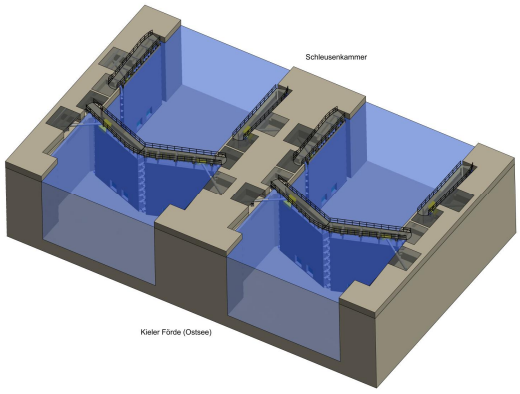
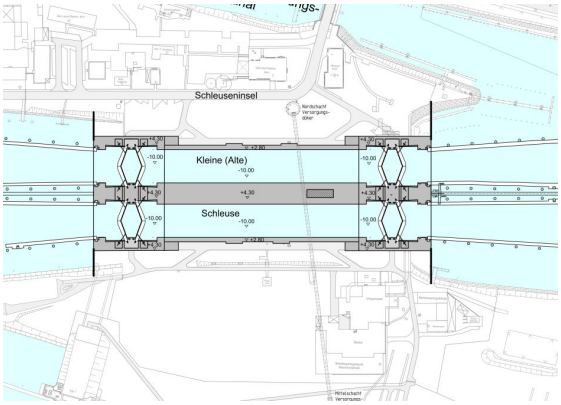
WSV.de
Wasserstraßen- und
Schifffahrtsverwaltung
des Bundes

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau
Grundinstandsetzung
Alte Schleuse Kiel - Holtenau





Anlage 1 zur Sensitivitätsbetrachtung
Lastenheft

PRÜFGEMEINSCHAFT

König und Heunisch
Planungsgesellschaft

Prüfer
Dr.-Ing. Dieter Pommerening
Stresemannallee 30, 60596 Frankfurt

Telefon 0 69 / 63 00 08-0
Telefax 0 69 / 63 00 08-66

schömig
INGENIEURE

Prüfingenieurin
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Saaläckerstraße 8, 63801 Kleinostheim

Telefon 0 60 27 / 5 04-0
Telefax 0 60 27 / 5 04-1 00

13.11.2017

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau
Schleuseninsel 2

24159 Kiel

Prüfbericht Nr. GI-LH-003

1. Betreff

Prüfauftrag vom:	06.08.2014 (Auftragsschreiben)
Ihr Zeichen:	2014-231.2ModS/7
Unsere Prüfnummer:	140179 / S 510/14
Unser Zeichen:	Pm/Hat/US/Sil/RW
Bauvorhaben:	Sicherung und Machbarkeit Grundinstandsetzung Alte Schleusen NOK-Kanal Kiel-Holtenau - MSA 2100 -
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
Gegenstand der Prüfung:	Lastenheft für Grundinstandsetzung **Sensitivitätsbetrachtung zum Meeresspiegelanstieg** **MSA 2100, Rev. 0.0** **Stand 13.09.2017**

2. Prüfunterlagen

B: Lastenheft für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung MSA 2100, Sensitivitätsbetrachtung zum Meeresspiegelanstieg, Rev. 0.0, Stand 13.09.2017 Seiten 1 bis 34 und Anlage 1 (11 Seiten), aufgestellt durch die PKS

3. Baubeschreibung

Siehe vorangegangene Prüfberichte

Zur Sensitivitätsbetrachtung Meeresspiegelanstieg:

Aufgrund neuer Erkenntnisse zu einem möglichen Meereswasserspiegelanstieg (Bericht BSH/2247-Meeresspiegel/2017-M2 vom 17.03.2017) soll eine Sensitivitätsbetrachtung zum gegenüber der bisherigen Planung erhöhten Meerwasserspiegelanstieg von 1,74 m bis zum Jahr 2100 für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung der Kleinen Schleuse Kiel-Holtenau durchgeführt werden.

Im zur Prüfung vorgelegten Lastenheft werden die Ansätze und Randbedingungen für diese Sensitivitätsbetrachtung beschrieben. Die betrachteten neuen Ansätze werden zur Unterscheidung von der bisherigen Planung mit „T2100" bezeichnet, die ursprüngliche Planung mit „TO".

Die in der vorgelegten Fassung Rev. 0.0 des Lastenheftes MSA 2100 enthaltenen Ergänzungen/Änderungen/Randbedingungen gegenüber der geprüften Fassung Rev. 0.3, sind in blauer Schrift gedruckt. Sie beschreiben die für die Sensitivitätsbetrachtung erforderlichen, zusätzlich zu betrachtenden Lastfälle und Bemessungssituationen für den Zeitpunkt „T2100". Die Randbedingungen ohne Änderungen wurden aus dem geprüften Lastenheft übernommen (schwarze Schrift) und werden auch nicht erneut geprüft. Die Version 0.3 behält für den Zeitpunkt T0 ihre Gültigkeit.

Entsprechend der bisherigen Planung soll die Planiehöhe in den Häuptern und auf der Mittelmauer konstant verlaufen, während die seitlichen Kammerwände für die Sportschifffahrt abgesenkt werden. Die Geländeoberkante soll auf die neuen Planieoberkanten aufgehöht werden.

4. Lastannahmen

Siehe geprüftes Dokument

5. Baustoffe

Siehe geprüftes Dokument

6. Baugrund und Grundwasserverhältnisse, Wasserstände

Siehe geprüftes Dokument

7. Prüfbemerkungen

Zu Kap. 2.3 Grundwasserstände
Der obere Grundwasserstand wird mit max. GW = NHN +3,48 m angegeben. Die Angabe entspricht dem Protokoll der PB-019 und ist noch durch die BAW zu bestätigen.

Der untere Grundwasserstand wird mit min GW = NHN –0,20 m angegeben. Die Angabe ist noch durch die BAW zu bestätigen.

Zu 4.4 Ermüdung
Die getroffenen Annahmen zu den für die Ermüdungsbetrachtung anzusetzenden mittleren Hubhöhen und deren zeitlicher Verlauf über die vorgesehene Nutzungsdauer entsprechen dem Besprechungsergebnis aus der Planungsbesprechung PB 019.

Zu Kap. 5.2 Lastfallkombinationen (Bemessungssituationen)
Die angegebenen Bemessungssituationen sind grundsätzlich plausibel. Abhängig von der weiteren Planung kann es ggf. erforderlich werden auch noch andere Bemessungssituationen zu untersuchen (Risikowasserstände für Baugruben, Havariekonzepte, u. ä.).

Wir empfehlen grundsätzlich die Bemessungssituationen für den Stahlwasserbau und den Massivbau getrennt darzustellen.

Bei den dargestellten Lastfallkombinationen (Bemessungssituationen) ist grundsätzlich zu beachten, dass die asymmetrischen Lastfallkombinationen auch für die jeweils andere Kammer gelten und dies bei der Bemessung berücksichtigt wird.

Die in der BS-P 2 angegebenen Grundwasserstände stimmen nicht mit den Angaben in der Anlage 1.2 überein. Die Werte in der Anlage sind zu korrigieren (GW = - 0,2 mNHN statt - 0,4 mNHN).

In der BS-T 1 wird auf die Mittelmauer einseitig Eisdruck bei Revision angesetzt. Grundsätzlich ist das gleichzeitige Auftreten möglich und der Ansatz daher plausibel. Sollte diese Bemessungssituation jedoch für die Kammer maßgebend werden, empfehlen wir hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ggf. betriebliche Maßnahmen zu erwägen.

BS-T 2 ist abhängig vom Bauzustand noch festzulegen.

In der BS-A 1 wird im Hochwasserfall bei teilweiser Überflutung und defektem Außentor auf die Mittelmauer einseitig Eisdruck angesetzt. Es sollte überprüft werden, ob diese Kombination (Überflutung + Eis) auftreten kann (örtliche Erfahrungen/Beobachtungen?).

In der BS-A 4 wird auf die Mittelmauer einseitig extremer Eisdruck bei Revision angesetzt. Grundsätzlich ist das gleichzeitige Auftreten möglich und der Ansatz daher plausibel. Sollte diese Bemessungssituation jedoch für die Kammer maßgebend werden, empfehlen wir hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ggf. betriebliche Maßnahmen zu erwägen.

In der BS-A 5 wird auf die Mittelmauer Eisdruck nach einer Sturmflut angesetzt. Grundsätzlich ist das gleichzeitige Auftreten möglich und der Ansatz daher plausibel. Sollte diese Bemessungssituation jedoch für die Kammer maßgebend werden, empfehlen wir hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit ggf. betriebliche Maßnahmen zu erwägen.

Zu Kap. 6 Berechnungsgrundlagen für den Stahlwasserbau

Es fehlt u. E. ein Hinweis auf das „Lastenheft für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung", Rev. 0.3, Stand: 30.01.2015, da dort die heutigen Bedingungen geregelt sind und umgekehrt.

Zu Kap. 6.6.4 Eisauflast

Es ist noch genauer festzulegen, ob die Eisauflast tatsächlich nur auf dem oberen horizontalen Torabschluss auftritt oder ggf. auch tiefer.

Zu Kap. 6.6.10 Schiffsstoß

Die gewählten Formulierungen sind noch sehr vage und im Zuge der weiteren Bearbeitung zu konkretisieren.

Temperatur

Das Kapitel für den Stahlwasserbau enthält keine Aussagen zum Ansatz von Temperaturlasten. Abhängig von der noch zu wählenden Konstruktionsart sind diese im Zuge der weiteren Bearbeitung noch zu konkretisieren.

8. Prüfergebnis

Die mit dem vorgelegten Lastenheft beschriebenen Planungsrandbedingungen bezüglich Boden- und Grundwasserkennwerten sowie Wasserständen im NOK und der Kieler Bucht sind im Zusammenhang mit den Materialkennwerten für den Bestand geeignet, eine Sensitivitätsanalyse zu den Auswirkungen eines Meeresspiegelanstiegs um 1,74 m bis zum Jahr 2100 auf die Machbarkeitsstudie mit Variantenuntersuchung zur Grundinstandsetzung der beiden alten Schleusen Kiel-Holtenau durchzuführen.

Das Lastenheft ist im Zuge der weiteren Sensitivitätsbetrachtungen zu den Auswirkungen eines Meeresspiegelanstiegs von 1,74 m bis zum Jahr 2100 und ggf. im Zuge der weiteren Planung mit der Entwicklung der Zielvariante fortzuschreiben. Es wird empfohlen, die Lastenhefte für den Zeitpunkt T0 und T2100 in ein Lastenheft zusammenzuführen.

9. Sonstige Bemerkungen

Stand der Prüfung:	Die Prüfung des Lastenheftes MSA2100 Sensitivitätsbetrachtung zum Meeresspiegelanstieg Rev. 0.0, Stand 13.09.2017 ist abgeschlossen.

10. Stand der Prüfung

Die Prüfung wird mit den weiteren Unterlagen 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
MSA 2100

Alte Schleuse, Kiel-Holtenau

Lastenheft für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung
Sensitivitätsbetrachtung zum Meeresspiegelanstieg
Rev. 0.0
Stand: 13.09.2017

PLANUNGSGEMEINSCHAFT KIELER SCHLEUSEN

IRS Stahlwasserbau Consulting AG
Max-von-Laue-Str. 12 ♦ 97080 Würzburg

WTM ENGINEERS GmbH
Johannisbollwerk 6-8 ♦ 20459 Hamburg

aufgestellt:

Dipl.-Ing. Timm Sattler

Projektleitung

Dipl.-Ing. Joachim Spang

Geschäftsführung

Siehe Prüfbericht!

In bautechnischer Hinsicht geprüft
Prüfnummer des Prüfverzeichnisses: 140179
Prüfbericht Nr.: GI LH 003
Frankfurt, den 13.11.17
Prüfer für bautechnische Nachweise im Eisenbahnbau und gemäß WSV-Fachliste Prüfingenieure
Tätigkeitsbereich: Massivbau
Anerkennungszeichen: 21/16/1015 vom 12.05.2016
Anerkannt durch das Eisenbahn-Bundesamt
Dr.-Ing. Dieter Pommerening
Stresemannallee 30
60596 Frankfurt
Tel.: 069 - 63 00 08-0
(Unterschrift)

Prüfung Kap. 6

Hinsichtlich der Standsicherheit geprüft:
Zu Grunde lagen die Pläne des Entwurfsverfassers:
./.
vom: ./.
Siehe Prüfbericht Nr. **GI-LH-003 v. 13.11.2017**

Der Bearbeiter

Die Prüfingenieurin
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Saaläckerstraße 8, 63801 Kleinostheim
Tel. 06027/504-218, Fax 06027/504-100
anerkannt mit ME vom 16.06.1997

Hat

Inhaltsverzeichnis

1. ALLGEMEINES 5
1.1 Bauteile 5
1.2 Geometrische Randbedingungen 5
1.3 Unterlagen 6
2. WASSERSTÄNDE 8
2.1 Wasserstände im Nordostseekanal 8
2.2 Wasserstände Kieler Förde 8
2.2.1 T2100 9
2.3 Grundwasserstände 11
3. Baugrund 12
3.1 Bodenkennwerte 12
3.2 Bemessungsprofile 12
3.3 Äußere Tragfähigkeit Spundwände und Pfähle 15
4. Einwirkungen 15
4.1 Allgemeines 15
4.1.1 Eigenlasten 15
4.1.2 Wasserdruck 15
4.1.3 Wasserdruck im Innern von Bauteilen 16
4.2 Erddruck 16
4.3 Verkehrslasten 16
4.3.1 Auflasten 16
4.3.2 Pollerzug 16
4.3.3 Schiffsanlegedruck 16
4.3.4 Wellenlasten 17
4.3.5 Eislasten 17
4.3.6 Schlickablagerungen 17
4.3.7 Temperatur und Schwinden 17
4.3.8 Windlasten 17

4.4 Ermüdung 18

5. Bemessungssituationen 19

5.1 Allgemeines 19

5.2 Lastfallkombinationen (statisch) 19

5.3 Lastfallkombinationen (Ermüdung) 21

5.3.1 Kammerwand (außerhalb Haupt) 21

5.3.2 Mittelmauer (außerhalb Haupt) 21

6. Berechnungsgrundlagen für den Stahlwasserbau 22

6.1 Normen und Bemessungsvorschriften 22

6.2 Allgemeine Planungsgrundsätze Stahlwasserbau 23

6.3 Geometrische Planungsvorgaben 24

6.4 Wasserstände 24

6.5 Wasserstandsdifferenzen Kieler Förde – Kammer - NOK 25

6.6 Einwirkungen 27

6.6.1 Eigengewicht (ständige Einwirkung) 27

6.6.2 Hydrostatische Einwirkungen: 27

6.6.3 Hydrodynamische Einwirkungen: 28

6.6.4 Eisauflast 28

6.6.5 Eisdruck 28

6.6.6 Verkehrs- und Auflasten 29

6.6.7 Massenkräfte 29

6.6.8 Änderung der Stützbedingungen 29

6.6.9 Schiffsreibung 30

6.6.10 Schiffsstoß 30

6.6.11 Windlasten 30

6.6.12 Leckwerden von Luftkammern (Außergewöhnliche Einwirkung) 31

6.6.13 Abhebesicherung /Verriegelung (Außergewöhnliche Einwirkung) 31

6.6.14 Transport-, Montage- und Reparaturzustände 31

Hat

6.6.15 Bewegungsbehinderung durch Fremdkörper / Einwirkungen des Antriebes im Störfall 31

6.6.16 Weitere Einwirkungen auf die Verschlüsse 32

6.6.17 Betriebsfestigkeitsnachweise 32

6.6.18 Fahrzeiten Verschlüsse 33

6.6.19 Füll- und Entleerungszeiten Schleuse 33

7. Materialkenngrößen und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände 34

7.1 Normen 34

7.2 Materialkennwerte Bestand 34

ANLAGEN

Anlage 1 – Wasserstände

4at

1. ALLGEMEINES

Aufgrund neuer Erkenntnisse zum Meereswasserspiegelanstieg soll eine Sensitivitätsbetrachtung zum gegenüber der bisherigen Planung erhöhten Meerwasserspiegelanstieg bis zum Jahr 2100 für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung der Kleinen Schleuse Kiel-Holtenau durchgeführt werden.

Im vorliegenden Lastenheft werden die Ansätze und Randbedingungen für diese Sensitivitätsbetrachtung beschrieben.

Die betrachteten neuen Ansätze werden zur besseren Unterscheidung von der bisherigen Planung mit „T2100" bezeichnet, die ursprüngliche Planung mit „T0".

Die Randbedingungen ohne Änderungen werden aus dem geprüften Lastenheft [26] übernommen.

Änderungen gegenüber der vorangegangenen Revision sind in blauer Schrift gedruckt.

1.1 Bauteile

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

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

Entsprechend der bisherigen Planung soll die Planiehöhe in den Häuptern und auf der Mittelmauer konstant verlaufen, während die seitlichen Kammerwände für die Sportschifffahrt abgesenkt werden.

Die Geländeoberkante soll auf die neuen Planieoberkanten aufgehöht werden.

Hat

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 „Ufereinfassungen"

[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 08.01.2015, 10.53 Uhr (Randbedingungen Seiten- und Mittelwand)

[26] Alte Schleuse Kiel-Holtenau; Lastenheft für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung – Rev. 0.3, WTM Hamburg IRS Würzburg, 30.01.2015, geprüft

Prüfnummer
510/14
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim
Hat

mit Prüfbericht Nr. GI-LH-002 von Dr.-Ing. D. Pommerening und Dipl.-Ing. U. Schömig, 16.04.2015

[27] BMVI, Abteilung WS, WS24/6241.1/18, Kenntnislage zum Meeresspiegelanstieg – Bericht über aktuelle Literaturrecherchen, Bonn, 08.06.2017 mit Anlage BSH/2247-Meeresspiegel/2017-M2, Aktuelle Kenntnislage zum Meeresspiegelanstieg – neue Ergebnisse seit dem IPCC AR5 (2014), 17.03.2017

[28] Planungsbesprechung (erhöhter Meeresspiegelanstieg), WSA Kiel, 05.09.2017

Prüfnummer
510/14 - -
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

Hat

2. WASSERSTÄNDE

2.1 Wasserstände im Nordostseekanal

Prüfnummer
510/14
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

In [28] wurden für den NOK folgende Betriebswasserstände festgelegt.

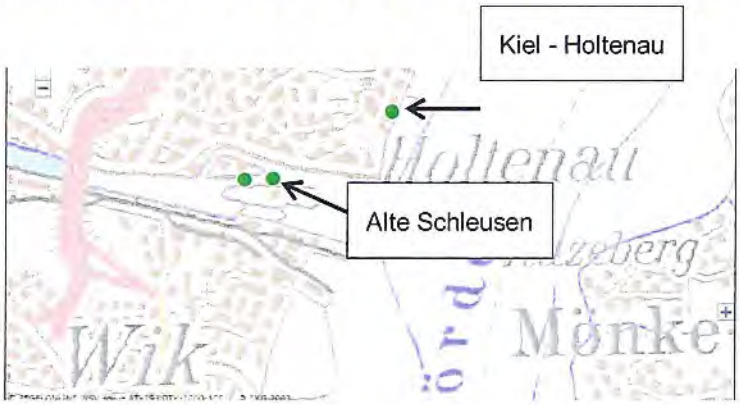
HKW	=	NHN +0,50m
NKW	=	NHN -0,20m

2.2 Wasserstände Kieler Förde

Teile der bisherigen Ansätze (T0) werden zur Verdeutlichung der Herleitung der neuen Ansätze (T2100) nachfolgend aufgeführt.

T0

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

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

Hat

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

Im Generalplan Küstenschutz 2012 sind folgende Werte angegeben:

Prüfnummer
510/14
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

HW_{200} = NHN +2,36 m

HHW = NHN +2,97 m (13.11.1872)

Bemessungswasserstand Sturmflut BHW = $HW_{200} + \Delta h \geq$ HHW
mit Δh = 0,50 m ergibt sich
BHW = 2,36 + 0,50 = NHN +2,86 m jedoch mindestens BHW = HHW = NHN +2,97 m

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

2.2.1 T2100

Die folgenden Ansätze wurden in [28] festgelegt.

Abweichend von der bisherigen Beziehung der Betriebswasserstände auf die Wasserstände im NOK, werden für das Szenario alle Wasserstände als absolute Werte angegeben, weil kein Bezug der örtlichen Wasserstände zueinander besteht, d. h. die Wasserstände im NOK und der Förde sowie der Grundwasserstand sind unabhängig voneinander.

Der Lastfall Sunk (-0,80 m) wird nicht mehr berücksichtigt, weil er auf Grund der geringen Geschwindigkeiten der Schiffe im Bereich der Schleuse ausgeschlossen werden kann.

Grundlage für die Betrachtungen ist ein Anstieg des Meerwasserspiegels bis zum Jahr 2100 um 1,74 m.

Mittlerer Wasserstand
MW: +0,04 + 1,74 = **NHN +1,78 m**

Sturmflut
Für die Ermittlung der Bemessungssturmflut soll der Wert HW_{200} = NHN +2,60 m aus [15] für den LD Friedrichsort zugrunde gelegt werden.

Die Differenz zwischen HW_{200} = NHN +2,60 m und MW = NHN +0,04 m beträgt 2,56 m. Aufgrund der bei T = 2100 größeren Wassertiefe soll diese Differenz um 10% vergrößert werden.

Damit ergibt sich die Höhe der Bemessungssturmflut BHW_{2100} zu

Hat

BHW_{2100} = +1,78 + 1,10 ·2,56 = **NHN +4,60 m**

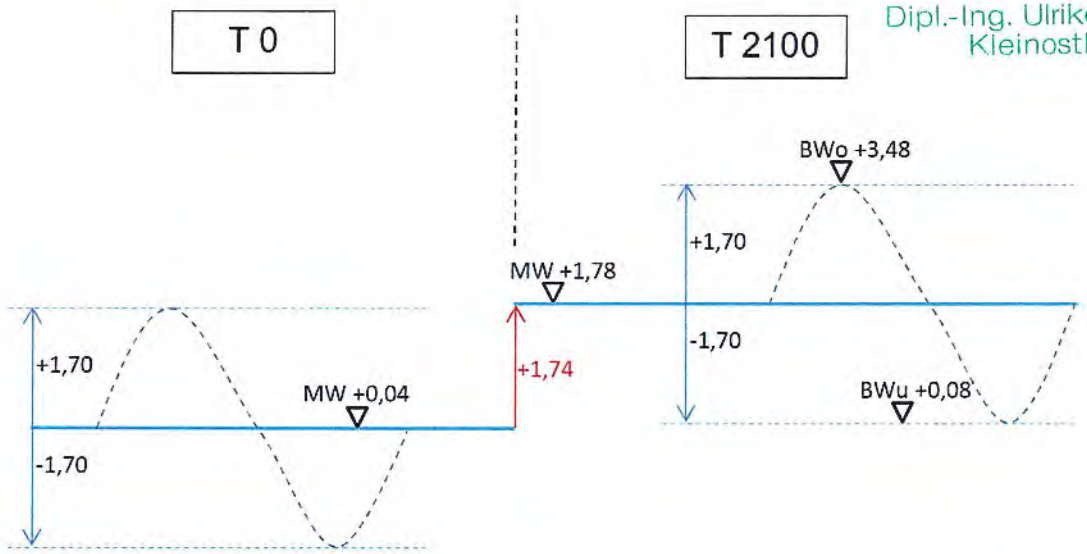
Betriebswasserstände

Ziel ist die hohe Verfügbarkeit der Schleuse. Deshalb wird auch für T2100 der Schleusenbetrieb für eine Wasserstandsschwankung von ±1,70 m um den mittleren Wasserstand in der Förde vorgesehen. Die Betriebswasserstände für die Schleuse werden wie folgt festgelegt:

BWo = +1,78 + 1,70 = NHN +3,48 m

BWu = +1,78 – 1,70 = NHN +0,08 m

Prüfnummer
510/14 - 1
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim



Niedrigwasser

Analog zur Ermittlung des Sturmflutwasserstands wird die bisherige Differenz MW – NNW mit einem Sicherheitszuschlag von 10% erhöht und vom neuen MW_{2100} subtrahiert.

NNW_{2100} = 1,78 – (2,29 + 0,04) ·1,10 = **NHN -0,78 m**

Hat

Wasserstände in den Kammern

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

Betriebszustand

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

BWo (Ostsee)	NHN +3,48 m
BWu (NOK)	NHN -0,20 m

Außergewöhnlicher Zustand

Maßgebend sind die Ostseewasserstände bei Ausfall eines Schleusentores am Außenhaupt.

BHW_{2100}	NHN +4,60 m
NNW_{2100}	NHN -0,78 m

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.

2.3 Grundwasserstände

Folgende Ansätze wurden für T2100 in [28] festgelegt:

Analog zum bisherigen Vorgehen wird der Grundwasserstand auf den oberen Betriebswasserstand begrenzt, d. h. max GW = NHN +3,48 m.

Der untere Grundwasserstand wird auf den unteren Wasserstand im NOK bei NHN -0,20 m begrenzt.

Hat

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: φ'_k = arctan (1,1 ·tan (cal φ ')) bzw. c'_k = 1,3 ·cal c'

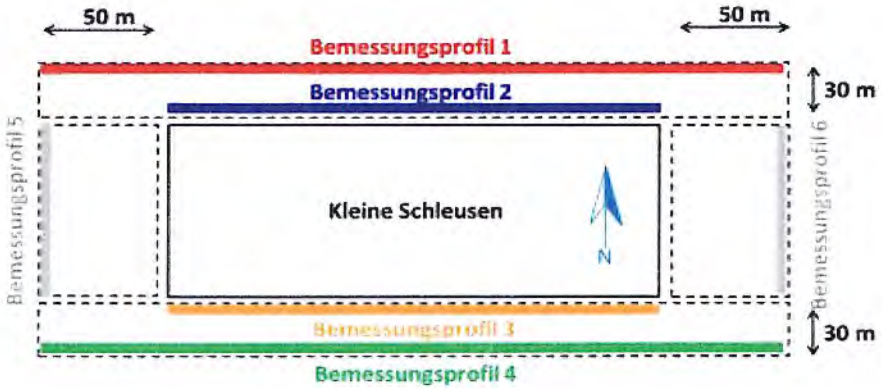
	γ	γ'	φ'_k	c'_k	c_u
	[kN/m³]		[°]	[kN/m²]	
Auffüllung, Sand**	18	10	32,5	0	0
Auffüllung, Geschiebemergel**	18	10	32,5	6	50
Auffüllung (Mutterboden)	18,5	9	27,5	0	0
Torf	13	3	20	0	20
Geschiebemergel*	22,5	13	36	0	150
Schmelzwassersand / Kies Beckensand	19	11	37,5	0	0
Beckenton, -schluff*	20	10,5	25	0	150

* Bei Nachweis Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch sind die Wichten um 1 kN/m³ zu reduzieren.

** Auffüllung der alten Baugrube

3.2 Bemessungsprofile

In [23] werden 6 Bemessungsprofile dargestellt.



Hat

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		γ	γ'	φ'_k	c'_k	c_u
[m NHN]		[kN/m^3]		[°]	[kN/m^2]	
-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		γ	γ'	φ'_k	c'_k	c_u
[m NHN]		[kN/m^3]		[°]	[kN/m^2]	
-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		γ	γ'	φ'_k	c'_k	c_u
[m NHN]		[kN/m^3]		[°]	[kN/m^2]	
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

Hat

Bemessungsprofil 4

Südseite, außerhalb Baugrube der alten Schleuse

UK		γ	γ'	φ'_k	c'_k	c_u
[m NHN]		[kN/m³]		[°]	[kN/m²]	
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		γ	γ'	φ'_k	c'_k	c_u
[m NHN]		[kN/m³]		[°]	[kN/m²]	
-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		γ	γ'	φ'_k	c'_k	c_u
[m NHN]		[kN/m³]		[°]	[kN/m²]	
-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/m³ zu verringern
**Unterkante der Angaben

Hat

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: $\gamma = 18\ kN/m^3$

Vorsatzschale: $\gamma = 20\ kN/m^3$

Sparbeton: $\gamma = 18\ kN/m^3$

Stahlbeton: $\gamma = 25\ kN/m^3$

4.1.2 Wasserdruck

T2100

	Grundwasser	NOK	Kammer	Ostsee
BS-P	- 0,20 / + 3,48	+0,50 / -0,20	NOK / Ostsee	+0,08 / +3,48
BS-T	- 0,20 / + 3,48	+0,50 / -0,20	Leer / NOK / Ostsee	+0,08 / +3,48
BS-A	- 0,20 / + 3,48	+0,50 / -0,20	NOK / Ostsee	+4,60 / -0,78

(Alle Angaben in NHN + XX m)

Hat

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	Erdruhedruck / aktiver Erddruck (be- / entlastend)

4.3 Verkehrslasten

4.3.1 Auflasten

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

Bauzustand: auf neu herzustellende Verbauwände
$q = 10\ kN/m^2$ großflächig + Streifenlast $50\ kN/m^2$ auf $b = 2{,}5\ m$
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.

Hat

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 σ_0 = 1,8 MN/m^2

Horizontale einachsige Eisdruckfestigkeit Süßwasser σ_0 = 2,5 MN/m^2

Im Mittel ergeben sich $\sigma_0 = ½ \cdot (1,8 + 2,5) = 2,15$ MN/m^2.

Eisdicke

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

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

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

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

BS-A: $p_0 = 0,33 \cdot 0,55 \cdot 2,15 \cdot 10^3 = 390$ 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

Hat

Windlasten sind im Pollerzug enthalten.

4.4 Ermüdung

Abweichungen zur bisherigen Planung bestehen beim Nachweis zur Ermüdung. Während beim Szenario T0 bei Mittelwasser quasi ausgeglichene Wasserstände herrschen ist dies bei dem erhöhten Meerwasserspiegelanstieg nicht mehr der Fall.

Beim Ermüdungsnachweis werden die mittleren Wasserstände angesetzt.

NOK:	NHN +0,04 m	
Ostsee:	NHN +1,78 m	
Grundwasser:	max GW	NHN+3,48 m
	min GW	NHN -0,20 m
	i. M.	NHN +1,64 m

<u>Anzahl der Kreuzschleusungen</u>

Nutzungsdauer:	100 Jahre
Betriebstage pro Jahr:	340 Tage/Jahr
Kreuzungsschleusungen pro Tag:	24
Lastspielzahl:	n = 816.000

Bei einer geplanten Nutzungsdauer von 100 Jahren können vereinfachend die Nachweise für den maximalen Schleusenhub von 1,74 m geführt werden.

Falls dies bemessungsrelevant werden sollte, können auch einzelne Lastkollektive angesetzt werden, wie z. B.

Jahr 1 bis 25:	$\Delta H = 0{,}25 \cdot 1{,}74 = 0{,}44$ m
Jahr 26 bis 50:	$\Delta H = 0{,}50 \cdot 1{,}74 = 0{,}87$ m
Jahr 51 bis 75:	$\Delta H = 0{,}75 \cdot 1{,}74 = 1{,}30$ m
Jahr 76 bis 100:	$\Delta H = 1{,}00 \cdot 1{,}74 = 1{,}74$ m

Hat

5. Bemessungssituationen

5.1 Allgemeines

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

5.2 Lastfallkombinationen (statisch)

Die Lastfallkombinationen sind auf der folgenden Seite tabellarisch und in der Anlage 1 grafisch dargestellt.

Hat

Übersicht der Lastfallkombinationen (statisch) für Kammerwände und Mittelmauer außerhalb der Häupter

Nr.	Bem.-Sit.	GW [mNHN]	Kammer 1 [mNHN]	Kammer 2 [mNHN]	NOK [mNHN]	Förde [mNHN]	Eis [kN/m]	Poller [kN]	Bemerkung
1.1	BS - P 1	+3,48	+3,48	-0,20	-0,20	+3,48	110	700 / 200	Normalbetrieb
1.2	BS - P 2	-0,20	+3,48	-0,20	-0,20	+3,48	110	700 / 200	Normalbetrieb
1.3	BS – T 1	+3,48	LEER	+3,48	+0,50	+3,48	110	-	Revision
1.4	BS – T 2	+3,48	Einzelfall	+3,48	+0,50	+3,48	110	-	Bauzustand
1.5	BS – A 1	+3,48/ +4,60	-0,20	+4,60	-0,20	+4,60	110	-	HHW + Tor def.
1.6	BS – A 2	+3,48	-0,78	+0,50	+0,50	-0,78	110	-	NNW + Tor def.
1.7	BS – A 3	-0,20	+3,48	-0,20	-0,20	+3,48	390	700 / 200	max. Eis nicht maßg. → Nr. 2.9
1.8	BS – A 4	+3,48	LEER	+3,48	-0,20	+3,48	390	-	Rev. + max. Eis
1.9	BS – A 5	GOK	-0,20	+3,48	-0,20	+3,48	110	700 / 200	Nach Überflutung
1.10	BS – A 6	+3,48	LEER	+3,48	-0,20	+4,60	110	-	HHW + Revision

Die Nummerierung bezieht sich auf die Anlage 1.

Hat

5.3 Lastfallkombinationen (Ermüdung)

5.3.1 Kammerwand (außerhalb Haupt)

Folgende Lasten werden in der quasi-ständigen Bemessungssituation berücksichtigt:

- Eigengewicht
- Erddruck Mittelwert E = 0,5 ·(Ea + Eo)
- Grundwasser NHN +1,54 m
- Kammerwasser NHN +0,04 / +1,78 m

5.3.2 Mittelmauer (außerhalb Haupt)

Folgende Lasten werden in der quasi-ständigen Bemessungssituation berücksichtigt:

- Eigengewicht
- (Grundwasser NHN +1,54 m)
- Kammerwasser rechts / links NHN +0,04 / +1,78 m und NHN +1,78 / +0,04 m

Hat

6. Berechnungsgrundlagen für den Stahlwasserbau

6.1 Normen und Bemessungsvorschriften

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

Prüfnummer
510/14 - 1
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

[1] DIN 19704: 2014-011 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 Fas-sung 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 „Variantenuntersuchung MSA 2100" gelten folgende Planungsgrundsätze:

Allgemein

Die Variantenuntersuchung soll an die bisherige Machbarkeitsstudie anknüpfen. Es gelten daher die grundsätzlichen Randbedingungen der Machbarkeitsstudie.

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

Betriebsverschlüsse

- Für die Schleusenverschlüsse soll das Stemmtorkonzept grundsätzlich beibehalten werden. Es werden folgende Verschlusstypen untersucht:
    - Doppelkehrende Stemmtore gemäß Tor Variante 1 der Machbarkeitsstudie
    - Untersuchung der Eignung der inversen Stemmtore für die erhöhten Lasten einschließlich Überprüfung einer geänderten Toranordnung
    - Untersuchung der Kombination von doppelkehrenden Stemmtoren mit einem inversen Stemmtor

- Die bauliche Umsetzung der Tore soll zunächst maximal bis OK jetzige Planie (NHN +4,30m) erfolgen. Ein Aufstocken erfolgt dann erst bei Eintritt von TAusbau.

Notverschlüsse

- Für den LF Havarie „Schließen gegen die Strömung" ist ein Notfallplan erforderlich. Beim Szenario T=2100 steht fördeseitig permanent ein höherer Wasserstand an, vor dem der NOK und die angrenzenden Niederungen geschützt werden müssen. Folgende Lösungsmöglichkeiten sind zu untersuchen:
    - Anordnung von separaten Nottoren (z.B. „verschließbarer Rechen")
    - Anordnung von Rolldammbalken
    - Konzept der Flutung eines Pontons

Revisionsverschlüsse

Die Revisionsverschlüsse der Schleuse sind für die Extremwasserstände der Kieler Förde gemäß Kapitel 2.2.1 auszulegen.

6.3 Geometrische Planungsvorgaben

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

Prüfnummer
510/14
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

Geometriedaten der Hauptbereiche der Nord- und Südkammer

Außenhaupt

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

Binnenhaupt

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

Die geometrischen Vorgaben sind ggf. in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Untersuchungen noch anzupassen.

6.4 Wasserstände

Es gelten die Wasserstände der Kapitel 2.1 bis 2.3

6.5 Wasserstandsdifferenzen Kieler Förde – Kammer - NOK

Prüfnummer
510/14 - 1
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

Schleuse außer Betrieb:

Kieler Förde

BHW_{2100} = +1,78 + 1,10 ·2,56 =	NHN +4,60 m
NNW_{2100} = 1,78 – (2,29 + 0,04) ·1,10 =	NHN -0,78 m
NNW_{T0} =	NHN -2,29 m

NOK

HKW =	NHN +0,50m
NKW =	NHN -0,20m

Maximaler Differenzstau auf das Schleusentor

BHW_{2100} =	NHN +4,60 m
NKW =	NHN -0,20 m
Max Δ	**4,80 m**

Schleuse in Betrieb:

Prüfnummer
510/14 - 2
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

NOK

HKW =	NHN +0,50m
NKW =	NHN -0,20m

Kieler Förde

Die Betriebswasserstände für die Schleuse wurden wie folgt festgelegt:

BWo = +1,78 + 1,70 =	NHN +3,48 m
MW = +0,04 + 1,74 =	NHN +1,78 m
BWu = +1,78 – 1,70 =	NHN +0,08 m

Maximaler Differenzstau auf das Schleusentor im Schleusenbetrieb

BWo =	NHN +3,48 m
NKW =	NHN -0,20 m
Max Δ	**3,68 m**

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

6.6 Einwirkungen

Prüfnummer
510/14
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

Folgende Angaben sind für die Bemessung der Verschlüsse anzusetzen:

6.6.1 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.

6.6.2 Hydrostatische Einwirkungen:

Bemessungswasserstände:

Siehe Kap. 6.5

6.6.3 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 1,27 m (1,15 m + 10% Zuschlag) vor.

Die Stauhaut der Verschlüsse ist auf den höchsten Bemessungswasserstand von + 4,60 m auszulegen. Wellenbelastungen sind bis auf diese Höhe anzusetzen. Ein möglicher, geringer Restüberlauf von wenigen Zentimetern wird vernachlässigt

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

b) Einwirkungen aus Torbewegung:

Für die statischen Nachweise zu berücksichtigen:

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

Für Betriebsfestigkeitsnachweise zu berücksichtigen:

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

6.6.4 Eisauflast

Für die Schleusenverschlüsse ist eine Last von 1 kN/m² infolge einer 10 cm hohen geschlossenen Eisschicht auf dem oberen horizontalen Torabschluss zu berücksichtigen.

6.6.5 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 $p_E = 250$ kN/m²
- Mindesteisdicke Eisdicke $h_E = 0{,}50$ 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.

6.6.6 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.

Prüfnummer
510/14 1
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

Weiterhin ist eine Mindestflächenlast von 5 kN/m² bei der Bemessung anzusetzen.

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

- Bedienstege 2,5 kN/m²
- horizontale Holmlast 0,5 kN/m

6.6.7 Massenkräfte

Massenkräfte werden gemäß DIN 19704-1 (5.2.7) aufgrund der geringen Beschleunigungen (< 0,5 m/s² bezogen auf den Schwerpunkt) vernachlässigt.

6.6.8 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.

6.6.9 Schiffsreibung

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

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

- Horizontallast ⊥ zur Fahrtrichtung 100 kN
- Horizontallast in Fahrtrichtung 50 kN

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

6.6.10 Schiffsstoß

Ein Schiffsstoß ist bei der Auslegung der Tore zu berücksichtigen. Hierzu ist eine Energie von max. 1.000 kNm anzusetzen.

Die Stoßenergie kann über eine externe Einrichtung zur Torkonstruktion abgetragen werden.

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.

6.6.11 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 → $q=1{,}05\ kN/m^2$

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

→ $c_f=0{,}5$

6.6.12 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.

6.6.13 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.

6.6.14 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).

b) Druckprüfung von Hohlkörpern:

p_{min} = 0,3 bar

c) Montagezustand:

Eigengewicht Verschluss ohne Auftrieb > Belastbarkeit der Auflager

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

6.6.15 Bewegungsbehinderung durch Fremdkörper / Einwirkungen des Antriebes im Störfall

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

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

6.6.16 Weitere Einwirkungen auf die Verschlüsse

Reibungskräfte:

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

6.6.17 Betriebsfestigkeitsnachweise

Stahlkonstruktionen:

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

6.6.18 Fahrzeiten Verschlüsse

Verschluss Schleuse	90 s
Verschluss Füll- und Entleerungsorgane	120 s

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

6.6.19 Füll- und Entleerungszeiten Schleuse

Füll- und Entleerungszeiten gemäß Abstimmung mit der BAW

7. Materialkenngrößen und Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteilwiderstände

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

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 N/mm^2	
Haftscherfestigkeit	β_{RHS} = 0,20 N/mm^2	
Steinzugfestigkeit	β_{RZ} = 0,7 N/mm^2	
Elastizitätsmoduli	Vorsatzschale	30.000 N/mm^2
	Füllmauerwerk	22.000 N/mm^2

Bei der Schubtragfähigkeit wird wegen der Risse und Klüfte β_{RHS} = 0 gesetzt.

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

fiktiv wird angesetzt: Beton B 5, Rohdichte 1,79 g/cm^3
Im schlechtesten Fall enthalten die Kammern Sand oder weisen Hohlräume auf.

Sohle (gemäß [4], S. 37 ff)

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

Gemäß BAW-Stellungnahme ist vom 23.02.2015 ist eine langfristige Nutzung der Bestandsohle nicht möglich.

Hat

Prüfnummer

510/14 - 3

Anlage 1

Wasserstände (beispielhaft)

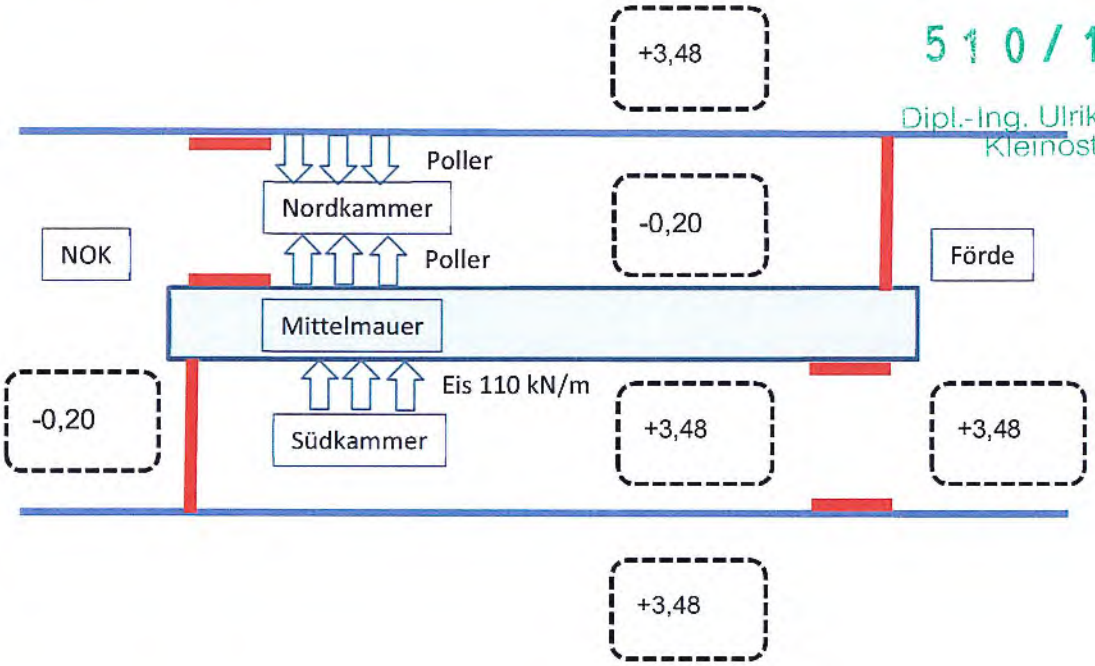
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim

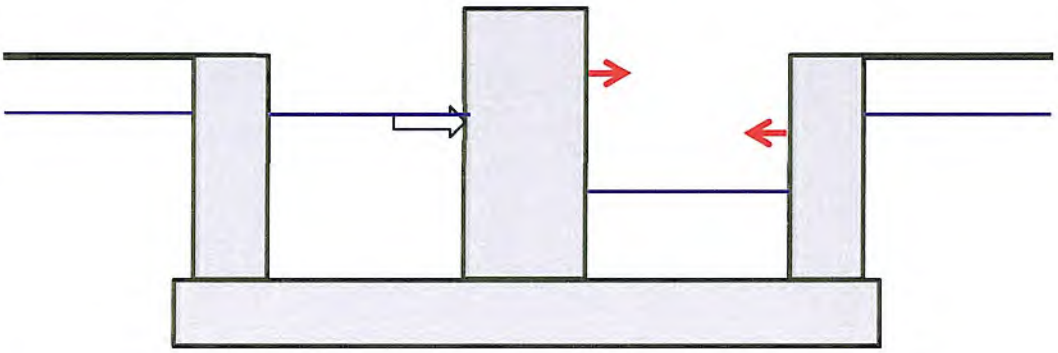
Hat

BS – P 1

Anlage 1.1

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





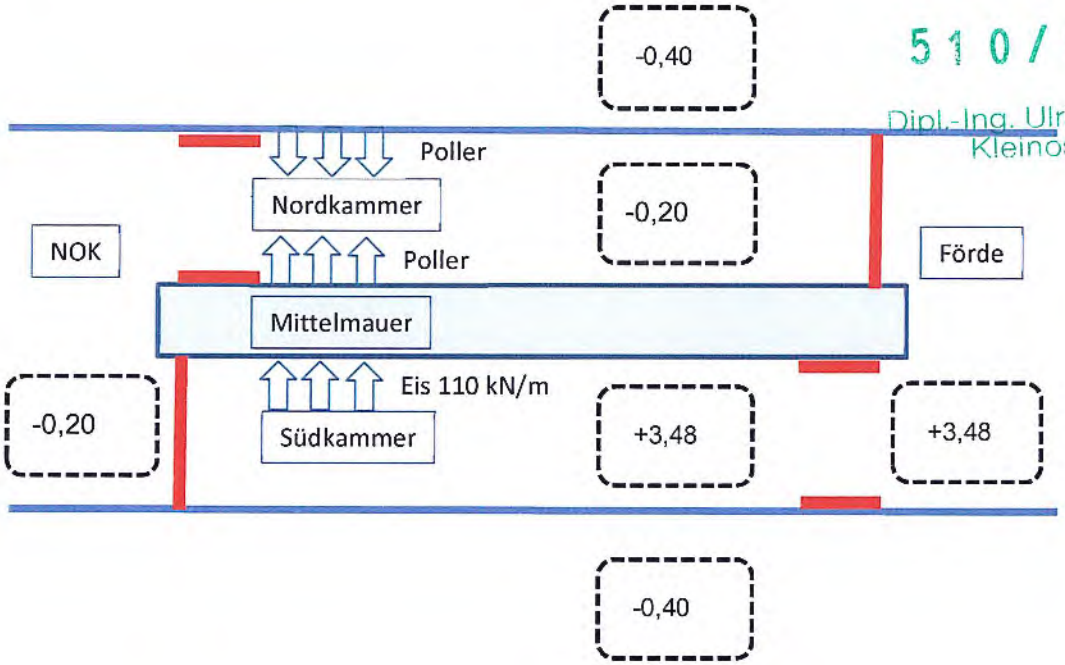
Normalbetrieb
NOK BWu
Förde BWo
normaler Eisdruck
Pollerzug

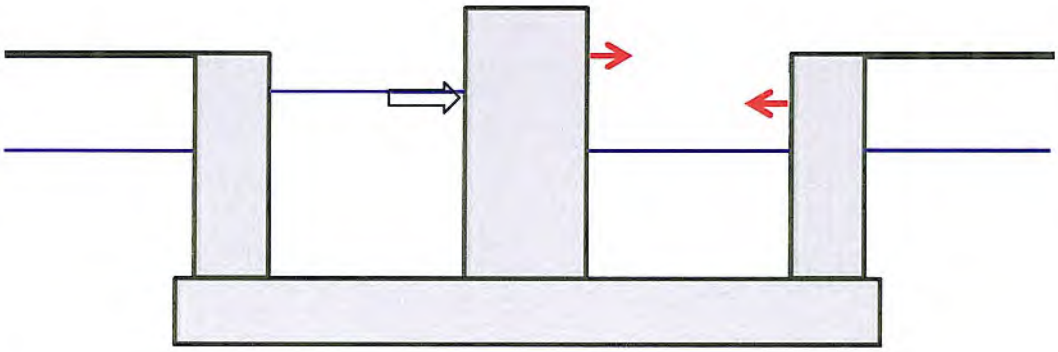
Hat

BS – P 2

Anlage 1.2

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





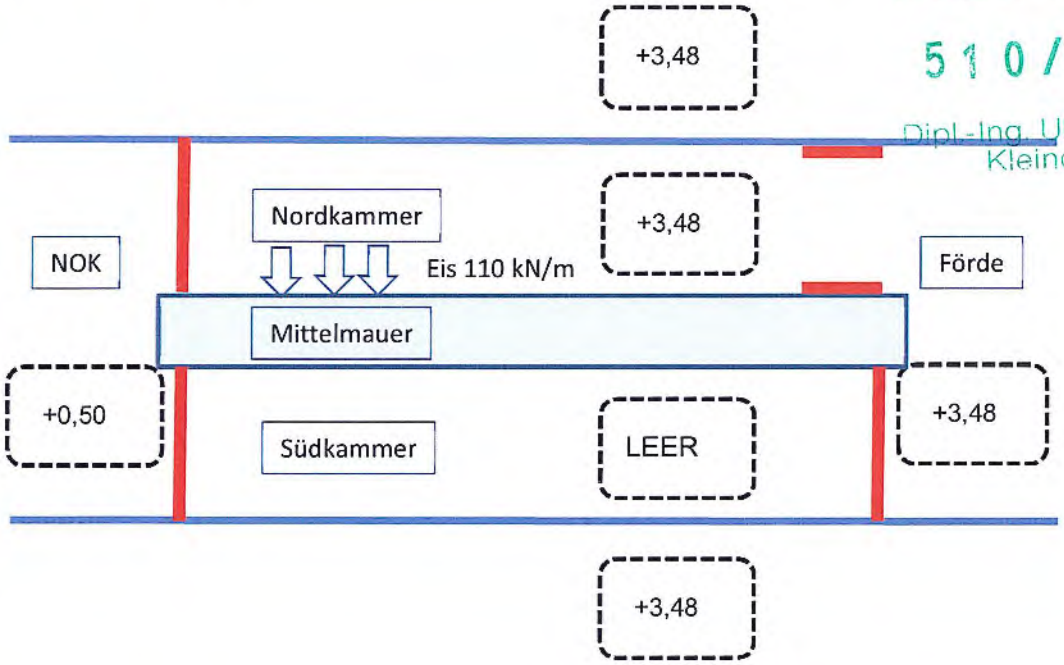
Normalbetrieb
NOK BWu
Förde BWo
normaler Eisdruck
Pollerzug

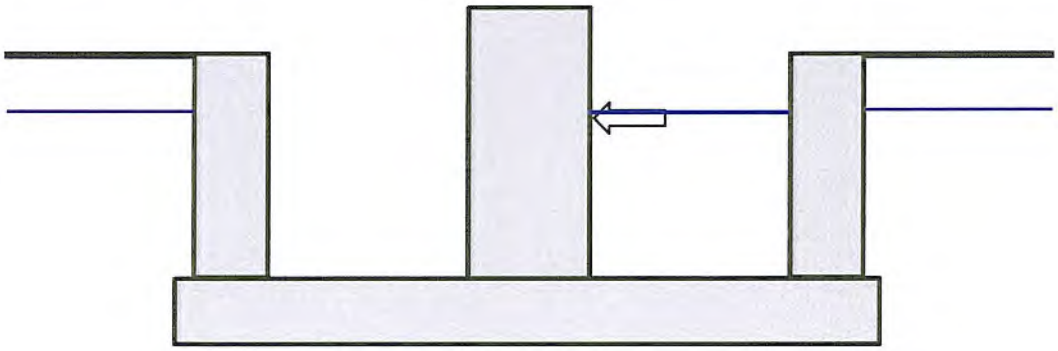
Hat

BS – T 1

Anlage 1.3

Prüfnummer
510/14-3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





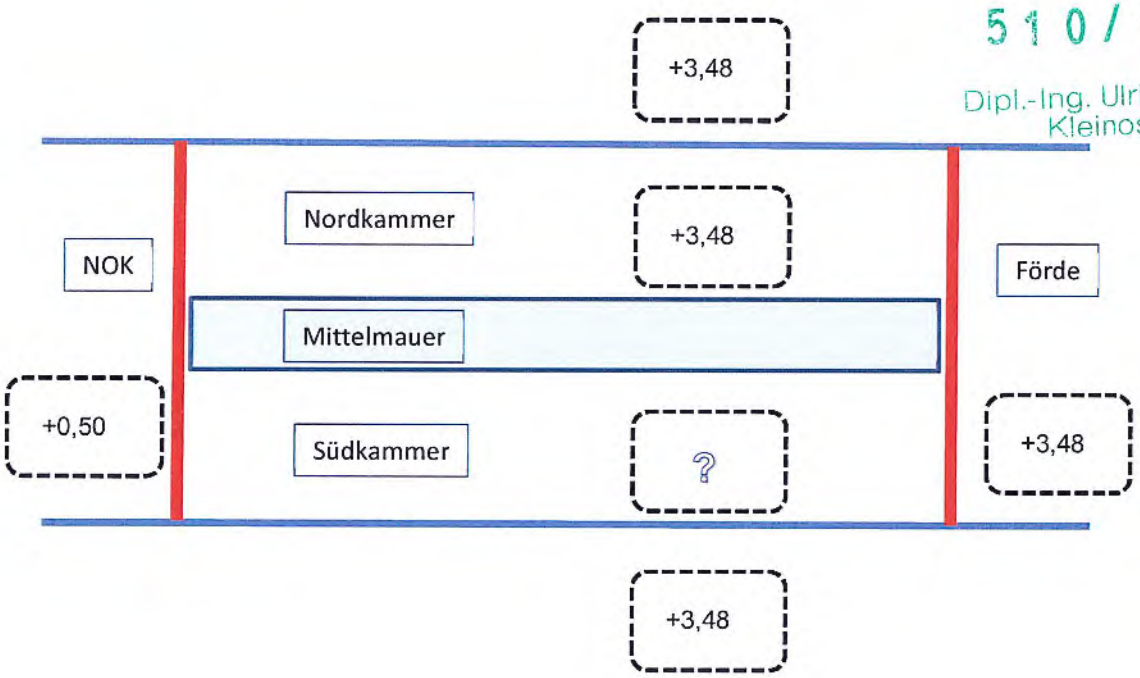
Revision (wenn konstruktionsbedingt möglich)
Förde BWo
NOK BWo
normaler Eisdruck

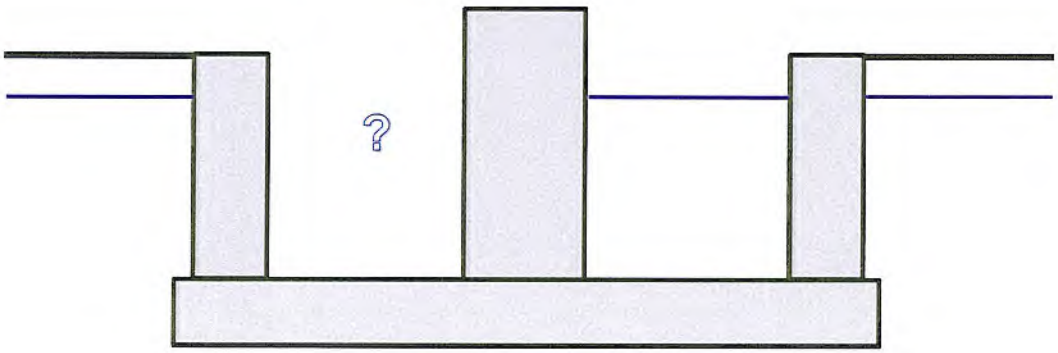
Hat

BS – T 2

Anlage 1.4

Prüfnummer
510/14 - a
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





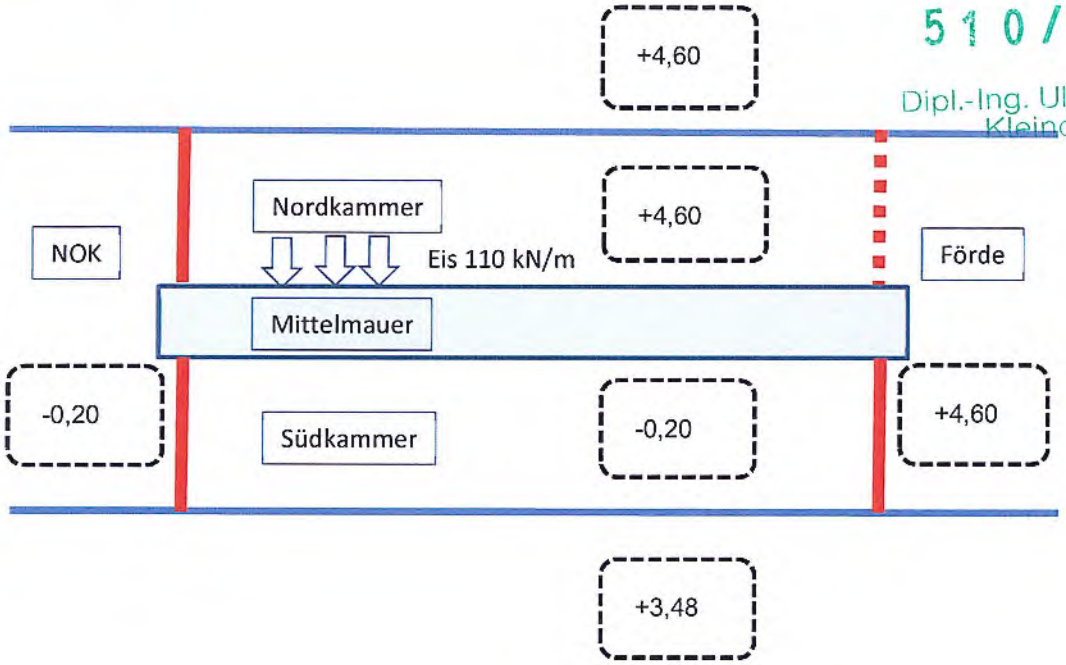
Bauzustände je nach Variante / Konstruktionsart

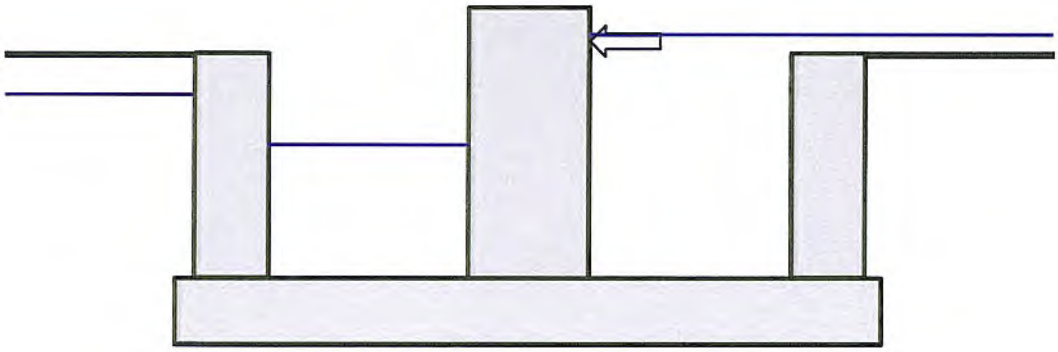
Hat

Anlage 1.5

BS – A 1

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





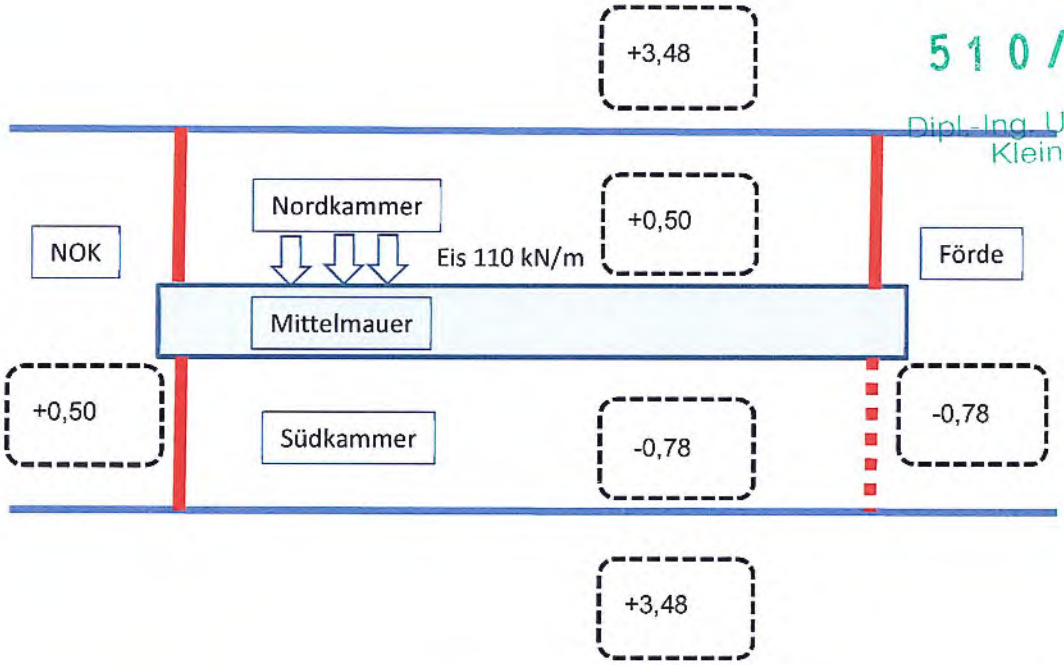
Extremes Hochwasser (Sturmflut) auf Binnentor
Außentor defekt
GOK teilweise überflutet
normaler Eisdruck

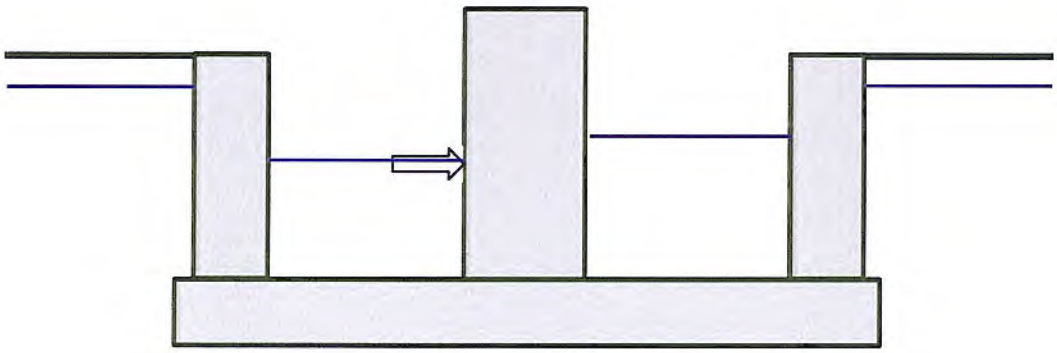
Hat

BS – A 2

Anlage 1.6

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





extremes Niedrigwasser (außer Betrieb)
Außentor defekt

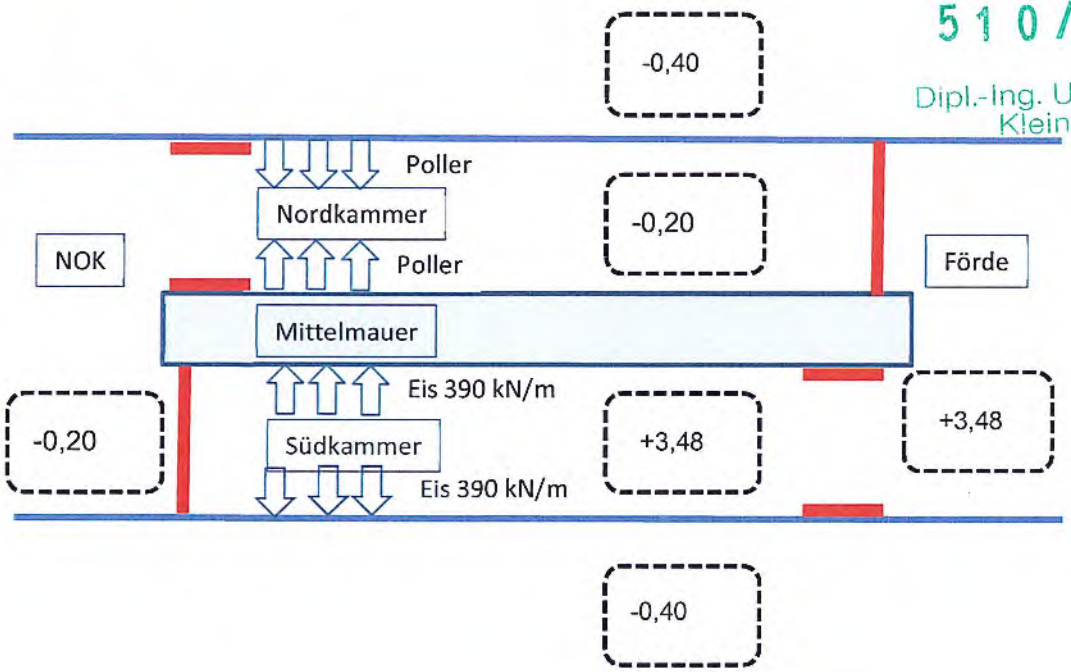
NOK BWo
normaler Eisdruck

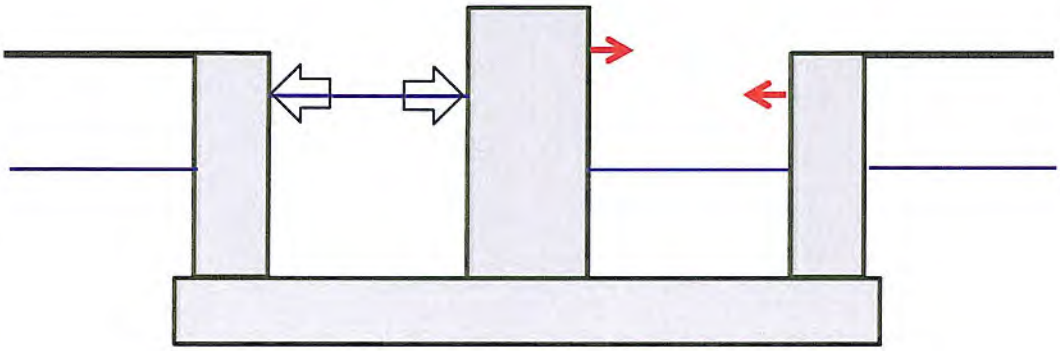
Hat

BS – A 3

Anlage 1.7

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





extremer Eisdruck

NOK	BWu
Förde	BWo

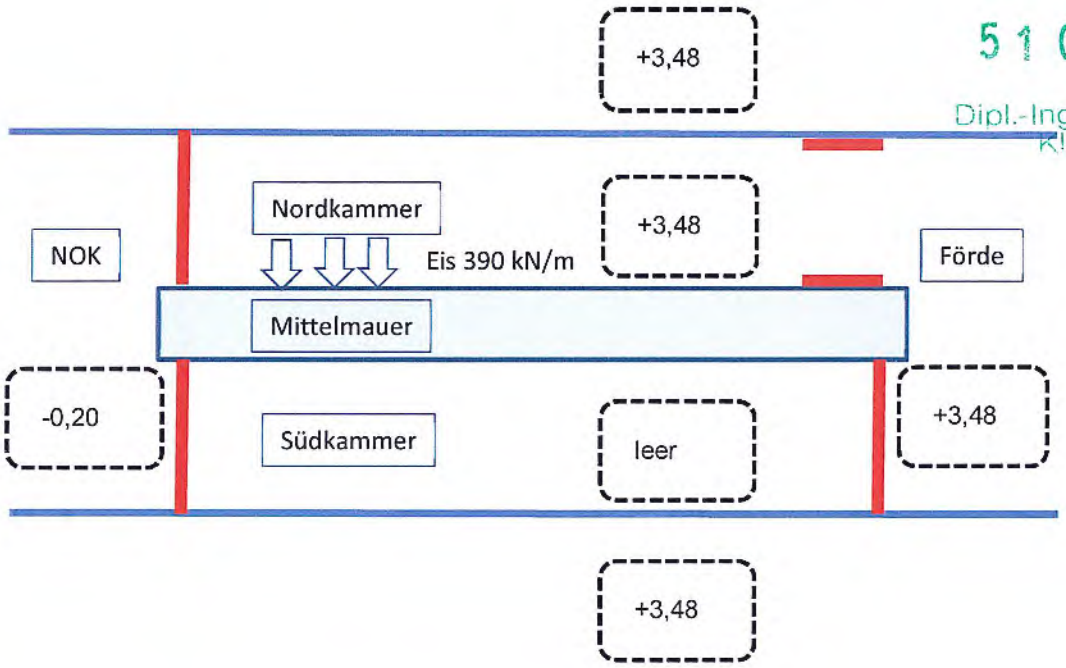
Pollerzug

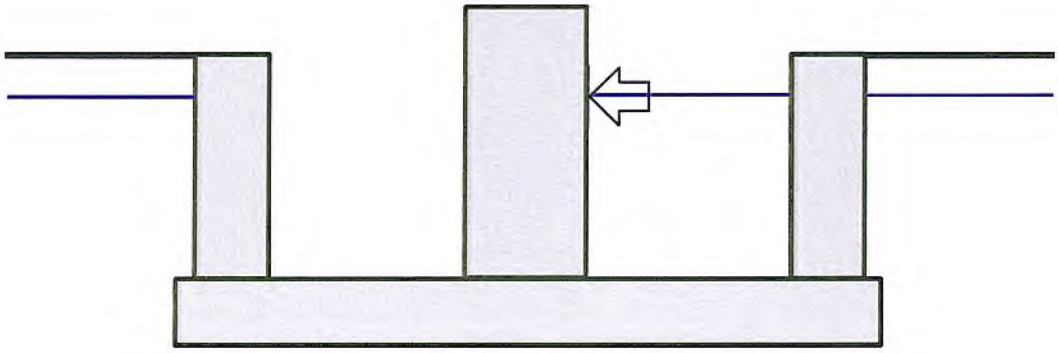
Hat

BS – A 4

Anlage 1.8

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





extremer Eisdruck + Revision

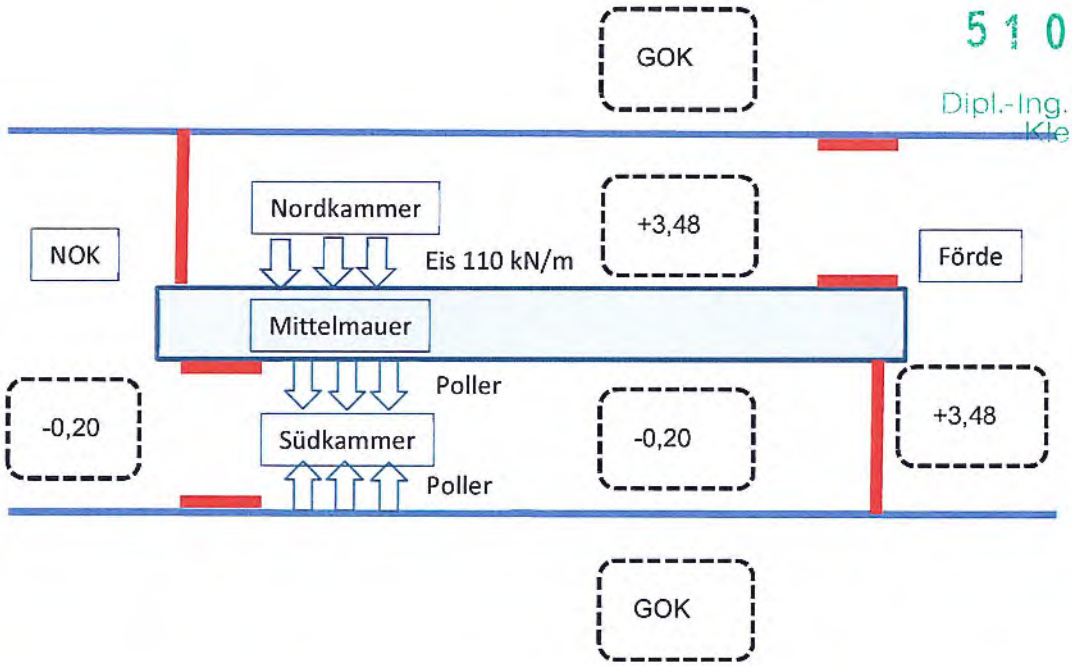
NOK	BWu
Förde	BWo

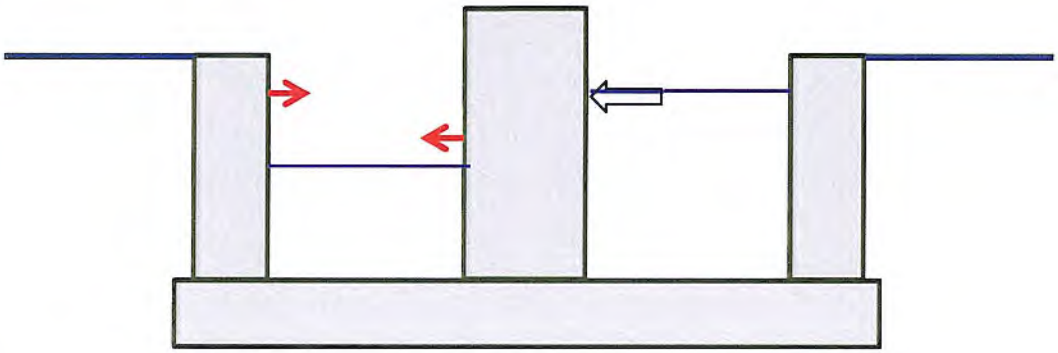
Hat

BS – A 5

Anlage 1.9

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





nach Sturmflut (Überflutung)

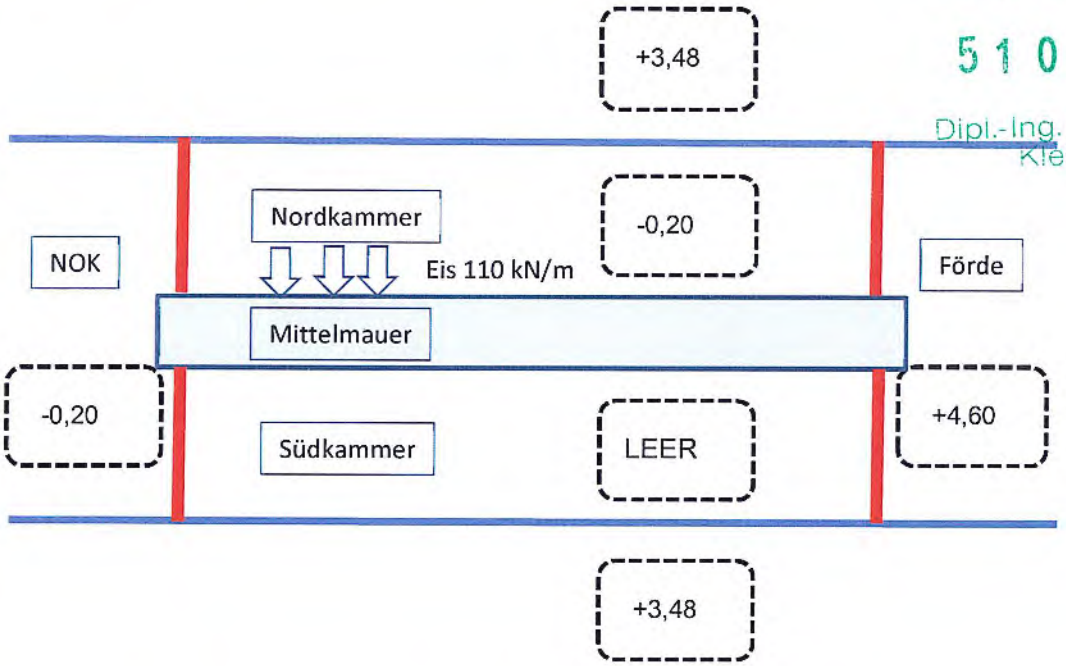
NOK	BWu
Förde	BWo
Pollerzug	
Eis	

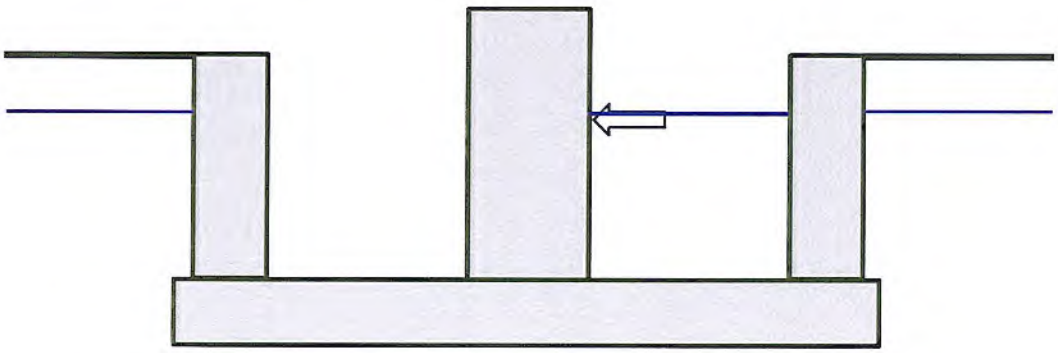
Hat

BS – A 6

Anlage 1.10

Prüfnummer
510/14 - 3
Dipl.-Ing. Ulrike Schömig
Kleinostheim





HHW + Revision
Förde HHW
NOK BWo
normaler Eisdruck

Hat