschutz 2001 [14] entnommen.

Im Generalplan Küstenschutz 2012 sind folgende Werte angegeben:

$$HW_{200} = \text{NHN} + 2,36 \text{ m}$$

$$\text{HHW} = \text{NHN} + 2,97 \text{ m (13.11.1872)}$$

$$\text{Bemessungswasserstand Sturmflut BHW} = HW_{200} + \Delta h \geq \text{HHW}$$

mit  $\Delta h = 0,50 \text{ m}$  ergibt sich

$$\text{BHW} = 2,36 + 0,50 = \text{NHN} + 2,86 \text{ m jedoch mindestens BHW} = \text{HHW} = \text{NHN} + 2,97 \text{ m}$$

Gemäß [18] wird der Bemessungswasserstand für die außergewöhnliche Bemessungssituation wie im Generalplan Küstenschutz 2001 [14] mit  $\text{NHN} + 3,47 \text{ m}$  angesetzt.

**Bemerkung:**

Für die Machbarkeitsstudie wird angenommen, dass extrem hohe Wasserstände in der Förde nur bei oberem Betriebswasserstand im NOK und extrem niedrige Wasserstände in der Förde nur bei unterem Betriebswasserstand im NOK auftreten.

*Ist im Zuge der weiteren Planung zu verifizieren*

### 2.3 Wasserstände in den Kammern

In den Kammern treten bei Schleusenbetrieb die Wasserstände des NOK bzw. der Ostsee auf.

Wenn konstruktionsbedingt ein Lenzen der Kammer möglich und vorgesehen ist, muss dieser Lastfall berücksichtigt werden.

Bauzeitliche Wasserstände in den Kammern können nicht einheitlich festgelegt werden. Sie werden fallweise für die zu untersuchenden Varianten in der jeweiligen Statik berücksichtigt.

Ermüdungsrelevante Wasserstände sind von Fachgutachtern für nachfolgende Planungsphasen anzugeben.

### 2.4 Grundwasserstände

Das Grundwasser im Endzustand scheint dem Wasserstand in der Förde zu folgen. Deshalb wird nach [20] der Grundwasserstand prinzipiell gleich dem Fördewasserstand angesetzt.

Fördewasserstände über NHN +1,70 m treten selten und nur zeitlich begrenzt auf. Der Grundwasserstand reagiert zeitlich verzögert und wahrscheinlich gedämpft auf höhere Wasserstände in der Förde. Deshalb wird im Rahmen der Machbarkeitsstudie der Grundwasserstand auf  $\leq 1,70$  m NHN begrenzt. Dies gilt auch für Bauzustände.

Die unterschiedlichen Grundwasserstände nach [22] liegen unterhalb der oben genannten Werte und werden im Rahmen der Machbarkeitsstudie nicht angewendet, weil sie auf den Bereich des Dükers bezogen sind.

Für Varianten mit frei auskragenden Kammerwänden kann auch die Belastung Richtung Erdreich maßgebend werden. Hierfür wird in der Machbarkeitsstudie der niedrigste Grundwasserstand nach [22] mit - 0,60 m NHN angesetzt. Aufgrund der Abhängigkeit des Grundwassers von den freien Wasserständen wird der Kammerwasserstand bei NHN  $\pm 0,00$  m angesetzt.

Für die nachfolgenden Planungsphasen sind von einem Gutachter die Grundwasserstände in Bezug zu den Kanal- bzw. Ostseewasserständen anzugeben. Dies gilt auch für ermüdungsrelevante Wasserstände.

### 3. Baugrund

#### 3.1 Bodenkennwerte

Gemäß [23] und [24] werden die Bodenkennwerte aus [5] und [22] angesetzt. Die Bodenkennwerte aus [5], Anlage 4, werden umgerechnet für das Teilsicherheitskonzept:

$$\varphi'_k = \arctan(1,1 \cdot \tan(\text{cal } \varphi')) \text{ bzw. } c'_k = 1,3 \cdot \text{cal } c'$$

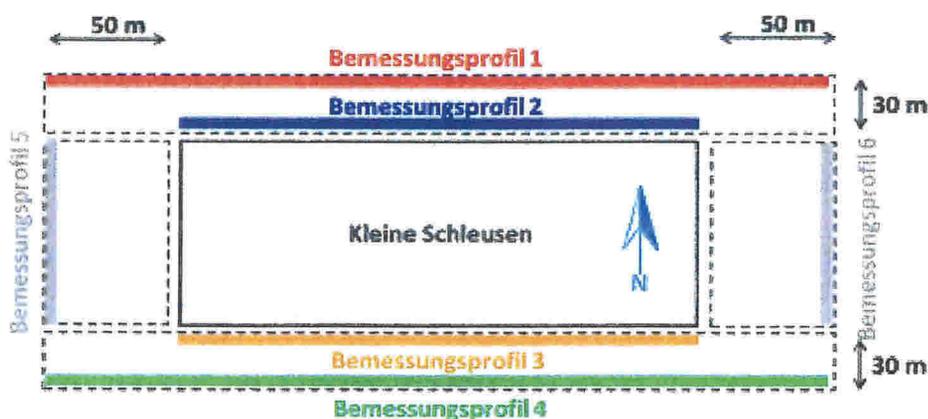
	$\gamma$	$\gamma'$	$\varphi'_k$	$c'_k$	$c_u$
	[kN/m <sup>3</sup> ]		[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
Auffüllung, Sand**	18	10	32,5	0	0
Auffüllung, Geschiebemergel**	18	10	32,5	6	50
Auffüllung (Mutterboden)	18,5	9	27,5	0	0
Torf	13	3	20	0	20
Geschiebemergel*	22,5	13	36	0	150
Schmelzwassersand / Kies Beckensand	19	11	37,5	0	0
Beckenton, -schluff*	20	10,5	25	0	150

\* Bei Nachweis Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch sind die Wichten um 1 kN/m<sup>3</sup> zu reduzieren.

\*\* Auffüllung der alten Baugrube

#### 3.2 Bemessungsprofile

In [23] werden 6 Bemessungsprofile dargestellt.



Die Bemessungsprofile 1 und 4 gelten für die Bemessung der Rückverankerung außerhalb der ehemaligen Baugrube der Alten Schleusen.

Bemessungsprofil 1

Nordseite, außerhalb Baugrube der alten Schleuse

UK		$\gamma$	$\gamma'$	$\varphi'_k$	$c'_k$	$c_u$
[m NHN]		[kN/m <sup>3</sup> ]		[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
-1,80	Auffüllung	18,5	9	27,5	0	0
-6,70	Torf	13	3	20	0	20
-16,50	Geschiebemergel, st-hf *	22,5	13	36	0	150
-23,80	Schmelzwassersand / Kies gr.-sgr. F.	19	11	37,5	0	0
-33,00 **	Geschiebemergel, st-hf *	22,5	13	36	0	150

Bemessungsprofil 2

Nordseite, innerhalb Baugrube der alten Schleuse

UK		$\gamma$	$\gamma'$	$\varphi'_k$	$c'_k$	$c_u$
[m NHN]		[kN/m <sup>3</sup> ]		[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
-7,60	Auffüllung Sand	18	10	32,5	0	0
-9,50	Auffüllung Geschiebemergel	22	12	32,5	6	50
-16,50	Geschiebemergel, st-hf *	22,5	13	36	0	150
-23,80	Schmelzwassersand / Kies gr.-sgr. F.	19	11	37,5	0	0
-33,00 **	Geschiebemergel, st-hf *	22,5	13	36	0	150

Bemessungsprofil 3

Südseite, innerhalb Baugrube der alten Schleuse

UK		$\gamma$	$\gamma'$	$\varphi'_k$	$c'_k$	$c_u$
[m NHN]		[kN/m <sup>3</sup> ]		[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
1,08	Auffüllung Sand	18	10	32,5	0	0
-4,62	Auffüllung Geschiebemergel	22	12	32,5	6	50
-9,40	Auffüllung Sand	18	10	32,5	0	0
-10,70	Geschiebemergel, st-hf *	22,5	13	36	0	150
-16,70	Beckenton, -schluff, st-hf *	20	10,5	25	0	150
-23,50	Geschiebemergel, hf-f *	22,5	13	36	0	150
-25,30	Beckensand, gr.-sgr. F.	19	11	37,5	0	0
-28,30	Geschiebemergel, hf *	22,5	13	36	0	150
-33,00 **	Beckensand, gr.-sgr. F.	19	11	37,5	0	0

Bemessungsprofil 4

Südseite, außerhalb Baugrube der alten Schleuse

UK		$\gamma$	$\gamma'$	$\varphi'_k$	$c'_k$	$c_u$
[m NHN]		[kN/m <sup>3</sup> ]		[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
2,20	Auffüllung	18,5	9	27,5	0	0
-8,90	Geschiebemergel, st *	22,5	13	36	0	150
-17,40	Beckenton, -schluff, st-hf *	20	10,5	25	0	150
-21,60	Schmelzwassersand / Kies gr.-sgr. F.	19	11	37,5	0	0
-33,00	Geschiebemergel, hf *	22,5	13	36	0	150

Bemessungsprofil 5

Westseite, NOK

UK		$\gamma$	$\gamma'$	$\varphi'_k$	$c'_k$	$c_u$
[m NHN]		[kN/m <sup>3</sup> ]		[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
-10,00	Schlick					
-10,70	Geschiebemergel, st-hf *	22,5	13	36	0	150
-16,70	Beckenton, -schluff, st-hf *	20	10,5	25	0	150
-23,50	Geschiebemergel, hf-f *	22,5	13	36	0	150
-25,30	Beckensand, gr.-sgr. F.	19	11	37,5	0	0
-28,30	Geschiebemergel, hf *	22,5	13	36	0	150
-33,00	Beckensand, gr.-sgr. F.	19	11	37,5	0	0

Bemessungsprofil 6

Ostseite, Förde / Ostsee

UK		$\gamma$	$\gamma'$	$\varphi'_k$	$c'_k$	$c_u$
[m NHN]		[kN/m <sup>3</sup> ]		[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	
-10,00	Schlick					
-16,50	Geschiebemergel, st-hf *	22,5	13	36	0	150
-23,80	Schmelzwassersand / Kies gr.-sgr. F.	19	11	37,5	0	0
-33,00	Geschiebemergel, hf *	22,5	13	36	0	150

\* beim Nachweis Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch ist die Wichte um 1 kN/m<sup>3</sup> zu verringern

\*\*Unterkante der Angaben

### 3.3 Äußere Tragfähigkeit Spundwände und Pfähle

[23] enthält Angaben zu Spitzendruck und Mantelreibung für Spundwände und Pfähle. Nach [24] gilt Tabelle 7 in [23] für Wellenspundwände. Als Spitzendruckfläche ist der Stahlquerschnitt anzusetzen.

Tabelle 10 in [23] gilt für Pfähle und für Tragbohlen kombinierter Spundwände. Die Flächen sind nach EA Pfähle anzusetzen.

## 4. Einwirkungen

### 4.1 Allgemeines

Einwirkungen werden nach [7] angesetzt.

#### 4.1.1 Eigenlasten

Für das Eigengewicht werden nach [5], Anlage 5-29, folgende Werte angesetzt:

Füllmauerwerk:	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Vorsatzschale:	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Sparbeton:	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
Stahlbeton:	$\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$

#### 4.1.2 Wasserdruck

	Grundwasser	NOK	Kammer	Ostsee
BS-P	-0,6 / + 1,7	+0,5 ..-0,3 / -0,2 ..-1,0 <sup>*)</sup>	NOK / Ostsee	NOK $\pm 1,2\text{m}$
BS-T	$\pm 0,0 / + 1,7$	+0,5 ..-0,3 / -0,2 ..-1,0 <sup>*)</sup>	Leer / NOK / Ostsee	NOK $\pm 1,2\text{m}$
BS-A	$\pm 0,0 / + 1,7$ <i>vgl. Anlage 2 S. 10+11</i>	+0,5 ..-0,3 / -0,2 ..-1,0 <sup>*)</sup>	NOK / Ostsee	+ 3,47 / -2,29

Alle Höhenangaben in [m NHN]

<sup>\*)</sup> Wasserstände NOK ohne bzw. mit Sunkwelle sind ungünstig zu überlagern.

#### 4.1.3 Wasserdruck im Innern von Bauteilen

Ansatz nach [7]

## 4.2 Erddruck

Der Erddruck wird abhängig von der Bauweise angesetzt:

Spundwände	aktiver Erddruck
Bohrpfahl-, Schlitzwände	erhöhter aktiver Erddruck
Massivbau	Erdruchdruck / aktiver Erddruck (be- / entlastend)

## 4.3 Verkehrslasten

### 4.3.1 Auflasten

Endzustand:  $q = 10 \text{ kN/m}^2$

Bauzustand: auf neu herzustellende Verbauwände  
 $q = 10 \text{ kN/m}^2$  großflächig + Streifenlast  $50 \text{ kN/m}^2$  auf  $b = 2,5 \text{ m}$   
 Dadurch ist nach EAB ein 50-t-Fz mit einem Abstand von mindestens  
 60 cm zur Baugrubenwand abgedeckt.

Ggf. werden bereichsweise andere Lasten angesetzt.  
 Dies wird durch entsprechende Abstände ausgeglichen.

Kranstellplätze: werden nicht vorgesehen  
 Der Einsatz von Schwimmkränen ist erforderlich.

### 4.3.2 Pollerzug

Nach [19] und [25] sind folgende Pollergrößen vorgesehen:

Mittelwand: 500 kN-, 600 kN- und 700 kN-Poller  
 Seitenwände: 200 kN-Poller

Der Pollerabstand wird auf 20 m festgelegt.

Pollerzug wird nach [7] in die BS-P eingestuft.

### 4.3.3 Schiffsanlegedruck

Der Schiffsanlegedruck wird gemäß [9] in der gleichen Größenordnung wie der Pollerzug angesetzt.

Analog zu Pollerzug wird der Anlegestoß der BS-P zugeordnet.

### 4.3.4 Wellenlasten

Gemäß [7] nicht berücksichtigt bzw. in den angesetzten Wasserständen enthalten.

#### 4.3.5 Eislasten

Für die Machbarkeitsstudie wird der Ansatz des Eisdrucks vereinfachend nach EAU 2004 angesetzt [17].

Horizontale einachsige Eisdruckfestigkeit Ostsee  $\sigma_0 = 1,8 \text{ MN/m}^2$

Horizontale einachsige Eisdruckfestigkeit Süßwasser  $\sigma_0 = 2,5 \text{ MN/m}^2$

Im Mittel ergeben sich  $\sigma_0 = \frac{1}{2} \cdot (1,8 + 2,5) = 2,15 \text{ MN/m}^2$ .

Eisdicke

gemäß [16]	$h = 0,15 \text{ m}$	Einstufung in BS-P
[9] (Tabelle E 177-2, Kiel)	$h = 0,55 \text{ m}$	Einstufung in BS-A

Mit dem Kontaktbeiwert  $k = 0,33$  ergeben sich folgende Linienlasten:

$$p_0 = k \cdot h \cdot \sigma_0$$

$$\text{BS-P: } p_0 = 0,33 \cdot 0,15 \cdot 2,15 \cdot 10^3 = 110 \text{ kN/m}$$

$$\text{BS-A: } p_0 = 0,33 \cdot 0,55 \cdot 2,15 \cdot 10^3 = 390 \text{ kN/m}$$

Örtliche Nachweise mit größeren Kontaktbeiwerten werden in nachfolgenden Planungsphasen geführt.

#### 4.3.6 Schlickablagerungen

Entfällt

#### 4.3.7 Temperatur und Schwinden

Nach [7] sind folgende saisonalen Temperaturen zu berücksichtigen.

Aufstelltemperatur:	+10 °C
erdseitige Oberflächen:	+10 °C (ab 2 m hinter Vorderkante Massivbau konstant)
Luftseitige Oberflächen:	± 25 K
Wasserseitige Oberflächen:	± 15 K (einschließlich Wasserwechselzone)

In späteren Planungsphasen ist Früher Zwang nach MFZ zu berücksichtigen.

#### 4.3.8 Windlasten

Windlasten sind im Pollerzug enthalten.

## 5. Bemessungssituationen

### 5.1 Allgemeines

Die Bemessungssituationen und Teilsicherheitsbeiwerte werden nach [7] angesetzt. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden nur die zur Kammer wirkenden Kombinationen untersucht.

### 5.2 Lastfallkombinationen

In der Anlage 2 sind die Lastfallkombinationen grafisch dargestellt.

#### 5.2.1 Kammerwand (außerhalb Haupt)

	1	2	3	4	5	6
	BS-P 1	BS-P 2	BS-T 1	BS-T 2	BS-A 1	BS-A 4
	(1.1)	(1.2)	(2.1)	(2.2)	(3.1)	(3.4)
Eigengewicht	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Hinterfüllung	Ea - E <sub>0</sub>	Ea - E <sub>0</sub>	Ea - E <sub>0</sub>	Ea - E <sub>0</sub>	Ea - E <sub>0</sub>	Ea - E <sub>0</sub>
Grundwasser	± 0,00 m (- 0,60 m)*	+1,70 m	<b>+1,70 m</b>	+1,70 m	± 0,00 m	+ <b>2,80 m**</b> )
Kammerwasser	-2,20 m (± 0,00 m)	+0,50 m / <b>-0,30 m</b>	leer (Rev.)	Einzelfall	-2,29 m	+0,50 m / <b>-0,30 m</b>
Auflast	10 kN/m <sup>2</sup>	10 kN/m <sup>2</sup>	10 kN/m <sup>2</sup>	Einzelfall	10 kN/m <sup>2</sup>	10 kN/m <sup>2</sup>
Pollerzug	<b>200 kN</b>	<b>200 kN</b>	-	-	-	<b>200 kN</b>
Anlegedruck	← -	-	(günstig)	-	-	- →
Eisdruck	← -	-	(günstig)	-	-	- →
			Revision	Bauzustand Einzelfall	außer Betrieb	nach Sturmflut

Alle Höhenangaben beziehen sich auf NHN.

\*) für Beanspruchung nach außen

\*\*\*) GW = OK Wand bei Ausfall Außentor

Anmerkung: Eine Revision der Schleusenammer ist nicht bei jeder Variante möglich / vorgesehen.

*ggf. Flutung bei Föhrerzustand > Betrieb  
erforderlich*

## 5.2.2 Mittelmauer (außerhalb Haupt)

	7	8	9	10	11	12
	BS-P 2	BS-T 1	BS-T 2	BS-A 1	BS-A 2	BS-A 5
	(1.2)	(2.1)	(2.2)	(3.1)	max. Eis (3.2)	Sturmflut + Eis (3.5)
Eigengewicht	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Kammerwasser links	+1,70 m	+1,70 m	+1,70 m	-0,20 m	+1,70 m	+3,47 m
Kammerwasser rechts	+0,50 m/ -0,30 m	leer (Rev.)	Einzelfall	-2,29 m	+0,50 m/ -0,30 m	+0,50 m
Auflast	10 kN/m <sup>2*</sup> )	10 kN/m <sup>2*</sup> )	10 kN/m <sup>2*</sup> )	10 kN/m <sup>2*</sup> )	10 kN/m <sup>2*</sup> )	10 kN/m <sup>2*</sup> )
Pollerzug	700 kN	-	Einzelfall	-	700 kN	-
Anlegedruck	← -	-	(Eis maßg.)	-	-	- →
Eisdruck	110 kN/m	110 kN/m	110 kN/m	110 kN/m	390 kN/m	110 kN/m
		Revision	Bauzustand Einzelfall	NNW 1 Tor defekt	extr. Eis	Sturmflut + 1 Tor def.

\*) halbseitig ungünstig

Alle Höhenangaben beziehen sich auf NHN.

Anmerkung: Eine Revision der Schleusenammer ist nicht bei jeder Variante möglich / vorgesehen.

## 6. Berechnungsgrundlagen für den Stahlwasserbau

Prüfnummer

### 6.1 Normen und Bemessungsvorschriften

510/14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

Für die Bemessung des Stahlwasserbaus der „Alte Schleuse Kiel-Holtenau“ gelten folgende Bemessungsgrundlagen:

- [1] E DIN 19704: 2012-05 Entwurf, Stahlwasserbauten einschl. normativer Verweise
- [2] DIN EN 1990 : 2010-12, Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010
- [3] DIN EN 1990/NA : 2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter – Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung
- [4] DIN EN 1990/NA/A1 : 2011-07, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter – Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung; Änderung A1
- [5] DIN EN 1993-1-1 : 2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1993-1-1:2005 + AC:2009
- [6] DIN EN 1993-1-1/NA : 2010-12, Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [7] DIN EN 1993-1-6 : 2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen; Deutsche Fassung EN 1993-1-6:2007 + AC:2009
- [8] DIN EN 1993-1-6/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen
- [9] DIN EN 1993-1-8:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009
- [10] DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- [11] DIN EN 1993-1-9:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung; Deutsche Fassung EN 1993-1-9:2005 + AC:2009
- [12] DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12, Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung
- [13] DIN EN 10025-2:2005-04, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen; Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle
- [14] DIN EN 10088-3 : 2005 Nichtrostende Stähle

## 6.2 Allgemeine Planungsgrundsätze Stahlwasserbau

Für den Leistungsabschnitt B „Machbarkeitsstudie Alte Schleuse Kiel-Holtenau“ gelten folgende Planungsgrundsätze:

### Allgemein

- Erhalt der vorhandenen, lichten nutzbaren Schleusenabmessungen
- Als Mindestanforderung ist die Lenzbarkeit der Häupter zu gewährleisten
- Decksbereiche sind niveaugleich auszubilden, Rampen und Treppen sind zu vermeiden

Prüfnummer

510/14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

### Verschlüsse

- Für die Schleusenverschlüsse soll das Stemmtorkonzept grundsätzlich beibehalten werden. Es werden folgende Verschlussstypen untersucht:
  - Einfach kehrende Stemmtore (Zwei Tore erforderlich)
  - Inverses Stemmtor (System Ijmouden)
  - Inverses Stemmtor (System „Biegesteife Ausführung an der Schlagsäule“)
  - Drehsegmenttor mit vertikaler Achse (System Schleuse „Neuer Hafen in Bremerhaven) – Alternative zum Stemmtorkonzept
- Die Schleusentore sind überfahrbar zu gestalten. Mindestanforderungen sind die Lastmodelle der Fa. Still – Fahrzeuge Gabelstapler RX 70-50 und Elektrozug R08-20 mit max. Anhängelast. Geometrisch soll eine Fahrbahnbreite von 2,0 m nicht überschritten werden.
- Die Füll- und Entleerungsorgane der Schleuse sind in die Schleusenverschlüsse zu integrieren. Die Anzahl der Verschlüsse ist zu minimieren.
- Die maschinentechnische Ausrüstung ist an die neuen Verschlüsse anzupassen und zu verkleinern bzw. zu konzentrieren.
- Die Steuerungstechnik ist so auszulegen, dass der Betrieb der Alten und Neuen Schleusen über eine gemeinsame Leitzentrale möglich ist

### 6.3 Geometrische Planungsvorgaben

Lichte Kammer- bzw. Hauptbreite	25,00 m
Drempelwinkel	20,0°

#### Geometriedaten der Hauptbereiche der Nord- und Südkammer

##### Außenhaupt

OK Planie	NN +4,27 m
OK Drempel / <u>Kammersohle</u>	NN <u>-10,00</u> m
OK <u>Sohle Haupt</u>	NN -10, <u>50</u> m

##### Binnenhaupt

OK Planie	NN +4,27 m
OK Drempel / <u>Kammersohle</u>	NN -10, <u>00</u> m
OK <u>Sohle Haupt</u>	NN -10, <u>50</u> m

Die geometrischen Vorgaben sind ggf. in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Voruntersuchungen/Machbarkeitsstudie noch anzupassen.

Prüfnummer

510/14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

**6.4 Wasserstände****NOK**

HKW	NN + 0,50 m	[3], Konzeption, S. 20
MKW	NN ± 0,00 m	
NKW	NN - 1,00 m	

**Schleusenammer**

HKW	NN + 0,50 m	[3], Konzeption, S. 20
MKW	NN ± 0,00 m	
NKW	NN - 1,00 m	

Prüfnummer ○

**510/14**Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim**Kieler Förde**

HHW	NN +3,47 m	[3], Konzeption, S. 20
NNW	NN -2,29 m	

**6.5 Wasserstandsdifferenzen Kieler Förde – Kammer - NOK****Schleuse außer Betrieb:****Kieler Förde**

HHW	NN +3,47 m
NNW	NN -2,29 m

**NOK**

Bemessungswasserstand	NN + 0,50 m
Max Δ	2,97 m

**Schleuse in Betrieb:**

**NOK**

Oberer Bemessungswasserstand	NN + 0,50 m
Unterer Bemessungswasserstand	NN - 0,20 m

Der Schleusenbetrieb erfolgt bis zu einer max. Wasserstandsdifferenz von 1,20 m

Es ergeben sich somit folgende Bezugswasserstände für die Kieler Förde:

**Kieler Förde**

Oberer Bemessungswasserstand	NN + 1,70 m
Unterer Bemessungswasserstand	NN - 1,40 m

Prüfnummer

510/14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

Für die Bemessung der Stahlwasserbaukonstruktionen ist auf die Bemessungswasserstände eine Schwallwelle bzw. Sunkwelle von 0,10 m zu addieren.

## 6.6 Betriebszustände (Binnen- und Außenhaupt)

### Schleuse außer Betrieb

- Verschluss in Revision (Haupt trockengelegt)

Förde: NN +1,70 m

- Verschluss halten gegen Überstau von NOK

NOK: NN + 0,50 m

Förde: NN -2,29 m

- Verschluss halten gegen Überstau von der Kieler Förde

NOK: NN + 0,50 m

Förde: NN +3,47 m

Prüfnummer

510/14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

### Schleuse in Betrieb

- Verschluss halten gegen Überstau von NOK

NOK: NN - 0,20 m

Förde: NN -1,40 m

- Verschluss halten gegen Überstau von der Kieler Förde

NOK: NN + 0,50 m

Förde: NN +1,70 m

- Verschluss bewegen gegen Überstau (Überstau entsprechend Kap. 6.7.3, b)

## 6.7 Einwirkungen

Folgende Angaben sind für die Bemessung der Verschlüsse anzusetzen:

### 6.7.1 Eigengewicht (ständige Einwirkung)

Als ständige Einwirkungen sind die Eigenlasten der Stahlwasserbauteile anzusetzen:

Zuschlag Eigengewicht

Zusätzlich ist für die Verschlüsse gemäß DIN 19704-1 (5.1) ein Zuschlag von 10 % für Beschichtungen, anhaftendes Wasser, anhaftendes Eis, Bewuchs und Verschmutzungen zu den Eigenlasten zu berücksichtigen.

Eine mögliche Schlickbelastung wird durch den Zuschlag zum Eigengewicht mit abgedeckt.

### 6.7.2 Hydrostatische Einwirkungen:

Bemessungswasserstände:

Siehe Kap. 6.5

Prüfnummer

510/14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

### 6.7.3 Hydrodynamische Einwirkungen:

#### a) Aufschlag zu den hydrostatischen Einwirkungen:

Ansatz für die statische Bemessung der Stemmtore in geschlossener Stellung:

Die Wellenlasten wurden bereits ermittelt und es liegt eine signifikante Wellenhöhe von 62 cm und eine maximale Wellenhöhe von 1,15 m vor.

Die Stauhaut der Verschlüsse ist auf den höchsten Bemessungswasserstand von 3,47 m auszulegen. Wellenbelastungen sind bis auf diese Höhe anzusetzen. Ein möglicher, geringer Restüberlauf von wenigen Zentimetern wird vernachlässigt

Die Ermittlung von möglichen, ermüdungsrelevanten Wasserstandsschwankungen erfolgt mit gesonderter Pegelauswertung.

#### b) Einwirkungen aus Torbewegung:

Für die statischen Nachweise zu berücksichtigen:

Tor geschlossen bis 90° (in Tornische)  $\Delta w = 15 \text{ cm}$

Für Betriebsfestigkeitsnachweise zu berücksichtigen:

Tor geschlossen bis 90° (in Tornische)  $\Delta w = 10 \text{ cm}$

Prüfnummer

510 / 14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

### 6.7.4 Eisauflast

Für die Schleusenverschlüsse ist eine Last von 1 kN/m<sup>2</sup> infolge einer 10 cm hohen geschlossenen Eisschicht auf dem oberen horizontalen Torabschluss zu berücksichtigen.

### 6.7.5 Eisdruck

Zusätzlich zum hydrostatischen Wasserdruck ist der Eisdruck gemäß DIN 19704-1 (5.2.5) anzusetzen. Es ist der in Küstengebieten vorherrschende Eisdruck anzusetzen:

- Flächenlast  $p_E = 250 \text{ kN/m}^2$
- Mindesteisdicke Eisdicke  $h_E = 0,50 \text{ m}$

(Dies entspricht dem Bemessungsansatz der Schl. Brunsbüttel)

Der Eisdruck ist mit den Betriebswasserständen (Normalwasserständen) zu kombinieren.

Gemäß Vereinbarung mit dem AG ist der Eisdruckansatz entsprechend DIN 19704-1 aufgrund von vorgesehenen betrieblichen Einrichtungen zur Eisfreihaltung um 30% zu reduzieren.

### 6.7.6 Verkehrs- und Auflasten

Für die Torlaufstege (Bedienstege) sind Verkehrslasten nach DIN 19704-1 (5.2.6) anzusetzen.

Der Schleusenverschluss muss für den Dienstbetrieb und für die Schiffsausrüster mittels folgender Fahrzeuge (Bemessungsfahrzeuge) überfahrbar sein:

Fahrzeug Gabelstapler RX 70-50, Fa. Still

Fahrzeug Elektrozug R08-20 mit max. Anhängelast, Fa. Still

Die Fahrbahnbreite soll eine Breite von 2,0 m nicht überschreiten.

Weiterhin ist eine Mindestflächenlast von 5 kN/m<sup>2</sup> bei der Bemessung anzusetzen.

Für Bedienstege auf und im Torkörper werden Verkehrslasten nach DIN 19704-1 (5.2.6) angesetzt:

- |   |                      |                       |
|---|----------------------|-----------------------|
| - | Bedienstege          | 2,5 kN/m <sup>2</sup> |
| - | horizontale Holmlast | 0,5 kN/m              |

Prüfnummer

510/14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

### 6.7.7 Massenkräfte

Massenkräfte werden gemäß DIN 19704-1 (5.2.7) aufgrund der geringen Beschleunigungen (< 0,5 m/s<sup>2</sup> bezogen auf den Schwerpunkt) vernachlässigt.

### 6.7.8 Änderung der Stützbedingungen

#### Auswirkungen statisch unbestimmter Lagerung:

Es ist als Lastfall „Erhöhung der Auflagerlasten infolge Lastumlagerung/Ausfall“ einer Stemmknagge zu berücksichtigen.

Temperaturdifferenzen werden bei der Bemessung der Verschlüsse vernachlässigt.

Die Auswirkung massivbaulicher Verformung sind durch den Ansatz des Lastfalls „Erhöhung der Auflagerlasten infolge Lastumlagerung/Ausfall“ einer Stemmknagge mit abgedeckt.

### 6.7.9 Schiffsreibung

Für den geöffneten Verschluss sind nach DIN 19704-1 (5.2.10) folgende Lasten aus Schiffsreibung gleichzeitig zu berücksichtigen:

- Horizontallast  $\perp$  zur Fahrtrichtung 100 kN
- Horizontallast in Fahrtrichtung 50 kN

Die Lasten werden auf die Schrammleisten im Bereich der Wasserlinie angesetzt.

### 6.7.10 Schiffsstoß

Ein Schiffsstoß ist bei der Auslegung des Antriebes zu berücksichtigen. Der Antrieb soll sich bei einem bestimmten Stoß öffnen, damit er keinen Schaden nimmt. Hierzu ist eine Energie von max. 1.000 kNm anzusetzen.

Für den Schiffsstoß ist der maximal schleusbare Wasserstand mit dem Stoß zu kombinieren.

Anprall ist nur für den Fall zu berücksichtigen, dass ein Schiff, das sich innerhalb der Kammer befindet, gegen das geschlossene Tor fährt. Ein Anprall von der Kanalseite her bzw. von der Fördeseite her ist nicht zu berücksichtigen.

### 6.7.11 Windlasten

Für die Ermittlung der Antriebskräfte der Schleusenverschlüsse sind Windlasten nach DIN 1991-1-4, mit nationalem Anhang zu berücksichtigen.

Geschwindigkeitsdruck nach DIN 1991-1-4; Windzone WZ3:

Geschwindigkeitsdruck  $\rightarrow q=1,05 \text{ kN/m}^2$

Aerodynamischer Beiwert des Geländeniveaus nach DIN 19704-1 (5.2.12)

$\rightarrow c_f=0,5$

Prüfnummer

510/14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

### 6.7.12 Leckwerden von Luftkammern (Außergewöhnliche Einwirkung)

Das Leckwerden von Luftkammern der Verschlüsse ist gemäß DIN 19704 zu berücksichtigen. Es ist der ungünstigste Fall für die Bemessung heranzuziehen. Das Tor muss in diesem Zustand noch in die Revisionsstellung gefahren werden können.

### 6.7.13 Abhebesicherung / Verriegelung (Außergewöhnliche Einwirkung)

Die Abhebesicherung gegen das Ausheben der Verschlüsse aus dem Lager bei Schiffsanprall/ Auftrieb ist für 10% der Antriebskraft bzw. max. 250 kN zu dimensionieren.

### 6.7.14 Transport-, Montage- und Reparaturzustände

Die Einwirkungen bei Transport, Montage und Reparatur sind zu berücksichtigen:

#### a) Revision der Schleusenverschlüsse:

Im Revisionsfall werden entsprechende Revisionsverschlüsse gesetzt. Auf den Verschluss wirkt kein Wasserdruck

Rückwand: nicht wasserbenetzt (Kammer, Haupt abgepumpt).

Prüfnummer

510 / 14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

#### b) Druckprüfung von Hohlkörpern:

$p_{\min} = 0,3 \text{ bar}$

#### c) Montagezustand:

Eigengewicht Verschluss ohne Auftrieb > Belastbarkeit der Auflager

### 6.7.15 Bewegungsbehinderung durch Fremdkörper / Einwirkungen des Antriebes im Störfall

Es sind außergewöhnliche Einwirkungen durch den Antrieb bei Blockierung der Verschlüsse (Verklebungen) nachgewiesen.

Der Stahl- und Maschinenbau ist so auszulegen, dass infolge Bewegungsbehinderung keine Schäden an den Stahlbauteilen entstehen. Lokale Beschädigungen an der Verklemmstelle sind nicht auszuschließen.

Im Störfall werden die größtmöglichen Antriebskräfte / Antriebsmomente des Antriebs auf die Verschlusskörper mit den Ansätzen nach DIN 19704-1, Abschnitt 8 und 9.3 und die außergewöhnlichen Kombinationen nach DIN 19704-1, Tabelle 6 plus Überlastschutz (25%) des Antriebes erfasst.

### 6.7.16 Weitere Einwirkungen auf die Verschlüsse

#### Reibungskräfte:

Die auf Stahl- und Maschinenbaukonstruktionen einwirkenden Reibkräfte sind nach DIN 19704-1, Kapitel 6, zu ermitteln.

Prüfnummer

### 6.7.17 Betriebsfestigkeitsnachweise

510/14 -

#### Stahlkonstruktionen:

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

Folgende Angaben sind den Betriebsfestigkeitsnachweisen für die Stahlkonstruktionen zu Grunde zu legen:

Betriebszeit:	70 Jahre
Betriebstage pro Jahr:	340 Tage/Jahr
Kreuzungsschleusungen pro Tag:	24
Lastspielanzahl:	n = 571.200

**Maschinenkonstruktionen:**

Folgende Angaben sind den Betriebsfestigkeitsnachweisen für die Maschinenkonstruktionen zu Grunde zu legen:

Betriebszeit:	35 Jahre
Betriebstage pro Jahr:	340 Tage/Jahr
Kreuzungsschleusungen pro Tag:	24
Lastspielanzahl:	n = 285.600

**6.7.18 Fahrzeiten Verschüsse**

Verschluss Schleuse	90 s
Verschluss Füll- und Entleerungsorgane	120 s

**6.7.19 Füll- und Entleerungszeiten Schleuse**

Füll- und Entleerungszeiten gemäß Abstimmung mit der BAW

Prüfnummer

510/14

Dipl.-Ing. Ulrike Schömig  
Kleinostheim

## 7. Materialkenngrößen und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände

### 7.1 Normen

Massivbau	Handbuch Eurocode 2 Betonbau Band 1: Allgemeine Regeln, 1. Aufl. 2012
Stahlwasserbau	DIN 19 704
Stahlbau	Handbuch Eurocode 3 Stahlbau Band 6: Pfähle und Spundwände, 1. Aufl. 2011
Mauerwerk	DIN 1053-100:2007-09 Mauerwerk – Teil 100: Berechnung auf der Grundlage des semiprobabilistischen Sicherheitskonzepts
Ufereinfassungen	EAU 2012
Baugruben	EAU 2012 / EAB, 5. Aufl. 2012

### 7.2 Materialkennwerte Bestand

Mauerwerk (gemäß [5], Anlagen 4 und 5)

Mauersteine	$\beta_{M,0.05} = 13,5 \text{ N/mm}^2$
Haftscherfestigkeit	$\beta_{RHS} = 0,20 \text{ N/mm}^2$
Steinzugfestigkeit	$\beta_{RZ} = 0,7 \text{ N/mm}^2$
Elastizitätsmoduli	Vorsatzschale 30.000 N/mm <sup>2</sup> Füllmauerwerk 22.000 N/mm <sup>2</sup>

Bei der Schubtragfähigkeit wird wegen der Risse und Klüfte  $\beta_{RHS} = 0$  gesetzt.

Sparbeton (gemäß [4], Anlage 5, S. 5-28 f)

fiktiv wird angesetzt: Beton B 5, Rohdichte 1,79 g/cm<sup>3</sup>

Im schlechtesten Fall enthalten die Kammern Sand oder weisen Hohlräume auf.

Sohle (gemäß [4], S. 37 ff)

Es wird etwa ein B 5 ( $\gamma/\gamma' = 20/10 \text{ kN/m}^3$ ) angesetzt. Der Kleinstwert liegt unter einem B 5. Deshalb wird der in [4], S. 37 ermittelte Kleinstwert  $f_{ck} = 4,8 \text{ MPa}$  angesetzt.

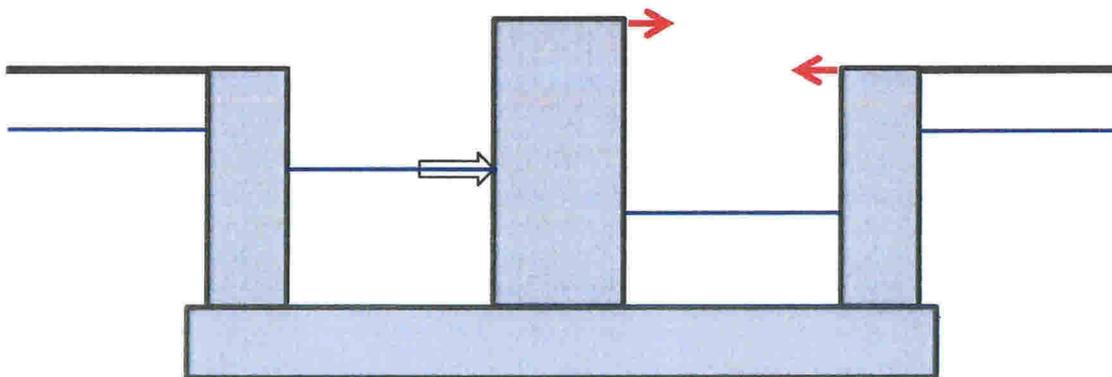
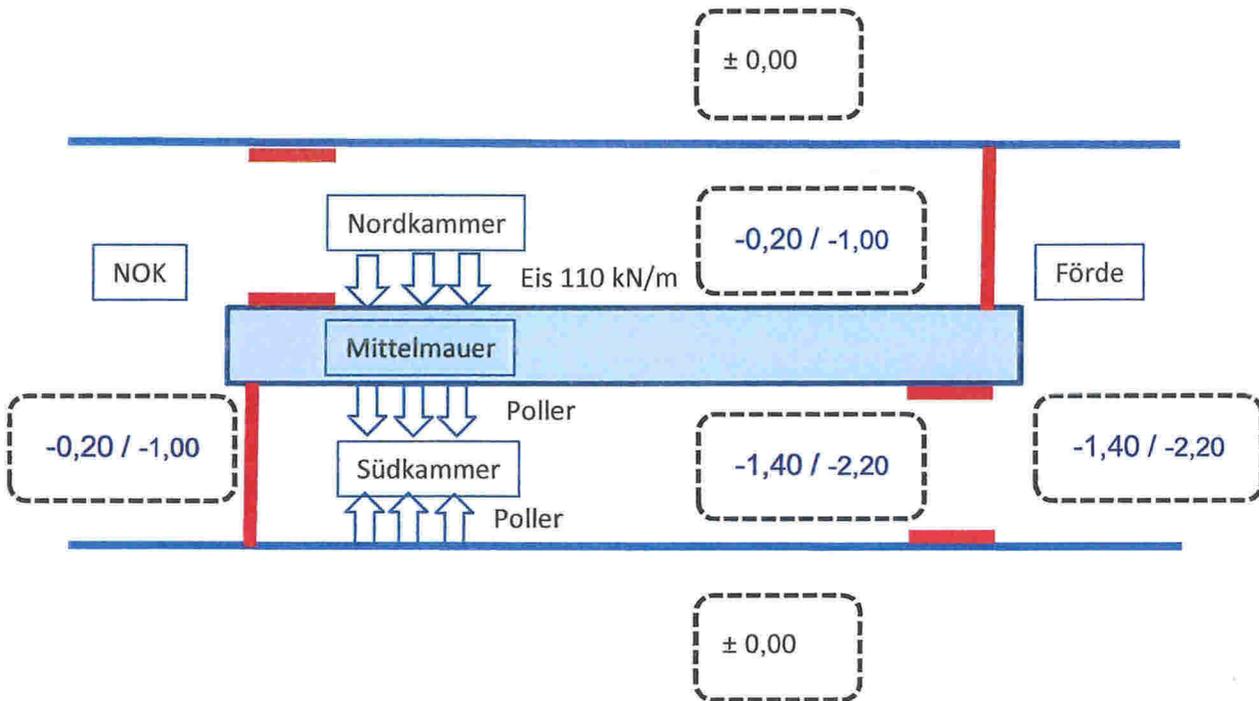
*gemäß DAW-Stellungnahme vom 23.7.15 ist eine langfristige Nutzung der Bestandssohle nicht möglich!*

## Anlage 2

Wasserstände (beispielhaft)

BS – P 1

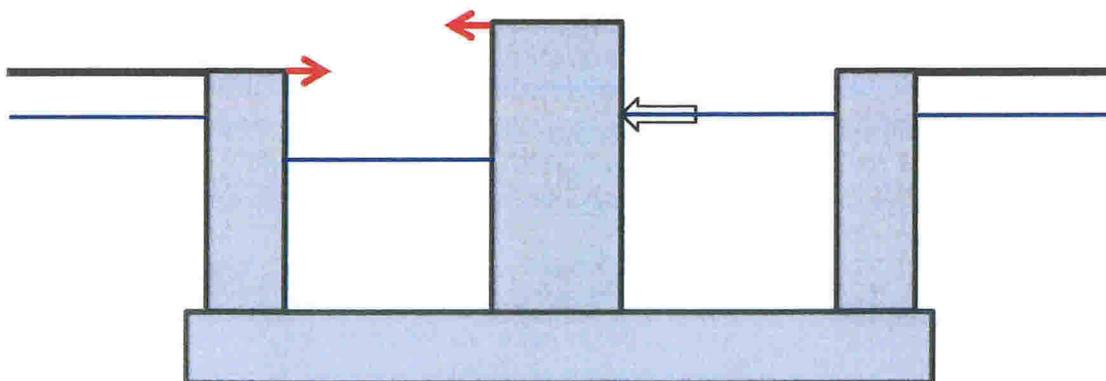
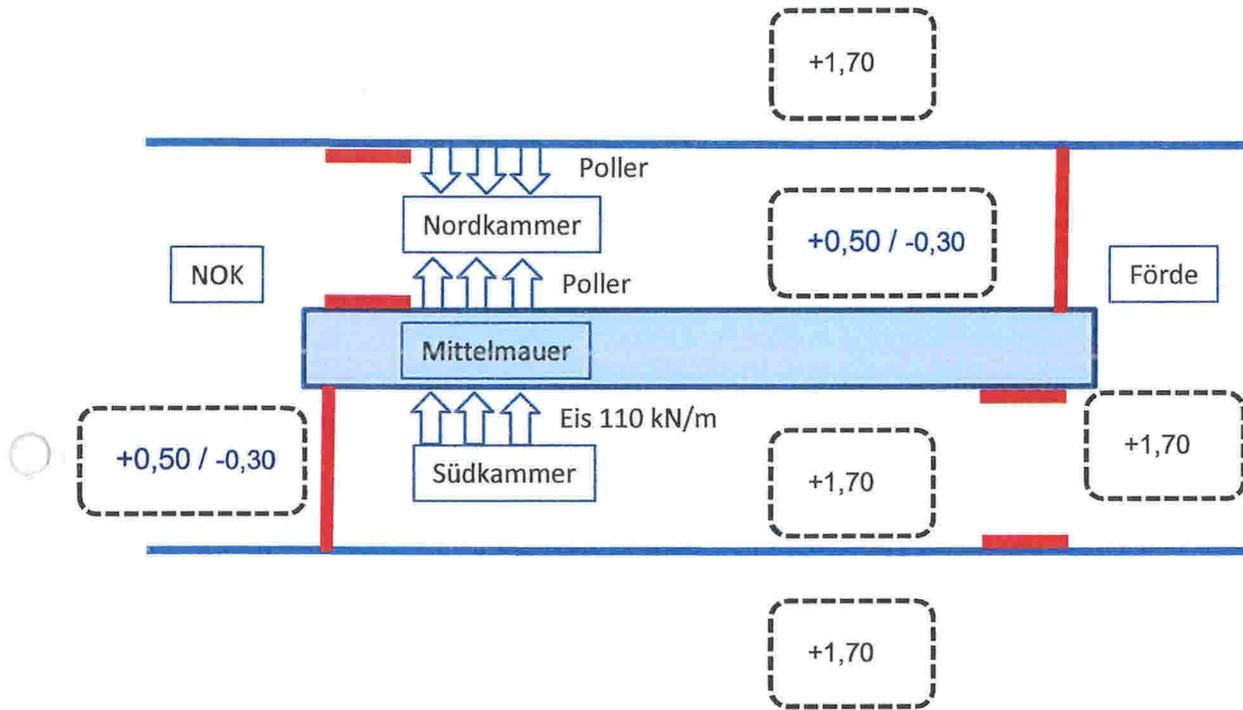
Anlage 2.1



NOK unterer Betriebswasserstand  
normaler Eisdruck

BS – P 2

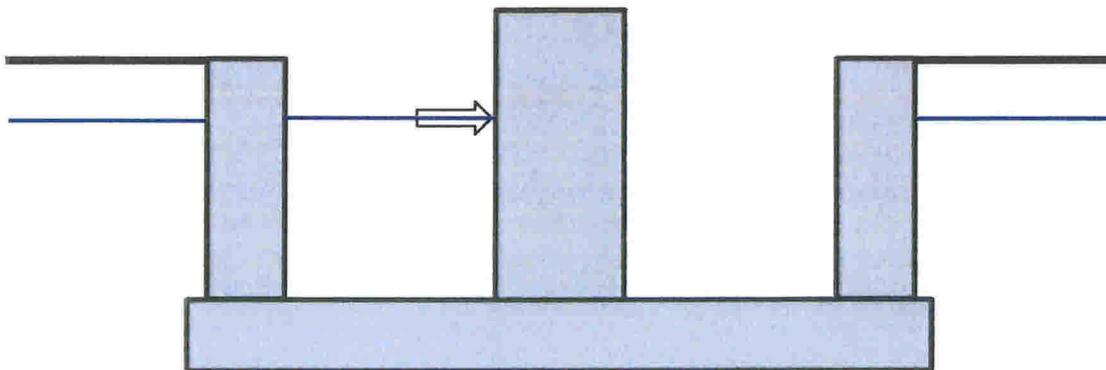
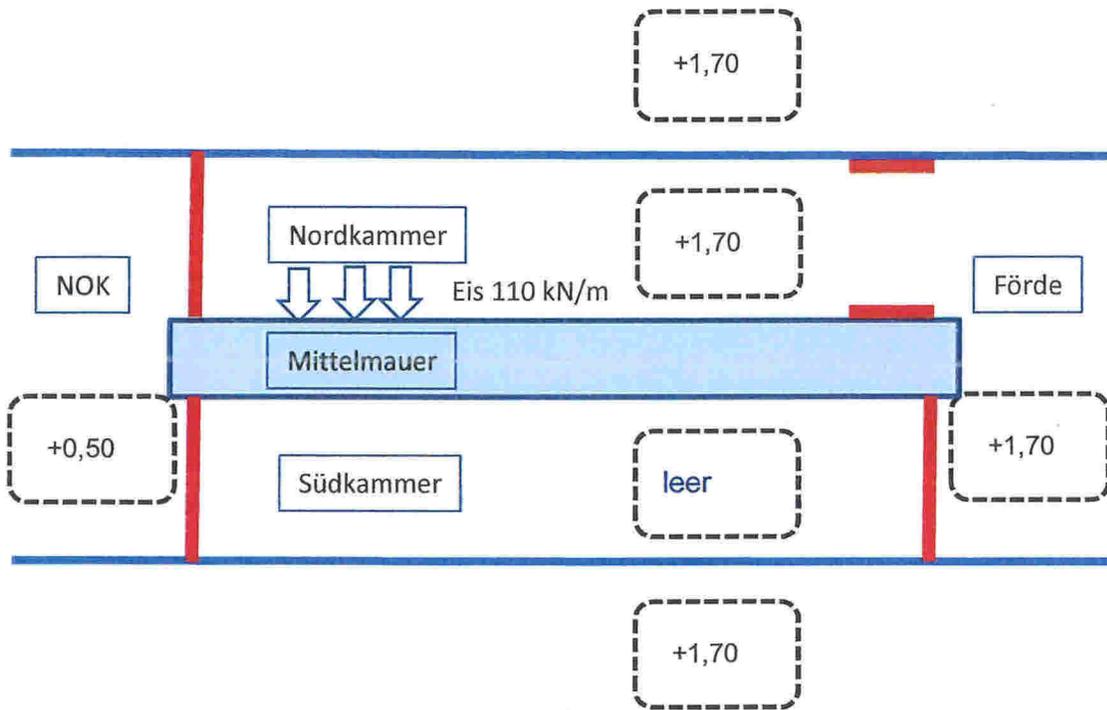
Anlage 2.2



NOK oberer Betriebswasserstand  
normaler Eisdruck

BS - T 1

Anlage 2.3



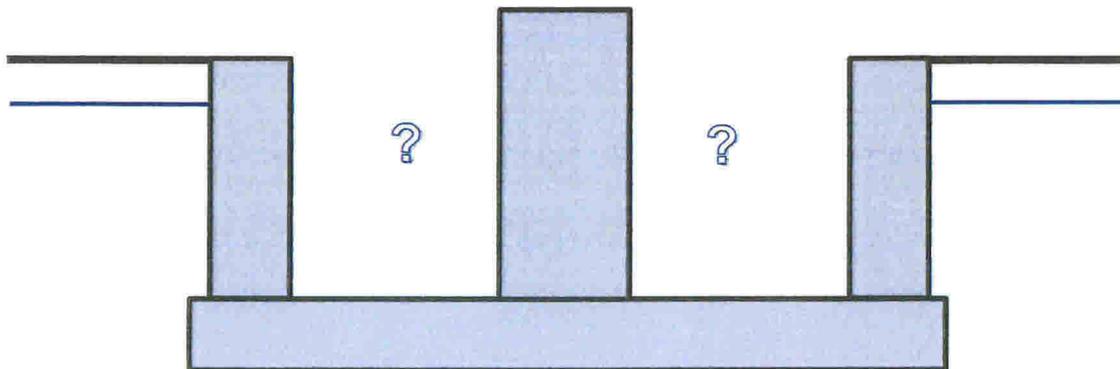
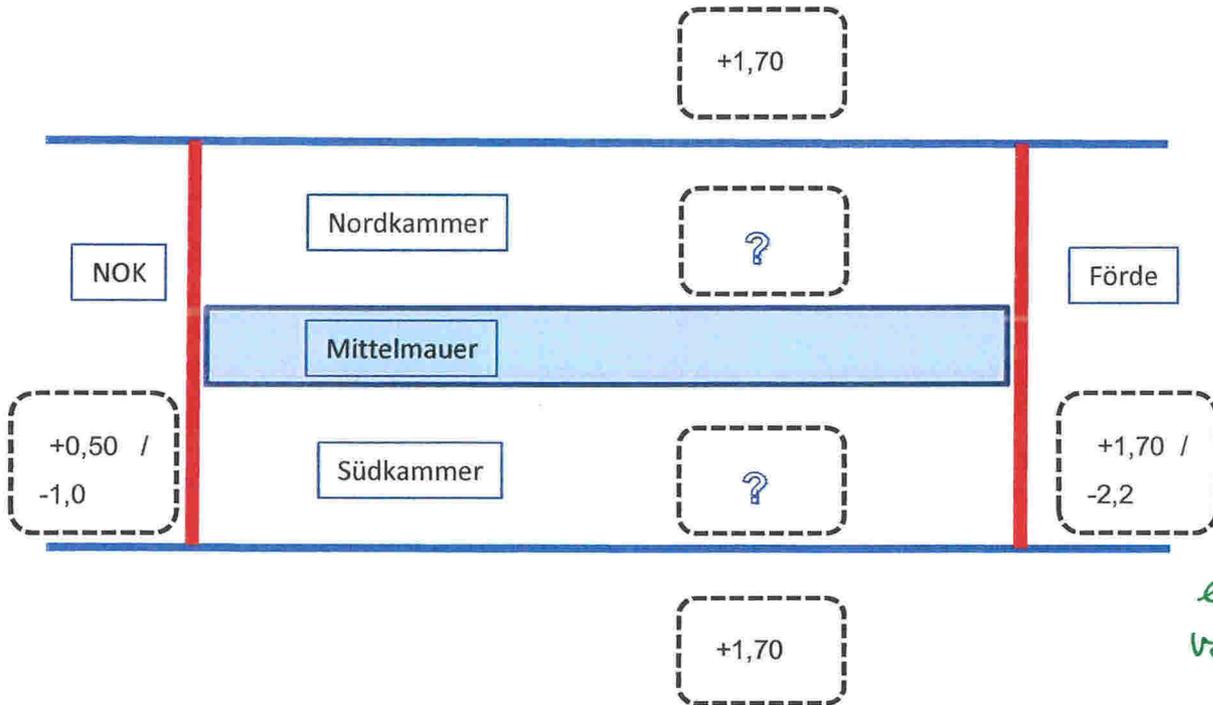
Revision (wenn konstruktionsbedingt möglich)

normaler Eisdruck

BS - T 2

Bauzustand

Anlage 2.4



Bauzustände je nach Variante / Konstruktionsart



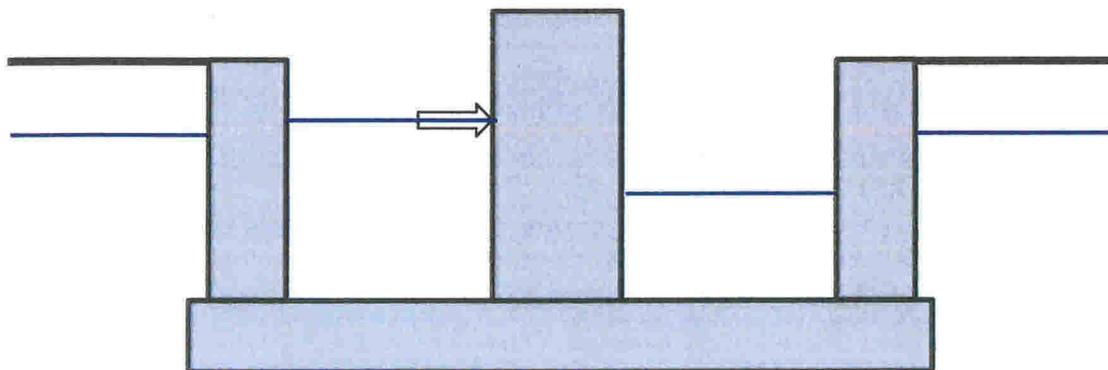
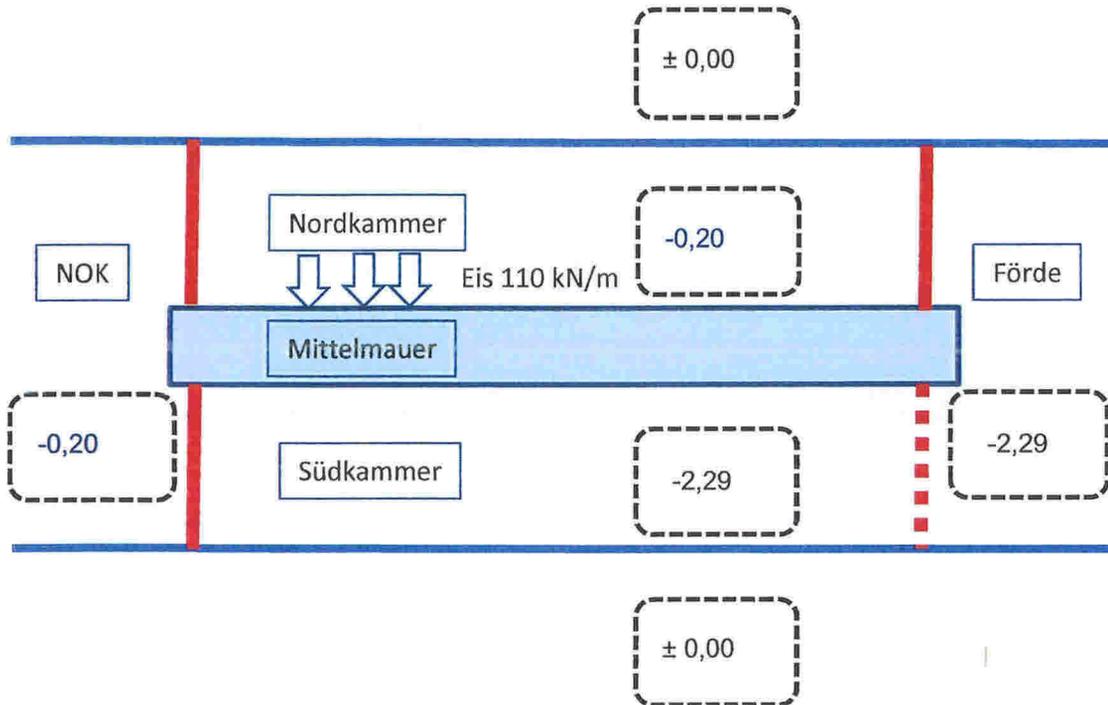
**BS – T 3**

Anlage 2.5

entfällt

BS - A 1

Anlage 2.6



NOK unterer Betriebswasserstand

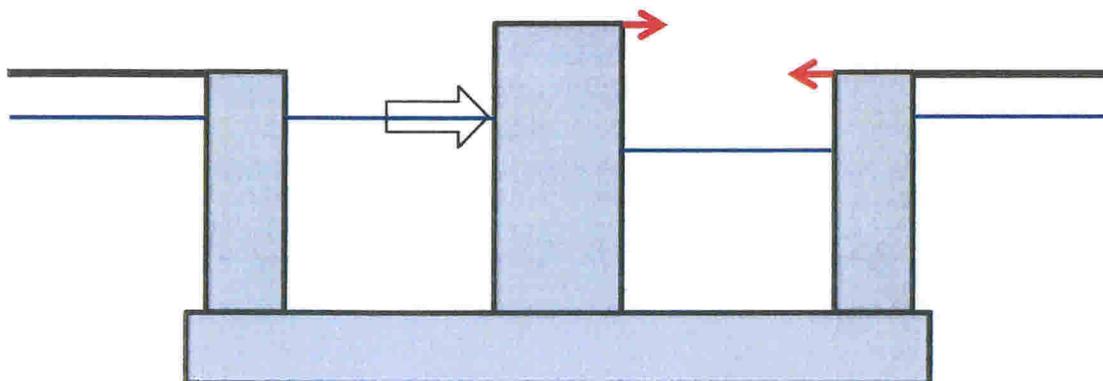
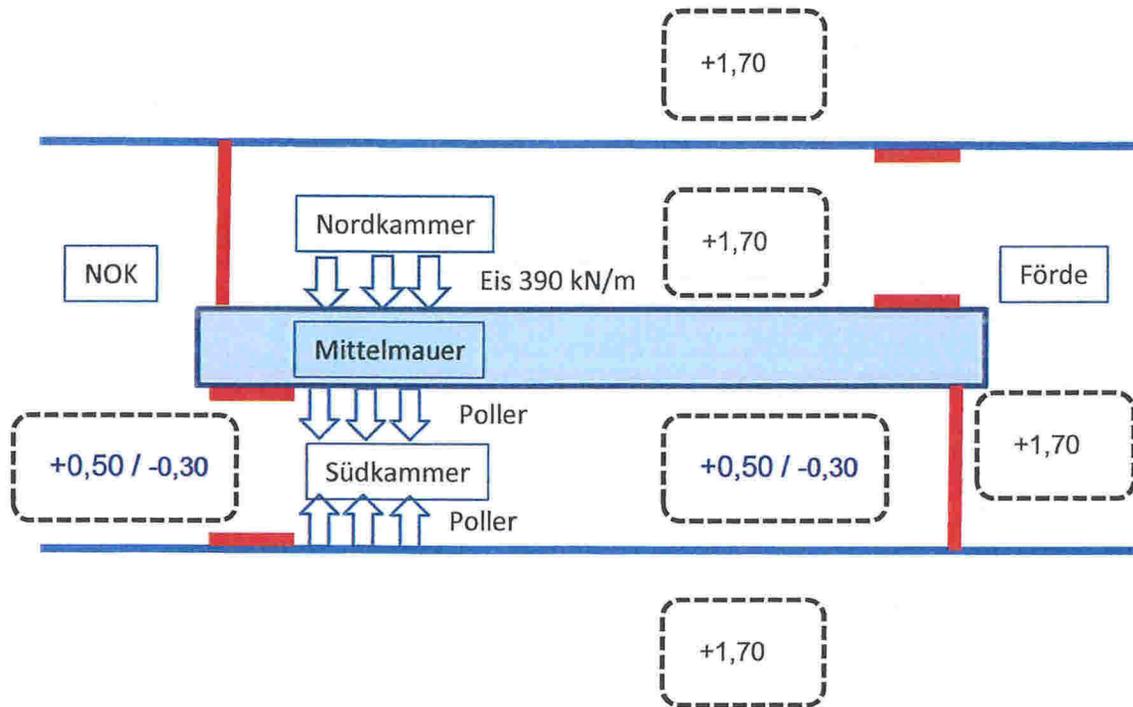
normaler Eisdruck

extremes Niedrigwasser (außer Betrieb)

ein Tor defekt

BS - A 2

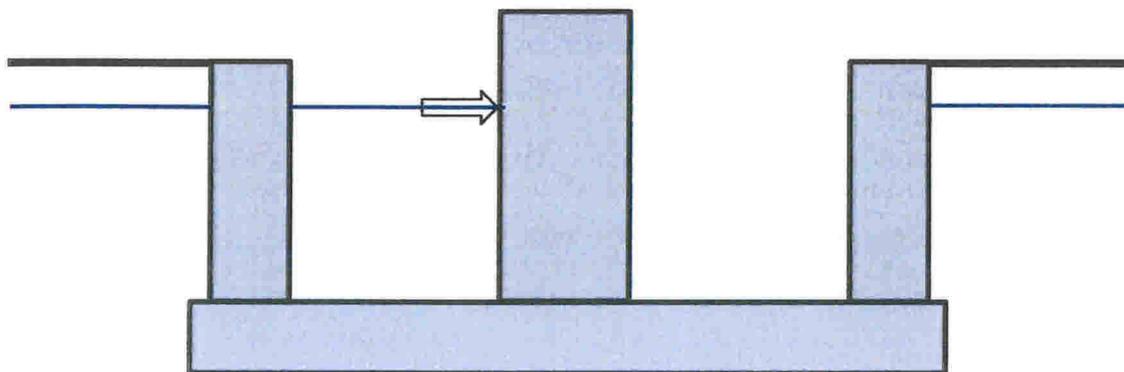
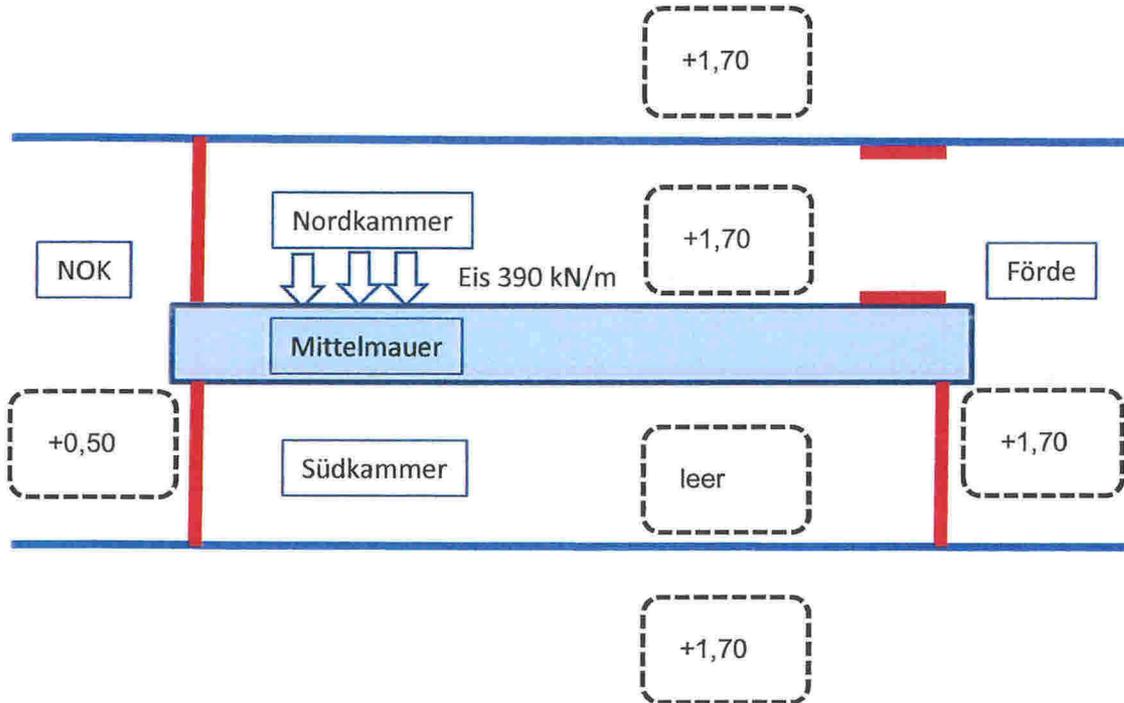
Anlage 2.7



NOK oberer Betriebswasserstand  
 extremer Eisdruck  
 Pollerzug

BS - A 3

Anlage 2.8

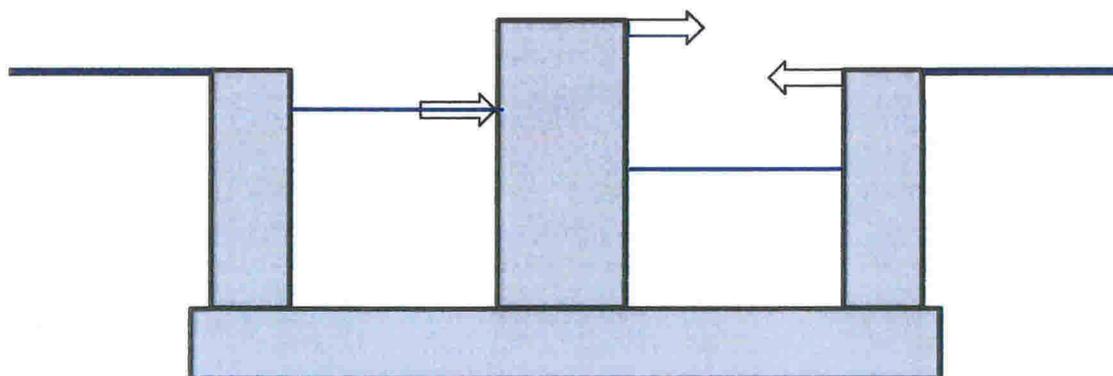
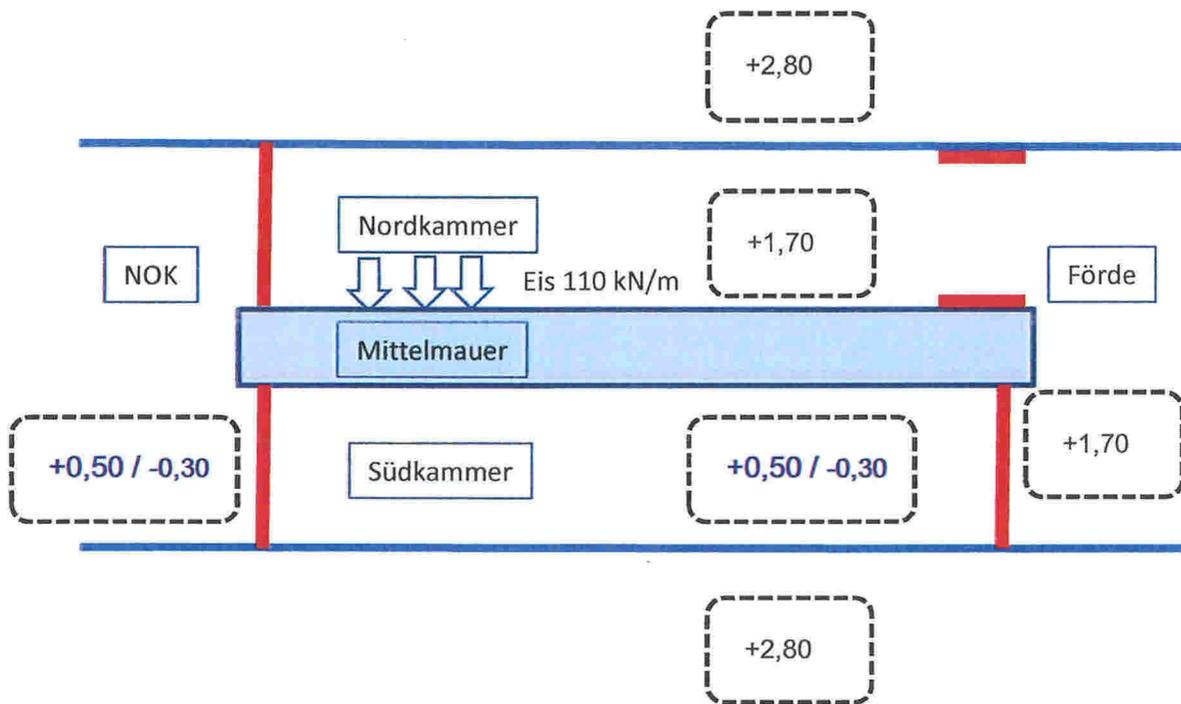


NOK oberer Betriebswasserstand  
extremer Eisdruck

Revision

BS – A 4

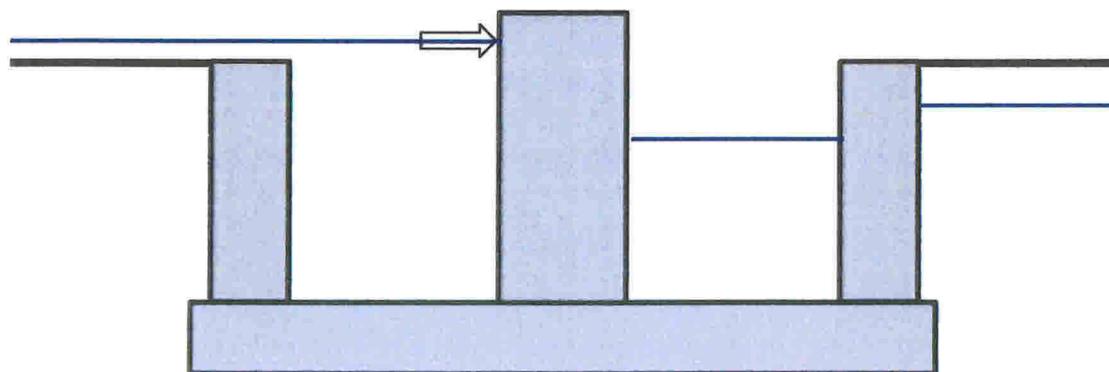
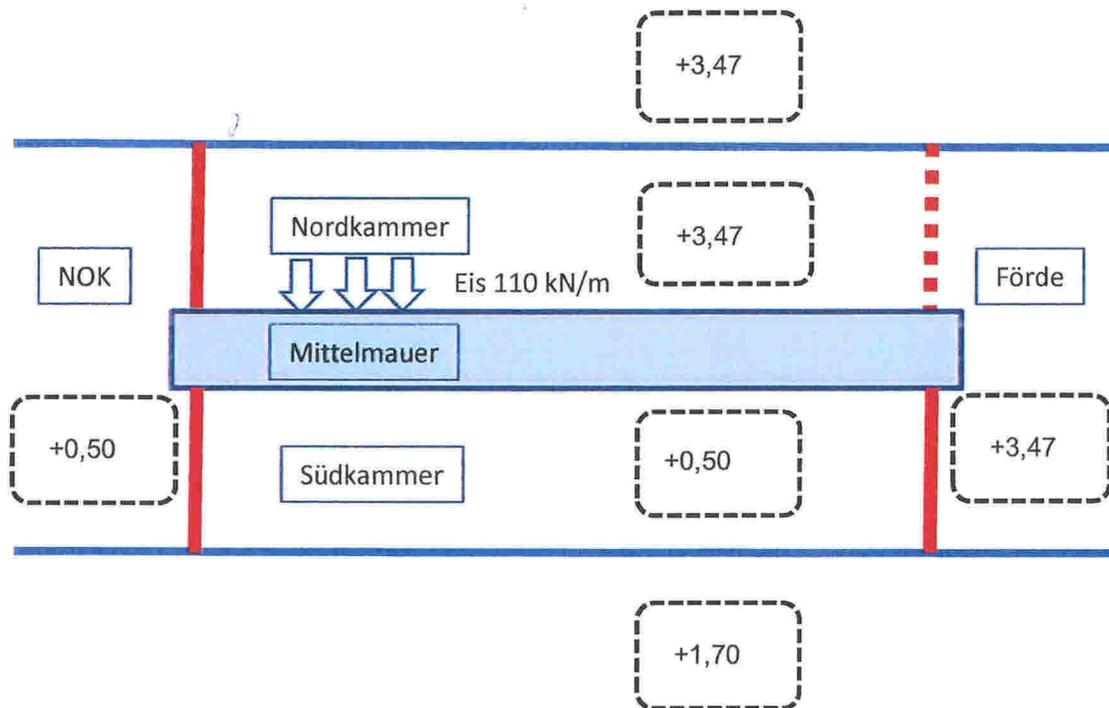
Anlage 2.9



Nach Sturmflut (Überflutung)  
normaler Eisdruck

BS – A 5

Anlage 2.10



Extremes Hochwasser (Sturmflut) auf Binnentor  
 Außentor defekt  
 GOK teilweise überflutet  
 normaler Eisdruck

