

Risikobeurteilung Hadelner Kanalschleuse



Dokumentverfasser:

Lahmeyer Hydroprojekt GmbH, Geschäftsbereich SBE – Magdeburg

20. Januar 2017

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	VI
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1. Anlagen- und Prozessbeschreibung	1
1.1. Allgemeine Beschreibung	1
1.1.1. Lage an der Wasserstraße.....	1
1.1.2. Inbetriebnahme und Instandsetzungen.....	2
1.1.3. Schifffahrtsaufkommen	3
1.1.4. Wasserstände	3
1.1.4.1. Außenwasserstände.....	3
1.1.4.2. Hochwasserstände (Küstenschutz).....	3
1.1.4.3. Seegangparameter.....	4
1.1.4.4. Wasserstände in der Schleuse.....	4
1.1.4.5. Wasserstände im Hadelner Kanal (Binnenwasserstände)	4
1.1.5. Bedienung	4
1.1.6. Hauptabmessungen	5
1.1.7. Verschlussorgane	5
1.1.8. Beschreibung des Füll- und Entleerungssystems	5
1.1.9. Bauliche Besonderheiten	5
1.1.9.1. Revisionsverschlüsse	5
1.1.9.2. Redundante Hubtore	5
1.1.10. Antriebstechnik.....	6
1.1.11. Stoßschutzanlagen	6
1.1.12. Betriebspegelanlage	6
1.1.13. Durchflussmessung.....	7
1.1.14. Signalanlage	7
1.1.15. Steuerung.....	7
1.1.16. Sicherheitstechnik.....	8

1.1.17. Netzwerktechnik.....	8
1.1.18. Video- und Audioanlage.....	8
1.2. Bestimmung der Grenzen der Anlage.....	9
1.2.1. Verwendungsgrenzen	9
1.2.1.1. Bestimmungsgemäße Verwendung, Nutzergruppen.....	9
1.2.1.2. Betriebsarten	11
1.2.1.3. Vorausgesetztes Niveau.....	13
1.2.2. Räumliche Grenzen	13
1.2.3. Zeitliche Grenzen	14
2. Identifizierung von Gefährdungen	15
2.1. Betriebsart Sielbetrieb.....	17
2.2. Betriebsart Küstenschutz	21
2.3. Betriebsart Schleuse.....	24
2.4. Wartung	27
2.5. Inbetriebnahme	31
2.6. Liste der signifikanten Gefährdungen	32
3. Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen.....	35
3.1. Allgemeines	35
3.1.1. Signalisierung.....	35
3.1.2. Videoanlage	35
3.1.3. Lautsprecheranlage	36
3.1.4. Rufbereitschaft.....	36
3.1.5. Spezielle Maschinen und Einrichtungen	36
3.2. Vermeidung von Absturz.....	36
3.2.1. Steigleitern	36
3.2.2. Absperrung Schleusenammer	36
3.3. Vermeidung von ungewollten Senkbewegungen des Tores.....	37
3.4. Sicherung des Küstenschutzes.....	37
3.5. Trennende Schutzeinrichtungen	37
3.6. Einzäunung des Schleusengeländes.....	37

3.7. Arbeitsplätze, Zugänge Laufstege, Durchgänge.....	37
3.8. Not-Aus-Einrichtungen.....	37
3.8.1. Not-Aus-Funktion	37
3.8.2. Not-Aus-Einrichtung	37
3.8.3. Wirksamkeit von Not-Aus-Einrichtungen.....	38
3.8.4. Anbringung von Bedienelementen	38
3.8.5. Erreichbarkeit der Not-Aus-Einrichtung.....	38
3.8.6. Bremseinrichtung für Maschine.....	38
3.8.7. Nachlaufzeit der Maschine.....	38
3.8.8. Stellteile für Not-Aus mit Schutz gegen unbeabsichtigtes Betätigen	38
3.8.9. Entriegeln der Not-Aus-Befehlsgeräte	38
3.8.10. Dokumentation der Not-Aus-Einrichtung.....	38
3.9. Not-Halt.....	38
3.9.1. Not-Halt-Einrichtung.....	39
3.9.2. Erreichbarkeit der Not-Halt-Einrichtung	39
3.9.3. Wirksamkeit von Not-Halt-Einrichtungen	39
3.9.4. Entriegeln der Not-Halt-Befehlsgeräte	39
3.9.5. Dokumentation der Not-Halt-Einrichtung	39
3.10. Sicherer-Halt	39
3.10.1. Sicherer-Halt-Einrichtung	39
3.10.2. Dokumentation der Not-Halt-Einrichtung	39
3.11. Schleusen-Halt.....	40
3.11.1. Funktion und Anordnung.....	40
3.11.2. Erforderlicher Performance Level (PL _r).....	40
3.11.3. Erkennbarkeit.....	40
3.11.4. Verständlichkeit im Notfall.....	40
3.12. Schutz vor Ertrinken	40
3.13. Sensorik	40
3.13.1. Pegelmessung	40
3.13.2. Stellungsgeber und Endlagenschalter	41

3.13.3. Durchflussmessung.....	41
3.14. Steuerungssysteme und Befehlsgeräte	41
3.14.1. Sicherung gegen unbeabsichtigte Betätigung.....	41
3.14.2. Sicherheitsbezogene Steuerungen	41
3.14.3. Torsteuerung - Gegenhauptverriegelung	42
3.14.4. Torsteuerung – Verriegelung Tor schließt gegen Lichtsignalanlage „Durchfahrt frei“	42
3.14.5. Geschwindigkeitsüberwachung der Füllorgane	43
3.14.6. Drehrichtungsüberwachung der Schleusentore	43
3.14.7. Lichtsignalanlage – Verriegelung Durchfahrt freigeben gegen Tor nicht offen ...	43
3.14.8. Lichtsignalanlage – Verriegelung Einfahrt und Ausfahrt gleichzeitig freigeben ..	43
3.14.9. Lichtsignalanlage – Verriegelung Sielbetrieb und Schleusen	43
3.14.10. Verriegelung der Betriebsarten gegeneinander	43
3.14.11. Vermeidung eines automatischen Startens während Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen.....	43
3.14.12. Abschaltung der Antriebe bei Überlast.....	44
3.14.13. Verriegelung der Bedienebenen	44
3.14.14. Verriegelung zwischen Handantrieb und Kraftantrieb	44
3.14.15. Verriegelung Pegelanlage gegen Hubtor	45
3.14.16. Vermeidung Kraftantrieb und Torverriegelung	45
3.14.17. Drehzahlüberwachung – Antriebe.....	45
3.14.18. Überwachung der Endlagenverriegelung des Hubtores	45
3.15. Antriebssysteme und Kraftübertragungselemente	45
3.15.1. Allgemeines.....	45
3.15.2. Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe.....	45
3.15.3. Elektrische Systeme.....	45
3.15.4. Kennzeichnung	45
3.16. Lärm	46
3.17. Beleuchtung	46
3.18. Ergonomische Prinzipien.....	46

3.19.	Elektrische Ausrüstung.....	47
3.19.1.	Allgemeines.....	47
3.19.2.	Bedienelemente für Schleusen-Halt, Not-Aus- und Not-Aus-Einrichtung	47
3.19.3.	Signalanlage	47
3.20.	Aufstellflächen für Krane	47
3.21.	Brandschutz	47
3.22.	Maschinenspezifische Werkzeuge	47
3.23.	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	48
3.24.	Blitzschutz und Erdung.....	48
4.	Benutzerinformationen	49
4.1.	Kennzeichnung	49
4.2.	Betriebsanleitung	49
5.	Kontrolle der Wirkung der Maßnahmen	50
6.	Soll-Ist-Vergleich	50
7.	Normative Verweisung	50
II.	Richtlinien und Normen.....	2

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersichtslageplan [3].....	1
Abbildung 2: Risikograph zur Bestimmung des PL_r für jede Sicherheitsfunktion [5]	16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Außenwasserstände [3].....	3
Tabelle 1-2: Hochwasserstände (Küstenschutz) [3].....	3
Tabelle 1-3: Wasserstände in der Schleuse.....	4
Tabelle 1-4: Wasserstände im Hadelner Kanal.....	4
Tabelle 1-5: Hauptabmessung	5
Tabelle 1-6: Betriebsarten der Hadelner Kanalschleuse.....	11
Tabelle 2-1: Risikobeurteilung für Betriebsart Sielbetrieb	17
Tabelle 2-2: Risikobeurteilung für Betriebsart Küstenschutz.....	21
Tabelle 2-3: Risikobeurteilung Betriebsart Schleuse.....	24
Tabelle 2-4: Risikobeurteilung Wartung	27
Tabelle 2-5: Risikobeurteilung Inbetriebnahme.....	31
Tabelle 2-6: Liste der signifikanten Gefährdungen.....	32
Tabelle 3-1: Zusammenhang des PL und der SIL Werte	42

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
HHKW	Höchster Kanalwasserstand
HHThw	Höchstes Tidenhochwasser
HMI	Human Machine Interface
HQ50	Bemessungswasserstand Dämme
HSchiffW	Höchster schiffbarer Wasserstand
IG-HKS	Ingenieurgemeinschaft Hadelner Kanalschleuse
MKW	Mittlerer Kanalwasserstand
MSpThW	Mittleres Springtidehochwasser
MSpTnw	Mittleres Springtideniedrigwasser
MThw	Mittleres Tidehochwasser
MTnw	Mittleres Tideniedrigwasser
NHN	Normalhöhennull
NKW	Niedrigster Kanalwasserstand
NLWKN	Niedersächsischer Landbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NNTnw	Niedrigstes Tideniedrigwasser
NSchiffW	Niedrigster schiffbarer Wasserstand
PL _r	erforderlicher Performance Level

1.1.2. Inbetriebnahme und Instandsetzungen

Eine detaillierte Darstellung des vorhandenen Bauwerks wurde bereits in [3] aufgezeigt. Der folgende Abschnitt ist ein Auszug aus diesem Bericht:

Die Hadelner Kanalschleuse wurde um das Jahr 1854 als Tunnelgewölbeschleuse mit einer lichten Breite von ca. 6,1 m und einer Gesamtlänge von ca. 36 m mit beidseitigen Stemmtorpaaren für die Funktion als Siel- und Schleusenanlage für den Hadelner Kanal errichtet.

Im Jahr 1957 erfolgte der Einbau einer gegenüber der ursprünglichen Situation tiefer liegenden neuen Betonsohle im Bereich der Tunnelgewölbeschleuse. Außen- und binnenseitig wurde eine Betonsohle zwischen den Flügelwänden eingebaut.

Die Erweiterung um eine binnenseitige Schleusenkammer in Spundwandbauweise wurde im Jahr 1968 vorgenommen. Die lichte Breite im Bereich der Verlängerung wird mit 21 m angegeben. Kanalseitig erhielt die neue Schleusenkammer eine Hubtoranlage.

Im Jahr 1985 erfolgten eine Grundsanie rung der Schleuse und der Einbau eines hydraulisch angetriebenen 2-teiligen Hubtors als zweite Deichsicherheit. In dieser Zeit wurden auch die Deiche im Bereich der Kanalschleuse auf NHN + 7,73 m entsprechend den Erkenntnissen der Sturmfluten von 1962 und 1976 erhöht. Die Aufhöhung im Bereich der Schleuse von NHN + 6,60 m auf NHN + 7,73 m erfolgte in diesem Zuge durch eine Betonbrücke, die eine eigene Pfahlgründung links und rechts des Schleusenkörpers erhielt.

Die Einwirkungen aus negativer Mantelreibung aus den Setzungen der Anschlussdeiche auf die Holzpfahlgründung der Schleuse sind wahrscheinlich ursächlich für die im Laufe der Jahre eingetretenen Setzungen und Rissbildungen im Mauerwerk der Tunnelgewölbeschleuse. Die im Jahr 2006 durchgeführte Bauwerkshauptprüfung hat einen kritischen Bauwerkszustand ergeben.

Insbesondere wurden Einschränkungen der Standsicherheit und der Verkehrssicherheit festgestellt. Außerdem ist die Dauerhaftigkeit nicht mehr gegeben.

Das vorhandene Bauwerk wird als Sielanlage für die Entwässerung des Hadelner Kanals und als Schleusenanlage genutzt.

Die Schleuse verfügt elbseitig über hölzerne Stemmtore ohne maschinellen Antrieb und kanalseitig über eine maschinell betriebene Hubtoranlage. Binnenseitig vom Sielgewölbe befindet sich als zweite Deichsicherheit eine hydraulisch betriebene 2-teilige Hubtor-Anlage. Alle Anlagen werden vom Schleusenwärter des NLWKN vor Ort von Hand bedient.

Eine Trockenlegung der gesamten Schleusenanlage ist nach vorliegenden Informationen nicht möglich.

Das Gewölbe und die Stemmtore der vorhandenen Schleuse stehen unter Denkmalschutz.

Das Bauwerk liegt in der Hauptdeichlinie der Elbe und ist aufgrund der nicht bestickgemäßen Ausbildung ein Schwachpunkt im Küstenschutz.

1.1.3. Schifffahrtsaufkommen

Das Bauwerk Hadelner Kanalschleuse hat in erster Linie zwei Aufgaben:

1. Sielbetrieb zur Entwässerung des Binnenlands
2. Küstenschutz als Teil der Deichanlage

Das Schleusen von Verkehrsschiffen ist an dieser Schleuse eher selten, da dieser Kanal fast ausschließlich für die Sportbootfahrt genutzt wird. Entsprechend der Bestimmung für den Hadelner Kanal können dort Fahrzeuge mit folgenden maximalen Abmessungen verkehren: Länge von 33,5 m, Breite von 5 m und Tiefgang bis 1,5 m. Anhand einer Analyse der Schleusungen der letzten Jahre nutzen größtenteils Sportboote diesen Weg. Das Jahresaufkommen von ca. 1.500 geschleusten Fahrzeugen ist saisonabhängig.

1.1.4. Wasserstände

Durch den Zugang zum Ästuarbereich der Elbe und somit zur Nordsee ergibt sich zuzüglich zu den Binnenwasserständen ein breites Spektrum an tideabhängigen Wasserständen.

1.1.4.1. Außenwasserstände

Tabelle 1-1: Außenwasserstände [3]

Bezeichnung	Abkürzung	Wasserstand
Höchstes Tidenhochwasser	HHThw	NHN +5,42 m (03.01.1976)
Mittleres Springtidehochwasser	MSpThW	NHN +1,74 m
Mittleres Tidehochwasser	MThw	NHN +1,53 m
Mittleres Tideniedrigwasser	MTnw	NHN -1,35 m
Mittleres Springtideniedrigwasser	MSpTnw	NHN -1,66 m
Niedrigstes Tideniedrigwasser	NNTnw	NHN -3,90 m (06.03.1881)

1.1.4.2. Hochwasserstände (Küstenschutz)

Tabelle 1-2: Hochwasserstände (Küstenschutz) [3]

Bezeichnung	Wasserstand
Referenzwasserstand	NHN +6,11 m (ohne Vorsorgemaß)
Bemessungswasserstand Deich	NHN +6,61 m (inkl. 50 cm Vorsorgemaß)
Bestickhöhe Deich	NHN +8,70 m
Bemessungswasserstand Bauwerk	NHN +7,11 m (inkl. 100 cm Vorsorgemaß)

1.1.4.3. Seegangparameter

(NLWKN Forschungsstelle Küste, Mai 2015)

- Signifikante Wellenhöhe $H_{m0} = 1,27$ m,
- Energieperiode $T_{m-1,0} = 3,7$ s,
- mittlere Wellenangriffsrichtung $\theta = 335,1^\circ$

1.1.4.4. Wasserstände in der Schleuse

Tabelle 1-3: Wasserstände in der Schleuse

Bezeichnung	Wasserstand
Höchster schleusbarer Wasserstand	NHN +2,00 m
Mittlerer Schleusenwasserstand	NHN -0,7 m
Niedrigster schleusbarer Wasserstand	NHN -1,50 m
Revisionsfall	kein Wasserstand in der Schleuse

1.1.4.5. Wasserstände im Hadelner Kanal (Binnenwasserstände)

Tabelle 1-4: Wasserstände im Hadelner Kanal

Bezeichnung	Abkürzung	Wasserstand
Höchster Kanalwasserstand	HHKW	NHN +1,00 m
Bemessungswasserstand Dämme	HQ50	NHN +0,50 m
Mittlerer Kanalwasserstand	MKW	NHN -0,70 m
Niedrigster Kanalwasserstand	NKW	NHN -1,00 m
Höchster schiffbarer Wasserstand	HSchiffW	NHN $\pm 0,00$ m
Niedrigster schiffbarer Wasserstand	NSchiffW	NHN -1,00 m

1.1.5. Bedienung

Die Bedienung der Schleuse erfolgt vor Ort durch Einmannbetrieb am Leitstand. Durch den Einfluss der Tide sind Schleusungen und der Sielbetrieb nur zu bestimmten Tageszeiten möglich. Das Schleusen erfordert aus Sicherheitsgründen zwingend die Anwesenheit eines Bedieners am Leitstand. Der Sielbetrieb muss manuell begonnen werden, da die Abflussmenge durch die Stellung von Tor 3 beeinflusst und gesteuert wird. Das Schließen und somit das Beenden des Sielbetriebs kann sowohl manuell, als auch automatisch erfolgen. Grundlage für die automatische Steuerung sind Werte der Durchflussmessung und Pegelmessung. Wenn das System einen Rückfluss zum Kanal erkennt, soll Tor 1 oder Tor 2 geschlossen werden.

1.1.6. Hauptabmessungen

Tabelle 1-5: Hauptabmessung

Nutzkammerlänge (Tor 2 und Tor 3)	24 m
Nutzkammerlänge (Tor 1 und Tor 3)	42,42 m
Kammerbreite	8,50 m
Hubhöhe Tor 1 und Tor 2	9,60 m
Hubhöhe Tor 3	7,32 m

1.1.7. Verschlussorgane

Die Schleuse ist mit drei Torlinien geplant, alle drei Tore sind einteilige Hubtore. Die Tore 1 und 2 dienen zusätzlich als Küstenschutz und sind deshalb redundant. Das Tor 3 ist im Binnenhaupt und dient nicht nur für den Prozess der Schleusung, sondern steuert ebenfalls den Abfluss im Sielbetrieb.

1.1.8. Beschreibung des Füll- und Entleerungssystems

Es gibt keine Schütze zum Füllen und Entleeren der Schleuse. Dieser Vorgang erfolgt über das Öffnen der Hubtore, speziell über die Funktion *Schützhub*, in der das Tor mit ca. 0,002 m/s gehoben und zur Öffnung des Füllspaltes angehoben wird. Die Fortsetzung der Torfahrt (ca. 0,06 m/s) erfolgt erst nach Ausgleich der Wasserstände. Energievernichter oder Strahlaufreißer zum Verringern der Toskräfte sind nicht vorgesehen.

1.1.9. Bauliche Besonderheiten

1.1.9.1. Revisionsverschlüsse

Zur Sicherheit für Wartungs- und Reparaturarbeiten einer Schleuse tragen auch die Revisionsverschlüsse bei. Je schneller die Verschlüsse gesetzt werden können, je geringer der technische Aufwand dazu ist, desto sicherer ist die Schleuse (bei gegebener Betriebssicherheit). Vorgesehen ist ein sogenannter Dammbalkenverschluss. Diese werden im Bedarfsfall in die vorbereiteten Nischen eingelassen. Am Binnenhaupt sind vier der jeweils 1,2 m hohen und 9,4 m langen Dammbalken vorgesehen, am Elbhaupt sieben Stück.

1.1.9.2. Redundante Hubtore

Wie bereits erwähnt verfügt die Hadelner Kanalschleuse über zwei elbseitige Tore. Sie sind als Hubtore ausgeführt und dienen in dem - in der Hauptdeichlinie befindlichen - Bauwerk als doppelter Küstenschutz.

1.1.10. Antriebstechnik

Jedes Tor besitzt ein eigenes Portal. Oberhalb jedes Portals befindet sich ein gegengewichtsfreier elektromechanischer Kettenantrieb. Der mittig über dem Tor angeordnete Antrieb besteht aus folgenden Komponenten: Elektromotor mit Bremse, Bremse, Stirnradgetriebe, schaltbare Kupplung und Handantrieb. Vom Getriebe führt jeweils eine Lamellenkupplung zu den Seiten des Tores. Das mit der Lamellenkupplung verbundene Kettenrad ist höher gelagert als das Umlenkrad. Auf diese Weise erreicht der Umschlingungswinkel $>90^\circ$, das lose Kettenende läuft lastfrei herunter. Die Portalbauweise ermöglicht es, die Kette selbst in der gehobenen Endlage des Tores frei hängen zu lassen. Auf den üblichen Kettenspeicher kann demnach verzichtet werden. Eine Messachse führt das Umlenkrad. Die Überwachung der Überlastsicherung und Kettenkraft erfolgt über diese Messeinrichtung. Oberhalb der Laufrollen ist die nachschmierbare, als Gallkette ausgeführte Hubkette an den Verschlusskörper angeschlagen. Die Haltebremse zwischen Motor und Getriebe, sowie die Bremse des Elektromotors dienen lediglich zum Halten des Tores. Die sogenannte Betriebsbremsung von der Torfahrt bis zum Stillstand wird über die Drehzahl des Elektromotors geregelt. Zusätzlich zum Motor ist ein Hand- bzw. Hilfsantrieb vorgesehen. Das Einkuppeln erfolgt über eine von Hand schaltbare Kupplung. Der Handbetrieb mit ansteckbarer Handkurbel ist lediglich für Einstellarbeiten gedacht. Für das Notsenken oder – öffnen beispielsweise bei Stromausfall kann ein Elektro-Schrauber an den Hilfsantrieb angeschlossen werden.

1.1.11. Stoßschutzanlagen

Für die Hadelner Kanalschleuse wurde auf eine zusätzliche Stoßschutzanlage verzichtet. Wie in Abschnitt 1.1.3 bereits erläutert, sind die für den Hadelner Kanal zugelassenen Schiffe mit Abmessungen von max. 33,5 m Länge und 5 m Breite relativ klein. Zum Ausgleich dafür wurde bei der Berechnung und Konstruktion der Hubtore eine Ersatzlast für einen Schiffsanprall berücksichtigt.

1.1.12. Betriebspegelanlage

Jede der drei Toranlagen verfügt über eine eigene Pegelmessanlage. Eine Pegelmessanlage besteht aus jeweils drei Pegelsensoren auf beiden Seiten eines Tores. Diese Anordnung erlaubt eine redundante Ober- und Unterpegelmessung. Mithilfe einer Plausibilitätsprüfung können Kammer-, Außen- und Binnenpegel miteinander verglichen werden und führen nach Auswertung durch die Steuerung zu einer automatisierten Handlung oder zu einer Handlungsanweisung an das Bedienpersonal.

1.1.13. Durchflussmessung

Eine entscheidende Funktion der Schleuse ist der Sielbetrieb. Zur Überwachung des Ablaufs aus dem Kanal sind im kanalseitigen Vorhafen (ca. 200 m vor der Schleuse) und in der Schleuse Messsysteme installiert, die die Wassermengen erfassen können. In Verbindung mit einer Strömungsrichtungsüberwachung erfolgt eine präzise Kontrolle des Sielbetriebs. Das System meldet und reagiert bei Rücklauf aus der Elbe in den Kanal.

1.1.14. Signalanlage

Die Schleuse verfügt über Schiffahrtssignalanlage gemäß BinSchStrO § 6.28a für den Betrieb von Schleusen. Es befinden sich Einfahrtssignalanlagen in den kanal- und elbseitigen Vorhäfen. An jedem Tor ist eine Ausfahrtssignalanlage. Da die redundanten Tore 1 und 2 für die Betriebsart Schleuse genutzt werden, sind die Signale an beiden Anlagen parallel zu betreiben.

Da die Schleuse auch den Sielbetrieb gewährleisten muss, sind gesonderte Signalanlagen in den Vorhäfen vorhanden, um auf den Sielbetrieb und somit auf eine stärkere Strömung hinzuweisen. Die Einfahrt von beiden Seiten ist zu dieser Zeit verboten.

Zusätzlich werden Torbewegungen am jeweiligen Portal signalisiert.

Die Signalisierung der Schleuse wird über einen Dämmerungsschalter an die veränderten Sichtbedingungen bei Nacht angepasst. Diese Vorgehensweise verringert Blenden bei Nacht und den Stromverbrauch.

1.1.15. Steuerung

Im Normalbetrieb erfolgt die Steuerung der Schleuse über den Leitstand mit PC-Arbeitsplatz (Bedienplatz-PC). Von dort aus können alle Bedien- und Beobachtungseinrichtungen überwacht und gesteuert werden. Alle Sicherheits- und Überwachungssysteme melden Fehler und Störungen sofort an den Leitstand.

Im Reparaturbetriebsmodus können die Tore zusätzlich über ein mobiles Human Machine Interface (HMI) Panel gesteuert werden.

Eine weitere Steuerungsmöglichkeit besteht in der vor Ort Kontrolle am Frequenzumrichter für das entsprechende Tor.

Für Torbewegungen bei Ausfall der Stromversorgung oder für Einstellarbeiten ist der Hand- bzw. Hilfsantrieb auf dem jeweiligen Portal vorgesehen.

1.1.16. Sicherheitstechnik

Die Sicherheitstechnik der Schleuse umfasst alle Systeme und Systemkomponenten, die zur Überwachung von Daten und Grenzwerten beitragen. Je nach Bedeutung der entsprechenden Funktion gibt es diverse Handlungsstufen, die das System bei detektierten Störungen ausführt. Das Spektrum reicht von einer Meldung an den Bediener bis hin zum sofortigen Stillstand aller kraftbetätigten Bewegungen. Auf dieser Grundlage fußen die folgenden drei Arten, Bewegungen zu beenden:

Not-Aus (Stopp der Kategorie 0): Lasttrennschalter in der Niederspannungshauptverteilung und in den Vorort-Einspeisungen der Torantriebe

Not-Halt (Stopp der Kategorie 1): Not-Stopptaster verriegelt verrastend auf dem Leitstandpult (einer für alle Toranlagen), auf dem mobilen Pult zugeordnet entsprechend der genutzten Schnittstelle.

Sicherer-Halt (Stopp der Kategorie 2): Alle Halt-Anweisungen aus der Steuerung, sowie Haltanweisung aus der Tippbedienung.

1.1.17. Netzwerktechnik

Ein Großteil der Kontrolldaten werden über Ethernet LAN Kommunikation gesendet. Zu diesen Daten gehören u.a. Durchflussmessung, Kathodischer Korrosionsschutz sowie Audio- und Videosignale. Weiterhin erfolgen über die Internetverbindung die Übermittlung der Pegeldaten an das NLWKN und die Anforderung von Personal bei Störungen. Eine Fernüberwachung bzw. Eingriffe in die Steuerung über das Internet werden nicht vorgesehen.

1.1.18. Video- und Audioanlage

Die Visualisierung der Videodaten erfolgt über vier HD Monitore. Der Bediener ist nicht nur in der Lage, sich die entscheidenden Bilder anzusehen, er kann auch zwischen Quad- und Einzelbildmonitor entscheiden. Vom Leitstand aus können die Kameras frei gezoomt und geschwenkt werden. Zur Beweissicherung sind Videodatenserver in den IT-Schränken des Leitstandes installiert.

Es gibt drei Wechselsprechanlagen sowie sechs Lautsprecheranlagen. Die Kommunikation erfolgt über Voice over IP. Ferner gibt es einen Zugang zum öffentlichen Fernsprechnet im Betriebsgebäude.

1.2. Bestimmung der Grenzen der Anlage

1.2.1. Verwendungsgrenzen

Elektromotoren, Bremsen und andere Maschinen, deren Hauptgefährdung in Elektrizität begründet liegt, müssen nicht im Rahmen der Maschinenrichtlinie betrachtet werden. Diese Geräte entsprechen der Richtlinie 73/23/EWG (Niederspannungsgeräte). In diesem Fall sind die Hersteller verantwortlich für das Erstellen und die Bereitstellung der benötigten Unterlagen. Jedoch ist eine Betrachtung der mechanischen Gefahren der Maschinen im Rahmen der Risikobeurteilung erforderlich. [1]

1.2.1.1. Bestimmungsgemäße Verwendung, Nutzergruppen

Verwendung

Entsprechend der Bestimmung für die Hadelner Kanalschleuse ist ihre vorrangige Verwendung der Küstenschutz und der Sielbetrieb, eine Nebenfunktion ist der Schleusenbetrieb. Der überwiegende Teil der Schleusungen ist auf Sportboote zurückzuführen.

Trotz des hohen Automatisierungsgrads beim Betrieb als Küstenschutz und im Sielbetrieb ist beim normalen Betrieb als Schleuse die Anwesenheit eines Mitarbeiters erforderlich. Folgende Tätigkeiten sind vom Schichtleiter unter anderem zu übernehmen:

- Leiten der Schleusung (Bestätigung der Weiterschaltbedingungen)
- Auswahl der Betriebsregime
- Überwachung des Sielbetriebs im Betriebsregime „manueller Sielbetrieb“
- Bedienung der Schleuse während den Betriebsregimen „Wartung“ und „Instandsetzung“

Nutzergruppen / Zielgruppen

Qualifizierte Mitarbeiter: Während jeder der drei Betriebsarten und im Revisionsfall können sich nicht nur qualifizierte Mitarbeiter für den Betrieb im Bereich der Schleuse aufhalten, sondern auch geschultes Fachpersonal von Fremdbetrieben entsprechend der zu erledigenden Aufgaben (z.B. Inspektion, Wartung, Bedienung, Instandsetzung, Reparaturarbeiten).

Fremdpersonal / Einsatzkräfte: Die Schleuse ist Teil der Küstenschutzlinie, aus diesem Grund können sich für Inspektionen am Deich sowie während der Deichverteidigung Personen auf dem Betriebsgelände befinden.

Schiffer / Sportbootfahrer: Im Betrieb als Schleuse besteht die Möglichkeit, dass sich Schiffer und Sportbootfahrer auf der Schleusenplanie aufhalten.

Besucher / Zuschauer: Über die Kammer zwischen Tor 1 und 2 führt eine Brücke. Deren Nutzung als öffentliche, einspurige Straße mit Fuß- und Radweg ermöglicht die Anwesenheit von Besuchern außerhalb des Betriebsgeländes.

1.2.1.2. Betriebsarten

Tabelle 1-6: Betriebsarten der Hadelner Kanalschleuse

Betriebsart	Funktionen
Automatikbetrieb Küstenschütz	Schließen der Tore 1 und 2 anhand des Elbpegels
Automatikbetrieb Sielbetrieb	Schließen des Tores 1 <u>oder</u> 2 vorrangig anhand des Pegelstandes sowie weiterer Messdaten bspw. Strömungsgeschwindigkeit und Durchflussrichtung
Manuellbetrieb Küstenschutz	Schließen der Tore 1 und 2 durch manuelle Auswahl der Betriebsart
Manuellbetrieb Schleusen	Start der Aktionen, bspw. „Tor Schließen“ durch manuelle Auswahl am Leitstand
Manuellbetrieb Sielbetrieb	Tor 3 wird zur Regulierung der Abflussmenge teilweise oder ganz geöffnet, das geschieht manuell. Schließen des Tores 1 <u>oder</u> 2 vorrangig anhand manueller Auswertung der Pegelstände sowie von weiteren Messdaten bspw. Strömungsgeschwindigkeit und Durchflussrichtung
Notbetrieb	Start der Aktionen, bspw. „Tor Schließen“ durch manuelle Auswahl am Bedienpanel am Schaltschrank
Handbetrieb	Manuelles Heben- und Senken per Hand oder Schrauber am Handantrieb auf Portal
Wartung	Start der Aktionen, bspw. „Tor Schließen“ durch manuelle Auswahl am Bedienpanel am Schaltschrank oder am mobilen HMI Panel
Revision	Setzen und Entfernen der Revisionsverschlüsse mit Hilfe eines Krans und ggf. Tauchern; manuelles Setzen des Lichtsignals „Anlage für Schifffahrt gesperrt“ über Leitstand

Betriebsart Sielbetrieb:

Die primäre Funktion der Hadelner Kanalschleuse ist der Sielbetrieb, die kontrollierte Entwässerung des Kanals in die Elbe.

Die Wasserabführung beruht auf dem Prinzip des Freigefälles. Dafür ist es zwingend erforderlich, dass der Wasserstand der Elbe niedriger ist als der des Kanals. Diese Zeit und

der Zeitpunkt sind abhängig von Tide und Seegang. Der Sielbetrieb hat gegenüber dem Schleusen allerdings immer Vorrang.

- Schifffahrtssignal verbietet Einfahrt in Schleuse
- zusätzliches LED Leuchttfeuer (ca. 200 m vor Schleuseneinfahrt) informiert über Sielbetrieb
- plausibler Wasserstand des redundanten Binnenpegels muss höher sein als plausibler Wasserstand der Elbe
- Öffnungsreihenfolge der Tore 1 und 2 nach Auswertung der entsprechenden Kammerwasserpegel (Prozessschritt erfolgt automatisch)
- manuelle Positionssteuerung des binnenseitigen Tores durch Schleusenpersonal zur Regulierung der Abflussleistung
- bei nicht detektierbarem Pegelunterschied zwischen Kanal und Elbe manuelle oder automatische Beendigung des Sielbetriebs durch Schließen des Tores 1 oder 2; oder bei Durchflussgeschwindigkeit von 0 m/s

Betriebsart Schleuse:

Das Schleusen im Normalbetrieb findet in der Kammer zwischen Tor 2 und Tor 3 statt. Um die maximale Tagesleistung an zu schleusenden Schiffen zu erreichen, längere Schiffe zu befördern oder bei Revision von Tor 2 kann Tor 1 als elbseitiges Schleusenende genutzt werden.

- manuelle Vorwahl Schleusungsrichtung
- Schifffahrtssignale entsprechend setzen
- Pegelausgleich
- Tore fahren entsprechend Schleusungsrichtung in obere bzw. untere Endlage
- Signale der Schifffahrtssignalanlage erlauben Einfahrt aus entsprechender Richtung
- Tore schließen
- Pegelausgleich
- Tore öffnen
- Schifffahrtssignale erlauben Ausfahrt

Eine Auflistung der Softwareverriegelungen beziehungsweise der Weiterschaltbedingungen erfolgt in Abschnitt 3.14.

Betriebsart Küstenschutz:

Die Schleuse befindet sich in der Hauptdeichlinie und ist somit ein Küstenschutzbauwerk. Die zwei elbseitigen Tore 1 und 2 dienen als doppelter Küstenschutz. Im Normalbetrieb genügt eines der beiden Tore. Kommt es zu einer Sturmflut oder wird ein definierter Elbpegel

gemessen, schließen beide Tore. Das Schließen der Tor im oben genannten Fall kann automatisiert oder auf manuelle Eingabe hin geschehen.

1.2.1.3. Vorausgesetztes Niveau

Es wird davon ausgegangen, dass die Schleuse während aller Lebensphasen nur von ausgebildetem und eingewiesenem Fachpersonal bedient wird.

1.2.2. Räumliche Grenzen

Nicht Gegenstände der Risikobeurteilung sind:

- Brandschutz
- physische Belastung von Bedienern und Wartungspersonal
- Wartungsarbeiten mit speziellen Hilfsmitteln (Arbeitsgerüst, elektr. Hebebühne)
- im Rahmen der Verkehrssicherungspflicht an Bundeswasserstraßen geregelten Punkte, wie bspw. Zaunanlagen (Zutritt zum Gelände)

Bewegungsraum

Der Bewegungsraum für den Normalbetrieb ist der Leitstand. Die Schleusenplanie ist allerdings für das Personal jederzeit begehbar. Für Wartungs- und Inspektionszwecke ist das Erreichen beispielsweise der Antriebstechnik erforderlich. Eine Einzelbetrachtung der Komponenten ist nicht zweckmäßig, da die Schleuse nur als Einheit funktioniert. In diesem Zusammenhang ist das Bauwerk als Gesamtes zu betrachten.

Platzbedarf

Die Ergonomie des Arbeitsplatzes im Leitstand ist gemäß der gängigen Arbeitsschutzrichtlinien (DIN EN ISO 6385) zu gestalten. Im Normalbetrieb der Schleuse ergibt sich daher keine gesonderte Belastung des Mitarbeiters auf Grund von Lärm, Wärme, Zwangshaltungen usw. Bei den Lebensphasen Wartung, Reparatur und Inbetriebnahme kann es zu zeitlich begrenzten Arbeiten in Zwangshaltungen kommen.

Wechselwirkung Mensch und Maschine

Im Normalbetrieb kommt es nur über den Leitstand und den PC-Arbeitsplatz zu einer Wechselwirkung zwischen Mensch und Maschine. Über Bildschirme und Displays teilt das System dem Benutzer alle wichtigen Informationen mit. Mithilfe des Bedienpanels und des PC-Arbeitsplatzes gibt der Benutzer Anweisungen an die Maschine.

Schnittstellen Maschine/Energieversorgung

Die Schnittstelle ist der Anschluss von elektrischer Energie.

1.2.3. Zeitliche Grenzen

Laut DIN EN ISO 12100:2011-03, Abs. 5.4 wird die Berücksichtigung der folgenden Lebensphasen gefordert:

- Transport, Montage und Installation
- In Betrieb nehmen
- Verwendung (alle Betriebsregime einschließlich Revision, Wartung und Reparatur)
- Demontage, außer Betrieb nehmen und Entsorgung

Zum jetzigen Zeitpunkt der iterativen Risikobeurteilung ist es nicht möglich die Phasen Transport, Montage, Installation, Inbetriebnahme, Demontage, außer Betrieb nehmen und Entsorgung zu bewerten. Es ist nicht abzuschätzen, in welchem Montagestatus welche Baugruppen transportiert werden. Die Risiken für die Lebensphasen bis einschließlich der fertigen Inbetriebnahme (und die entsprechenden Erprobungsprogramme) sind durch das ausführende Unternehmen zu quantifizieren und fortzuschreiben. Das Gleiche gilt für Demontage, außer Betrieb nehmen und Entsorgen. Diese Punkte sind ebenfalls durch das Zuständige Unternehmen zu beurteilen. Aus den oben genannten Gründen finden zum aktuellen Zeitpunkt lediglich die Phasen in Betrieb nehmen und Verwendung, mit allen Betriebsarten Berücksichtigung.

Die vorgesehene Nutzungsdauer von Ingenieurbauwerken beträgt 100 Jahre. Wenn die einzelnen Teile korrekt gewartet werden und die Tauschintervalle eingehalten werden, ist es möglich Lebensdauern darüber hinaus zu erzielen. Erfahrungsgemäß sind folgende Tauschintervalle einzuhalten:

- Erneuerung der Antriebe ca. alle 35 Jahre
- Erneuerung des Korrosionsschutzes ca. alle 25 Jahre
- Erneuerung der Dichtungen ca. alle 15 Jahre
- Erneuerung Stahlwasserbau nach ca. 70 Jahren

Zusätzliche Wartungen in entsprechenden Intervallen sind Voraussetzung für eine maximale Lebensdauer.

2. Identifizierung von Gefährdungen

In Ergänzung der Empfehlung der Maschinenrichtlinie (DIN EN ISO 12100:2011-03, Anhang B.1) erfolgt die Auflistung der möglichen Gefährdungen nicht nach Art oder Gruppe. An dieser Stelle fiel die Entscheidung bewusst auf die Darstellung jedes einzelnen Prozessschrittes in den möglichen Betriebsarten (Tabelle 2-1 bis Tabelle 2-5). Die Funktionen der Komponenten können nicht separat betrachtet werden, sondern immer nur im Zusammenhang und Zusammenwirken innerhalb des Betriebsregimes. Ferner stellt Tabelle 2-6 mögliche Fehler und deren Absicherung durch die Sicherheitsfunktionen dar. Grundlage dieser Tabelle ist die DIN EN ISO 13849-1, Abs. 5. Aus Gründen der Übersicht werden die konkreten Sicherungsmaßnahmen in den Tabellen nicht ausgeschrieben, sondern auf entsprechende Abschnitte zur Erläuterung verwiesen.

Zur Quantifizierung der Gefährdungsrisikos bzw. der Sicherheit einer Maschine dienen die Parameter Schwere der Verletzung, Häufigkeit/Dauer der Gefährdungsexposition und Möglichkeiten zur Vermeidung. Die Bewertung der Gefährdungen der Schleuse erfolgt entsprechend der Maschinenrichtlinie auf der dargestellten Abstufung dieser Eigenschaften [4]:

S – Schwere der Verletzung

- S1 - leichte Verletzung, üblicherweise reversibel
- S2 - schwere Verletzung, üblicherweise irreversibel und Tot

F – Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition

- F1 - selten bis weniger häufig, Gefährdungszeit kurz
- F2 - häufig bis dauernd, Gefährdungszeit lang

P – Möglichkeiten zur Vermeidung der Gefährdung

- P1 - Vermeidung der Gefährdung oder Schadensbegrenzung sind möglich
- P2 - Vermeidung der Gefährdung oder Schadensbegrenzung kaum möglich

Die nachfolgenden Tabellen erläutern den Betriebsablauf aller durchführbaren Betriebsarten in den zuvor definierten Lebensphasen. Ferner spiegeln diese die möglichen Gefährdungen wider und die vorgesehenen Maßnahmen zur Vermeidung. Die Darstellung der Wartung ist exemplarisch. Je nach der zu wartenden Baugruppe müssen nicht immer alle aufgezählten Schritte durchgeführt werden. Das Trockenlegen einer Kammer ist beispielsweise nur in seltenen Fällen nötig, da Inspektionen am Tor, sowie Wartungen an den Antrieben problemlos bei gehobenen Tor und gefüllter Schleusenammer durchgeführt werden können.

Bei Sicherheitseinrichtungen in Verbindungen mit Steuerungen spielt der sogenannte erforderliche Performance Level (PL_r) eine wichtige Rolle. Er definiert die Fähigkeit einer Steuerung oder Teilen von Steuerungen, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen [5]. Die zur Bestimmung des PL_r nötigen Parameter wurden bereits erläutert. Abbildung 2 stellt die Anleitung der Bestimmung dar.

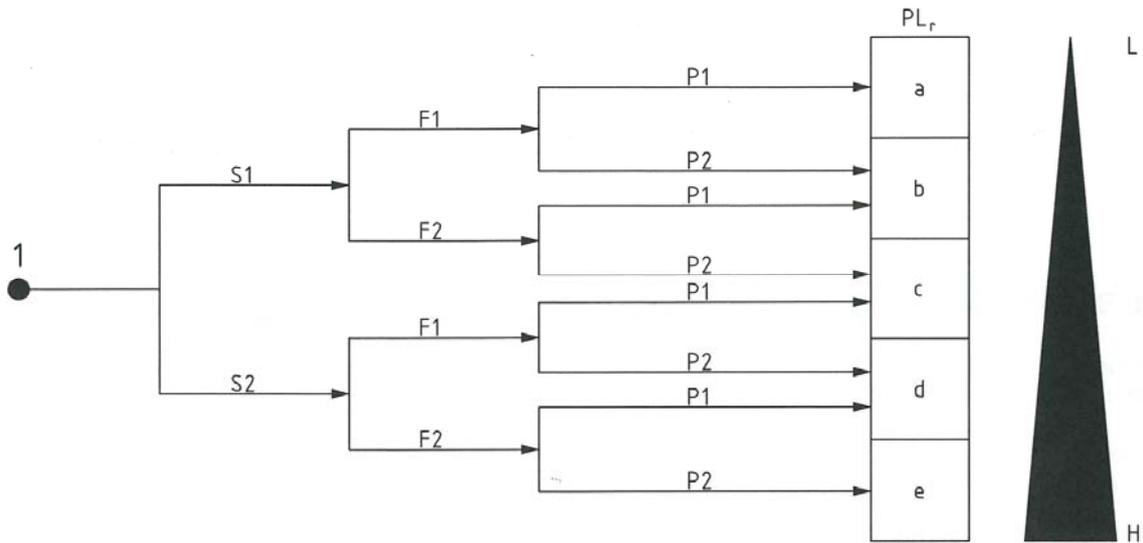


Abbildung 2: Risikograph zur Bestimmung des PL_r für jede Sicherheitsfunktion [5]

2.1. Betriebsart Sielbetrieb

Tabelle 2-1: Risikobeurteilung für Betriebsart Sielbetrieb

Risikoanalyse für Sielbetrieb									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
1.1	Arbeitsaufnahme durch Schleusenpersonal	- Erreichen des Leitstands über Zufahrtswege, Fußweg und durch das Betriebsgebäude	- Wegeunfall	-Ausrutschen, Stolpern und Stürzen	1 – mech. Gefährdung	3.1.1,			ja	- Wege sind sauber zu halten - Winterdienst für direkten Weg in Betriebsgebäude alternativ Hinweisschild "kein Winterdienst" - Pflicht für festes Schuhwerk auf dem gesamten Betriebsgelände
1.2	Beginn Sielbetrieb	- Schifffahrtssignal Sielbetrieb aktiv - Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Schleuse außer Betrieb	- Signal wird übersehen - Signal defekt - Gelangen in Strömungsbereich	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1			nein	
		- Erkennen der Lage aller drei Tore - manuelle Kontrolle, ob Torbereich frei	- Personen und Boote im Gefährdungsbereich der Torbewegung	- Quetschen von Körperteilen - Schneiden oder Abschneiden	1 – mech. Gefährdung	3.1.2, 3.13.2	S1 F2 P1	b	nein	

Risikoanalyse für Sielbetrieb									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		- manuelle Eingabe entsprechende Höhe Tor 3 für gewünschten Ablauf/Pegelstand - Tore 1 und 2 in obere Endlage bringen, verriegeln	- Annäherung beweglicher Teile an feste Teile - sich bewegende Teile - Gelangen in Bereiche bewegter Teile	- Scheren, Schneiden oder Abtrennen von Körperteilen - Einziehen oder Fangen	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.1.2, 3.3, 3.13.2	S2 F1 P1	c	nein	
1.3	Sielbetrieb	- Schifffahrtssignal Sielbetrieb aktiv - Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Schleuse außer Betrieb	- Signal wird übersehen - Signal defekt - Gelangen in Strömungsbereich	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1			nein	
		- kontinuierliche Prüfung der Pegelstände und der Durchflussgeschwindigkeiten an allen Toren - Übermittlung der Messdaten an das NLWKN - ggf. Nachregeln durch Änderung Torspalt Tor 3 entsprechend des Pegelstands	- unvorhergesehene Torbewegungen - fehlerhafte Messung	- Rückfluss der Elbe in den Kanal oder zu frühes Beenden Sielbetrieb	1 – mech. Gefährdung	3.3, 3.13.1, 3.13.3	S1 F2 P1	b	nein	
1.4	Ende Sielbetrieb (manuell)	-vorrangig bei Pegelausgleich Elbpegel und	- fehlerhafte Messung	- Rückfluss der Elbe in den Kanal oder zu		3.13.1, 3.13.3	S1 F2 P1	b	nein	

Risikoanalyse für Sielbetrieb									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		Binnenland - Strömungsgeschwindigkeit = 0 oder Rückfluss in Kanal detektiert - Empfehlung für Schließen an Leitstand senden		frühes Beenden Sielbetrieb						
		- Beendigung des Sielbetriebs durch manuelle Eingabe - Erkennen der Lage aller drei Tore - Tor 3 in Staulage bringen - eines der Tore 1 oder 2 in Staulage bringen	- Annäherung beweglicher Teile an festes Teile - Gelangen in Bereich bewegter Teile - unvorhergesehene Torbewegungen	- Quetschen von Körperteilen - Einziehen oder Fangen - Scheren, Schneiden oder Abtrennen von Körperteilen	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.1.2, 3.3	S2 F1 P1	c	nein	
		- Schifffahrtssignal Sielbetrieb inaktiv - je nach folgender Betriebsart: Schifffahrtssignal setzen	- Signal wird übersehen - Signal defekt		1 – mech. Gefährdung	3.1.1			nein	
1.5	Ende Sielbetrieb (automatisch)	-vorrangig bei Pegelausgleich Elbpegel und Binnenland - Strömungsgeschwindigkeit = 0 oder Rückfluss in	- fehlerhafte Messung	- Rückfluss der Elbe in den Kanal oder zu frühes Beenden Sielbetrieb		3.13.1, 3.13.3	S1 F2 P1	b	nein	

Risikoanalyse für Sielbetrieb									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		Kanal detektiert - Empfehlung für Schließen an Leitstand senden								
		- automatische Beendigung des Sielbetriebs - Erkennen der Lage aller drei Tore - Tor 3 in Staulage bringen - eines der Tore 1 oder 2 in Staulage bringen	- Annäherung beweglicher. Teile an festes Teile - Gelangen in Bereich bewegter Teile - unvorhergesehene Torbewegungen	- Quetschen von Körperteilen - Einziehen oder Fangen - Scheren, Schneiden oder Abtrennen von Körperteilen	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.3, 3.13.3	S2 F2 P1	d	ja	Optische Signale (Blitzleuchten) und akustische Warntöne warnen vor der Torbewegung.
		- Schifffahrtssignal Sielbetrieb inaktiv - je nach folgender Betriebsart: Schifffahrtssignal setzen	- Signal wird übersehen - Signal defekt		1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.1.4			nein	

2.2. Betriebsart Küstenschutz

Tabelle 2-2: Risikobeurteilung für Betriebsart Küstenschutz

Risikoanalyse für Küstenschutz									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PL _r	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
2.1	Arbeitsaufnahme durch Schleusenpersonal	- siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1	- siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1	- siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1	- siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1	- siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1			ja	- siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1
2.2	Beginn Küstenschutz (manuell)	- Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Schleuse geschlossen	- Signal wird übersehen - Signal defekt - Gelangen in Strömungsbereich	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1			nein	
		- Erkennen der Lage aller drei Tore - manuelle Kontrolle, ob Torbereich frei - Tore 1 und 2 in Staulage fahren	- Personen und Boote im Gefährdungsbereich der Torbewegung - Annäherung beweglicher Teile an feste Teile - sich bewegende Teile - Gelangen in Bereiche bewegter Teile	- Quetschen von Körperteilen - Scheren, Schneiden oder Abtrennen von Körperteilen - Einziehen oder Fangen - unter Wasser drücken von Booten	1 – mech. Gefährdung	3.1.2, 3.13.2	S1 F1 P1	a	nein	
2.3	Beginn Küstenschutz (automatisch)	- beginnt im Sturmflutfall oder bei detektierter Überschreitung des Außenwasserstands	- Signal wird übersehen - Signal defekt - Gelangen in Strömungsbereich	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.13.1	S1 F2 P1	b	nein	

Risikoanalyse für Küstenschutz									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risiko- einschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungs- gruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadens- ausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		- Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Schleuse geschlossen								
		- Erkennen der Lage aller drei Tore - Tore 1 und 2 in Staulage fahren	- Personen und Boote im Gefährdungsbereich der Torbewegung - Annäherung beweglicher Teile an feste Teile - sich bewegende Teile - Gelangen in Bereiche bewegter Teile	- Quetschen von Körperteilen - Scheren, Schneiden oder Abtrennen von Körperteilen - Einziehen oder Fangen - unter Wasser drücken von Booten	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.1.2, 3.13.2	S2 F1 P1	c	ja	Optische Signale (Blitzleuchten) und akustische Warntöne warnen vor der Torbewegung.
2.3	Küsten- schutz	- Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Schleuse geschlossen	- Signal wird übersehen - Signal defekt			3.1.1			nein	
		- bleibt aktiv, bis Außenwasserstand unter kritischen Wert sinkt	- fehlerhafte Messung	- Öffnung der Tore wird zu früh eingeleitet, kein Küstenschutz mehr		3.13.1	S1 F1 P1	a	nein	
2.4	Ende Küsten- schutz (manuell)	- Vergleich der Kammerpegel	- fehlerhafte Messung	- falsche Informationen an Steuerung und Bediener senden		3.13.1	S1 F1 P1	a	nein	
		- ggf. Ausgleich Kammerpegel durch Schützhub durchführen	- zu schnelles Öffnen der Tore	- starke Strömung in Schleuse und Vorhäfen - Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken		3.13.1, 3.13.2	S1 F1 P1	a	nein	

Risikoanalyse für Küstenschutz									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		- manuelle Kontrolle, ob Torbereich frei	- Personen und Boote im Gefährdungsbereich der Torbewegung	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.2	S1 F1 P1	a	nein	
		- Öffnen eines der Tore 1 oder 2 und fahren in obere Endlage - je nach folgender Betriebsart: Schiffahrtssignal setzen	- Annäherung beweglicher Teile an feste Teile - sich bewegende Teile - Gelangen in Bereiche bewegter Teile	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.13.2	S1 F1 P1	a	nein	

2.3. Betriebsart Schleuse

Tabelle 2-3: Risikobeurteilung Betriebsart Schleuse

Risikoanalyse für Schleusen									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PL _r	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
3.1	Arbeitsaufnahme durch Schleusenpersonal	siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1	siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1	siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1	siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1				ja	siehe Punkt 1.1 in Tabelle 2-1
3.2	Beginn Schleusen	- Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Öffnung der Schleuse wird vorbereitet	- Signal wird übersehen - Signal defekt - Gelangen in Strömungsbereich	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1			nein	
		- Richtungsvorwahl - ggf. Pegelausgleich	- zu schnelles Öffnen der Tore	- starke Strömung in Schleuse und Vorhäfen - Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.13.1, 3.13.2	S1 F2 P1	b	nein	
		- Erkennen der Lage aller drei Tore - manuelle Kontrolle, ob Torbereich frei	- Personen und Boote im Gefährdungsbereich der Torbewegung		1 – mech. Gefährdung	3.1.2	S1 F2 P1	b	nein	
		- eines der Tore 1 oder 2 in oberer Endlage bringen und verriegeln - je nach Schleusungsrichtung eines der Tore 1 oder 2 und Tor 3 in die	- unvorhergesehene Torbewegungen - Annäherung beweglicher Teile an feste Teile - sich bewegende Teile - Gelangen in	- Quetschen von Körperteilen - Scheren, Schneiden oder Abtrennen von Körperteilen - Einziehen oder Fangen - unter Wasser drücken von Booten	1 – mech. Gefährdung	3.13.2, 3.3	S2 F2 P1	d	nein	

Risikoanalyse für Schleusen									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risiko- einschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungs- gruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadens- ausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		entsprechende Position bringen (Staulage oder obere Endlage)	Bereiche bewegter Teile							
		- wenn nicht alle wartenden Schiffe geschleust werden können, Funkverkehr über Reihenfolge	- zu viele Boote in Schleuse	- Beschädigung an Booten und Toren durch Kollision	1 – mech. Gefährdung	3.1.3	S1 F1 P1	a	nein	
3.3	Schleuse offen, Einfahrt	- Tor in oberer Endlage verriegelt - Schifffahrtssignal Einfahrt erlaubt	- Signal wird übersehen - Signal defekt - unvorhergesehene Torbewegungen	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken - unter Wasser drücken von Booten	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.3			nein	
		- ggf. Anweisungen über Lautsprecher für Reihenfolge der Einfahrt - Schifffahrtssignal Ausfahrt verboten - optische Kontrolle der Einfahrt, ggf. Anweisungen über Lautsprecher	- Annäherung beweglicher Teile an feste Teile - Nichteinhalten von Sicherheitsabständen	- Beschädigung an Booten und Toren durch Kollision	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.1.3	S1 F1 P1	a	nein	
3.4	Schleusung	- Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Schleuse geschlossen	- Signal wird übersehen - Signal defekt	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1			nein	
		- manuelle Kontrolle, ob	Personen und Boote im	- unter Wasser drücken von Booten	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.1.2	S1 F2	b	nein	

Risikoanalyse für Schleusen									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		Torbereich frei - Verriegelung lösen und Tor schließen	Gefährdungsbereich der Torbewegung				P1			
		- Schützhub zum Pegelausgleich - kontinuierliche Pegelkontrolle	- zu schnelles Öffnen der Tore - fehlerhafte Messung	- starke Strömung in Schleuse und Vorhäfen - Überschreitung Trossenzugkräfte - Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken falsche Informationen an Steuerung und Bediener senden	1 – mech. Gefährdung	3.13.1, 3.13.2, 3.14.3	S1 F2 P1	b	nein	
		- Pegel ausgeglichen - Tor öffnen durch Torfahrt und in oberer Endlage verriegeln	- Annäherung beweglicher Teile an feste Teile - Gelangen in Bereiche bewegter Teile - unvorhergesehene Torbewegung	- Quetschen von Körperteilen - Scheren, Schneiden oder Abtrennen von Körperteilen - Einziehen oder Fangen - unter Wasser drücken von Booten	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.13.2, 3.13.1	S1 F2 P1	b	nein	
3.5	Schleuse offen, Ausfahrt	- Schifffahrtssignal Ausfahrt erlaubt - je nach folgender Betriebsart: Schifffahrtssignal setzen	- Signal wird übersehen - Signal defekt - Gelangen in Bereiche bewegter Teile	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1			nein	

2.4. Wartung

Tabelle 2-4: Risikobeurteilung Wartung

Risikoanalyse für Wartung									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PL _r	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
Revision (komplette Trockenlegung)										
4.1.	Leeren der Kammer	- Schutzzaun um Kammer errichten - Betriebsregime Revision aktivieren - Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Schleuse außer Betrieb	- Signal wird übersehen - Signal defekt - unvorhergesehene Torbewegungen	- Quetschen von Körperteilen - Scheren, Schneiden oder Abtrennen von Körperteilen - Einziehen oder Fangen - unter Wasser drücken von Booten	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.2.2, 3.14.10, 3.14.11	S1 F2 P1	b	nein	
		- Setzen der Revisionsverschlüsse durch Kran	- unzureichende Kranstellplätze	- ungewollte Kranbewegungen	1 – mech. Gefährdung	3.20			nein	
		- Schützhub zum Pegelausgleich - kontinuierliche Pegelkontrolle - Pegel ausgeglichen	- fehlerhafte Messung - zu schnelles Öffnen der Tore	- falsche Informationen an Steuerung und Bediener senden - starke Strömung in Schleuse und auf Revisionsverschlüsse	1 – mech. Gefährdung	3.13.1, 3.13.2, 3.13.3, 3.14.3	S1 F2 P1	b	nein	
		- alle Tore komplett öffnen und verriegeln - Leeren der Kammer	- unvorhergesehene Torbewegungen Personen im Gefährdungsbereich der Torbewegung	- Verletzungsgefahr für Personen - Quetschen von Körperteilen - Scheren, Schneiden oder Abtrennen von Körperteilen	1 – mech. Gefährdung	3.3	S1 F2 P1	b	nein	

Risikoanalyse für Wartung									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
4.2	Wartungsarbeiten in geleerter Kammer	- diverse Wartungsarbeiten		- Herabfallen in leere Kammer	1 – mech. Gefährdung	3.2.2			nein	
4.3	Füllen der Kammer	- manuelle Überprüfung ob Kammer frei (Personen, Werkzeuge, Material und Maschinen zur Wartung)		- Verletzungsgefahr für Personen	1 – mech. Gefährdung				nein	
		- je nach Wasserstand von Kanal und Elbe Tore in Staulage oder in oberer Endlage bringen und dort verriegeln -Revisionsverschlüsse schrittweise entfernen	- Herabfallen in leere Kammer - Annäherung beweglicher Teile an feste Teile - sich bewegende Teile - Annäherung beweglicher Teile an feste Teile - Gelangen in Strömungsbereich	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung				nein	
		- ggf. Pegelausgleich	- zu schnelles Öffnen der Tore	- starke Strömung in Schleuse und Vorhäfen - Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.13.1, 3.13.2	S1 F2 P1	b	nein	
Wartungs- und Reparaturarbeiten am Hubtor (exemplarisch, da Aufbau vergleichbar)										
4.4	Arbeiten am Antrieb	- Betriebsregime Wartung aktivieren	- Signal wird übersehen	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.14.11	S1, F2, P1	b	nein	

Risikoanalyse für Wartung									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		- Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Schleuse außer Betrieb	- Signal defekt - Gelangen in Strömungsbereich							
		- falls Kammer nicht leer oder Pegel nicht ausgeglichen, dann Pegelausgleich	- fehlerhafte Messung - zu schnelles Öffnen der Tore	- falsche Informationen an Steuerung und Bediener senden - starke Strömung in Schleuse und auf Revisionsverschlüsse	1 – mech. Gefährdung	3.13.1, 3.13.2	S1, F2, P1	b	nein	
		- Erreichen des Portals über Fußweg und Treppen - Öffnen der Sicherheitstür an der Leiter des Portals - Erreichen des Antriebs über Steigleiter und begehbare Plattform	- Höhe gegenüber Boden	- Absturz	1 – mech. Gefährdung	3.2.1, 3.7			nein	
		- Erreichen des Portals über Fußweg und Treppen - Öffnen der Kettenabdeckung - Nachschmieren der Kette	- rotierende Teile (Kupplung und Kettenantrieb) - Anfahren des Motors bei eingekuppeltem Hand- oder	- Einziehen oder Fangen - Quetschen von Körperteilen - Reiben oder Abschürfen - Ausrutschen, Stolpern und Stürzen	1 – mech. Gefährdung	3.14.11, 3.14.14	S2 F1 P1	c	ja	Eine zweite Person muss zur Überwachung und Sicherung vor Ort sein.

Risikoanalyse für Wartung									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		- schaltbare Kupplung umlegen - Anwendung des Handrads für minimale Torbewegungen	Hilfsantrieb - Wegeunfall							
4.5	Arbeiten an Laufrollen	Betriebsregime Wartung aktivieren - Schifffahrtssignal Einfahrt verboten, Schleuse außer Betrieb	- Signal wird übersehen - Signal defekt - Gelangen in Strömungsbereich	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken	1 – mech. Gefährdung	3.1.1, 3.14.11	S1, F2, P1	b	nein	
		- falls Kammer nicht leer oder Pegel nicht ausgeglichen, dann Pegelausgleich	- fehlerhafte Messung - zu schnelles Öffnen der Tore	- falsche Informationen an Steuerung und Bediener senden - starke Strömung in Schleuse und auf Revisionsverschlüsse	1 – mech. Gefährdung	3.13.1, 3.13.2	S1, F2, P1	b	nein	
		- Erreichen des Portals über Fußweg und Treppen - optische Kontrolle der Laufrollen - Nachschmieren der Laufrollen	- rotierende Teile - Gelangen in Bereiche bewegter Teile - unbeabsichtigtes Anlaufen des Motors	- Einziehen oder Fangen - Quetschen von Körperteilen	1 – mech. Gefährdung	3.14.11	S1, F2, P1	b	nein	
4.6	Arbeiten an Führungsschienen und Gleitleisten	- Voraussetzung: Kammer geleert (siehe Revision) - Abstieg in leere Kammer	- siehe Revision - Höhe gegenüber Boden	- siehe Revision - Absturz	- siehe Revision	- siehe Revision, 3.1.5				

Risikoanalyse für Wartung									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
		- ggf. Aufbauen Arbeitsgerüst - Anwendung Arbeitsgerüst oder elektrische Hebebühne								

2.5. Inbetriebnahme

Tabelle 2-5: Risikobeurteilung Inbetriebnahme

Risikoanalyse für Inbetriebnahme									Risikobewertung	
Identifizierung der Gefährdung							Risikoeinschätzung		Risikominderung	
Lfd. Nr.	Zustand	Betriebsablauf	Gefährdung	mögliche Folgen	Gefährdungsgruppe	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PLr	Risikomind. notwendig	Maßnahmen Risikominimierung
5.1	Torfahrten zum Testen diverser Betriebszustände	-	- in diesem Betriebsregime keine Pegelstandkontrolle - Sicherheitstechnik noch in Erprobung - Endschalteinstellung noch nicht abgeschlossen	- Kentern, beschädigen von Booten, ertrinken					ja	- ständige Überwachung aller Torbewegungen - ständige Bereitschaft Not-Aus

2.6. Liste der signifikanten Gefährdungen

Tabelle 2-6: Liste der signifikanten Gefährdungen

Lfd. Nr.	Vorgang	Anlagenteil	Sicherheitsfunktion	Fehler	Fehlerauswirkung	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PL _r	Kommentar
6.1	Öffnen der Tore	Schleusentor	Verhinderung, dass beide Tore gleichzeitig öffnen (nur im Schleusenbetrieb relevant)	gleichzeitiges Öffnen beider Tore	starke Strömung in Vorhäfen, Überschreitung zulässiger Trossenkräfte	3.13.1, 3.13.2, 3.14.3	S2 F2 P1	d	
6.2	Schließen der Tore	Schleusentor	Verriegelung, sodass grüne Ampel und Tor schließen nicht gleichzeitig auftreten	grüne Ampel beim Schließen	Beschädigung von Schiff und Schleuse	3.1.1, 3.14.4	S2 F2 P1	d	
6.3	alle Bewegungen	Not-Aus	Stillsetzen gefahrbringender Bewegungen	gefahrbringende Bewegungen	Verletzung von Personen, Beschädigung von Schiffen oder Gegenständen	3.8, 4.2	S2 F2 P1	d	
6.4	Wasserspiegel heben oder senken	Schleusen-Halt	Schnellstmögliches Stabilisieren des Wasserstandes in der Schleusenkammer	Gefahr durch Wasserstandänderung	Aufhängen oder Versenken von Schiffen in der Schleusenkammer, Quetschen zwischen Schiffen / Schiff und Schleusentor	3.11	S1 F2 P1	b	
6.5	Ein- bzw. Ausfahrtssignal grün Schalten	Lichtsignalanlage	Verkehrssteuerung	beide Richtungen grün	Zusammenstoß	3.1.1, 3.14.7, 3.14.8	S1 F2 P1	b	
6.6	Videoüberwachung gefahrbringender Bewegungen	Allgemein	Beobachtung von Anlagenteilen, welche nicht direkt vom Bedienstand einsehbar sind	keine Bildaktualisierung ("Einfrieren" von Bildern)	eventuell auftretender gefährlicher Zustand kann nicht erkannt werden	3.1.2			
6.7	Ansprechen der Schifffahrt	Lautsprecheranlage	Steuern des Schiffsverkehrs	Ausfall der Lautsprecheranlage	keine direkte Fehlerauswirkung	3.1.3			
6.8	Wahl der Betriebsart	Betriebsartenwahlschalter	Sicherheitsstufung	falsche Betriebsart	Sicherheitseinrichtung wirkungslos	3.14.10, 3.14.11	S1, F2, P1	b	

Lfd. Nr.	Vorgang	Anlagenteil	Sicherheitsfunktion	Fehler	Fehlerauswirkung	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadensausmaß	PL _r	Kommentar
6.9	Wartung und Instandsetzung	Not-Aus	Stoppen gefahrbringender Bewegungen	Ausfall der Not-Aus-Einrichtung	irreversible Verletzungen	3.9	S2, F2, P1	d	
6.10	Überlastabschaltung	Torantrieb	Abschaltung der Antriebe bei Überlast	Überlast wird nicht erkannt	Zerstörung von Anlagenteilen	3.14.12	S1, F1, P1	a	
6.11	Handbedienung	Verriegelung Handantrieb gegen Kraftantrieb	Verhinderung, dass der Handantrieb anläuft	Anlage nicht abgeschaltet	reversible Verletzungen	3.14.14	S2 F1 P1	c	
6.12	Schleusungsprozess	Pegelanlage	Tor nicht öffnen bei Pegelunterschied > 20 cm	Tor öffnet zu früh	starke Turbulenzen / Überschreiten zulässiger Trossenkräfte	3.13.1, 3.13.2, 3.13.3, 3.14.5, 3.14.15	S1 F2 P1	b	
6.13	Tor fährt Füllstellung an	Torsteuerung	Überfahren der „Endlage“ Füllstellung verhindern	Tor überfährt Füllstellung	starke Turbulenzen / Überschreiten zulässiger Trossenkräfte	3.13.2, 3.14.5	S1 F2 P1	b	
6.14	Tor fährt Füllstellung an	Torsteuerung	Drehzahlüberwachung, Positionserkennung	Tor fährt Füllstellung zu schnell an	starke Turbulenzen / Überschreiten zulässiger Trossenkräfte	3.14.17	S1 F2 P2	c	
6.15	Lichtsignale setzen	Lichtsignalanlage	Steuern des Schiffsverkehrs	gleichzeitig Sielbetrieb und Einfahrt frei	Gelangen in Strömungsbereich	3.1.1, 3.14.9	S1 F2 P1	b	
6.16	Schließen der Elbhaupt Tore bei Sturmflut	Torsteuerung	Tore müssen im Küstenschutzfall in Staulage fahren, Ampel rot	Tore fahren nicht in Staulage	Beschädigung von Schiffen und Auswirkungen auf Binnenland	3.4, 3.13.2	S1 F1 P1	a	
6.17	Lichtsignale setzen	Lichtsignalanlage	Steuern des Schiffsverkehrs	Ausfall von Leuchtmitteln	Schiffahrt behindert	3.1.1	S1 F1 P1	a	
6.18	Verriegelung des Tores	Torverriegelung	Tor in oberer Endlage verriegeln, sonst Durchfahrt nicht frei	Verriegelung greift nicht	keine doppelte Torabsicherung bei Durchfahrt	3.14.18	S2 F1 P1	c	
6.19	Erkennen der Torposition	Torsteuerung	Torposition in Betriebsarten erkennen und entsprechende neue Befehle erteilen	Tor wird als geschlossen erkannt, ist aber offen	starke Turbulenzen / Überschreiten zulässiger Trossenkräfte,	3.4, 3.13.2, 3.14.3, 3.14.5	S2 F2 P1	d	

Lfd. Nr.	Vorgang	Anlagenteil	Sicherheitsfunktion	Fehler	Fehlerauswirkung	Maßnahmen zur Vermeidung, s. Kapitel	Schadens- ausmaß	PL _r	Kommentar
					Küstenschutz nicht gesichert				
6.20	Pegel- überwachung bzw. Durchfluss- messung	Torsteuerung	Tor 1 oder 2 schließen, bevor Rückfluss der Elbe in den Kanal	Tor wird nicht geschlossen/ Meldung nicht ausgegeben	Rückfluss der Elbe in den Kanal	3.13.1, 3.13.3	S1 F2 P1	b	
6.21	Notantrieb	Torsteuerung	Tore 1 und 2 können für Küstenschutz auch bei Stromausfall genutzt werden	Stromausfall, Tore können mit dem Hauptantrieb nicht geschlossen werden	Überschwemmung des Binnenlandes	3.4, 3.1.4	S1 F1 P1	a	
6.22	Betrieb des Pumpwerkes	kanalseitiger Vorhafen	Personen müssen auf mögliche Strömungen aufmerksam gemacht werden	Nicht erkennen von Strömungen	Gelangen in Strömungsbereich	3.25	S1 F1 P1	a	

3. Sicherheitsanforderungen und/oder Maßnahmen

Es folgt eine Auflistung aller Sicherungsmaßnahmen, die für die Hadelner Kanalschleuse vorgesehen sind. Des Weiteren sind die aus der Musterrisikobeurteilung [2] entnommenen Anforderungen ebenfalls vermerkt und berücksichtigt.

3.1. Allgemeines

3.1.1. Signalisierung

Die Positionierung der Signalanlagen wurde so berücksichtigt, dass sie für den ankommenden Verkehr rechtzeitig und gut einsehbar ist. Damit die Tore 1 und 2 jeweils als Schleusentore betrieben werden können, ist für beide eine parallel arbeitende Signalanlage vorgesehen. Während der Lebensphase Betrieb sind die Signale stets frei und einsehbar zu halten. Eine zusätzliche Anweisung in der Betriebsanleitung ist nicht nötig, da die Sichtbarkeit unter die BinSchStrO § 11.2 fällt.

Die Langlebigkeit der Signalfeuer ist mit der Anwendung aktueller LED Technik anstatt herkömmlicher Glühlampen gegeben. Um einen möglichen Ausfall der Signalfeuer zu detektieren, erfolgt eine permanente Überwachung des Lampenstroms. Der Ausfall wird unverzüglich an den Leitstand gemeldet. Die Beleuchtungsstärke der Signale kann sich an Tag und Nacht anpassen.

Unlogische oder falsche Signale werden durch die Steuerung erkannt und blockiert.

Ferner erfolgt eine optische Signalisierung der Torbewegung (Blitzleuchten) auf beiden Seiten des Tores, sowie zusätzlich akustische Signalgebung

Defekte Leuchtmittel sind unverzüglich instand zu setzen, eine entsprechende Anweisung ist in der Betriebsanleitung zu vermerken.

3.1.2. Videoanlage

Im Bereich der Schleusentore bestehen Gefahren durch Quetschen, unter Wasser drücken, Schneiden, Scheren usw. Eine räumliche Trennung ist nicht möglich. Aus diesem Grund sollte der Gefahrenbereich kontrolliert werden. Zur besseren Einsicht sind schwenk- und zoombare Kameras installiert. Vom Leitstand aus sind alle Kameras steuer- und einsehbar. Die Freigabe der Torbewegung darf erst erteilt werden, wenn das Videobild mindestens fünf Sekunden auf den Bildschirm übertragen wird [2].

3.1.3. Lautsprecheranlage

Eine Kommunikation mit Personen in der Schleusenammer ist über Wechselsprechstellen und die sechs Lautsprecheranlagen gewährleistet. Zusätzlich zur optischen Signalisierung der Torbewegung ist ein akustisches Signal im Einsatz. Die Lautstärke aller akustischen Signale ist einstellbar und so zu wählen, dass sie sich von den Geräuschen der Umgebung abheben.

3.1.4. Rufbereitschaft

Für die Betriebsart Küstenschutz und die Beendigung der Betriebsart Sielbetrieb ist ein Automatikmodus vorgesehen. Auch wenn der Kanal nicht als wirtschaftlich entscheidender Verkehrsweg genutzt wird, sind ein reibungsloser Ablauf und vor allem die Sicherheit des Deiches von oberster Priorität. Die Einrichtung einer Rufbereitschaft ist aus diesen Gründen unentbehrlich, um zeitnah und vor Ort auf Störungen reagieren zu können.

3.1.5. Spezielle Maschinen und Einrichtungen

Maschinen und Einrichtungen, die speziell für die Wartung, Reparatur und Inbetriebnahme genutzt werden, dürfen nur durch eingewiesenes Personal betreten und benutzt werden. Den entsprechenden Sicherheitsvorschriften und den Anweisungen des eingewiesenen Personals ist Folge zu leisten. Beispiele hierfür sind Arbeitsbühnen, elektrische Hebebühnen, Kräne usw.

3.2. Vermeidung von Absturz

Allgemein gilt für Absturzsicherungen an Schleusen die DIN 19703. Zusätzlich dazu sind folgende Einrichtungen zu nennen:

3.2.1. Steigleitern

An jedem der drei Portale befinden sich jeweils zwei Steigleitern. Aufgrund der Sturzhöhe sind diese mit einer zusätzlichen Schiene für eine Absturzsicherung ausgerüstet. Zum Schutz vor unbefugtem Zutritt sind die unteren Stufen bis zu einer Höhe von ca. 2,1 m vom Fuß der Leiter mit einer Tür inklusive Vorhängeschloss versperrt.

3.2.2. Absperrung Schleusenammer

Vor allem im Revisionsbetrieb (bei leerer Kammer) muss vor Absturz geschützt werden. Ein Vermerk über die zwingende Installation eines Schutzzauns ist in der Bedienungsanleitung zu geben.

3.3. Vermeidung von ungewollten Senkbewegungen des Tores

In der oberen Endlage wird das Tor auf mehrere Weisen vor dem Herabfallen gesichert, um Gefährdungen für Menschen und Boote zu verhindern. Zum einen halten die Bremse des Motors und eine weitere, elektrohydraulisch gelüftete Haltebremse im Antriebsstrang das Tor. Zum anderen erfolgt eine Verriegelung in der oberen Endlage, welche das Tor mechanisch sichert. Dazu schwenken Riegelhaken in die Anschlagpunkte am oberen Ende des Hubtores.

3.4. Sicherung des Küstenschutzes

Der Betrieb der Schleuse ist grundlegend als vor Ort Betrieb vorgesehen. Aufgrund des geringen Verkehrsaufkommens ist die Schleuse auch zeitweise unbesetzt. Im Bedarfsfall erfolgt eine Anforderung von Personal über Benachrichtigungen.

3.5. Trennende Schutzeinrichtungen

Alle trennenden Schutzeinrichtungen der Hadelner Kanalschleuse sind nach Vorgaben der Norm DIN EN ISO 14120:2016-05 ausgeführt.

3.6. Einzäunung des Schleusengeländes

Mit einer Einzäunung wird unbefugtes Betreten des Betriebsgeländes verhindert.

3.7. Arbeitsplätze, Zugänge Laufstege, Durchgänge

Die Anforderungen für „Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen“ entsprechend der EN 14122 werden berücksichtigt und erfüllt.

3.8. Not-Aus-Einrichtungen

3.8.1. Not-Aus-Funktion

Die Not-Aus-Funktion ist als Stopp der Kategorie 0 ausgeführt. Durch die Betätigung kommt es zu einer sofortigen Trennung der Energieeinspeisung und somit zum unverzüglichen Stillstand aller Torbewegungen. Die gespeicherte Energie im Antriebsstrang wird abgebaut, sodass keine Arbeit verrichtet werden kann.

3.8.2. Not-Aus-Einrichtung

Die Not-Aus-Einrichtung muss so beschaffen sein, dass die Entscheidung zum Auslösen der Not-Aus-Schaltung dem Anwender keine Überlegung der daraus resultierenden Wirkungen abverlangt.

3.8.3. Wirksamkeit von Not-Aus-Einrichtungen

Not-Aus-Einrichtungen müssen in jeder Betriebsart wirksam sein.

3.8.4. Anbringung von Bedienelementen

Die Bedienelemente der Not-Aus-Einrichtung befinden sich im Leitstand am Bedienplatz-PC und an den Unterverteilungen der Antriebe auf den Portalen.

3.8.5. Erreichbarkeit der Not-Aus-Einrichtung

Die Not-Aus-Einrichtungen müssen leicht erreichbar sein und sich deutlich von anderen Bedienelementen abheben.

3.8.6. Bremseinrichtung für Maschine

Bei Betätigung der Not-Aus-Einrichtung wirken mechanische Bremsen

3.8.7. Nachlaufzeit der Maschine

Im Not-Aus fallen sofort die Haltebremsen ein und stoppen die Torbewegung. Der Nachlauf ist in diesem Fall so kurz wie möglich.

3.8.8. Stellteile für Not-Aus mit Schutz gegen unbeabsichtigtes Betätigen

Stellteile für Not-Aus, die einen Schutz gegen unbeabsichtigtes Betätigen haben, müssen mit der flachen Hand zu betätigen sein (DIN EN 60204-1).

3.8.9. Entriegeln der Not-Aus-Befehlsgeräte

Entriegelung darf keine Bewegung auslösen.

3.8.10. Dokumentation der Not-Aus-Einrichtung

Alle Informationen bezüglich der Verwendung und Prüfung der Not-Aus-Einrichtung sind aus der Betriebsanleitung zu entnehmen.

3.9. Not-Halt

Die Not-Halt-Funktion ist als Stopp der Kategorie 1 ausgeführt. Durch das Aufrechterhalten der Energiezufuhr können die Torbewegungen bis zum Stillstand gesteuert verzögert werden. Das Unterbrechen der Energiezufuhr erfolgt erst nach dem Erreichen des Stillstands.

3.9.1. Not-Halt-Einrichtung

Die entsprechende Einrichtung zum Auslösen der Not-Halt-Funktion ist verrastend auf dem Leitstand angeordnet. Ferner kann auch über das mobile HMI Panel das jeweils angesteuerte Tor stillgesetzt werden.

3.9.2. Erreichbarkeit der Not-Halt-Einrichtung

Die Not-Halt-Einrichtungen müssen leicht erreichbar sein und sich deutlich von anderen Bedienelementen abheben.

3.9.3. Wirksamkeit von Not-Halt-Einrichtungen

Not-Halt-Einrichtungen müssen in jeder Betriebsart wirksam sein.

3.9.4. Entriegeln der Not-Halt-Befehlsgeräte

Entriegelung darf keine Bewegung auslösen.

3.9.5. Dokumentation der Not-Halt-Einrichtung

Alle Informationen bezüglich der Verwendung und Prüfung der Not-Halt-Einrichtung sind aus der Betriebsanleitung zu entnehmen.

3.10. Sicherer-Halt

Die Sicherer-Halt-Funktion ist als Stopp der Kategorie 2 ausgeführt. Durch das Aufrechterhalten der Energiezufuhr können die Torbewegungen bis zum Stillstand gesteuert verzögert werden. Die Energiezufuhr bleibt im Gegensatz zum Not-Aus- und Not-Halt-Betrieb bestehen.

3.10.1. Sicherer-Halt-Einrichtung

Alle Halt-Anweisungen aus der Steuerung entsprechen dem Sichereren-Halt. Ferner können diese Anweisungen ebenfalls im Tipp-Betrieb von vor Ort gegeben werden.

3.10.2. Dokumentation der Not-Halt-Einrichtung

Alle Informationen bezüglich der Verwendung und Prüfung der Sicherer-Halt-Einrichtung sind aus der Betriebsanleitung zu entnehmen.

3.11. Schleusen-Halt

3.11.1. Funktion und Anordnung

Ziel der Schleusen-Halt-Funktion ist eine möglichst kurzfristige Stabilisierung des Pegelstandes in der Schleusenkammer. In einem Havariefall muss die Steuerung demnach das zum Füllen oder Entleeren geöffnete Tor in kurzer Zeit schließen.

Zum schnellstmöglichen Stoppen des Schleusungsvorganges wird eine Schleusen-Halt-Einrichtung vorgesehen und am zentralen Bedienstand und am HMI-Panel angeordnet.

3.11.2. Erforderlicher Performance Level (PL_r)

Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r b nach [5] entsprechen.

3.11.3. Erkennbarkeit

Bei allen für den Schleusenbetrieb vorbereiteten Arbeitsplätzen (Leitstand, Vor-Ort, mobiles HMI Panel) muss ein entsprechender Schalter deutlich sichtbar und unverwechselbar angeordnet sein.

3.11.4. Verständlichkeit im Notfall

Die Schleusen-Halt-Einrichtung muss so beschaffen sein, dass die Entscheidung, das Schleusen-Halt-Stellteil zu betätigen, der Person keine Überlegungen bezüglich der sich daraus ergebenden Wirkungen abverlangt (Bereich, der abgeschaltet wird, Verzögerungsrate usw.). [2]

3.12. Schutz vor Ertrinken

Bereitstellen und markieren von Schwimmringen im Schleusen- und Vorhafenbereich.

3.13. Sensorik

3.13.1. Pegelmessung

Die Pegelmesswerte sind ein entscheidendes Kriterium für die automatisierten Betriebsarten und Teile der automatisierten Prozessabläufe, wie beispielsweise der Torfahrt. Um das Öffnen eines Tores zur falschen Zeit zu verhindern, sind die Sensoren redundant. Hardwareseitig ist die Redundanz durch jeweils drei Pegelmesssensoren auf den beiden Torseiten gegeben. Steuerungstechnisch werden Kammer-, Außen- und Binnenpegel miteinander verglichen. Die permanente zyklische Korrelationsanalyse erkennt den Mittelwert mit der geringsten Abweichung. Mithilfe einer Plausibilitätsprüfung und nach Auswertung durch die Steuerung

führen diese Informationen zu einer automatisierten Handlung oder zu einer Handlungsanweisung an das Bedienpersonal.

3.13.2. Stellungsgeber und Endlagenschalter

Eine permanente Kenntnis über die aktuelle Position der einzelnen Tore ist notwendig. Auf diese Weise wird nicht nur ein zu frühes Öffnen der Tore und somit das Erzeugen hoher Toskräfte vermieden, sondern auch die Kollision des Tores mit angrenzenden Baugruppen. Somit werden Endlagen nicht überfahren und Schäden am Portal, an der Sohlschwelle und anderen Teilen werden dadurch vorgebeugt. Zur Absicherung der Wegbegrenzung besitzt der Motor einen Absolutwertgeber, der Messwerte für die Lage, die Geschwindigkeit und die Drehrichtung weiterleitet. Endlagenschalter erkennen das Erreichen der oberen Endlage und sichern ab, dass diese nicht überfahren wird.

3.13.3. Durchflussmessung

Vor allem zur Überwachung der Abflussmenge des Kanals im Sielbetrieb ist die Durchflussmenge eine relevante Messgröße. Die Sensoren sind kanalseitig ca. 200 m vor der Schleuse und direkt in der Schleuse angeordnet.

Das digitale Grenzsignal der Durchflussüberwachung wird durch die Steuerung verarbeitet und dem Bediener angezeigt. Die Messung ist als Ultraschall-Laufzeitmessung ausgeführt. Die erfassten Daten werden zusätzlich als Logdatei gespeichert.

3.14. Steuerungssysteme und Befehlsgeräte

Die PL_r der einzelnen Systeme entsprechen den Vorgaben des WSV [1] und [2] für Schleusen. Die Herleitung des PL_r ist dem Abschnitt 2 zu entnehmen.

3.14.1. Sicherung gegen unbeabsichtigte Betätigung

Befehlsgeräte zum Ingangsetzen gefahrbringender Bewegungen müssen gegen unbeabsichtigtes Betätigen gesichert sein.

3.14.2. Sicherheitsbezogene Steuerungen

Die Anforderungen der folgenden Normen gelten für sicherheitsbezogene Steuerungen:

- DIN EN ISO 13849-1 für Systeme, die auf mechanischen, hydraulischen oder nicht komplexen elektrischen Techniken basieren
- DIN EN 61508 für Systeme mit komplexen elektrischen, elektronischen oder programmierbaren elektronischen Techniken. (Hinweis: Diese Norm kann auch auf nicht komplexe Systeme angewendet werden.)

Der PL_r ist immer dann zu anzuwenden, wenn sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen realisiert werden [5]. Zu sicherheitsbezogenen Steuerungen zählen die Steuerungen für Not-Aus, Schleusen-Halt, Verriegelungssysteme und Verriegelungen für Schutzeinrichtungen.

Der Entwicklungsprozess muss folgende Schritte umfassen:

- eine Abschätzung der durch das sicherheitsbezogene Steuerungssystem zu erreichenden Risikominderung
- eine Spezifikation der Anforderungen an die sicherheitsbezogenen Steuerungsfunktionen
- Organisation des Entwicklungsprozesses zum Erreichen der spezifizierten Anforderungen
- die Integration und Verifikation der Teilkomponenten, einschließlich Hardware und Software
- die Validierung dass das gesamte System die spezifizierten Anforderungen erfüllt
- Informationen über Instandhaltung einschließlich der Instandhaltungsprozeduren, z.B. Prüftests, um die Unversehrtheit des sicherheitsbezogenen Systems zu erhalten. Diese Information muss in die Betriebsanleitung aufgenommen werden. Ferner ist es möglich Tabelle 3-1 anzuwenden, um eine Relation zwischen PL_r und SIL herzustellen [5] [6].

Tabelle 3-1: Zusammenhang des PL und der SIL Werte

PL	SIL
a	keine Entsprechung
b	1
c	1
d	2
e	3

3.14.3. Torsteuerung - Gegenhauptverriegelung

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass ein Tor geöffnet wird, solange das Gegentor nicht vollständig geschlossen ist. Diese Einrichtung ist lediglich für den Schleusenbetrieb anwendbar und muss mindestens dem PL_r d nach [5] entsprechen.

3.14.4. Torsteuerung – Verriegelung Tor schließt gegen Lichtsignalanlage „Durchfahrt frei“

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass ein Tor geschlossen wird, solange mindestens ein Schifffahrtssignal die Durchfahrt durch das Tor erlaubt. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r d nach [5] entsprechen.

3.14.5. Geschwindigkeitsüberwachung der Füllorgane

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass der Schützhub zu schnell oder zu weit nach oben geschieht. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r b nach [5] entsprechen. Zusätzlich hat die Überwachung durch das Bedienpersonal zu erfolgen (während der Betriebsart Schleuse).

3.14.6. Drehrichtungsüberwachung der Schleusentore

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass durch Auswertung der Motordrehrichtung Torbewegungen in die entgegengesetzte Richtung.

3.14.7. Lichtsignalanlage – Verriegelung Durchfahrt freigeben gegen Tor nicht offen

Das Lichtsignal „Durchfahrt frei“ kann erst dann erfolgen, wenn alle Tore sich in ihrer vorgesehenen Endlage befinden. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r c nach [5] entsprechen.

3.14.8. Lichtsignalanlage – Verriegelung Einfahrt und Ausfahrt gleichzeitig freigegeben

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass gleichzeitig Ein- und Ausfahrt freigegeben werden. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r b nach [5] entsprechen.

3.14.9. Lichtsignalanlage – Verriegelung Sielbetrieb und Schleusen

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass die Lichtsignale „Sielbetrieb“ und „Einfahrt frei“ für die Schleuse gleichzeitig geschaltet sind. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r b nach [5] entsprechen.

3.14.10. Verriegelung der Betriebsarten gegeneinander

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass verschiedene Betriebsarten gleichzeitig aktiv sind. Zusätzlich ist zu verhindern, dass die Schleuse gleichzeitig von verschiedenen Bedienständen aus gesteuert werden kann.

3.14.11. Vermeidung eines automatischen Startens während Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass die Motoren anlaufen und so gefährliche Situationen entstehen durch das Bewegen und Drehen von Teilen. Im Reparaturbetriebsmodus sind automatisch gesteuerte Torbewegungen blockiert. Diese

Einrichtung muss mindestens dem PL_r b nach [5] entsprechen. Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen sollen im Stillstand bei abgeschalteter Maschine möglich sein.

3.14.12. Abschaltung der Antriebe bei Überlast

Beim Ansprechen der Überlastsicherung müssen die betroffenen Antriebe stillgesetzt werden, dabei wird der aktuelle Status registriert. Nach Beseitigung der Überlast darf kein selbsttätiges Anlaufen erfolgen. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r a nach [5] entsprechen.

3.14.13. Verriegelung der Bedienebenen

Normalbetrieb:

Vom Leitstand aus erfolgen die Überwachung aller Parameter und die Steuerung der Schleuse mit Hilfe der Automatisierung.

Mobiles HMI Panel:

Die Steuerung für jeweils ein Tor ist über das mobile Bedienteil möglich. Folgende Funktionen sind in dieser Betriebsebene aktiv: zugeordnete Pegelstandsdifferenz, Fahrkurven, Sicherheitsfunktionen Not-Aus, Not-Halt, Sicherer-Halt und Schleusen-Halt, Tippbetriebsanweisungen (diese jedoch ohne Pegelstandsabhängigkeit und ohne Fahrkurven).

Vor-Ort:

Direkte Steuerung erfolgt über das Panel am Wechselrichter, ohne Fahrkurven und ohne Pegelstandsabhängigkeit.

Handbetrieb:

Mit Hilfe eines elektrischen Hilfsantriebes (Schrauber) oder Handrades kann das Tor ohne Funktionen der Automatisierung und mechanische Brems- und Sicherungssysteme gehoben und gesenkt werden. Die Verriegelung kann über ein Handrad bedient werden.

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass mehrere Bedienebenen gleichzeitig aktiv sind. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r c nach [5] entsprechen.

3.14.14. Verriegelung zwischen Handantrieb und Kraftantrieb

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass die Motoren anlaufen können, während das Tor durch den Handantrieb bewegt wird. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r c nach [5] entsprechen.

3.14.15. Verriegelung Pegelanlage gegen Hubtor

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass ein Tor vollständig öffnet, solange der Pegelunterschied an diesem Tor mehr als 20 cm beträgt. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r d nach [5] entsprechen.

3.14.16. Vermeidung Kraftantrieb und Torverriegelung

Eine steuerungstechnische Einrichtung verhindert, dass der Kraftantrieb das Tor öffnet, solange die Verriegelung in der oberen Endlage eingelegt ist. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r b nach [5] entsprechen.

3.14.17. Drehzahlüberwachung – Antriebe

Eine steuerungstechnische Einrichtung überwacht die Drehzahlen der Antriebe. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r c nach [5] entsprechen.

3.14.18. Überwachung der Endlagenverriegelung des Hubtores

Eine steuerungstechnische Einrichtung überprüft die Sicherung des Hubtores in der oberen Endlage. Dazu sind die Haltebremsen des Antriebsstranges und die Verriegelung am Portal zu kontrollieren. Diese Einrichtung muss mindestens dem PL_r c nach [5] entsprechen.

3.15. Antriebssysteme und Kraftübertragungselemente

3.15.1. Allgemeines

Kraftübertragungselemente zwischen Antriebsmotoren und den zugehörigen Maschinengruppen müssen entsprechend DIN EN ISO 13849-1 und DIN EN ISO 14120 gesichert werden.

3.15.2. Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe

Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe müssen mit der DIN EN 61800-1,-2 übereinstimmen.

3.15.3. Elektrische Systeme

Elektrische Systeme müssen der DIN EN 60204-1 und DIN EN 61000-6-2 entsprechen.

3.15.4. Kennzeichnung

Alle elektrischen Bauteile des Antriebssystems sind deutlich und dauerhaft zu kennzeichnen.

3.16. Lärm

Alle Anlagenteile sind möglichst lärmindernd zu konstruieren.

Die Anforderungen der Lärm- und Vibrations- Arbeitsschutzverordnung vom 19.07.2010 (BGBl. I S.960) bzw. des Arbeitsschutzgesetzes werden erfüllt.

Bei der Festlegung der Rangfolge der Lärminderungsmaßnahmen ist Folgendes zu beachten:

- die Lärmemission muss am Entstehungsort verhindert oder so weit wie möglich verringert werden
- technische Maßnahmen (einschließlich Raumakustik) haben Vorrang vor
- organisatorische Maßnahmen, diese haben Vorrang vor
- Verwendung von Gehörschutz

3.17. Beleuchtung

Die Schleusenbeleuchtung muss der DIN 67500 „Beleuchtung von Schleusenanlagen – Anforderungen, Berechnung und Messung“ entsprechen.

Bei Verkehrswegen und Arbeitsplätzen sind bezüglich der Beleuchtung die Anforderungen des Arbeitsschutzgesetzes (Gefährdungsbeurteilung), der Arbeitsstättenverordnung und hinsichtlich von explosionsgefährdeten Bereichen die Betriebssicherheitsverordnung zu berücksichtigen. Weitere Konkretisierungen dazu ergeben sich aus den Arbeitsstättenrichtlinien und den berufsgenossenschaftlichen Regeln BGR 131.

Beleuchtungsniveau, Blendungsbegrenzung und Leuchtdichteverteilung sind bei der Planung und Ausführung der Beleuchtungsanlagen von vorrangiger Bedeutung. Die Anforderungen der DIN EN 12464 sind zu beachten.

Für den Betrieb der Schleuse ist eine automatische Beleuchtung vorgesehen. Diese Beleuchtung muss zusätzlich den Wechsel von Tag- auf Nachtbeleuchtung selbstständig vollziehen. Ferner muss die Möglichkeit bestehen, diese Automatik zu umgehen und manuell umzuschalten.

3.18. Ergonomische Prinzipien

Ergonomische Prinzipien sind auch bei der Gestaltung und Anordnung von Bedienungselementen und Warnzeichen entsprechend DIN EN 894-1 und DIN EN 894-2 zu berücksichtigen.

3.19. Elektrische Ausrüstung

Für die elektrische Ausrüstung der Antriebe von Stahlwasserbauten (Antriebe sind die Gesamtheit aus elektrischen Maschinen und zugehörigen mechanischen und elektrischen Einrichtungen, unabhängig von der räumlichen Anordnung) muss die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen – Wasserbau (ZTV-W) für die elektrische Ausrüstung von Stahlwasserbauten“ befolgt werden.

3.19.1. Allgemeines

Folgende Anforderungen sind zu beachten: DIN EN 60204-1, DIN EN 60204-11, DIN EN 60204-32, DIN EN 61000-6-2 und DIN EN 61508.

3.19.2. Bedienelemente für Schleusen-Halt, Not-Aus- und Not-Aus-Einrichtung

Die Bedienelemente für Schleusen-Halt, Not-Aus- und Not-Aus-Einrichtung müssen mindestens einen Schließer und einen Öffner haben, die potentialfrei bis zur zugehörigen Schnittstelle zu führen sind.

3.19.3. Signalanlage

Die Leuchtmittel der Signalanlage sind mit einer Schutzkleinspannung für 12 V Leuchtmittel auszurüsten.

3.20. Aufstellflächen für Krane

Es sind zwei Kranstellplätze für das Setzen und Entfernen der Revisionsverschlüsse ausgewiesen. Diese Flächen sind markiert und für die erforderlichen Lasten befestigt.

3.21. Brandschutz

Das Brandschutzkonzept der Hadelner Kanalschleuse wird separat erstellt. Die Ergebnisse finden im Rahmen der Ausführungsplanung Berücksichtigung.

3.22. Maschinenspezifische Werkzeuge

Maschinenspezifische Werkzeuge müssen vom Maschinenhersteller auf der Basis seiner Risikoanalyse und der vorgesehenen Verwendung zur Verfügung gestellt werden. Ihr Konstruktion muss auf den Grundsätzen der DIN EN 614-1 und DIN EN 614-2 beruhen. Aus diesem Grund ist eine Liste der benötigten Spezialwerkzeuge vom Lieferanten anzufordern und in die Betriebsanleitung einzutragen.

3.23. Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

Die Schleuse muss die Anforderungen der DIN EN 61000-6-4 für die Störaussendung und die der DIN EN 61000-6-2 für die Störfestigkeit erfüllen.

3.24. Blitzschutz und Erdung

Für die Planung der Blitzschutz- und Erdungsanlagen sind folgende Regelwerke berücksichtigt worden: DIN VDE 0100, DIN VDE 0675, DIN VDE 0800, DIN VDE 0845.

3.25. Hinweis auf Strömungen

Neben der Schleuse befindet sich ein Pumpwerk zur zusätzlichen Entwässerung des Binnenlandes. Bei Betrieb der Pumpen kann es zu Strömungen im kanalseitigen Vorhafenbereich kommen. Es ist ein Warnschild im Vorhafen vorzusehen.

4. Benutzerinformationen

Dem Benutzer ist eine Betriebsanweisung auszuhändigen, die ihn auf die sichere und ordnungsgemäße Verwendung der Maschine und aller Betriebsarten hinweist. Ferner sind die verbleibenden Restrisiken aufzuzeigen.

4.1. Kennzeichnung

Auf eine CE-Kennzeichnung wird auf Grundlage [1] Abschnitt 5.7 verzichtet. Dennoch ist sind folgende Angaben für die Kennzeichnung der komplette Schleuse, nicht für einzelne Baugruppen, zu übernehmen:

- Name und Anschrift des Herstellers
- vorgeschriebene Kennzeichnung
- Baujahr
- Bezeichnung
- Leistungsangaben

4.2. Betriebsanleitung

Die Betriebsanleitung muss enthalten:

- Beschreibung der Funktion, Prüfung und Maßnahmen für den Fall einer Fehlfunktion der Anlaufwarneinrichtung
- Beschreibung der Funktion und der Verwendung der Einrichtung zum Ingangsetzen und Stilllegen
- Beschreibung der Funktion, der Verwendung und Der Prüfung der Not-Aus-Einrichtungen
- Beschreibung der sicheren Verwendung von Prüfeinrichtungen
- Beschreibung der sicheren Arbeitsmethoden der Instandhaltung und Reparatur
- Geräuschemissionsangaben entsprechend DIN EN 13023
- Empfehlung für die Stärke der Allgemeinbeleuchtung
- Instruktionen über Feuerlöscheinrichtungen
- Informationen zur Verwendung von Hebezeugen
- Informationen zur Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung
- Prüfmethode für Not-Aus-Einrichtungen
- Prüfung der Schutzeinrichtungen
- Angaben zur Montage und Demontage der Maschine

5. Kontrolle der Wirkung der Maßnahmen

Bei sachgerechter Anwendung der harmonisierten Normen ist die Vermutung begründet, dass die „Grundlegenden Anforderungen“ aus der MRL erfüllt worden sind. Werden Eigenentwicklungen eingesetzt, so muss der Nachweis über eine Risikobeurteilung erbracht werden, dass das Schutzziel erreicht wird.

6. Soll-Ist-Vergleich

Während der gesamten Entwicklungsphasen Planung, Bau und Inbetriebnahme sind die Maßnahmen zur Risikominderung durch den/ die Auftragnehmer zur Einhaltung zu überprüfen. Zusätzlich sind unmittelbar nach der Inbetriebnahme die Maßnahmen auf Wirksamkeit zu verifizieren.

Die Sicherheitsfunktionen sind in periodischen Abständen durch die Anlageninspektion zu überprüfen.

7. Normative Verweisung

Dieses Dokument enthält durch datierte und undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert. Die Publikationen sind in der Anlage II ausgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nur zu dieser Risikobeurteilung, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

I. Literaturverzeichnis

- [1] W. Schneider, „Leitfaden zur Maschinensicherheit an Anlagen der WSV,“ Koblenz, 2010.
- [2] W. Schneider, *Musterrisikobeurteilung am Beispiel einer Großschiffahrtsschleuse der WSV*, Koblenz, 2010.
- [3] ARGE IL/SBE, *Erläuterungsbericht - Neubau der Hadelner Kanalschleuse in Otterndorf*, 2015.
- [4] D. I. f. Normung, *DIN EN ISO 12100 - Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung*, Berlin, 2011/03.
- [5] D. I. f. Normung, *DIN EN ISO 13849-1 - Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze*, Berlin, 2008.
- [6] D. I. f. Normung, *DIN EN 62061 - Sicherheit von Maschinen - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme*, Berlin, 2016/05.

II. Richtlinien und Normen

Dokument	Ausgabe	Titel
ASR A1-3	2013-02	Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
BGBI. I	2010-07-19	Bundesgesetzesblatt
BGR 131	2011-01	Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten
BinSchStrO	2011-12	Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung
DIN 14095	2007-05	Feuerwehrpläne für bauliche Anlagen
DIN 14096	2014-05	Brandschutzordnung - Regeln für das Erstellen und das Aushängen
DIN 19703	2014-06	Schleusen der Binnenschifffahrtsstraßen - Grundsätze für Abmessungen und Ausrüstung
DIN 4844-3	2012-06	Graphische Symbole - Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen - Teil 1: Erkennungsweiten und farb- und photometrische Anforderungen
DIN 67500	1987-12	Beleuchtung von Schleusenanlagen; Anforderungen, Berechnung und Messung
DIN EN 60204-1	2014-10	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen –Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN 61800-1	1999-08	Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Festlegungen für die Bemessung von Niederspannungs-Gleichstrom-Antriebssystemen
DIN EN 61800-2	2016-08	Drehzahlveränderbare elektrische Antriebe - Teil 2: Allgemeine Anforderungen - Festlegungen für die Bemessung von Niederspannungs-Wechselstrom-Antriebssystemen mit einstellbarer Frequenz
DIN EN 12464	2011-08	Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen
DIN EN 13023	2010-08	Geräuschemessverfahren für Druck- und Papierverarbeitungs-, Papierherstellungs- und

Dokument	Ausgabe	Titel
		Ausrüstungsmaschinen - Genauigkeitsklassen 2 und 3
DIN EN 60204-1	2014-10	Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN 60204-11	2001-05	Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 11: Anforderungen an Hochspannungsausrüstung für Spannungen über 1000 V Wechselspannung oder 1500 V Gleichspannung, aber nicht über 36 kV
DIN EN 60204-32	2009-03	Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 32: Anforderungen für Hebezeuge
DIN EN 61000-6-2	2016-05	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-2: Fachgrundnormen - Störfestigkeit für Industriebereiche
DIN EN 61000-6-4	2011-09	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-4: Fachgrundnormen - Störaussendung für Industriebereiche
DIN EN 61508	2011-02	Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN 61508	2005-10	Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 0: Funktionale Sicherheit und die IEC 61508
DIN EN 894-1	2009-01	Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen
DIN EN 894-2	2009-02	Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen - Teil 2: Anzeigen

Dokument	Ausgabe	Titel
DIN EN ISO 12100	2011-03	Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung
DIN EN ISO 13849-1	2016-06	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
DIN EN ISO 14120	2016-05	Sicherheit von Maschinen - Trennende Schutzeinrichtungen - Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen
DIN EN ISO 14122	2016-10	Sicherheit von Maschinen - Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen - Teil 1: Wahl eines ortsfesten Zugangs und allgemeine Anforderungen
DIN EN ISO 6385	2004-05	Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen
DIN VDE 0100	2009-06	Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe
DIN VDE 0675	2007-08	Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung
DIN VDE 0800	1989-05	Fernmeldetechnik; Allgemeine Begriffe, Anforderungen und Prüfungen für die Sicherheit der Anlagen und Geräte
DIN VDE 0845	2013-04	Maßnahmen bei Beeinflussung von Telekommunikationsanlagen durch Starkstromanlagen - Teil 1: Grundlagen, Grenzwerte, Berechnungs- und Messverfahren