

Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt  
Außenstelle Nord

Wasser- und Schifffahrtsamt  
Kiel-Holtenau

**1. Fortschreibung der  
Konzeption  
Gemäß VV-WSV 2107, § 6 (3)  
für  
die Grundinstandsetzung der Schleusenanlage  
Kiel-Holtenau**

**November 2015**

## Inhalt

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Veranlassung .....                                                                                 | 3  |
| 1.1. Einleitung .....                                                                                 | 3  |
| 1.2. Kurzbeschreibung der Schleusenanlage .....                                                       | 3  |
| 1.3. Vorgezogene Maßnahmen zur Instandsetzung .....                                                   | 5  |
| 1.4. Zustandsbeschreibung der Bauwerke und Handlungserfordernisse .....                               | 5  |
| 1.4.1 Allgemeines .....                                                                               | 5  |
| 1.4.2 Kleine Schleuse – Schleusenkammern 1 und 2 .....                                                | 6  |
| 1.4.3. Große Schleuse – Schleusenkammern 3 und 4 .....                                                | 9  |
| 1.4.4 Auslassbauwerk mit Zufahrt zur Schleuseninsel und Entwässerungssiel .....                       | 11 |
| 1.4.5. Hochbauten / Flankierende Maßnahmen .....                                                      | 12 |
| 2. Planungsgrundsätze, Mindestanforderungen an Varianten/ Methodik der<br>Kapazitätsbetrachtung ..... | 14 |
| 2.1. Planungsgrundsätze und Mindestanforderungen .....                                                | 14 |
| 2.2. Berücksichtigung relevanter Wasserstände .....                                                   | 14 |
| 2.3. Methodik der Kapazitätsbetrachtung .....                                                         | 15 |
| 3. Herleitung der Zielvariante .....                                                                  | 17 |
| 3.1. Beschreibung der Varianten zur Instandsetzung der Schleusen .....                                | 17 |
| 3.2. Variantenvergleich .....                                                                         | 20 |
| 3.2.1. Kostenvergleich für die Grundinstandsetzung der Schleusen .....                                | 20 |
| 3.2.2. Nutzwertbetrachtung .....                                                                      | 21 |
| 3.3. Zielvariante .....                                                                               | 24 |
| 3.3.1. Auswahl der Zielvariante .....                                                                 | 24 |
| 3.3.2. Risikobetrachtung .....                                                                        | 25 |
| 3.3.3. Mögliche Optimierung der Variante D' .....                                                     | 29 |
| 4. Rahmenbedingungen .....                                                                            | 31 |
| 4.1 Zeitansätze / Fristen .....                                                                       | 31 |
| 4.2 Organisatorischer und personeller Rahmen .....                                                    | 32 |
| 4.3 Abschätzung des Haushaltsmittelbedarfes .....                                                     | 33 |
| 4.4 Art und Umfang von Vergaben .....                                                                 | 34 |
| 5. Umfang der durchzuführenden Nutzen – Kosten - Betrachtungen .....                                  | 35 |

### Anlagen:

- Anlage 1 – Zeitplan für die Erstellung Entwurf-HU der GS
- Anlage 2 – Variantenübersichten der Bypasslösungen
- Anlage 3 – Kapazitätsbetrachtungen
- Anlage 4 – Barwerte der Investitionen, Investitionsfolgekosten
- Anlage 5 – Querprofile Vorhafenanpassung
- Anlage 6 – Beschreibung Variante D'

## **1. Veranlassung**

### **1.1. Einleitung**

Mit dem Erlass WS 11/5221.34/0 vom 11.1.2013 wurde der im Oktober 2012 vorgelegten Konzeption zur Instandsetzung der Schleuse Kiel – Holtenau zugestimmt. Demnach sollten die vier Schleusenammern sukzessive saniert werden, ohne dass ein Neubau einer Kammer erforderlich wird. Die Gesamtmaßnahme sollte dabei mit der Instandsetzung der beiden kleinen Kammern beginnen. Hierfür war das Jahr 2016 vorgesehen. Die Ausgaben für die GI der kleinen Kammern wurden auf rd. 60 Mio. € geschätzt, für die Gesamtmaßnahme auf ca. 240 Mio. €.

In 2013 erfolgten parallel zur Prüfung des Bauwerks tiefgreifende Aufschlüsse am Bauwerk, um das bei der BAW als Basis für die Grundinstandsetzung beauftragte Zustandsgutachten vorzubereiten. Erste Ergebnisse des Gutachtens wurden im März 2014 von der BAW vorgestellt. Die abschließenden Ergebnisse wurden bis Anfang Juni 2014 analysiert und führten zunächst zur vorläufigen Schließung beider kleinen Kammern. Aufgrund des komplexen Schadensbildes hatte das WSA daraufhin ein Ingenieurbüro beauftragt, Möglichkeiten für eine kurzfristige Reparatur und Wiederinbetriebnahme zumindest einer Kammer der Kleinen Schleuse zu prüfen. Die Ergebnisse lagen im Dezember 2014 vor. Diese ließen dem WSA aus baupolizeilicher Sicht keine andere Wahl, als die beiden Kammern der Kleinen Schleuse bis zu ihrer Sanierung gesperrt zu lassen. Zahlreiche Risse an verschiedenen Orten im tragenden Mauerwerk der Kleinen Schleuse machen es unmöglich, die Schleuse durch Hilfsmaßnahmen ganz oder teilweise wieder in Betrieb zu nehmen.

Die im Oktober 2012 abgestimmte Konzeption enthält somit Inhalte, die nicht mehr gültig sind. Die Konzeption ist angesichts der veränderten Ausgangssituation beim Bauwerkszustand der Kleinen Schleuse insgesamt nicht mehr gültig und muss im Rahmen einer ersten Fortschreibung neu aufgestellt und abgestimmt werden. Zur Erleichterung der Lesbarkeit geschieht dies in einem vollständig neuen Dokument ohne erforderliche Bezüge auf die bisherige Konzeption.

### **1.2. Kurzbeschreibung der Schleusenanlage**

Die Schleusenanlage Kiel-Holtenau besitzt zwei große Schleusenammern (Fertigstellung 1914) mit Nutzlängen von 330 m, Nutzbreiten von 42 m und Tiefen von 14 m (Nutzbar derzeit bis 9,50m Tiefgang. Im NOK - Ausbauszenario bis 10,50m Tiefgang) sowie zwei kleine Schleusenammern (Fertigstellung 1895) mit Nutzlängen von 125 m, Nutzbreiten von 22 m und Tiefen von 9,80 m (Nutzbarer Tiefgang in der Vergangenheit 7,50m).

# 1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

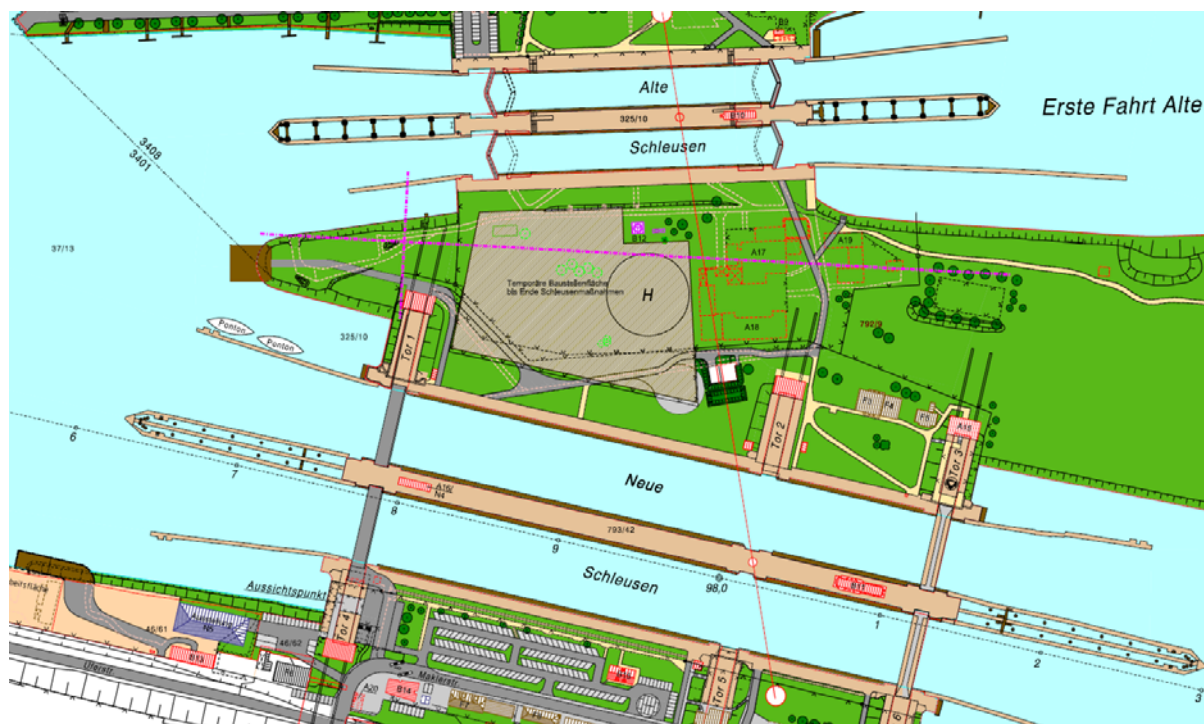


Abb.1 - Übersicht über die Schleusenanlage Kiel-Holtenau

Die Tiefenverhältnisse der Vorhäfen der Schleusenanlage gestalten sich binnen- und fördeseitig kompatibel zu den vorhandenen Schleusentiefen und damit zu den passierenden Verkehren. Im südlichen Bereich des Schleusenareals sind Gewässerbett und Uferanlagen auf die großen Schleusentiefen der Großen Schleusen ausgerichtet. Im nördlichen Bereich des Schleusenareals sind auf einer Länge vom Leuchtturm Kiel-Holtenau ( km 99,0) bis in den Binnenhafen bei ca. km 97,0 Gewässerbett und Uferanlagen auf die geringen Schleusentiefen der Kleinen Schleusen ausgerichtet. Dort sind die vorhandenen Uferbefestigungen und das Gewässerbett nicht auf größere Schiffstiefgänge als 8,50 m eingestellt.

Die Neuen Schleusen, bzw. Großen Schleusen des Nord-Ostsee-Kanals in Kiel-Holtenau sind zusammen mit den Alten Schleusen, bzw. Kleinen Schleusen Schwerpunkte des Betriebsgeschehens und des Verkehrsablaufes.

Die Entwässerung des NOK sollte ursprünglich über die Alten Schleusen ausgeführt werden. Dies erwies sich jedoch als nicht effektiv. Aus diesem Grund wurde für die Entwässerung des NOK im Bereich der Schleusenanlage Kiel-Holtenau nach der Fertigstellung der Alten Schleusen ein nördlich gelegenes Entwässerungssiel an einer Zweifeld-Betonbogenbrücke mit Fertigstellung 1912 hergestellt. Über diese Brücke erfolgt auch die Zufahrt zur Schleuseninsel auf der sich sowohl das Amtsgebäude als auch der Außenbezirk der Gesamtanlage befinden. Mit der Erstellung der Schleusenanlage wuchsen ebenfalls Hochbauanlagen sowie Kaianlagen und Anlagen für den Regiebetrieb des Außenbezirks.

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

Die Nummerierung der Schleusenammern erfolgt von Norden her mit 1 beginnend und endet mit der südlichen Großen Kammer bei 4.

Die Zugangsmöglichkeiten für den Besucherverkehr auf den NOK-Schleusen sind auf der Grundlage internationaler Regelungen zum Schutz der Seeschifffahrt (ISPS) eingeschränkt.

### **1.3. Vorgezogene Maßnahmen zur Instandsetzung**

Der Neubau eines Leitungstunnels, die Beschaffung neuer Revisionsverschlüsse für die kleinen Schleusen in Brunsbüttel und Kiel-Holtenau sowie der Neubau eines Schiebetors sind nicht Gegenstand dieser Konzeption. Sie wurden in dem bereits genehmigten Entwurf HU 317 veranschlagt.

Der Leitungsdüker befindet sich im Moment im Rohbau, die Revisionsverschlüsse sind beschafft und wurden erfolgreich beim Lenzen der Kleinen Schleuse eingesetzt. Die Planung des Prototyps eines neuen Schiebetors befindet sich in der Endphase.

### **1.4. Zustandsbeschreibung der Bauwerke und Handlungserfordernisse**

#### **1.4.1 Allgemeines**

Der Bedarf einer Grundinstandsetzung der Anlagenbestandteile ist evident gegeben, wie die Ergebnisse der Bauwerksinspektion darlegen.

Es sind nahezu alle Bauwerke und Bauteile betroffen. Beide Kammern der Kleinen Schleuse mussten gesperrt werden, da die Bausubstanz standsicherheitsgefährdende Mängel aufweist.

Die Großen Schleusen wurden seit ihrem Baujahr 1914 noch keiner umfassenden Grundinstandsetzung unterzogen. Lediglich Teilmaßnahmen in einzelnen Bereichen wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgeführt.

Die letzte Grundinstandsetzung der Kleinen Schleusen wurde in den 1960'er und 1970'er Jahren ausgeführt. Wie die 2013 durchgeführte Lenzung mit Zustandsgutachten zeigte, wurden die Arbeiten zur Grundinstandsetzung in den 70er Jahren nicht zu Ende durchgeführt.

Das Siel und das Brückenbauwerk haben ebenfalls Mängel im Bereich Massivbau, Antrieben und Stahlwasserbau, welche dringend einer Grundinstandsetzung bedürfen.

Hochbauanlagen sowie Kaianlagen und Anlagen für den Regiebetrieb des Außenbezirks befinden sich ebenfalls in einem ihrem Alter entsprechenden grundinstandsetzungswürdigen Zustand. Teilweise sind die Anlagenteile als abgängig zu betrachten.

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

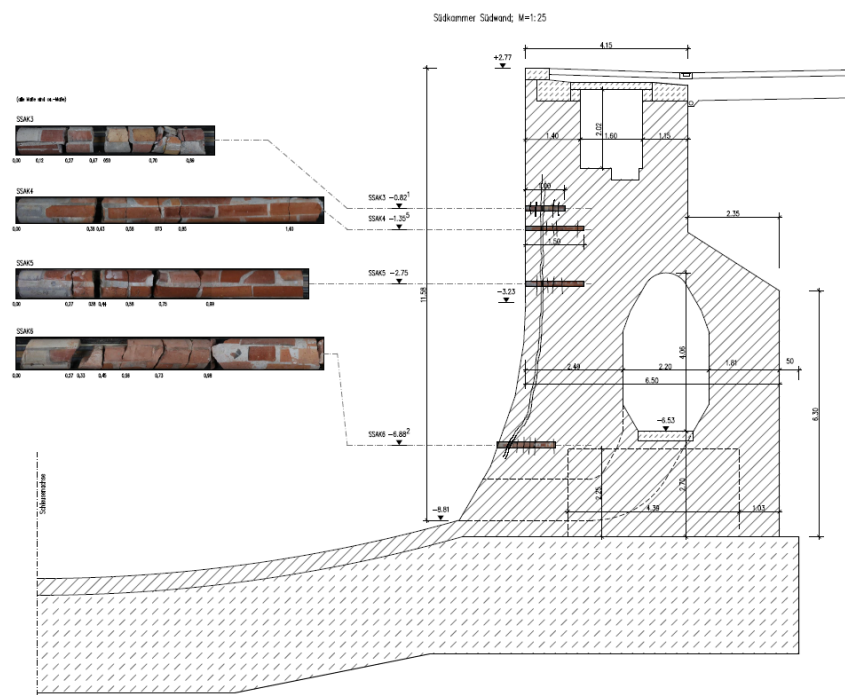
## 1.4.2 Kleine Schleuse – Schleusenammern 1 und 2

### 1.4.2.1. Massivbau

Die Kleinen Schleusen wurden nach der Fertigstellung der im Entwurf-HU veranschlagten Revisionsverschlüsse gelenzt und einem Untersuchungsprogramm unterzogen. Nach Abschluss des Untersuchungsprogramms (BAW – Zustandsgutachten mit Materialbeprobungen, Versuch der Erarbeitung stabilisierender Sofortmaßnahmen und Prüfung durch Prof. Mark) mussten beide Schleusenammern komplett gesperrt werden, da nicht durch einfache Reparatur / Sanierung zu beseitigende Standsicherheitsgefährdungen von Bauteilen vorliegen.

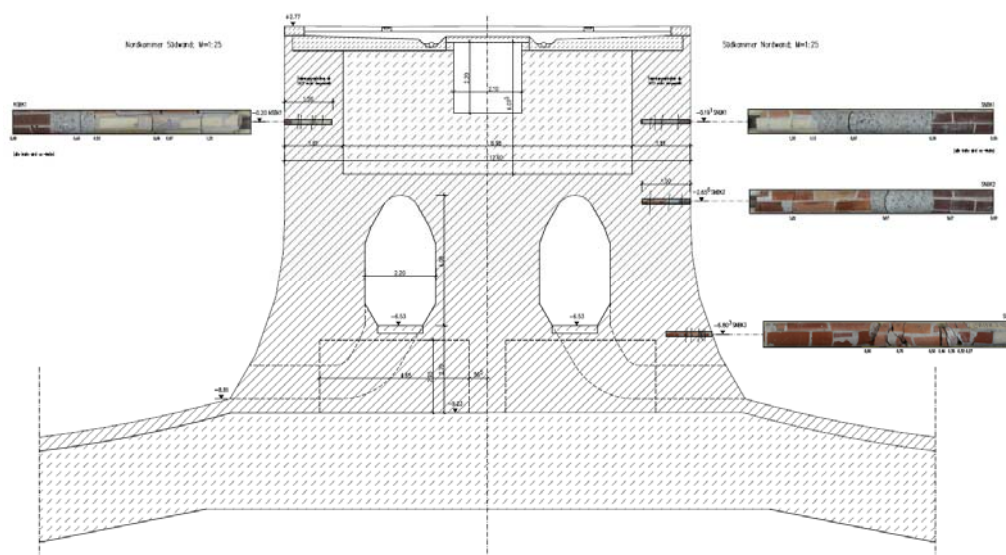
Das Zustandsgutachten der BAW schloss mit den folgenden Empfehlungen bzw. Feststellungen:

- gemessen an heutigen Normen war das Bauwerk nie standsicher,
- jedoch liegen eine sehr sorgfältige Ausführungsart und gute Materialien vor,
- Hohe abnormale Einwirkungen durch Verkehrslasten (Krane, lange Lenzungsdauer etc.) führten zu Überbeanspruchung,
- Große kammerparallele Risse und Klüfte (temperaturinduziert entstanden), darauffolgende Lastwechsel mit fortschreitender Zerstörung,
- Ein vorhandener Riss im First des Längslaufs passt zum rechnerischen Schadensbild,
- Eine Überschreitung der Schubtragfähigkeit hat stattgefunden,
- Tragfähigkeitsreserven lassen sich auch mit verfeinerten Methoden nicht aktivieren,
- Dringende Empfehlung von Außerbetriebnahme und Sicherungsmaßnahmen wurde ausgesprochen.



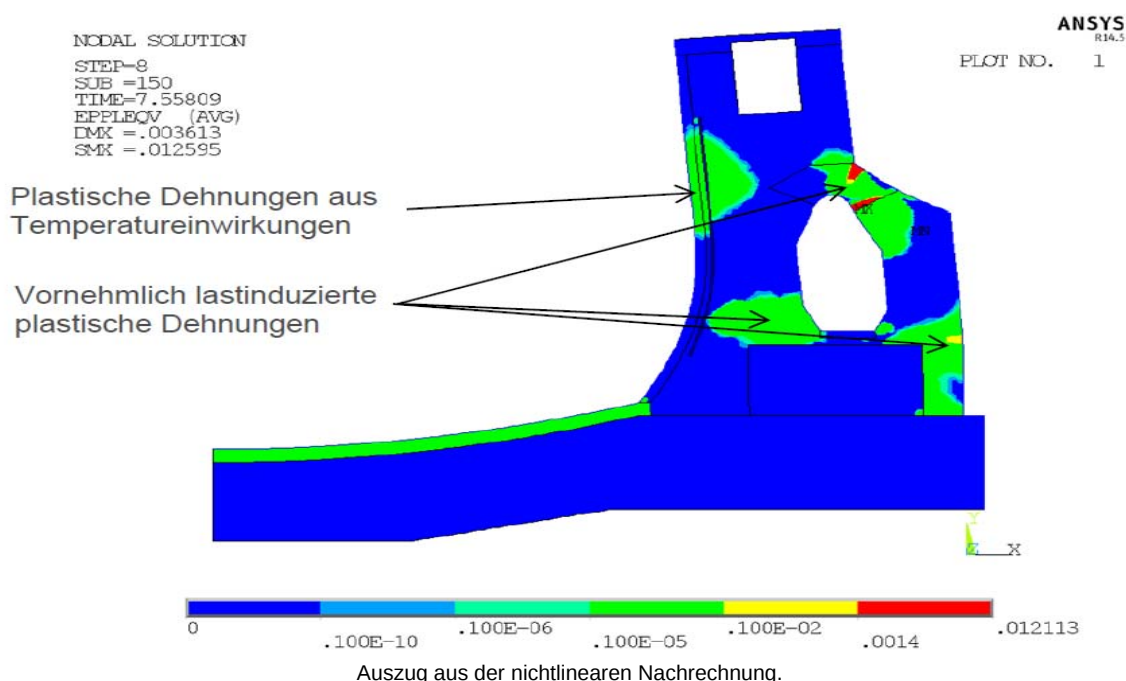
Beispielhafte geklüftete und gerissene Bohrbilder und Kluftverlauf in der Schleusenammer.

# 1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau



Ebenfalls im Bereich der Mittelmauer sind Klüfte und Risse vorhanden

Es wurde unter zu Hilfenahme von nichtlinearen Berechnungsmethoden versucht die Lastgeschichte des Schleusenbauwerks nachzubilden und eventuelle Standsicherheitsreserven zu generieren. Der Nachweis konnte nicht erbracht werden. Reserven in der Standsicherheit sind nicht gegeben.



Auszug aus der nichtlinearen Nachrechnung.

Problematisch: Die rechnerische Überbeanspruchung passt zum vorhandenen Schadensbild!

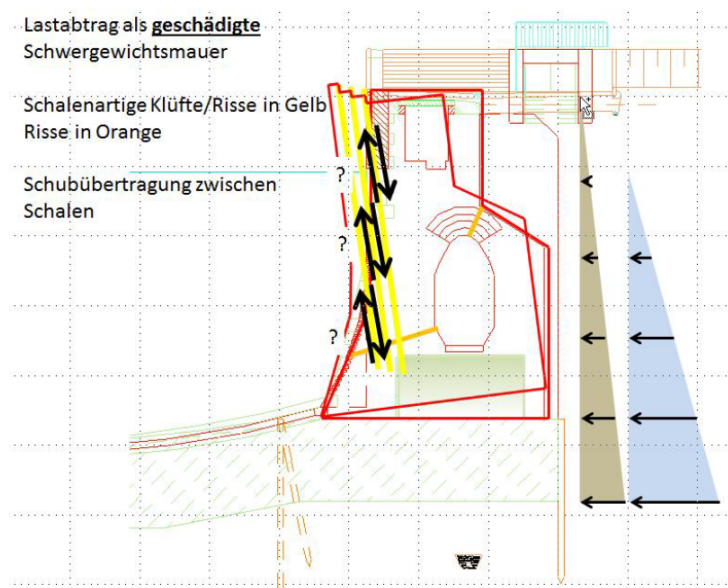
Über kurz oder lang kann es zu einem Versagen der Mauerwerksbereiche kommen. Entweder es werden lokale Mauerwerksteile in die Kammer fallen oder/und ein globaler Versagensmechanismus wird einsetzen und über ein Öffnen des Risses oberhalb des Umlaufkanals und ein Versagen der Schubtragfähigkeit in der Sohlfuge wird sich der komplette Mauerquerschnitt in die Schleusenkammer bewegen. Jede Bewegung geht mit einer Entlastung im Bereich des Erddrucks einher. Eine

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

Entlastung des Wasserdrucks erfolgt jedoch nicht. Wie schnell ein Versagen abläuft ist dem Bereich der Spekulation zuzuordnen und kann nicht qualifiziert beschrieben werden.



Darstellung des Versagensmechanismus.



Problematisch ist weiterhin, dass weite vor allem rückwärtige Teile des Schleusenmauerwerks nicht erkundet werden konnten und dass nicht von einer Schadensfreiheit ausgegangen werden kann.

Auf der Basis der vorgefundenen Schäden sind die technischen Ansätze der Konzeption aus dem Jahr 2012 in Bezug auf die kleinen Kammern nicht mehr aufrecht zu erhalten. Insbesondere die geplante nachhaltige Ertüchtigung des vorhandenen Mauerwerks durch ein Verpresssystem lässt sich nicht realisieren. Da das Tragwerk keine globalen Standsicherheitsnachweis erfüllt, sind Sanierungsmaßnahmen, die die vorhandene Struktur in den Lastabtrag einbeziehen, ausgeschlossen. Sanierungsmaßnahmen wären auf Grund der vorhandenen Standsicherheitsdefizite nicht ohne vorlaufende Sicherungsmaßnahmen denkbar gewesen.

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

Es bestand das Handlungserfordernis seitens der WSV Varianten zur Lösung des Problems herzuleiten. So wurde nach negativem Ausgang des Zustandsgutachtens die Ingenieurgemeinschaft WTM/IRS mit der Planung der Sicherungsmaßnahmen des Schleusensystems bis zur Ausführungsreife und mit der geänderten Vorplanung der Grundinstandsetzung des Schleusenkammersystems der Alten Schleusen beauftragt. Hierbei wurden die vorgefundenen Schadensbilder berücksichtigt.

#### **1.4.2.2. Stahlwasserbau**

Die Stemmtore der Schleusenanlage sind turnusmäßig instandsetzungsbedürftig. Die Tore sind jedoch nicht für ein „Zweitorkonzept“ verwendbar. Ebenso müssten im Rahmen einer Grundinstandsetzung bei weiterem Verwendungswunsch der Stemmtore umfangreiche Ertüchtigungsarbeiten auf Grund notwendigem Austausch der Antriebseinheiten und Anpassung der Normengeneration erfolgen.

#### **1.4.2.3. Antriebstechnik**

Die Antriebstechnik beinhaltet Prinzipien und Komponenten aus der Bauzeit der Schleusenanlage. Die Antriebseinheiten sind geprägt durch Ausfälle. Sie lassen keinen sicheren Betrieb der Anlage zu.

#### **1.4.2.4. Schleusenausrüstung**

Die Schleusenausrüstung ist stark mangelhaft. Die Holzfender werden durch auftriebssichernde Maßnahmen des Abz 2 betriebsbereit gehalten. Hier ist dringend Abhilfe erforderlich. Sowohl die permanenten Anfahrungen und Anlegemanöver als auch die vorhandenen Belastungen durch die Holzbohrmuschel Teredo Navalis setzen der vorhandenen Konstruktion zu.

Die Leitwerke der Schleusenammern 1 und 2 bestehen aus Holzdalben. Im restlichen Kanalbereich und auch an den Schleusenammern 3 und 4 sind bereits moderne Stahlmonodalben verbaut.

Die in den Schleusendecks vorhandenen Plattformpoller sind ihren Belastungen nicht mehr gewachsen. Sie müssen durch moderne Kantenpoller ersetzt werden.

Bei den Steigeleitern besteht dringender Ersatzbedarf. Sie sind im Wasserwechselbereich stark geschädigt und durchrostet.

#### **1.4.3. Große Schleuse – Schleusenammern 3 und 4**

Im Moment beschäftigt sich das Neubauamt für den Ausbau des Mittellandkanals in Hannover mit der Erstellung eines Zustandsgutachtens für die Großen Schleusen im Auftrag des WSA Kiel-Holtenau.

Das zu erstellende Zustandsgutachten der großen Schleusen soll zum Ende des Jahres 2017 vorliegen und die Vorplanung der Grundinstandsetzung Ende des Jahres 2018.

#### **1.4.3.1. Massivbau**

Die Schleusen bestehen ebenfalls aus Stampfbeton mit einer Klinkervormauerung. Im Gegensatz zu den Schleusenkammern 1 und 2 können die Schleusenkammern jedoch nicht gelenzt werden. Es ist zwischen den Häufern eine hydraulisch offene Sohle vorhanden.

Die Schäden im Mauerwerksbereich sind aus jetzigem Kenntnisstand nicht so gravierend ausgebildet wie in den Schleusenkammern 1 und 2. Die Schleusenkammerwände besitzen im oberen Bereich eine Rückverankerung mit Rundstahllankern und einer „Totmannverankerung“ im rückwärtigen Verfüllbereich. Bei der durchgeführten Dükerbaumaßnahme wurden örtlich durchtrennte Rundstahllanker im Vorfeld durch eine Umankerungskonstruktion ersetzt.

Die Torkammern der Schleusenkammern können gelenzt werden. Auf den Torkammern sind in den 1930'er Jahren über zwei Meter starke Bunkerdecken aufgelagert worden, die die Schleusenanlage gegen Bombenangriffe schützen sollten. Die Bunkerdecken sind stark sanierungsbedürftig. Aufgrund der massiven Bauausführung ist eine Sanierung des Bauteils aus wirtschaftlichen Erwägungen einem Abriss vorzuziehen. Genauere Bauwerksuntersuchungen und statische Nachrechnungen müssen hier noch angestellt werden.

Wie in den Schleusenkammern 1 und 2 sind auch in den Schleusenkammern 3 und 4 Umlaufkanäle im Massivbaubereich vorhanden, welche über Schütze, die mit Gegengewichtsprinzip über aufwendige Umlenkungen betrieben werden, befüllt und entleert werden. Dies ist nicht mehr zeitgemäß, aufwendig konstruiert und nicht mehr betriebssicher.

In den Schleusenkammern befinden sich resultierend aus dem Vorhandensein der Schütze und durch die vorhandene längsgerichtete Leitungsführung Gänge und Maschinenkammern, die einen teilweise bedenklichen Bauwerkszustand haben. So sind diverse Deckenbereiche bereits provisorisch unterstützt. Es soll versucht werden diese Bereiche so weit wie möglich mit Beton zu verfüllen und endgültig von oben abzudichten um die wartungsintensiven Bereiche zu reduzieren.

Vorhandene Leitungskanäle können dann in Schutzrohrtrassen geführt werden.

#### **1.4.3.2. Stahlwasserbau**

Vorhanden sind zum Betrieb der Schleusen im Moment sechs Schiebetore in genieteter Bauart. Sie sind aus der Bauzeit der Schleusen und sehr aufwendig instand zu setzen. Die Schiebetore sind häufig von Anfahrungen betroffen. Aus diesem Grund ist gemäß des genehmigten Entwurf-HU 317 ein neues Schiebetor in Planung, welches ein Prototyp für eine neue Schiebetorgeneration darstellen soll. Nach erfolgreicher Erprobung des neuen Schiebetors sind darüber hinaus weitere fünf Schiebetore zu bauen.

Die Schützenanlagen in den Umlaufkanälen sind stark veraltet. Aufwendig muss die mittlerweile museumsartige Struktur unterhalten werden. Sonderanfertigungen aus Gusseisen müssen aufwendig hergestellt werden.

Es ist vorgesehen die Schützenanordnung in der neuen Schiebetorgeneration unterzubringen und so den Stahlwasserbau vereinfachend zu konzentrieren.

#### **1.4.3.3. Antriebstechnik**

Die Schützenantriebe sind zusammen mit der Schütztechnik komplett veraltet. Hier sollte in der Zukunft auf normierte und moderne Getriebe und Antriebe zurückgegriffen werden. In Kürze werden deshalb die Schützenantriebe auf Stand der Technik gegen Elektrohüszylinder oder Hydraulikantriebe gewechselt. Die verbleibende Restlaufzeit und Erhöhung der Betriebssicherheit bis zum Ende der Grundinstandsetzung rechtfertigt dies.

Ursprünglich wurden zum Antrieb der Schleusentore Gleichstrommotoren eingesetzt. Die Kraft wurde dann und wird noch heute über Sondergetriebe in Zahnstangen eingeleitet, welche über den Kupplungsträger die Antriebs- und Bremskräfte in die Schiebetore einleiten. Im Rahmen der jetzigen Schiebetorplanung werden die Altantriebe auf ihre vorhandene Kapazität und auf ihren Zustand überprüft. Vorausschauend lässt sich sagen, dass wahrscheinlich die Zahnstangen und die Kupplungsträger einen guten und ausreichend dimensionierten Zustand besitzen. Die Getriebe bereiten jedoch im täglichen Betrieb Probleme, da diese häufiger ausfallen und als teure Sonderkonstruktionen aufwendiger Betreuung unterliegen.

#### **1.4.3.4. Schleusenausrüstung**

Analog zu den Schleusenammern 1 und 2 sind in den Schleusenammern 3 und 4 die Ammer- und Leitwerksfender ersatzbedürftig.

Die vorhandenen Leitwerksdammen sind bereits aus Stahlmonodammen konstruiert und entsprechen somit dem Stand der Technik.

Die bekannten Probleme aus den Schleusenammern 1 und 2 im Leiterbereich der Wasserwechselzone sind auch in den Schleusenammern 3 und 4 vorhanden.

Um den größer werdenden Schiffen Rechnung zu tragen müssen die Polleranlagen ersetzt werden.

### **1.4.4 Auslassbauwerk mit Zufahrt zur Schleuseninsel und Entwässerungssiel**

#### **1.4.4.1. Allgemeines**

Ursprünglich sollte die Entwässerung des NOK in Kiel-Holtenau über die Schleusenammern 1 und 2 betrieben werden. Zu diesem Zweck wurden in den damals noch vorhandenen Mittelhauptern der Schleusenammern 1 und 2 Sperrtore eingebaut, die auch in der Strömung gefahren werden konnten. Somit konnte aus dem Entwässerungsbetrieb mit dem Schließen der hydraulisch offenen Verschlussorgane in den normalen Schleusenbetrieb übergegangen werden.

Nach der Fertigstellung der Kleinen Schleusen wurde entschieden, ein gesondertes Entwässerungssiel zu schaffen. Im Bereich der nördlichen Zufahrt zur Schleuseninsel wurde ein zweifeldriges Stampfbetonbogentragwerk errichtet, an dem fördeseitig Stemmtore und kanalseitig eine vertikale Sielschützenanlage angebracht wurde. Sowohl die Sielanlage als auch das Massivbauwerk ist sanierungsbedürftig.

Die Entwässerung des NOK wird heute und in Zukunft - neben der über die kleine Schleuse in Brunsbüttel in die Elbe stattfindenden Entwässerung - planmäßig über das Entwässerungssiel gewährleistet. Bei Außerbetriebsetzung des Siels oder bei starkem Hochwasserandrang im Kanal

wurde zusätzlich über die Umlaufkanäle der Kleinen Schleusen entwässert. Da nun die Umlaufkanäle der Kleinen Schleusen nicht mehr zur Verfügung stehen, darf das Entwässerungssiel nicht außer Betrieb genommen werden, da ansonsten über die Umlaufkanäle der Großen Schleusen entwässert werden müsste und dies den ohnehin beeinträchtigten Schiffsverkehr weiter negativ beeinflussen würde.

Die Unterhaltung dieses Bauwerkes ist darauf ausgerichtet, dass bis zur Inbetriebnahme einer für die Entwässerung geeigneten kleinen Kammer die Betriebssicherheit gegeben ist. Eine parallele Außerbetriebnahme des Entwässerungssiels und der Kleinen Schleusen ist nicht ohne Einfluss auf den Verkehr in den Großen Schleusen möglich.

#### **1.4.4.2. Massivbau**

Der Massivbau ist geprägt von Kiesnestern, Aussinterungen, Rissen, Hohlstellen und Ausblühungen. Es ist bei vorhandener Bauwerksprüfnote von 2,9 Instandsetzungsbedarf gegeben. In diesem Zusammenhang sollte eine Einstufungsberechnung durchgeführt werden und ggf. eine Ertüchtigung des Bauwerks für aktuelle Lastbilder in Betracht gezogen werden.

#### **1.4.4.3. Stahlwasserbau / Antriebstechnik**

Die vorhandenen Stahlwasserbauten müssen einer Grundinstandsetzung unterzogen werden. Neuer Korrosionsschutz und die stahlbauliche Ergänzung und Austausch von abgängigen Bauteilen sind hier erforderlich.

#### **1.4.5. Hochbauten / Flankierende Maßnahmen**

Der Gebäudebestand auf dem Schleusengelände ist stark modernisierungsbedürftig. So soll der Leitstand auf der Mittelmauer der Großen Schleusen einer Grundinstandsetzung unterzogen werden. Weiterhin soll im Kontext eines noch zu erstellenden Außenbezirkskonzepts die „Zergliederung“ des Außenbezirks und damit auch der Werkstätten für die Gewerke der planmäßigen Unterhaltung möglichst reduziert oder zumindest gewerkeweise zentralisiert werden.

Um strategisch auf lange Sicht entwicklungsfähig zu sein, wird die jetzige Mittelinsel zwischen den Schleusenkammern 2 und 3 bei entsprechender Veranlassung vom Gebäudebestand geräumt. Der vorhandene Pegelturm, als Denkmal, kann dabei grundsätzlich versetzt werden. Hierzu stehen mögliche Versubtechnologien zur Verfügung.

Die durch die Räumung verdrängten Bereiche des Außenbezirks werden auf der Schleuseninsel am jetzigen Standort des Außenbezirks in einem durch das Außenbezirkskonzept zu dimensionierenden Neubau konzentriert. Hier ist zum einen ausreichend Platz vorhanden. Zum anderen besteht hier die

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

Möglichkeit der planmäßigen Unterhaltung der Fender. Die Fenderunterhaltung erfolgt zur Zeit unter Nutzung der vorhandenen und sanierungsbedürftigen Querhelling.

Die Konzentrierung der stahlwasserbaulichen Möglichkeiten des Außenbezirks soll im Bereich des Torreparaturplatzes – Kiel-Wik angesiedelt werden.

Der Abbau des Gebäudebestands auf der Mittelinsel dient auch der strategischen Vorsorge des „Freimachens“ eines eventuell später benötigten Baufeldes. Die im Bereich des Abz 2 auf der Schleuseninsel befindlichen Spundwände sind als abgängig zu betrachten. Es besteht dringender Handlungsbedarf im Austausch dieser Wände.

Im Jahr 2011 wurden Bauwerksschäden an der Querhelling repariert. Eine Grundinstandsetzung der kompletten Hellinganlage ist bei weiterer Nutzung jedoch auf lange Sicht erforderlich.

Die Anlegestege im Bereich der Schleuseninsel nördlich der Kammer 1 sind in einem schlechten Bauwerkszustand.

## **2. Planungsgrundsätze, Mindestanforderungen an Varianten/ Methodik der Kapazitätsbetrachtung**

Da die komplette Schleusenanlage erheblichen Schiffsverkehr bewältigen muss, soll die Grundinstandsetzung dem Grundsatz genügen so wenig als möglich in den laufenden Verkehr einzugreifen bzw. diesen so wenig wie möglich zu behindern.

### **2.1. Planungsgrundsätze und Mindestanforderungen**

Ziele der Grundinstandsetzung sind insbesondere:

- Die erforderliche Leistungsfähigkeit der Schleusenanlage wieder herstellen

Ausgewählte Varianten haben die Mindestanforderung zu erfüllen, wenigstens im Endzustand bei gleichzeitigem Betrieb aller Kammern den Verkehr reibungslos abwickeln zu können (96 Schiffe pro Tag – siehe Kapitel 2.3).

- Die Instandsetzung auf ein Minimum reduzieren.

Wirtschaftlichkeit ist oberstes Gebot. Kostenminimierung wird angestrebt.  
Ebenso wird die Reduzierung des Flächenverbrauchs angestrebt.

- Die Schifffahrt im Havariefall (Betriebssicherheit) ist während der Instandsetzungsmaßnahmen mit ausreichender Kapazität aufrechtzuerhalten.

Es ist bedingt durch den Ausfall der beiden kleinen Schleusenkammern wichtig, möglichst schnell einen leistungsfähigen Bypass zu schaffen, damit die GI der großen Kammern begonnen und die Beeinträchtigung der Schifffahrt durch die Gesamtmaßnahme so kurz wie möglich gehalten werden kann.

Das Siel kann ebenso erst nach Schaffung der Bypasslösung außer Betrieb genommen und instandgesetzt werden.

### **2.2. Berücksichtigung relevanter Wasserstände**

Die Schleusenanlage in Kiel – Holtenau ist unwesentlich tidebeansprucht. Relevante Wasserstandsdifferenzen treten jedoch im Rahmen der im Wesentlichen windinduzierten Wasserspiegelschwankungen der Ostsee sowie im Rahmen der Hochwasserbelastung auf dem NOK auf.

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

Nach Auskunft des „Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz SH“ zum Generalplan Küstenschutz der Landesregierung SH 2012 fällt der Referenzwasserstand für das Fördehochwasser zukünftig auf +2,60 m NHN. Addiert man den nötigen Klimazuschlag von 0,50 m ergibt sich eine Bemessungshöhe von +3,10 m NHN.

Der Abschnitt der Kieler Förde in dem sich die Schleusenanlage Kiel-Holtenau befindet, wird als Flachküste bezeichnet. Eine Deichlinie ist im Gegensatz zur Schleusenanlage in Brunsbüttel in Kiel-Holtenau nicht vorhanden. Der derzeitige Wert der geplanten minimalen Stauwandhöhe von +3,47 m erfüllt die Bemessungshöhe und geht von der Duldung des Wellenüberlaufs aus. Hier müssen in der Folge noch Abstimmungen mit der BfG und dem LKN getroffen werden.

Das Fördeniedrigwasser wird auf Grund des historisch niedrigsten Messwerts mit 2,29 m unter NHN. angesetzt.

Im NOK treten bemessungstechnisch Wasserspiegeldifferenzen von 1,00 m unter NHN bis 0,50 m über NHN auf (incl. 0,80 m Sunkwelle).

Zulässige Betriebswasserstände im NOK sind jedoch Wasserspiegel von - 0,20 m bis + 0,10 m über NHN.

## 2.3. Methodik der Kapazitätsbetrachtung

Um eine einfache quantifizierte Betrachtung anzustellen wurde ein **Kapazitätsmodell** für die Schleusenanlage Kiel-Holtenau entwickelt. Mit Hilfe des gefundenen Modells ist es möglich eine vergleichende Betrachtung der Leistungsfähigkeit der Schleusenanlage bei den untersuchten Varianten im Endzustand, im Bauzustand und in zugehörigen Havariefällen zu führen.

Die einzelnen Schritte zur Modellbildung sind in Anlage 03 dokumentiert.

Mit Hilfe des Modells kann weiterhin die Auswahl der Varianten (Kap. 3) auf diejenigen begrenzt werden, die die verkehrliche Mindestanforderung erfüllen. Die Mindestanforderung an die instandgesetzte Schleusenanlage ist eine reibungslose (d. h. überwiegend ohne Stau) Abwicklung der anstehenden Schiffsverkehre, wenn alle Kammern zur Verfügung stehen. Bei Ansatz von 29.000 Güterschiffen pro Jahr als Bemessungsgröße ergibt sich mit einem Aufschlag von 20 % zur Berücksichtigung von Verkehrsspitzen hier eine notwendige Leistungsfähigkeit von **96 Güterschiffen pro Tag**. Bei geringeren Leistungsfähigkeiten der Schleusenanlage kommt es zu einer mehr oder minder großen Stauentwicklung.

Die Ergebnisse des Kapazitätsmodells (Anlage 3, letzte Seite) bestätigen die Betriebserfahrungen der Schleusenanlage:

Um den vorhandenen und zukünftigen Verkehr reibungsfrei abwickeln zu können, werden mindestens drei Kammern benötigt. Ein Szenario mit zwei Kammern den Verkehr im Endzustand bewältigen zu wollen, scheidet aus, da damit bereits im ständigen Regelfall Wartezeiten für die Schifffahrt entstehen.

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

Diese Wartezeiten entstehen bereits jetzt im Status-Quo nach Außerbetriebnahme der kleinen Schleusenkammern.

Die Existenz von zwei großen Schleusenkammern ist zudem unabdingbar für die Abwicklung des Schiffsverkehrs der Berufsschifffahrt. Ohne diese Kammern kann der Verkehr im NOK nicht dauerhaft bewältigt werden. Die Existenz mindestens einer weiteren Kammer ist neben der Notwendigkeit der Schleusungsvorgänge für die Berufsschifffahrt auch sinnvoll für die Bewältigung der jährlich ca. 15.000 Sportboote, die nicht ohne Probleme in den großen Schleusenkammern neben der Berufsschifffahrt unterzubringen sind.

Somit ergibt sich als „kleinste“ zu betrachtende Variante ein Endzustand mit zwei großen und einer kleinen Kammer mit einer Leistungsfähigkeit von 109 Schiffen pro Tag, wenn alle Kammern betriebsbereit sind.

Um die Ergebnisse der Kapazitätsbetrachtungen für die verschiedenen Varianten zu verdeutlichen, wurde auch der aktuelle Zustand der Schleusenanlage (2 betriebsfähige große Kammern) als Statusvariante S abgebildet. Die Statusvariante S existiert nicht mehr mit ihren vier Kammern. Aus diesem Grund sind die Werte für 4 (134 Schiffe pro Tag) und 3 Kammern (105 Schiffe pro Tag) in der Ergebniszusammenstellung in der Anlage 03 in Klammern dargestellt. Es handelt sich um theoretische Leistungsfähigkeiten. Der aktuelle Betrieb mit zwei großen Kammern stellt mit einer Leistung von 72 Schiffen/d bereits einen Behinderungszustand dar, der der beobachteten verkehrlichen Situation entspricht. Kommt es zu einer Havarie oder einer planmäßigen Sperrung herrschen verschärfte Behinderungszustände vor.

### 3. Herleitung der Zielvariante

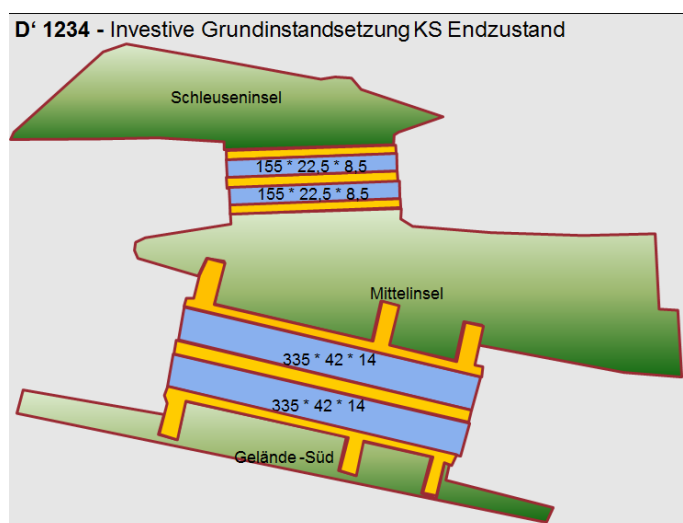
#### 3.1. Beschreibung der Varianten zur Instandsetzung der Schleusen

Die betrachteten Varianten (genauere Erläuterung in Anlage 02) unterscheiden sich hinsichtlich der Art und des Umfangs des erforderlichen Bypasses im Bereich der kleinen Kammern. Der Bypass dort ist die Voraussetzung für die Instandsetzung der großen Kammern und bestimmt damit auch deren Beginn.

Alle Varianten beinhalten die erforderlichen Instandsetzungsmaßnahmen an den Großen Schleusen, dem Entwässerungssiel mit Straßenüberführung sowie den flankierenden Maßnahmen. Der Umfang dieser Maßnahmen ist bei allen Varianten identisch. **Die grundsätzliche Instandsetzungsfähigkeit der großen Kammern kann weiterhin angenommen werden.** Näheres dazu unter Kap. 3.3.2.

Der Fokus der nachfolgenden Variantenbeschreibungen wird auf die Unterschiede der Varianten gerichtet.

Im Rahmen dieser Konzeption werden die nachfolgenden Varianten als mögliche Lösungsvarianten betrachtet. Die untersuchten Varianten erfüllen die Mindestanforderung, im Endzustand bei gleichzeitigem Betrieb aller Kammern den Verkehr reibungslos abwickeln zu können.



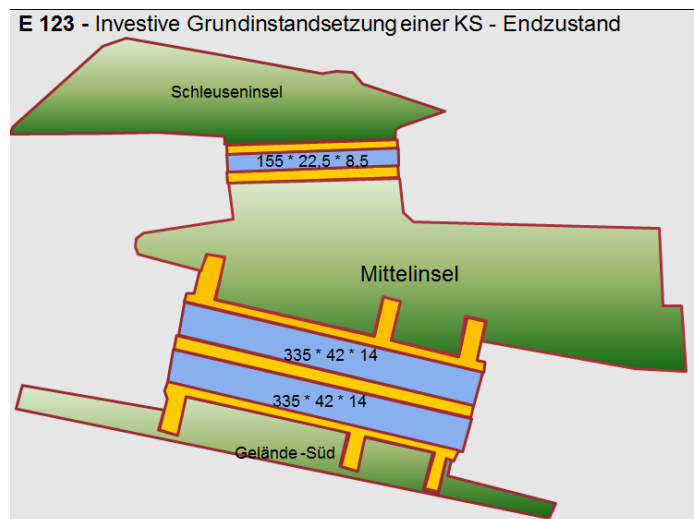
- (1) **D'**- Investive Grundinstandsetzung KS (Variante D war die Zielvariante der Konzeption, Fassung 2012 – investive Instandsetzung des Kammersystems mit inversem Stemmtorkonzept. Variante D' folgt den Grundgedanken dieser Variante). Durch den

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

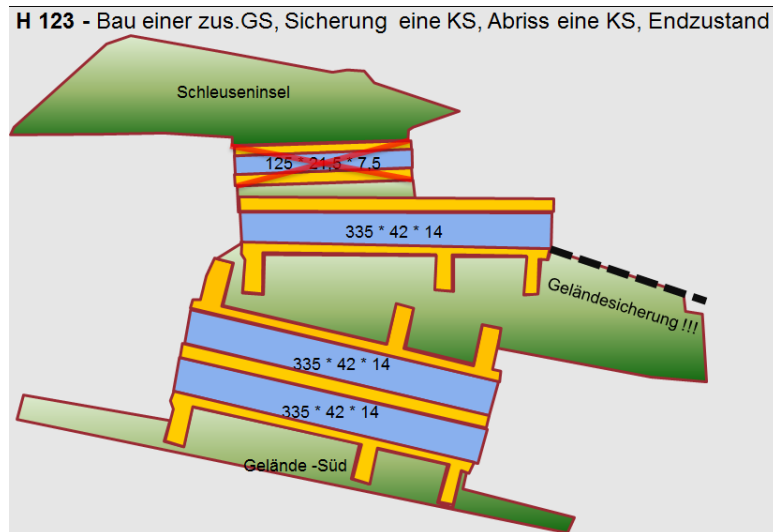
abgängigen Zustand vor allem der Mauerwerksbereiche und der Sohle ist der **Ersatz von weitreichenden Bauwerkskomponenten** erforderlich. Dieser **Teilneubau der KS** umfasst dabei die Schaffung völlig neuer Schleusenhäupter im Binnen- und im Fördebereich in trockenen Baugruben hinter Spundwandfangedämmen. Weiterhin werden nach Vorzugsvariante der Vorplanung rückverankerte Bohrpfahlwände mit Ortbetonvorsatzschalen im nördlichen und südlichen Schleusenammerwandbereich geschaffen, indem in die alte Bausubstanz gebohrt und nach Herstellung der neuen Unterwasserortbetonsohle auch dort eine trockene Baugrube hergestellt wird. Die Mittelmauer erhält flankierend Bohrpfähle (neuer Fangedamm), die durch die Mittelmauer gegeneinander verankert werden. Somit wird die Mittelmauer nicht abgebrochen werden müssen und verbleibt als Baukörper im grundinstand gesetzten Schleusensystem.

Die Sanierung der kleinen Kammern in der Variante D' ist damit mit Mehrausgaben von rd. 180 Mio. € gegenüber der Konzeption aus Oktober 2012 verbunden.

Die Variante D' ist in Anlage 06 ausführlich beschrieben.

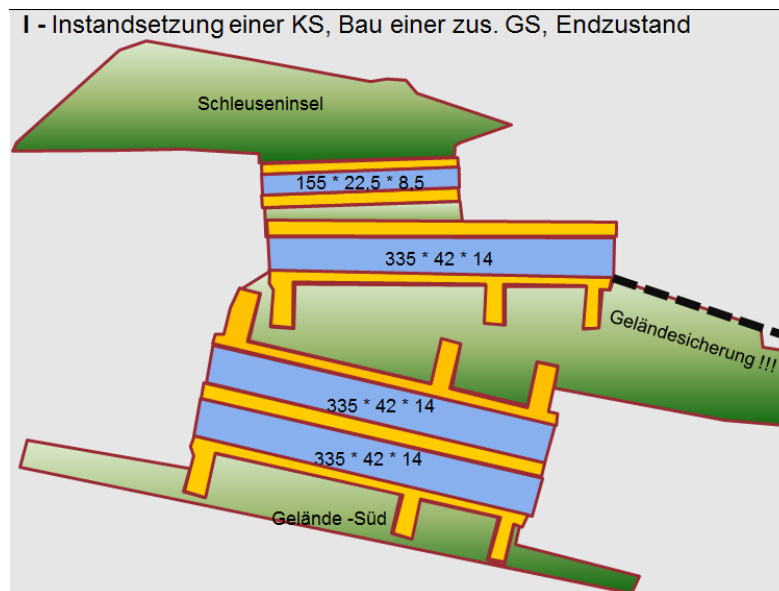


- (2)**E** - Instandsetzung nur einer Kleinen Kammer statt der vorhandenen zwei Kammern  
 Im Gegensatz zur Variante D' wird die südliche Schleusenkammer des Kammersystems der Kleinen Schleusen abgerissen. Es wird nur eine kleine Schleusenkammer instandgesetzt.



(3) **H** - Bau einer dritten großen Kammer und keine Wiederinbetriebnahme (nur Sicherung) einer kleinen Kammer.

Es wird im Bereich der südlichen Kleinen Schleuse eine neue Große Schleuse errichtet. Die südliche Kleine Schleuse muss dafür abgebrochen werden. Die nördliche Kleine Schleuse wird abgebrochen oder bleibt verwahrt..



(4) - Instandsetzung nur einer Kleinen Kammer mit Bau einer dritten großen Kammer  
Anders als in Variante H wird die Kleine Schleuse Nord nicht verwahrt oder abgerissen  
sondern in Analogie zur Variante E erneuert.

## 3.2. Variantenvergleich

### 3.2.1. Kostenvergleich für die Grundinstandsetzung der Schleusen

Ausgehend von den aufgestellten Bauablaufplänen lassen sich die Investitionskosten und Investitionsfolgekosten (für 100 Jahre ab Fertigstellung der Bypasslösung) für die verschiedenen Varianten untereinander im Barwert vergleichen. Angesetzt wurden hier die Nettobaukosten mit 15 % Bauleitungskosten sowie die Investitionsfolgekosten.

Für die Grundinstandsetzungskosten der Großen Schleusen werden in allen Varianten jeweils die konzeptionellen Werte der Konzeption, Stand 2012 verwendet, da keine weiteren Erkenntnisse hinzugewonnen wurden. Die Gesamtkosten für die Grundinstandsetzung der GS betragen somit 131 mio€ netto (156 mio€ brutto aus Konzeption 2012). Weiterhin wurden die Kosten aus der Konzeption 2012 für die flankierenden Maßnahmen von 19,33 mio€ netto (23 mio€ brutto) und für die Sanierung des Auslassbauwerks in Höhe von 3,36 mio€ netto (4 mio€ brutto) berücksichtigt. Die Ermittlung der Barwerte erfolgt der Einfachheit halber jeweils auf Grundlage der Ablaufpläne mit konstant verteilten Kosten über die Jahre.

In gesonderter Anlage 04 wurden für die Varianten differenziert nach ihren Bauabläufen bezogen auf das Ende des Jahres 2015 die Projektkostenbarwerte ermittelt. Hierbei wurde ein Diskontierungssatz von 1,7% angesetzt. Im Vergleich der Barwerte ergibt sich folgendes Bild:

| Variante                          | Barwert<br>Investitionen[mio €] | Unterhaltungskosten<br>barwert [mio €] | Summe Barwert [mio<br>€] |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|
| <b>Variante D'</b><br>2 KS + 2 GS | <b>346,1 mio€</b>               | <b>467,0 mio€</b>                      | <b>813,1 mio€</b>        |
| <b>Variante E</b><br>1 KS + 2 GS  | <b>277,1 mio€</b>               | <b>428,5 mio€</b>                      | <b>705,7 mio€</b>        |
| <b>Variante H</b><br>3 GS         | <b>615,3 mio€</b>               | <b>562,6 mio€</b>                      | <b>1.177,9 mio€</b>      |
| <b>Variante I</b><br>1 KS + 3 GS  | <b>679,6 mio€</b>               | <b>596,0 mio€</b>                      | <b>1.275,7 mio€</b>      |

Der erste Platz wird von der Variante E belegt.

Prozentual ausgedrückt ergeben sich bezogen auf die finanziell günstigste Variante E folgende Werte:

| <b>Variante</b>                   | <b>Barwert<br/>Investitionen[%]</b> | <b>Unterhaltungskosten<br/>barwert [%]</b> | <b>Summe Barwert [%]</b> |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Variante D'</b><br>2 KS + 2 GS | <b>125%</b>                         | <b>109%</b>                                | <b>115%</b>              |
| <b>Variante E</b><br>1 KS + 2 GS  | <b>100%</b>                         | <b>100%</b>                                | <b>100%</b>              |
| <b>Variante H</b><br>3 GS         | <b>222%</b>                         | <b>131%</b>                                | <b>167%</b>              |
| <b>Variante I</b><br>1 KS + 3 GS  | <b>245%</b>                         | <b>139%</b>                                | <b>181%</b>              |

### 3.2.2. Nutzwertbetrachtung

In einer einfachen Nutzwertbetrachtung werden die Varianten hinsichtlich ihrer Kapazitäten für die verschiedenen Betriebs- und Bauphasen sowie nach ihrer Umsetzungsdauer untersucht.

Das Kriterium Kapazitäten wird unterteilt in die Unterkriterien „Kapazität der Anlage nach kompletter Instandsetzung“ und „Kapazität der Anlage während der Bauzeit (GI der GS).

Somit werden 3 Kriterien zur Bewertung der Varianten herangezogen.

- Kriterium 1: Kapazität der Anlage nach kompletter Instandsetzung (einschl. Havarieempfindlichkeit sowie bei planmäßiger Außerbetriebnahme einer Kammer)
- Kriterium 2: Kapazität der Anlage während der Bauzeit (GI der GS), „Qualität des Bypasses“ (einschl. Havarieempfindlichkeit sowie bei planmäßiger Außerbetriebnahme einer Kammer)
- Kriterium 3: Dauer bis zum Beginn der GI der GS

Alle Kriterien werden gleich gewichtet.

### Betrachtung der Kapazitätsreserven:

Bei dem häufigen Fall der Außerbetriebnahme einer Kammer durch Inspektion, Wartung oder Havarie besitzen die untersuchten Varianten teilweise erhebliche Unterschiede in Bezug auf die Möglichkeit der Abwicklung des Schiffsverkehrs.

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

Als maßgebende Mindestanforderung im Rahmen der Konzeption (siehe 2.1) kann die auf Basis des Kapazitätsmodells zu bewältigende Anzahl von 96 Schiffen pro Tag angesehen werden. Die Mindestanforderung bezieht sich auf den Zustand, der nach Abschluss der Instandsetzungsarbeiten erreicht ist, sowie als Ziel für die Fertigstellung der Bypasslösung.

In der nachfolgenden Tabelle ist die Übersicht über die Leistungsfähigkeit der einzelnen Varianten dargestellt. Da sich bei den Szenarien in Abhängigkeit davon, ob eine große oder eine kleine Kammer ausfällt, unterschiedliche verbleibende Kapazitäten ergeben, sind in den in Frage kommenden Szenarien Ergebnisspannen angegeben.

| Variante      | Für Kriterium 1:                |                                                              | Für Kriterium 2:                                                   |                                                              |
|---------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|               | Kapazität nach Abschluss der GI | Kapazität bei Havarie oder planmäßiger Sperrung einer Kammer | Kapazität während der Bauzeit (GI der GS), „Qualität des Bypasses“ | Kapazität bei Havarie oder planmäßiger Sperrung einer Kammer |
| D'            | 145,1                           | 94,2-111,6                                                   | 94,2                                                               | 53* - 63,0                                                   |
| E             | 108,9                           | 63,0-72,1                                                    | 63,0                                                               | 21,8* – 28,8                                                 |
| H             | 118,5                           | 72,1                                                         | 72,1                                                               | 28,8                                                         |
| I             | 157,4                           | 108,9 -118,5                                                 | 108,9                                                              | 63,0-72,1                                                    |
| Zielkapazität | > 96                            |                                                              | > 96                                                               |                                                              |

\* In diesen Sperrszenarien stehen keine Großen Kammern zur Verfügung. Passage für VG 5 und 6 zumindest kurzfristig nicht möglich.

Die Variante D' hat nach der Wiederherstellung zweier Kleiner Schleusenkammern eine theoretische Gesamtleistung von 145,1 S/d. Nimmt man eine große Schleusenkammer auch längerfristig außer Betrieb ergeben sich nur kleine Behinderungen für den Schiffsverkehr ( $96 - 94,2 = 1,8$  Schiffe/d sind rechnerisch behindert). Bei dann in diesem Zustand auftretenden Havarien stellen sich größere Behinderungszustände ein. Dies drückt sich in einer Leistung von 63 S/d (bzw. 53 S/d) aus.

Variante E (2 große, 1 kleine Kammer) ist die Variante mit der geringsten Grundkapazität, die die Mindestanforderung nach Abschluss der Maßnahmen noch erfüllt. Bei dieser Variante steht über den gesamten Zeitraum der Grundinstandsetzung der Großen Schleusen planmäßig keine ausreichende Schleusungskapazität zur Verfügung. Die Praxis zeigt, dass die Kapazität darüber hinaus durch unplanmäßige Ausfälle temporär weiter eingeschränkt wird. Der Fall, dass eine Schleusenkammer auch nach Fertigstellung der gesamten Grundinstandsetzung außer Betrieb geht ist unplanmäßig oder aber planmäßig häufig vorhanden, so dass man bei Variante E von einer permanent vorhandenen Behinderung des Schiffsverkehrs auch nach Fertigstellung der Gesamtmaßnahme ausgehen muss. Die bau-, und havariebedingte und im späteren Betrieb bei Wartung und Instandsetzung planmäßige

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

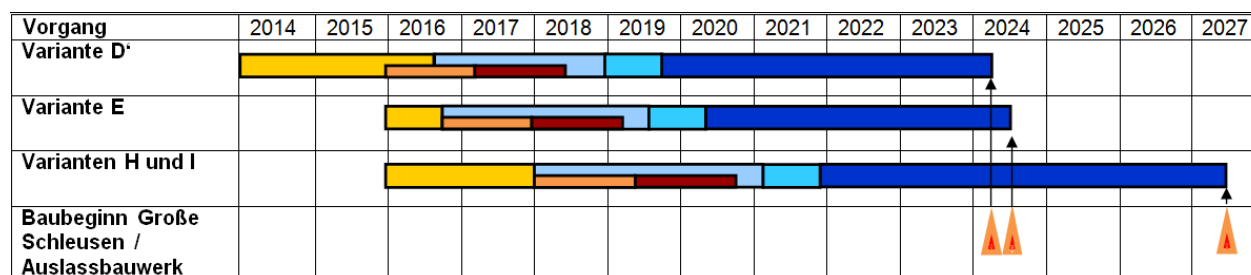
Unterschreitung der genannten Mindestanforderung ist bei der Variantenbewertung entsprechend zu würdigen.

Die Variante H verhält sich in den Schleusungskapazitäten ähnlich wie die Variante E. Es ist lediglich eine Kleine Schleusenkammer durch eine Große Schleusenkammer ersetzt. Die Nichtfunktion einer Schleusenkammer führt immer zu dem derzeit vorhandenen 2-Kammer-Modus, der bereits behindernd für die Schifffahrt ist. Aus diesem Grund ist diese Variante auch stark nachteilig gegenüber der Variante D'. Der Ausbauzustand nach Abschluss der GI besitzt genügend Kapazität.

Die Variante I bietet mit ihren vier nach Abschluss der GI und auch während der GI der Großen Schleusen zur Verfügung stehenden Kammern analog zur Variante D' immer eine ausreichend große Kapazität.

#### Betrachtung der Dauer der Maßnahmen an der kleinen Schleuse:

Die Varianten weisen unterschiedliche Realisierungszeiträume auf die in nachstehender Darstellung aufgeführt sind.



#### Phasen im Projekt:

*Vorplanung und Aufstellung E-HU*



*Vorbereitung PF /PG Antrag*



*PF/PG Verfahren*



*Erstellung des Entwurfs-AU*



*Ausschreibung und Vergabe*



*Bauabwicklung*



*Beginn Bauarbeiten Große Schleuse/Auslassbauwerk*



#### Nutzwertbetrachtung:

Die Bewertung der Varianten erfolgte unter Verwendung der nachfolgend aufgeführten Bewertungsstufen:

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

„sehr gut (++)“

„gut (+)“

„mittel (o)“

„schlecht (-)“

„sehr schlecht (--)“

Maßgebend für die Bewertung der Kapazitäten sind die Werte aus der obigen Tabelle. Das Ergebnis der Nutzwertbetrachtung ist in der nachfolgenden Tabelle eingetragen.

| Variante | K 1: Kapazität nach GI-Abschluss | K 2: Qualität des Bypasses | K 3: Dauer bis zum Beginn der GI der GS | Summe der Bewertungen |
|----------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-----------------------|
| D'       | +                                | +                          | +                                       | +++                   |
| E        | -                                | --                         | +                                       | --                    |
| H        | o                                | -                          | -                                       | --                    |
| I        | ++                               | ++                         | -                                       | +++                   |

### 3.3. Zielvariante

#### 3.3.1. Auswahl der Zielvariante

Die Mindestanforderung, im Endzustand bei gleichzeitigem Betrieb aller Kammern den Verkehr reibungslos abwickeln zu können, wird bei Variante E erst nach Abschluss der Maßnahmen (frühestens 2030) erreicht und anschließend durch planmäßige und außerplanmäßiger Außerbetriebnahmen einzelner Kammern immer wieder stark eingeschränkt.

Die Perspektive erst in den 2030er Jahren eine eingeschränkte Leistungsfähigkeit der Schleusenanlage in Kiel – Holtenau zu erreichen, würde zu einem nachhaltigen Attraktivitätsverlust des NOK führen, der erheblichen volkswirtschaftlichen Schaden verursachen würde. Eine bedarfsgerechte Bereitstellung der Schifffahrtsstraße Nord – Ostsee – Kanal könnte mit dieser Variante nicht in Einklang gebracht werden. Die Akzeptanz bei den Kunden und den Vertretern des Landes wäre darüber hinaus nicht gegeben. Die Variante schneidet bei der Nutzwertanalyse mit Abstand entsprechend schlecht ab.

Die weiteren betrachteten Varianten H und I, die in der Nutzwertbetrachtung nachteilig bzw. gleich gegenüber der **Variante D'** abschneiden sind kostenintensiver und werden daher verworfen.

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

In der Variante D' werden im Vergleich der mit Variante E die erforderlichen Mindestanforderungen an die Schleusenanlage bereits mit abgeschlossener Sanierung der kleinen Kammern in 2023 erfüllt. Während der Umsetzung der Maßnahme beinhaltet die Variante D' zudem eine deutlich geringere Störanfälligkeit durch planmäßige und außerplanmäßige Außerbetriebnahmen einzelner Kammern.

**Der Barwertnachteil der Variante D' gegenüber der Variante E von 15 % ist angesichts der erheblichen Nutzensvorteile von D' gegenüber E hinnehmbar.**

Auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen wird vorgeschlagen die Sanierung der Schleusenkammern 1 und 2 als Teilneubau und danach die Grundinstandsetzung der Schleusenkammern 3 und 4 unter Einbeziehung der neuen Schiebetorgeneration durchzuführen.

Eine Kapazitätssteigerung in der Umsetzung der Variante D' gegenüber der ursprünglichen Schleusenanlage liegt darin, dass sich durch Nutzung technischer Möglichkeiten und Bauverfahren der für die Schifffahrt nutzbare Raum in den vorhandenen Außenabmessungen der Schleuse erhöht:

Zum Einen erhöht sich die lichte Breite der kleinen Schleusenkammer um einen Meter, da die ehemalige Voutung im Querschnitt entfällt und damit an der Mittelmauer der Einsatz von 0,50 m breiten Reibhölzern anstatt 1,50 m breiten Schwimmfendern möglich wird.

Die nutzbare Länge der umgebauten Kleinen Schleusen erhöht sich durch die Nutzung des inversen Stemmtorkonzepts und den damit einhergehenden Entfall der inneren Stemmtorflügel von 125 m auf 155 m.

Durch den Entfall der Vouten im Schleusenquerschnitt ist ebenfalls ein um einen Meter erhöhter Tiefgang in den umgebauten Kleinen Schleusen zulässig. Vormalig konnten Schiffe mit einem Tiefgang von 7,50 m passieren. Zukünftig werden Schiffe mit einem Tiefgang von 8,50 m schleusen können.

Die genannten Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung ermöglichen eine Passage von 77% der jetzigen NOK Flotte gegenüber der ehemaligen Passagemöglichkeit von 66% der jetzigen NOK Flotte im abgängigen System der Kleinen Schleusen.

### **3.3.2. Risikobetrachtung**

Gemäß den Anforderungen aus dem Besprechungsprotokoll mit dem BMVI vom 26.03.2015, sollen Darlegungen und Erläuterungen unter den folgenden Aspekten ausgeführt werden.

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

### **1.Grundsätzliche Instandsetzungsfähigkeit der großen Kammern**

### **2.Betriebsfähigkeit der großen Kammern für den Zeitraum der Instandsetzung der kleinen Kammern und einer großen Kammer**

und damit die daraus folgende

### **3.Darstellung, dass ein Bau einer großen Kammer an der Stelle der kleinen Kammern ausgeschlossen werden kann, d. h. das Baufeld für eine große Kammer nicht verbaut wird.**

#### **Zu1.) Grundsätzliche Instandsetzungsfähigkeit der großen Kammern**

Es gibt bei den durchgeführten Bauwerksinspektionen der Großen Schleusen, anders als beim Schleusensystem der Kleinen Schleusen (dort erkennbarer Längsriss mit Versatz in der Südschleuse), keine gravierenden Bauwerksschädigungen im Massivbau, die auf einen globalen Versagensmechanismus hindeuten. Zur Erlangung dieser Kenntnis fanden 2007 und 2013 umfangreiche Bauwerksinspektionen mit teilweisen Häupterlenzungen statt.

Es hat außerdem keine Sondernutzung der Großen Schleusen gegeben. Demgegenüber wurde die Kleine Schleuse Süd über Jahre als Trockendock genutzt.

Weiterhin zeigen die an der Großen Schleuse im Rahmen der VV-WSV 2602 und VV-WSV 2101 durchgeführten Bauwerksvermessungen keinerlei Auffälligkeiten, die auf in Gang befindliche und globale Versagensszenarien hindeuten.

Es ist daher auch weiterhin von einer grundsätzlichen Instandsetzungsfähigkeit der Großen Schleusenammern in Kiel-Holtenau begründet auszugehen.

#### **Zu 2.) Betriebsfähigkeit der Großen Kammern für den Zeitraum der Instandsetzung der Kleinen Kammern und einer Großen Kammer**

Bei der Zielvariante D´ beginnt die Grundinstandsetzung der nördlichen Großen Schleusenammer frühestens ab dem Jahr 2023. Die Bauphasen der Grundinstandsetzung der Großen Schleusen dauern anschließend für mindestens sieben Jahre (bis 2030) mit wechselseitigen Sperrphasen der Großen Schleusenammern an.

Angesichts des bereits beschriebenen Bauwerkszustandes der beiden Großen Kammern kann davon ausgegangen werden, dass sowohl die Große Nord- wie auch die Große Südkammer bis zum planmäßigen Beginn der GI der Großen Kammern sicher betrieben werden können.

Durch die Bauzeit mit wechselnden Sperrzuständen der Großen Schleusenammern wird jede der beiden Großen Schleusenammern sicher zu betreiben sein.

Dies schließt auch ein, dass die Große Schleuse vorbeugend und unter Betrieb einer vertieften Bauwerksinspektion und in deren Folge einer gezielten und ggf. erhöhten Unterhaltung unterzogen wird. So werden z.B. extrem veraltete Schützantriebe ausgetauscht, um den weitgehend zuverlässigen Weiterbetrieb der Schleusenanlage zu gewährleisten.

Im Rahmen der Erstellung des Zustandsgutachtens mit vertiefter Bauwerksuntersuchung der Großen Schleusen durch das NBA Hannover bis Ende 2017 könnten ggf. auch standsicherheitsrelevante Erkenntnisse gewonnen werden, die zusätzliche Maßnahmen erfordern, um den Betrieb der großen Schleusenkammern planmäßig aufrechterhalten zu können.

Dies wird allerdings als machbar und als im Umfang beherrschbar eingeschätzt. Mit gezielten Messprogrammen könnten eventuell problematische Bauwerkszustände beobachtet werden, indem Bauwerksverformungen aufgezeichnet und ausgewertet werden. Im Falle des Erfordernisses einer baulichen Ertüchtigung stehen kurzfristig zu entwickelnde und im Ansatz bereits entwickelte lokale Sicherungsmöglichkeiten zur Verfügung. Es könnten z.B. gelöste Mauerwerksteile mittels Rückverankerung in den potentiell ungeschädigten Massivbau verankert werden.

Insgesamt bestehen keine Zweifel, den Betrieb der großen Schleusenkammern bis zu ihrer jeweiligen Sanierung gewährleisten zu können.

**Zu 3) Darstellung, dass ein Bau einer großen Kammer an der Stelle der kleinen Kammern ausgeschlossen werden kann, d. h. das Baufeld für eine große Kammer nicht verbaut wird.**

Der aus heutiger Sicht unwahrscheinliche „Worst Case“ einer Sanierung der Großen Kammern ist ein notwendiger Ersatzneubau einer oder beider Kammern der Großen Schleuse.

Abschließende Erkenntnisse hierüber werden gesichert erst Ende des Jahres 2017 durch den Auftrag des NBA Hannover gewonnen.

Im „Worst Case“ müsste jeweils der Betrieb einer großen Kammer eingestellt und Ersatz geschaffen werden, ohne dass dabei auf das Baufeld der zuvor sanierten kleinen Kammern zurückgegriffen werden könnte.

Aufgrund der verfügbaren Platzverhältnisse könnte der erste Ersatzneubau einer großen Schleusenkammer allerdings ohne besondere Probleme im mittleren bis südlichen Mittelinselfel erfolgen. Gegenüber einer Realisierung im Baufeld der kleinen Kammern würden zudem massive Vorhafenanpassungen und die damit verbundenen höheren Baukosten, längeren Bauzeiten und ggf. langwierigen Planungs- und Genehmigungsprozesse vermieden. Die gesamte Ufer- und Fahrwassertiefensituation stellt sich im Bestand so dar, dass die großen Schleusenbereiche mit der jetzt ausgebauten südlichen Fahrwassersituation vollständig korrespondieren. Dies zeigen

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

anschaulich die Querprofile in Anlage 05, in denen der erhebliche Aufwand im Falle einer notwendigen Umarbeitung der Fahrwassersituation angedeutet ist.

Daher würde auch ein „Worst Case“ bei der Sanierung der Großen Schleuse in keinem Fall dazu führen, dass die Schaffung von Schleusenraum in der Größenordnung einer großen Kammer an der Stelle der jetzigen Kleinen Schleuse notwendig werden würde. Ein Neubau würde an der Stelle oder in unmittelbarer Nähe der vorhandenen Großen Kammern erfolgen. Die zweite große Kammer würde an der Stelle der jetzigen Großen Schleuse gebaut.

Da an der Stelle der kleinen Kammern aus vorstehenden Gründen keine größere Kammer gebaut werden müsste, ist die Entscheidung mit der Sanierung der kleinen Kammern zu beginnen, auch zukünftig belastbar.

### 3.3.3. Mögliche Optimierung der Variante D'

Über die bereits bei der Herleitung der Variante D' vorgenommenen Optimierungen hinaus wurden Überlegungen weiterer Optimierungsoptionen angestellt. Die sich mit dem Ersatz des Schleusenkammersystems der Kleinen Schleusen ergebenden neuen schleusbaren Schiffsmaße sind 155 m \* 22,50 m \* 8,50 m. Diese Maße sind als Optimum der Abmessungen der Schleusenkammern in Bezug auf die Bauzeit und die Baukosten anzusehen.

Es ergibt sich ein Prozentsatz an zu schleusender NOK-Flotte von 77% (Zeile 2 der nachfolgenden Tabelle). Zeile 1 der Tabelle zeigt den ehemaligen Bestand.

|   | Schiffsabmessungen            | Beschreibung | L     | B    | T   | Anzahl<br>Schiffe | Prozent der<br>NOK Flotte |
|---|-------------------------------|--------------|-------|------|-----|-------------------|---------------------------|
| 1 | kleiner gleich L u. B u.<br>T | Bestand      | 125,0 | 21,5 | 7,5 | 19.451            | 66%                       |
| 2 | kleiner gleich L u. B u.<br>T | Variante D'  | 155,0 | 22,5 | 8,5 | 22.480            | 77%                       |
| 3 | kleiner gleich L u. B u.<br>T | ➤T           | 155,0 | 22,5 | 9,0 | 22.618            | 77%                       |
| 4 | kleiner gleich L u. B u.<br>T | ➤T           | 155,0 | 22,5 | 9,5 | 22.706            | 77%                       |

Eine weitergehende Vertiefung der Schleusenkammern über die technologisch sinnvollen 10 m Drempeltiefe und damit von 8,50 m Schiffstiefgang, ist unter den Zeilennummern 3 bis 4 in obiger Tabelle abgebildet. **Eine Vertiefung hat bei Beibehaltung der Längen und Breiten keinen nutzbaren Effekt.**

Man befindet sich im Rahmen einer auch im Bestand vorhandenen Schleusenbreite von 25 m an der Grenze der technischen Realisierbarkeit des inversen Stemmtorkonzeptes. Für die Variante D' ist die Machbarkeit nachgewiesen. Bei einer Verbreiterung der Schleusenkammern auf deutlich mehr als 25 Meter sollte man zwangsläufig auf einfach kehrende Stemmtore zurückkehren, da statische Auslastungen des inversen Stemmtorkonzeptes und die Dimensionierung der Antriebe dies erfordern. Dies hätte aber bei gleichbleibender Kammerlänge eine erhebliche Einschränkung des theoretisch möglichen Nutzen zur Folge.

Eine weitere Variante wäre dann beim Verbreiterungsansinnen der Einsatz von Schiebetoren als Verschlussorgane. Dies wiederum hätte eine extreme Verbreiterung des Bauraums zur Folge, da sich die Schleusenhäupter dann nach Norden bzw. Süden ausdehnen würden. Sowohl Bauzeit und Baukosten würden sich zusätzlich zum Flächenverbrauch ebenso enorm erhöhen. Die Verbreiterung der Kleinen Schleuse hat damit gegenüber dem nützlichen Verkehrseffekt auch den Effekt, dass man sich die Durchführung des „Worst Case“-Szenario in der Grundinstandsetzung der

1. Fortschreibung der Konzeption gemäß VV-WSV 2107, § 6(3) zur Grundinstandsetzung der Schleusenanlage Kiel-Holtenau

Großen Schleusen erschwert bzw. verbaut, da wichtiger Spielraum für den eventuell nötigen Schleusenersatz verbaut wird.

Weiterhin bleibt anzumerken, dass eine Vergrößerung der Schleusenmaße der Variante D' im Rahmen ihrer Bypassfunktion und unter der Maßgabe, dass jeweils eine Große Schleusenkammer bis zum Ende der Grundinstandsetzung der Gesamtanlage funktionsfähig zur Verfügung steht, nicht sinnvoll ist, da bei dem voraussichtlich zu bewältigendem Schiffsverkehr ein Größenwachstum nur noch bedingt zur Kapazitätssteigerung beiträgt. Die Schleusenkammern werden mit der Bewältigung von 77% Schiffen der NOK-Flotte zuzüglich der zu schleusenden Sportboote ausgelastet sein.

## 4. Rahmenbedingungen

### 4.1 Zeitansätze / Fristen

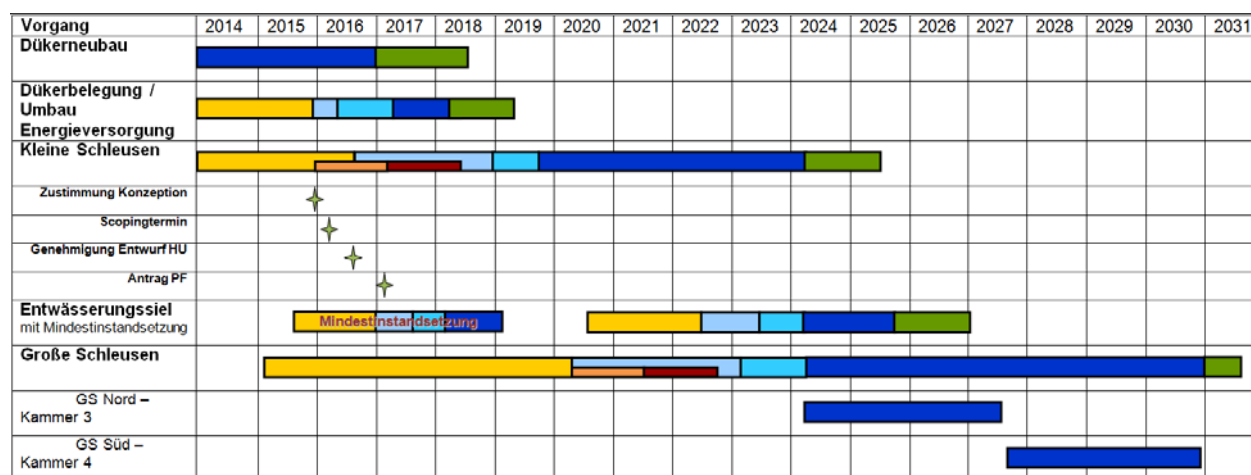
Nachfolgend dargestellt ist der mögliche Ablaufplan der Grundinstandsetzungsmaßnahmen.

Ausgehend von einer Genehmigung des Entwurf-HU für die Grundinstandsetzung der Kleinen Schleuse im Jahr 2016 können die Bautätigkeiten an den kleinen Schleusenammern im Jahr 2019 beginnen.

Für die Sanierung der kleinen Kammern ist nach erfolgter Prüfung der vorhandenen Unterlagen durch die Planfeststellungsbehörde ein Planfeststellungsverfahren nach dem Bundeswasserstraßengesetz erforderlich. Das WSA Kiel – Holtenau wird als Träger des Vorhabens die erforderlichen Verfahrensschritte vorbereiten. Planfeststellungsbehörde ist die GDWS ASt Nord.

Das Auslassbauwerk mit Entwässerungssiel wird im Anschluss an die kleinen Kammern der Grundinstandsetzung unterzogen. Eine parallele Instandsetzung zur Kleinen Schleuse ist nicht möglich, da die Hochwasserabfuhr des NOK über das Entwässerungssiel und in Notsituationen über die Kleine Schleuse gewährleistet wird.

Nach dem Ende der Grundinstandsetzung der Kleinen Schleuse erfolgt die Grundinstandsetzung der Großen Schleuse und die flankierenden Maßnahmen, die vornehmlich in der Grundinstandsetzung des Gebäudebestands und der Nebenanlagen auf dem Schleusenareal bestehen.



Ablaufplan der Grundinstandsetzungsmaßnahmen

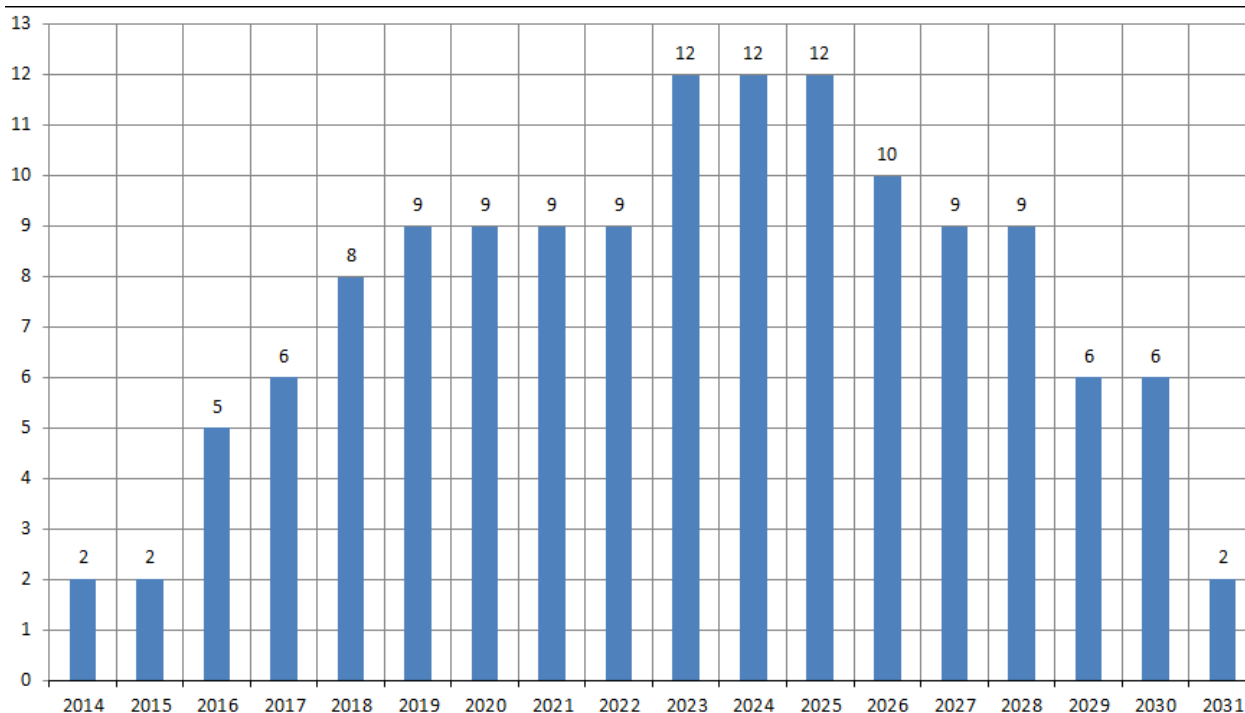
|                                 |  |                           |  |
|---------------------------------|--|---------------------------|--|
| Vorplanung und Aufstellung E-HU |  | Erstellung des Entwurf-AU |  |
| Vorbereitung PF /PG Antrag      |  | Ausschreibung und Vergabe |  |
| PF/PG Verfahren                 |  | Bauabwicklung             |  |
| Nacharbeiten                    |  |                           |  |

## 4.2 Organisatorischer und personeller Rahmen

Für die Projektabwicklung soll eine Projektgruppe gegründet werden. Hierzu ist das Einwerben von weiteren Dienstposten unerlässlich.

Mittels einer Personalbedarfsermittlung wurden die folgenden Werte für benötigtes Personal ermittelt.

Das Diagramm enthält Dienstposten des mittleren, gehobenen und höheren Dienstes.



Der Istbestand an Personal im Projekt deckt sich in 2015 - 2017 mit dem Sollbestand. Für die weiteren Jahre soll entsprechend Personal eingeworben werden.

### 4.3 Abschätzung des Haushaltsmittelbedarfes

Der Haushaltsmittelbedarf ergibt sich nach Anlage 04 für die Variante D' aufgeschlüsselt nach den vier Hauptmaßnahmen Kleine Schleuse, Große Schleuse, Auslassbauwerk und flankierende Maßnahmen:

| 1. Abschnitt                       |                                   |            |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------|
| Preisstand 2015                    | Baukosten Kleine Schleuse         | 190 mio€   |
|                                    | Bauleitungsausgaben (extern 6%)   | 11,4 mio€  |
|                                    | Gesamtausgaben 1. Abschnitt netto | 201,4 mio€ |
| Mwst 19%                           |                                   | 38,3 mio€  |
| Gesamtausgaben 1. Abschnitt Brutto |                                   | 239,7 mio€ |

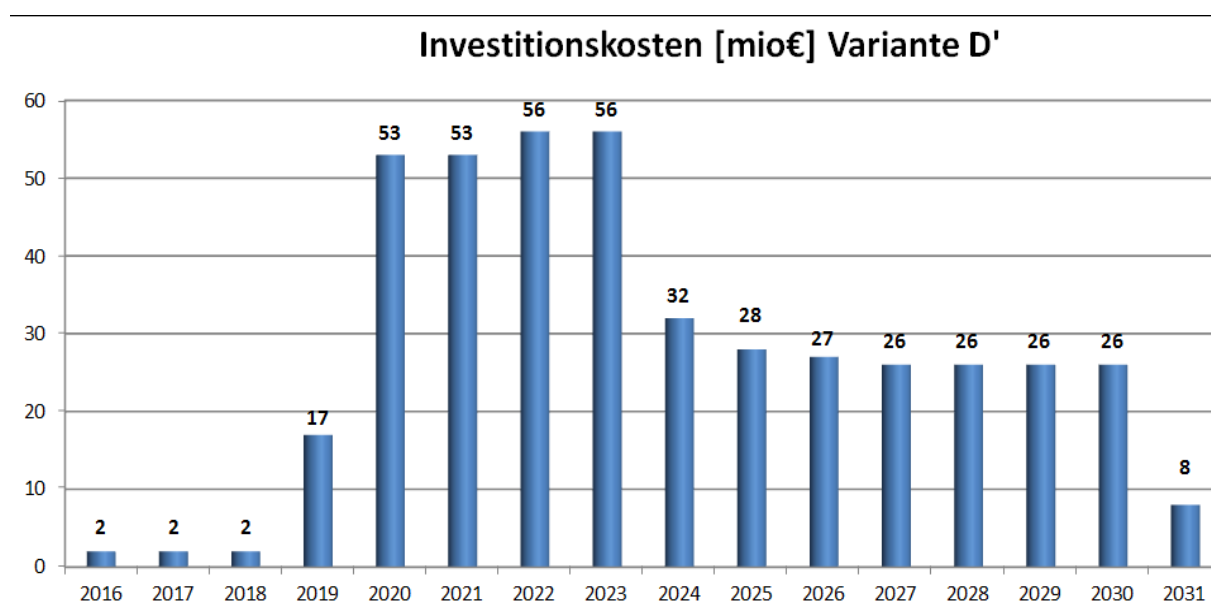
  

| 2. Abschnitt                       |                                  |            |
|------------------------------------|----------------------------------|------------|
| Preisstand 2012                    | Baukosten Große Schleuse         | 131,1 mio€ |
|                                    | Baukosten Auslassbauwerk         | 3,4 mio€   |
|                                    | Baukosten flankierende Maßnahmen | 19,3 mio€  |
| Summe Baukosten 2. Abschnitt netto |                                  | 153,8 mio€ |
| Bauleitungsausgaben (extern 6%)    |                                  | 9,2 mio€   |
| Gesamtausgaben 2. Abschnitt netto  |                                  | 163,0 mio€ |
| Mwst 19%                           |                                  | 31,0 mio€  |
| Gesamtausgaben 2. Abschnitt Brutto |                                  | 194,0 mio€ |

|                       |  |            |
|-----------------------|--|------------|
| Gesamtausgaben Brutto |  | 433,7 mio€ |
|-----------------------|--|------------|

Aufgerundet zu Gunsten unvorhergesehener Einflüsse ergibt sich eine Summe von 440 mio€, deren voraussichtliche Jahresverteilung in nachfolgendem Diagramm dargestellt ist.



#### **4.4 Art und Umfang von Vergaben**

Für die Erstellung der notwendigen Planungsleistungen unter anderem als Zuarbeit für die Aufstellung der Entwurfsunterlagen sind umfangreiche Ingenieurvergaben zu tätigen. Im weiteren Verlauf sind ebenfalls Bauüberwachungsaufgaben an Dritte zu vergeben. Die Ausgaben sind in 4.3. berücksichtigt.

## **5. Umfang der durchzuführenden Nutzen – Kosten - Betrachtungen**

In der durchgeführten Untersuchung wurden bereits die Varianten betrachtet, welche die Mindestanforderung, im Endzustand bei gleichzeitigem Betrieb aller Kammern den Verkehr reibungslos abwickeln zu können, erfüllen. Im Variantenvergleich hat sich die Variante D' unter Kosten- und Nutzenaspekten als die zu wählende Zielvariante herausgestellt.

Es ist vorgesehen, diese Betrachtung zu aktualisieren, wenn das Zustandsgutachten sowie die GI-Vorzugsvariante für die großen Kammern vorliegen (Ende 2018).

Aufgestellt Kiel, den 20.11.2015

WSA Kiel-Holtenau  
(Aufstellende Dienststelle)

---

i.A. TRR Jens Anke  
(Dienstbezeichnung, Name)