



Niedersächsischer Landesbetrieb  
für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz  
Betriebsstelle Lüneburg



**Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg**

**Fakultät Life Sciences**

Einsatz von Drosselschützen für den Hochwasserschutz in den  
Dükerbauwerken des Elbe-Seitenkanals nördlich von Scharnebeck

Bachelorarbeit

im Studiengang

Rettungsingenieurwesen (B. Eng.)

vorgelegt von

**Moritz Brößler**

**Matrikelnummer:** [REDACTED]

Hamburg

am 01. Juni 2023

**Gutachter:** Prof. Dr. Karsten Loer (HAW Hamburg)  
**Gutachter:** Dipl.-Ing. (FH) Heiko Warnecke (NLWKN Lüneburg)

Die Abschlussarbeit wurde betreut und erstellt in Zusammenarbeit  
mit dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz.

## Abstract

Ziel der vorliegenden Bachelorarbeit ist die Untersuchung des Einsatzes der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des Elbe-Seitenkanals im Rahmen der Gefahrenabwehr bzw. des Katastrophenschutzes bei einer Überschwemmung der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) durch Überströmen oder Überlastung der Deiche bei einem Extremhochwasser der Elbe.

Für diesen Zweck wird der Einsatz der Drosselschütze unter Berücksichtigung der standortspezifischen Besonderheiten in die Strukturen des bestehenden Hochwassermanagements im betrachteten Gebiet eingeordnet und die relevanten Akteure werden ermittelt. Die Wirksamkeit des Einsatzes der Drosselschütze zur Eindämmung einer Überflutung der Elbmarsch wird durch ein hydraulisches Modell mit vier Varianten überprüft und veranschaulicht. Auf dieser Basis werden hydrologische Warnstufen für den Einsatz und die Steuerung der Drosselschütze erarbeitet und eine Meldekette vorbereitet. Abschließend werden Handlungsempfehlungen für die wesentlichen Akteure formuliert sowie ergänzende und weiterführende Untersuchungen angeregt.

Der Einsatz der Drosselschütze wird bei großflächigen Überschwemmungen mehrerer Gemeinden in der Elbmarsch erforderlich. Hierbei ist von einem Katastrophenfall auszugehen, bei dem die Einsatzleitung dem Landkreis Lüneburg obliegt. Auf Basis der hydraulischen Untersuchung wird deutlich, dass der Einsatz der Drosselschütze im Rahmen des Katastrophenschutzes wirksam ist, da die betroffenen Schutzgüter durch den Verschluss der Düker signifikant reduziert werden können. Allerdings sollte eine bedarfsorientierte Steuerung der Drosselschütze entwickelt werden, um einen Abfluss aus der durch das Deichbruchszenario gefluteten Elbmarsch zu ermöglichen. Der Einsatz und die Steuerung der Drosselschütze sollten in einem Sonderplan im Rahmen der Katastrophenschutzplanung des Landkreises Lüneburg unter Beteiligung der relevanten Akteure festgeschrieben und die Zuständigkeiten im Rahmen einer Meldekette manifestiert werden.

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen Personen bedanken, die mich während meiner Bachelorarbeit unterstützt und durch konstruktive Kritik, Beantwortung meiner Fragen sowie informative Gespräche diese Arbeit in ihrer finalen Form geprägt haben.

Ein besonderer Dank gilt Vanessa Wörner, die als zuständige Mitarbeiterin im Aufgabenbereich 32 für oberirdische Gewässer der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKNs die hydraulische Modellierung durch die Bereitstellung des Ausgangsmodells im Rahmen dieser Bachelorarbeit möglich gemacht und mich bei der Umsetzung meiner Ideen auf Modellebene unterstützt hat.

Ebenfalls bedanke ich mich bei den Mitarbeitenden der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKNs, die den Entstehungsprozess dieser Arbeit mit Interesse begleitet und diesen durch konstruktive Ratschläge unterstützt haben. Ganz besonders den Kolleginnen und Kollegen aus dem Geschäftsbereich 2 sowie meinem Zweitprüfer Herrn Dipl.-Ing. (FH) Heiko Warnecke danke ich, dass sie mir die Grundlagen des Wasserbaus nahegebracht und meine bautechnischen Fragen beantwortet haben.

Meinem Erstprüfer Herrn Prof. Dr. Karsten Loer von der HAW Hamburg danke ich für seine schnellen und ausführlichen Antworten auf meine Fragen und die unkomplizierte Organisation bei der Anfertigung dieser Bachelorarbeit trotz der Auswirkungen des Cyberangriffs auf die HAW Hamburg.

Abschließend bedanke ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden, die mich mit ihrer konstruktiven Kritik beim Korrekturlesen der Bachelorarbeit unterstützt haben und für mich da waren, wenn zwischenzeitlich nicht alles nach Plan lief.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen des Hochwassermanagements.....	3
2.1 Hochwasserrisikomanagement.....	4
2.2 Bautechnischer Hochwasserschutz.....	10
2.2.1 Deich- und Dammbauwerke.....	10
2.2.2 Sperrwerke, Siele und Schöpfwerke.....	12
2.2.3 Düker und Drosselschütze.....	14
2.3 Hochwassermeldestufen.....	16
2.4 Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz.....	17
2.5 Störfallbetriebe.....	20
2.6 Hydraulische Modellierung.....	22
3 Gebietsbetrachtung.....	25
3.1 Die Elbe.....	25
3.1.1 Sturmfluten an der Tideelbe.....	28
3.1.2 Flusshochwasser der Elbe.....	29
3.1.3 Deich- und Dambruch.....	31
3.2 Die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe).....	31
3.3 Gewässer der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe).....	37
3.3.1 Ilmenau und Ilmenaukanal.....	38
3.3.2 Neetzekanal und Neetzekanaldüker.....	39
3.3.3 Neetze und Neetzedüker.....	41
3.3.4 Hauptkanal Ilau-Schneeграben und Schnedegrabendüker.....	43
3.4 Elbe-Seitenkanal.....	45
3.4.1 Lage des Elbe-Seitenkanals.....	46
3.4.2 Geschichte des Elbe-Seitenkanals.....	47
3.4.3 Aufbau und Bauwerke des Elbe-Seitenkanals.....	48
3.5 Schutzgüter in der Elbmarsch.....	51
3.5.1 Einwohnerzahl nach Gemeinden.....	51
3.5.2 Schadenspotenziale bezüglich Sachgütern und wirtschaftlichen Tätigkeiten.....	54
3.5.3 Kritische Infrastrukturen.....	56
3.5.4 Störfallbetriebe.....	59
4 Aktuelle Situation im Hochwassermanagement.....	60

4.1	Hochwasserschutzanlagen und bautechnischer Hochwasserschutz .....	61
4.1.1	Deich- und Dammbauwerke.....	61
4.1.2	Sperrwerk, Hochwassersperrtor, Siele und Schöpfwerke.....	62
4.1.3	Drosselschütze an den Dükerbauwerken.....	64
4.2	Organisatorische Vorsorgemaßnahmen .....	65
4.2.1	Hochwasserrisikomanagement nach EG-HWRM-RL .....	65
4.2.2	Hydrologische Warnstufen.....	71
4.2.3	Gefahrenabwehrpläne und Katastrophenschutzpläne .....	71
4.2.4	Gefahrenabwehr am ESK.....	74
4.3	Akteure in der Gefahrenabwehr und dem Katastrophenschutz.....	77
4.4	2D-Modell der unteren Mittelelbe.....	81
5	Hydraulische Modellierung .....	82
5.1	Modellgebiet .....	83
5.2	Modellhochwasser .....	85
5.3	Modelldeichbruch .....	88
5.4	Betrachtete Details, Annahmen und Anpassungen des Modells.....	90
5.5	Betrachtete Varianten.....	94
5.6	Auswertung der Simulationsergebnisse.....	97
6	Hydraulische Varianten .....	98
6.1	Gemeinsamer Vorlauf bis zum Erreichen der Düker.....	99
6.2	Geöffnete Drosselschütze .....	101
6.3	Geschlossene Drosselschütze.....	105
6.4	Statisch gedrosselter Durchfluss .....	108
6.5	Dynamisch gedrosselter Durchfluss .....	111
7	Analyse der Ergebnisse.....	114
7.1	Variantenbetrachtung .....	114
7.2	Hydrologische Warnstufen.....	120
7.3	Vorbereitung einer Meldekette .....	121
7.4	Handlungsempfehlungen .....	124
8	Reflexion.....	127
9	Zusammenfassung und Fazit .....	131
	Literaturverzeichnis.....	134
	Verzeichnis für Gesetze, Vorschriften, Satzungen und Normen .....	149
	Anhangsverzeichnis.....	XI
	Eidesstattliche Erklärung.....	LXXII

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abgewandelter HWRM-Zyklus in Anlehnung an den HWRM-Zyklus der LAWA (Brößler, eigene Abbildung, 2023) .....	8
Abbildung 2: Bestandszeichnung Schnitte des Neetzedükers (WSD HH Nba ESK Nord, 1985) .....	15
Abbildung 3: Drosselschütztafeln am Neetzedüker (Brößler, eigene Aufnahme, 2023) .....	15
Abbildung 4: Winde im Drosselschützsteuerstand des Neetzedükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023).....	16
Abbildung 5: Drosselschütze und Steuerstand des Neetzedükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)	16
Abbildung 6: Topographie des Einzugsgebiets der Elbe (IKSE, 2015) .....	26
Abbildung 7: Teileinzugsgebiete in Deutschland (FGG Elbe, o. J.) .....	27
Abbildung 8: Naturräumliche Haupteinheiten in Deutschland (Bundesanstalt für Länderkunde und Raumforschung et al., 1962, digitalisierte und aufgearbeitete Karte).....	32
Abbildung 9: Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) aus dem DGM1 mit Legende in m NHN (Auszug aus den Geodaten des LGLN, © 2015) .....	36
Abbildung 10: Hauptvorfluter der Elbmarsch (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap).....	37
Abbildung 11: Einlaufbauwerk des Neetzekanaldükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023) .....	40
Abbildung 12: Auslaufbauwerk des Neetzekanaldükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023) .....	40
Abbildung 13: Einlaufbauwerk des Neetzedükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023).....	42
Abbildung 14: Auslaufbauwerk des Neetzedükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023).....	43
Abbildung 15: Einlaufbauwerk des Schnedegrabendükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023) .....	45
Abbildung 16: Auslaufbauwerk des Schnedegrabendükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023).....	45
Abbildung 17: Lage des ESKs mit Schiffshebewerk und Schleuse (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap) .....	47
Abbildung 18: Hochwassersperrtor Artlenburg (Brößler, eigene Aufnahme, 2023) .....	51
Abbildung 19: Hochwassergefahrenkarte der Elbmarsch für ein $HQ_{\text{Extrem}}$ (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022c) .....	67
Abbildung 20: Hochwasserrisikokarte der Elbmarsch bei einem $HQ_{\text{Extrem}}$ (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022d) .....	67
Abbildung 21: Pegel an der unteren Mittelalbe in Niedersachsen (Abel & Breske, 2015, S. 6) .....	84
Abbildung 22: Abflusskurve Neu Darchau Hochwasser 2013 ohne Deichbruch in Fischbeck mit Havelpolderflutung (Brößler, eigene Abbildung, 2023) .....	87
Abbildung 23: Gemeinden, Verkehrswege, Freileitungen, Regelungspunkte, Bauwerke und Modelldeichbruch (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap).....	98

Abbildung 24: Gemeinsamer Vorlauf - Modellbeginn 03.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap).....	99
Abbildung 25: Gemeinsamer Vorlauf - Letzter Zeitpunkt vor dem Deichbruch 13.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap).....	100
Abbildung 26: Gemeinsamer Vorlauf - Letzter Zeitpunkt vor Erreichen der Düker 13.06.2013 - 20:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap).....	101
Abbildung 27: Geöffnete Drosselschütze - Maximale Ausdehnung in der östlichen Elbmarsch 19.06.2023 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)...	102
Abbildung 28: Geöffnete Drosselschütze - Maximale Ausdehnung in der westlichen Elbmarsch 28.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)...	104
Abbildung 29: Geöffnete Drosselschütze - Modellende und Abflussgeschehen 30.06.2013 - 22:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap).....	105
Abbildung 30: Geschlossene Drosselschütze - Maximale Ausdehnung in der östlichen Elbmarsch 22.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)...	106
Abbildung 31: Geschlossene Drosselschütze - Modellende und Abflussgeschehen 30.06.2013 - 22:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap).....	107
Abbildung 32: Statisch gedrosselter Durchfluss - Maximale Ausdehnung in der östlichen Elbmarsch 21.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)...	108
Abbildung 33: Statisch gedrosselter Durchfluss - Modellende, größte Ausdehnung in der westlichen Elbmarsch und Abflussgeschehen 30.06.2013 - 22:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap).....	110
Abbildung 34: Dynamisch gedrosselter Durchfluss - maximale Ausdehnung in der östlichen Elbmarsch 23.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)...	112
Abbildung 35: Dynamisch gedrosselter Durchfluss - Modellende, größte Ausdehnung in der westlichen Elbmarsch und Abflussgeschehen 30.06.2013 - 22:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap).....	113
Abbildung 36: Meldekette zur Steuerung der Drosselschütze (Brößler, eigene Abbildung, 2023) ....	123

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Potenziell betroffene Einwohner eines Extremhochwassers der Elbe östlich des ESKs (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022d) .....	53
Tabelle 2: Potenziell betroffene Einwohner eines Extremhochwassers der Elbe westlich des ESKs (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022d) .....	54
Tabelle 3: Auszüge der HWRM-Maßnahmen in der Elbmarsch (NLWKN, 2015a, Anlage) .....	70
Tabelle 4: Relevante Wasserstände bei geöffneten Drosselschützen zu Vergleichszeitpunkten .....	105
Tabelle 5: Relevante Wasserstände bei geschlossenen Drosselschützen zu Vergleichszeitpunkten .	107
Tabelle 6: Relevante Wasserstände bei statisch geregelter Durchfluss zu Vergleichszeitpunkten ..	110
Tabelle 7: Relevante Wasserstände bei dynamisch gedrosseltem Durchfluss zu Vergleichszeitpunkten .....	114
Tabelle 8: Übersicht der betroffenen Schutzgüter und relevanten Parameter .....	119

## Abkürzungsverzeichnis

12. BImSchV	12. Bundesimmissionsschutzverordnung
12. BImSchV-ÜPRdErl	12. Bundesimmissionsschutzverordnungs-Überwachungsplan-Runderlass
A	Autobahn
ADV	Artlenburger Deichverband
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskatasterinformationssystem
ATKIS	Amtliches Topographisches Kartographisches Informationssystem
B	Bundesstraße
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BGA	Biogasanlage
BGA Scharnebeck	Biogas Scharnebeck GmbH & Co. KG
BGA Tespe	Elbe-Agrar-Energie GmbH & Co. KG
BImSchG	Bundesimmissionsschutzgesetz
BinSchAufgG	Binnenschiffahrtsaufgabengesetz
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BLANO	Bund/Länder-Ausschuss Nord- und Ostsee
BNetzA	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahn
Bruno Bock	Bruno Bock Chemische Fabrik GmbH & Co. KG
DB	Deutsche Bahn
DGM	Digitales Geländemodell
DHHN	Deutsches Höhenreferenzsystem
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVO	Deichverteidigungsordnung
DWO	Deichwachordnung
EG-HWRM-RL	Europäische Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie
ESK	Elbe-Seitenkanal
EU	Europäische Union
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
GAA	Gewerbeaufsichtsamt
GG	Grundgesetz
GLD	Gewässerkundlicher Landesdienst
HQ	Abfluss eines Hochwassers
HvFlutSTV	Havelpolder-Flutungs-Staatsvertrag
HvFlutStVG	Havelpolder-Flutungs-Staatsvertragsgesetz
HWRM	Hochwasserrisikomanagement
IED-Anlagen	Anlagen nach der europäischen Industrieemissionsrichtlinie
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
Ilmenauverband	Wasserverband der Ilmenau-Niederung
KRITIS	Kritische Infrastruktur
L	Landstraße

LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LAWA-AH	Ständiger Ausschuss Hochwasserschutz und Hydrologie der LAWA
LfU	Bayrisches Landesamt für Umwelt
LGLN	Landesamt für Geoinformationen und Landesvermessung Niedersachsen
LHW	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
MI	Ministerium für Inneres und Sport
MLK	Mittellandkanal
MU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
N-A-Modell	Niederschlags-Abfluss-Modell
NBrandSchG	Niedersächsisches Brandschutzgesetz
NDG	Niedersächsisches Deichgesetz
NDR	Norddeutscher Rundfunk
NKatSG	Niedersächsisches Katastrophenschutzgesetz
NHN	Normalhöhennull
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NLWKNRdErl	NLWKN-Runderlass
NN	Normalnull
NPOG	Niedersächsisches Polizei- und Ordnungsbehördengesetz
NWG	Niedersächsisches Wassergesetz
oK	Obere Klasse des Betriebsbereiches von Störfallbetrieben
Propan-G	Propan-Gesellschaft mbH
RdErl. d. MI v. 21. 12. 2011	Runderlass des Ministeriums für Inneres und Sport vom 21.12.2011 über den Katastrophenschutzplan gemäß § 10 NKatSG
SiON	Schieneninfrastruktur Ost-Niedersachsen GmbH
StörfG	Niedersächsisches Störfallgesetz
TEL	Technische Einsatzleitung
THW	Technisches Hilfswerk
THWG	Gesetz über das Technische Hilfswerk
uK	Untere Klasse des Betriebsbereiches von Störfallbetrieben
WaStrG	Bundeswasserstraßengesetz
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WKA	Windkraftanlage
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WSA MLK/ESK	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal
WSA UE	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen
WSD HH Nba ESK	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauamt Elbe-Seitenkanal

WSD HH Nba ESK Nord	Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauamt Elbe-Seitenkanal Nord
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung
WVG	Gesetz über die Wasser- und Bodenverbände
ZSKG	Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz
zust. MA NLWKN L32	Zuständige Mitarbeiterin des Aufgabenbereiches 32 für oberirdische Gewässer der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKN
ZustVO-Deich	Zuständigkeitsverordnung Deich

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Personenbezeichnungen werden weitestgehend in einer genderneutralen Form ausgedrückt, ist dies jedoch sprachlich nicht möglich, findet die männliche Form für alle Personenbezeichnungen Verwendung. Die Personenbezeichnungen gelten dann gleichermaßen für alle Geschlechter. Eine Ausnahme bilden die Inhalte, die ausdrücklich auf weibliche oder diverse Personen bezogen werden.

# 1 Einleitung

Anfang des 21. Jahrhunderts haben mehrere Hochwasserereignisse an der Elbe gezeigt, dass Überschwemmungen auch in Deutschland Katastrophen mit massiven Personen- und Sachschäden verursachen können. Zuletzt hat das Hochwasserereignis 2013 an vielen Orten entlang der Elbe zu Rekordwasserständen geführt. In Fischbeck kam es bei diesem Rekordhochwasser zu einem Deichbruch mit gravierenden Überschwemmungen der tief gelegenen Flächen zwischen Elbe und Havel. In der niedersächsischen Elbmarsch an der unteren Mittelelbe hätte ein Deichbruch ebenso fatale Folgen, da die Geländehöhe in weiten Teilen auf dem Niveau der gewöhnlichen Wasserspiegellage der Elbe oder nur wenig darüber liegt (Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt [LHW], 2018, S. 12 ff.; Promny et al., 2021, S. 19 ff.).

Das niedrige Gelände der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) wird durch den Elbe-Seitenkanal (ESK) zentral von Süden nach Norden durchschnitten. Der ESK ist eine künstliche Bundeswasserstraße, mit der die Elbe bei Lauenburg und der Mittellandkanal (MLK) zwischen Wolfsburg und Braunschweig verbunden werden. Zwischen dem Schiffshebewerk in Scharnebeck und der Mündung in die Elbe bei Artlenburg verläuft der ESK in Dammlage, zwischen zwei parallel geführten Dämmen, durch die Elbmarsch. Dabei liegt seine Wasserspiegellage teils oberhalb des umliegenden Geländes. Die drei in Ost-West-Richtung verlaufenden Gewässer Neetzekanal, Neetze und Hauptkanal Ilau-Schneeграben, welche als Hauptvorfluter in der Elbmarsch dienen, kreuzen den Verlauf des ESKs. Um die Gewässerkreuzung zu ermöglichen, werden die Vorfluter mit Dükerbauwerken unter dem ESK und seinen Dämmen hindurchgeführt (Büttner et al., 1976, S. 23 ff., 57 ff.).

Schon bei der Planung und dem Bau des ESKs wurde der Schutz vor dem Hochwasser der Elbe beachtet. Die freie Verbindung der Wasserspiegellage der Elbe und des ESKs bis zum Schiffshebewerk in Scharnebeck kann durch das Hochwassersperrtor in Artlenburg unterbrochen werden. Darüber hinaus wurde eine Überlastung oder ein Überströmen der Elbedeiche mit Überflutung der Elbmarsch berücksichtigt. Ein solches Szenario kann aus einem Eigenhochwasser der Elbe oder einer Sturmflut resultieren. Der ESK bildet mit seinen Dämmen ein Hindernis, welches die Ausbreitung einer solchen Überschwemmung in der Elbmarsch verzögern würde. Die einzigen Unterbrechungen dieses linienhaften Hindernisses stellen die drei Dükerbauwerke dar. Aus diesem Grund sind an den Einlaufbauwerken dieser Düker Drosselschütze als Verschlussorgane angebracht. Diese sollen nach dem Planfeststellungsbeschluss bei einem Versagen der Elbedeiche geschlossen werden. Die Unterhaltung der Drosselschütze wird durch die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), vertreten durch das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) ESK/MLK in Uelzen, übernommen (Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubaubteilung für den Bau des Elbe-Seitenkanals [WSD HH Nba ESK], 1967d, S. 4, 12, 20).

Im Rahmen der Bauwerksinspektionen wurde durch das WSA ESK/MLK festgestellt, dass einige der Drosselschütze abgängig waren. Aus diesem Grund regte das WSA ESK/MLK eine Abstimmung der fachlichen Akteure über den Nutzen sowie den weiteren Verbleib der Drosselschütze an. Dieser Austausch führte zu dem Ergebnis, dass die Drosselschütze weiterhin instandgehalten und für den Notfall vorgehalten werden sollen. Allerdings stellte sich im Rahmen dieses Austausches heraus, dass es keine Untersuchungen zur hydraulischen Wirksamkeit und zu erforderlichen Vorlaufzeiten der Drosselschütze gibt. Ebenfalls lagen den verschiedenen Akteuren keine Meldekettens, Regelungen oder Vereinbarungen zur Steuerung und dem Betrieb der Drosselschütze vor (Fuhrmann & Kallweit, E-Mail, 2019).

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit soll eine erste Aufarbeitung dieses Themengebiets erfolgen. Dabei soll eine Grundlage für den weiteren Umgang mit den Drosselschützen an den Dükerbauwerken des ESKs geschaffen werden. Zu diesem Zweck sollen die vorgegebenen Randbedingungen im Projektgebiet ermittelt und zusammengestellt werden. Ebenfalls soll eine Zusammenstellung der derzeitigen Zuständigkeiten und Rollen erfolgen. Es ist eine Mitwirkung bei der Überprüfung der hydraulischen Wirksamkeit der Drosselschütze und der Darstellung von Überflutungsszenarien für ein Überströmen der Deiche bei einem Extremhochwasser der Elbe vorgesehen. Des Weiteren sollen hydrologische Warnstufen erarbeitet und eine Meldekette vorbereitet werden. Abschließend sind Handlungsempfehlungen für die wesentlichen Akteure anzufertigen.

Der Aufbau der Bachelorarbeit dient der Erfüllung der Aufgabenstellungen und der Beantwortung der Fragen, welchen Einfluss der Einsatz der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs auf das Abflussverhalten eines Deichbruches bei einem Extremhochwasser der Elbe in der östlichen Elbmarsch hat und ob der Einsatz der Drosselschütze im Rahmen der Gefahrenabwehr bzw. des Katastrophenschutzes sinnvoll ist. Dazu werden zunächst die theoretischen Grundlagen des Hochwassermanagements erarbeitet. Im Rahmen der Gebietsbetrachtung wird das relevante Gebiet beschrieben und die standortspezifischen Besonderheiten in Bezug auf das Hochwassermanagement und die zugrundeliegende Fragestellung beleuchtet. Es folgt die Zusammenstellung der aktuellen Situation im Hochwassermanagement, wobei die vorhandenen Akteure und Maßnahmen dargestellt werden. Mit Hilfe einer hydraulischen Modellierung in Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) in Lüneburg wird die hydraulische Wirksamkeit der Drosselschütze bei einer Überschwemmung der östlichen Elbmarsch aufgrund des Überströmens eines Elbedeiches mit folgendem Deichbruch durch ein Extremhochwasser der Elbe untersucht und dargestellt. Die Auswertung und Analyse der Ergebnisse des hydraulischen Modells unter Einbezug der vorangegangenen Ausarbeitung bilden die Grundlage für die Vorbereitung der Meldekette und die Erarbeitung der hydrologischen Warnstufen sowie der weiterführenden Handlungsempfehlungen für die verantwortlichen Akteure.

## 2 Grundlagen des Hochwassermanagements

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) beschreibt Hochwasser in § 72 WHG als zeitlich begrenzte Überschwemmung von Land, welches normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Diese Überschwemmung geht nach § 72 WHG dabei zumeist von Oberflächengewässern oder dem Meer aus. Dabei ist Hochwasser ein natürliches Phänomen des Wasserkreislaufs, welches an den meisten Fließgewässern auftreten kann. Im Normalfall wird ein Großteil des Niederschlagswassers von Boden und Pflanzen in der Fläche, auf die der Niederschlag trifft, zurückgehalten, während das übrige Wasser versickert und so dem Grundwasserkörper zugeführt wird oder oberflächlich den Fließgewässern zufließt und mit diesen zum Meer abfließt. Dieses Rückhaltevermögen in der Fläche kann jedoch durch besonders starke oder langanhaltende Niederschläge sowie durch Schneeschmelze überstiegen werden. Wird die Kapazität des lokalen Wasserrückhaltevermögens überschritten, so steigen die Anteile des Wassers, welche durch Versickerung dem Grundwasser und an der Oberfläche den Fließgewässern zufließen. Insbesondere der Oberflächenabfluss steigt mit zunehmender Sättigung des Bodenspeichers, da bei einem gesättigten Bodenspeicher weder ein weiterer Rückhalt von Wasser in der Fläche noch das Versickern zum Grundwasserleiter möglich ist und der größte Teil des Niederschlagswassers oberflächlich entlang des Gefälles abfließen muss. Durch den erhöhten Oberflächenabfluss in die Fließgewässer schwellen diese über ihren normalen Abfluss hinweg an und führen somit Hochwasser. Insbesondere bei dem Zusammentreffen von starken Niederschlägen und gesättigten Bodenspeichern entstehen überdurchschnittlich starke Hochwasserereignisse. Führen naturbelassene Gewässer Hochwasser, steigen diese relativ schnell über die Ufer, was zu einer bedeutenden Vergrößerung des Gewässerquerschnitts führt, wodurch ein großer Rückhalt des Wassers entlang des Fließgewässers erfolgt und die Fließgeschwindigkeiten abnehmen. Die Überschwemmungen naturnaher Fließgewässer stellen keine Gefahr dar, solange diese Bereiche nicht für menschliche Infrastruktur genutzt werden und somit in diesen Bereichen keine oder nur sehr geringe Schadenspotenziale bestehen. Allerdings weisen in Mitteleuropa nur wenige Gewässer einen naturnahen Charakter auf. Für verschiedene Nutzungsarten der Gewässer sind viele Siedlungen in besonderer Gewässernähe errichtet und die meisten Gewässer sind für die verschiedenen Nutzungsansprüche, wie bspw. die Schifffahrt oder die Nutzung von Wasserkraft, ausgebaut. Aufgrund der hohen Siedlungsdichte unmittelbar an den Fließgewässern führt dies, sowohl in der Vergangenheit als auch heute, immer wieder zu Personen- und Sachschäden. Aus diesem Grund ist an den meisten Fließgewässern Hochwassermanagement erforderlich (Brombach et al., 2001, S. 225; Patt, 2001, S. 1 ff.; Rother, 2001, S. 11 f.).

Neben den niederschlagsbedingten Hochwasserarten können im Küstenraum auch durch auflandigen Sturm verstärkte Gezeiten zu Überflutungen führen. Sturmfluten können an großen Wasserflächen, zumeist an den Küsten von Meeren, aber auch an großen Seen auftreten. Dabei drängt besonders

starker Wind das Wasser über die Fläche in Richtung der Küste, wodurch dort ein, teilweise erheblicher, Anstieg des Wasserspiegels resultiert. Dieser kann dann an der Küste zu Überschwemmungen führen. So ergeben sich vier verschiedene Arten von Hochwasser: Sturzfluten, Überschwemmungen aus Starkniederschlägen, Flussüberschwemmungen und Sturmfluten (Patt, 2001, S. 6 f.). Das Hochwassermanagement ermöglicht, bis zu einem gewissen Grad, einen Schutz vor diesen verschiedenen Arten von Hochwasserereignissen (Patt, 2001, S. 3).

Wenn auch nicht die einzige Maßnahme des Hochwassermanagements, so ist der bauliche Hochwasserschutz für den Standort mit seinen Einflüssen und Bedingungen am prägendsten. Im Umkehrschluss ist zudem eine genaue Betrachtung und vertiefte Kenntnis des Natur- und Kulturräumens, in dem bauliche Hochwasserschutzmaßnahmen vorgenommen werden sollen, eine wichtige Grundlage für deren Umsetzung. Dies kann insbesondere mit begleitenden Hochwasserschutzmaßnahmen wie der Schaffung von Retentionsraum einhergehen. Da der reine bauliche Hochwasserschutz niemals eine vollständige Sicherheit geben kann, hilft auch die regionale Betrachtung vor der Errichtung von Hochwasserschutz, um das mögliche Schadensausmaß zu verstehen (Bartmann, 2006, S. 58 ff.; Patt, 2001, S. 1 ff.).

## 2.1 Hochwasserrisikomanagement

Die Europäische Union (EU) hat mit der EU-Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, der sogenannten Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRM-RL), eine Grundlage für ein einheitliches Vorgehen im Hochwasserrisikomanagement (HWRM) in der gesamten EU geschaffen. Die vorgeschriebenen Schritte für die Bewertung von Hochwasserrisiken und das HWRM sind dabei für alle EU-Staaten bindend, lediglich in der Art der Umsetzung in nationales Recht haben die einzelnen Staaten Gestaltungsfreiräume (Europäische Union, 2023). In der EG-HWRM-RL werden drei Kernaufgaben für den Schutz der vier Schutzgüter, der menschlichen Gesundheit, der Umwelt, des Kulturerbes und der wirtschaftlichen Tätigkeiten, welche Sachgüter inkludieren, benannt (Art. 1 EU-Richtlinie 2007/60/EG). Die erste der geforderten Kernaufgaben ist die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos, die zweite ist die Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten und die dritte ist die Erstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen (Art. 4 ff. EU-Richtlinie 2007/60/EG). Diese sollten in der aufgeführten Reihenfolge im ersten Zyklus, mit jeweils zwei Jahren Abstand zwischen den Fristen in den Jahren 2011 (Art. 4 Abs. 4 EU-Richtlinie 2007/60/EG), 2013 (Art. 6 Abs. 8 EU-Richtlinie 2007/60/EG) und 2015 (Art. 7 Abs. 5 EU-Richtlinie 2007/60/EG), erstellt werden und im zweiten Zyklus in derselben Reihenfolge, mit ein- bis zweijährigem Abstand der Fristen in den Jahren 2018, 2019 und 2021, überprüft werden. Die weitere Überprüfung der einzelnen Kernaufgaben und deren Fortschreibung sollen jeweils im sechsjährigen Turnus erfolgen (Art. 14 EU-Richtlinie 2007/60/EG).

Die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos soll dabei auf jedes Flussgebiet bezogen eine Einschätzung der potenziellen Risiken anhand der verfügbaren Informationen beinhalten. Dabei sollen geeignete Karten zur Darstellung der Flussgebietseinheit, ihrer Topographie und Flächennutzung, Beschreibungen vergangener Hochwasser mit signifikantem Schaden an den Schutzgütern sowie eine Bewertung potenzieller künftiger Hochwasser und deren Folgen auf die Schutzgüter erstellt werden (Art. 4 EU-Richtlinie 2007/60/EG). Die Bewertung erfolgt in jeder Flussgebietseinheit, in der ein potenziell signifikantes Hochwasserrisiko besteht oder wahrscheinlich ist (Art. 5 EU-Richtlinie 2007/60/EG).

Auf Ebene der Flussgebietseinheiten werden außerdem, bei Erfordernis einer Bewertung potenzieller künftiger Hochwasserereignisse, Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten erstellt. Die Hochwassergefahrenkarten sollen für drei verschiedene Hochwasserereignisse aufgestellt werden. Dabei entsprechen die zugrunde gelegten Abflüsse einem Extremhochwasser mit niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit ( $HQ_{\text{Extrem}}$ ), einem Hochwasserereignis, das statistisch alle 100 Jahre auftritt ( $HQ_{100}$ ), und einem Hochwasser mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit ( $HQ_{\text{Häufig}}$ ). Das  $HQ_{\text{Häufig}}$  soll ein häufiges Hochwasserereignis darstellen, bei dem signifikante Überschwemmungen auftreten. Dabei kann die Eintrittswahrscheinlichkeit zwischen einem  $HQ_{10}$  und einem  $HQ_{25}$  liegen. Das Hochwasserereignis sollte deutlich wahrscheinlicher als ein  $HQ_{100}$  sein. Das  $HQ_{\text{Extrem}}$  sollte einem  $HQ_{200}$  entsprechen oder dieses übersteigen (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser [LAWA], 2018, S. 13 f.). Für diese Hochwasserereignisse sollen das Ausmaß der Überflutung, die Wassertiefe oder der Wasserstand sowie relevante Fließgeschwindigkeiten und Abflüsse dargestellt werden (Art. 5 EU-Richtlinie 2007/60/EG). In den Hochwassergefahrenkarten nach Vorgaben der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) wird durch die Intensität der Farbgebung die Wassertiefe in den jeweils betroffenen Gebieten dargestellt. Eine Abgrenzung erfolgt dabei zwischen Blautönen und Gelb-Orange-Tönen. Letztere werden verwendet, wenn bei einem  $HQ_{\text{Extrem}}$  das potenziell betroffene Gebiet hinter Schutzeinrichtungen des Küstenschutzes liegen, deren Bemessungsgrundlagen das  $HQ_{\text{Extrem}}$  übersteigen (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz [NLWKN], 2019, S. 2). Die Hochwasserrisikokarten umfassen die potenziell betroffenen Schutzgüter. Dabei sollen Orientierungswerte zur Anzahl der betroffenen Einwohner, die wirtschaftliche Nutzungsart des betroffenen Gebiets, Industrieanlagen nach der EU-Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU (IED-Anlagen) sowie weitere wichtige Informationen und optionale Angaben zu Auswirkungen auf das Kulturerbe abgebildet werden (LAWA, 2018, S. 14 f.; Art. 5 EU-Richtlinie 2007/60/EG).

Die EG-HWRM-RL schreibt vor, dass Hochwasserrisikomanagementpläne auf Grundlage der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten für die Flussgebietseinheiten zu erstellt sind. Der besondere Fokus soll dabei auf der Vermeidung von negativen Auswirkungen durch

Hochwasserereignisse auf die vier Schutzgüter liegen. Außerdem sollen nach Möglichkeit nichtbauliche Maßnahmen der Hochwasservorsorge, darunter auch zur Senkung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Hochwasser, berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck sollen alle relevanten Faktoren Berücksichtigung finden, damit alle Facetten des Hochwasserrisikomanagements betrachtet und einbezogen werden. Die Maßnahmen an internationalen Flussgebietseinheiten sollen keine negativen Auswirkungen auf Ober- oder Unterlieger haben (Art. 7 EU-Richtlinie 2007/60/EG). Bei Flussgebietseinheiten innerhalb eines Staats soll es nur einen oder mehrere untereinander abgestimmte Hochwasserrisikomanagementpläne geben (Art. 8 EU-Richtlinie 2007/60/EG).

In Deutschland sind die Vorgaben der EG-HWRM-RL, wie andere bundesweite Vorgaben zum Hochwasserschutz, im Abschnitt 6 des WHG verankert (§§ 72 ff. WHG). So wird in § 73 WHG die Bewertung der Hochwasserrisiken und Risikogebiete entsprechend der EG-HWRM-RL vorgeschrieben. In § 74 WHG ist die Erstellung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten festgeschrieben. Dabei wird über die Vorgaben der EG-HWRM-RL hinaus das Hochwasserereignis mit niedriger Eintrittswahrscheinlichkeit durch ein voraussichtliches Wiederkehrintervall von mindestens 200 Jahren beschrieben. Die Erstellung der Risikomanagementpläne schreibt § 75 WHG auf Basis der EG-HWRM-RL vor. Weitere Vorgaben zur Veröffentlichung der Dokumente und der Vereinbarkeit mit weiteren EG-Richtlinien sind in den §§ 79 und 80 WHG geregelt. Außerdem wird in § 81 WHG bei einer ausbleibenden Einigung zwischen den an einer Flussgebietseinheit beteiligten Ländern eine Schlichtung durch den Bund vorgeschrieben. Anhand der bundesweiten Vorgaben zu Überschwemmungsgebieten an oberirdischen Gewässern wird in § 76 WHG deutlich, dass ein Hochwasser, welches statistisch einmal in 100 Jahren auftritt, maßgebend für den Hochwasserschutz in Deutschland ist. Genauere Vorgaben für den Hochwasserschutz liegen im Zuständigkeitsbereich der Länder. So werden bspw. in Niedersachsen Ergänzungen zu den Vorgaben des WHG im Niedersächsischen Wassergesetz (NWG) vorgeschrieben, Regelungen zur Umsetzung des bautechnischen Hochwasserschutzes im Niedersächsischen Deichgesetz (NDG) und viele Aufgaben der Organisation und Durchführung des Katastrophenschutzes im Niedersächsischen Katastrophenschutzgesetz (NKatSG) über den Rahmen des WHG hinaus formuliert. Außerdem werden auf Landesebene die in der EG-HWRM-RL vorgeschriebenen Maßnahmen der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos, der Erstellung und Fortschreibung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten sowie der Erstellung und Fortschreibung der Hochwasserrisikomanagementpläne umgesetzt. Dies wird in Niedersachsen weitgehend vom NLWKN durchgeführt (Flussgebietsgemeinschaft Elbe [FGG Elbe], 2021, S. 15 ff.).

Darüber hinaus erfolgen genauere Beschreibungen und Empfehlungen zur Ausführung der EG-HWRM-RL und der entsprechenden Bundesgesetzgebung aus dem WHG durch die LAWA (FGG Elbe, 2021, S. 19 ff.). Durch diese ist der Umgang mit Hochwasser in Deutschland wie die meisten übrigen Themen

im Bereich Wasser und Gewässer geprägt (LAWA, 2022, S. 1). Für sämtliche Belange des Themas Hochwasserschutz ist bei der LAWA der ständige Ausschuss Hochwasserschutz und Hydrologie (LAWA-AH) zuständig. Mit seiner Arbeit setzt der LAWA-AH bundesweit geltende Standards zur Umsetzung von Maßnahmen des Hochwassermanagements, die eine anwendungsnahe Auslegung der Bundesgesetzgebung unter Berücksichtigung der EU-Richtlinien, wie der EG-HWRM-RL, darstellen (LAWA, 2022, S. 3 f., 2023).

Das HWRM als Gesamtes stellt die LAWA dabei als Zyklus dar. Dabei werden vier übergeordnete Phasen betrachtet, welche verschiedene Maßnahmen umfassen, die für die jeweilige Phase prägend sind (LAWA, 2019, S. 16). Das Eintreten eines Hochwasserereignisses stellt, wie in Abbildung 1 zu sehen, einen Einschnitt dar, mit dem die Phase der Bewältigung beginnt. Diese ist besonders durch die Abwehr der Gefahren, die von dem Hochwasserereignis ausgehen, geprägt. Außerdem wird in dieser Phase unmittelbare Hilfe für die Betroffenen geleistet. Parallel zu diesen essenziellen Aufgaben zur akuten Eindämmung der negativen Auswirkungen des Hochwasserereignisses auf die vier in der EG-HWRM-RL definierten Schutzgüter beginnt auch die Auswertung, da nur in diesem Zeitraum wichtige Informationen aufgenommen werden können, welche für die Bewältigung weiterer Hochwasserereignisse sowie ein erfolgreiches HWRM besonders wichtig sind (Seemann, 2021a). Im aktuellen HWRM-Zyklus der LAWA ist die Phase der Bewältigung nicht separat aufgeführt, jedoch ist diese in Hinblick auf die Gefahrenabwehr und den Katastrophenschutz von besonderer Relevanz, weshalb sie in dieser Ausarbeitung als einzelne Phase dargestellt wird (Abbildung 1). Die Regeneration nimmt die nächste Phase des HWRM-Zyklus der LAWA ein. Diese wird durch den Wiederaufbau und Aufbauhilfen geprägt. Auch in dieser Phase können wichtige Informationen über das Hochwasserereignis, dessen Folgen und den Umgang mit diesen aufgenommen werden. Die Auswertung begleitet auch diese Phase, um aus diesen Informationen einen möglichst großen Nutzen für Verbesserungen für kommende Hochwasserereignisse zu ziehen (LAWA, 2013, S. 16 f., 2019, S. 16). Auf die Regenerationsphase folgt die Phase der Vermeidung und des Schutzes. In dem aktuellen HWRM-Zyklus sind dies zwei separate Phasen, welche jedoch durch den Fokus auf die organisatorisch-konzeptionellen Aspekte des HWRMs zusammengefasst werden. Bei dieser sind Flächenvorsorge, Bauvorsorge, natürlicher Wasserrückhalt und technischer Hochwasserschutz im Fokus (LAWA, 2013, S. 12 ff., 2019, S. 16). Der HWRM-Zyklus wird durch die Phase der Vorsorge geschlossen. Diese Phase wird durch Risikovorsorge, Verhaltensvorsorge, Informationsvorsorge und die Vorbereitungen im Bereich der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes geprägt. Bei den Aufgaben der Phasen Vermeidung und Schutz sowie Vorsorge können besonders die gewonnenen Informationen der Auswertung vergangener Hochwasserereignisse einbezogen werden und zu Verbesserungen bei künftigen Hochwasserereignissen beitragen (LAWA, 2013, S. 14 ff., 2019, S. 16). Insbesondere diese beiden Phasen laufen in der Praxis zu großen Teilen parallel ab. Jedoch unterscheiden sie sich stark im Charakter ihrer Aufgaben, da die Phase der Vermeidung und des Schutzes besonders auf die Gewässer

und deren Überschwemmungsgebiete fokussiert ist, während bei der Phase der Vorsorge der Fokus auf den Beteiligten und Betroffenen bei einem Hochwasserereignis liegt. Bei der Darstellung des HWRM als Zyklus sollte besonders hervorgehoben werden, dass Hochwasserereignisse nicht langfristig vorhersehbar oder planbar auftreten. Deshalb muss davon ausgegangen werden, dass aus einem Hochwasserereignis zwar die Phase der Bewältigung resultiert, jedoch keine der Phasen seit einem vorangegangenen Hochwasserereignis abgeschlossen sein muss. Insbesondere die Phasen der Vermeidung und des Schutzes sowie der Vorsorge begleiten kontinuierlich die Zeiträume, in denen keine Bewältigung oder Regeneration nötig ist, sodass sie nicht als abgeschlossen angesehen werden können, sondern vielmehr von dem nächsten Hochwasserereignis unterbrochen werden (Merz et al., 2021, S. 19 ff.).

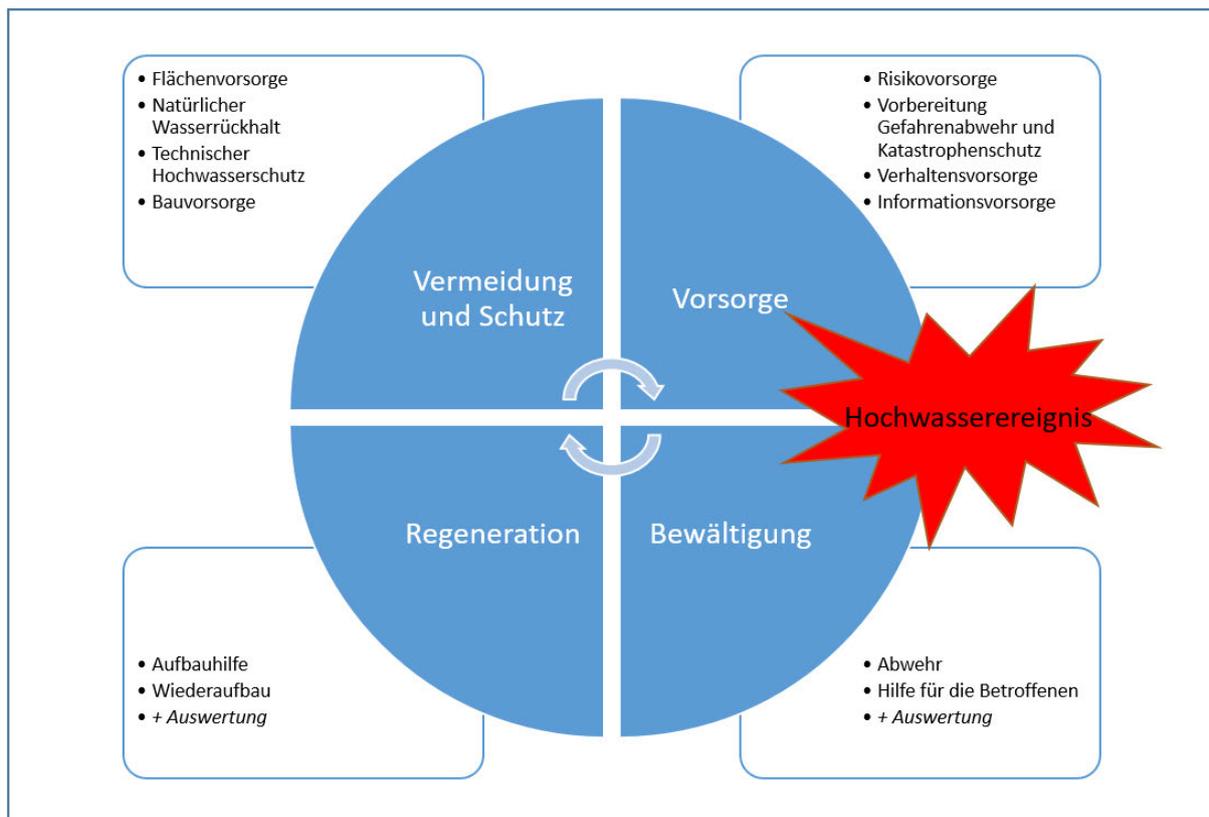


Abbildung 1: Abgewandelter HWRM-Zyklus in Anlehnung an den HWRM-Zyklus der LAWA (Brößler, eigene Abbildung, 2023)

Neben dieser zyklischen Darstellung werden die Kernaufgaben des Hochwasserschutzes oft in drei Gruppen, welche auch als die drei Säulen des modernen Hochwasserschutzes bezeichnet werden, eingeteilt. Dabei erfolgt die Abgrenzung zwischen den Aufgabenbereichen der Bauvorsorge, der Organisations- und Verhaltensvorsorge sowie des Maßnahmenmanagements (Bartmann, 2006, S. 247 f.; Brombach et al., 2001, S. 225 f.). Diese drei Säulen des modernen Hochwasserschutzes finden sich ebenfalls in den verschiedenen Phasen des HWRM-Zyklus nach LAWA wieder. So ist die Bauvorsorge ein großer Bestandteil der Phase der Vermeidung und des Schutzes, die Organisations- und Verhaltensvorsorge prägt die Phase der Vorsorge und das Maßnahmenmanagement ist Grundlage der Phase der Bewältigung. Die drei Säulen des Hochwasserschutzes dienen der Reduktion von

Hochwasserschäden und werden durch flächenbezogene Maßnahmen, wie die Förderung des natürlichen Wasserrückhalts, begleitet (Brombach et al., 2001, S. 225 f.).

Die Bauvorsorge umfasst alle bautechnischen Maßnahmen, die dem Schutz vor Hochwasserereignissen und der Vermeidung von Schäden durch diese dienen. Zu solchen Maßnahmen gehören u. a. der Deichbau und die Einrichtung von Hochwasserrückhalteräumen (Bartmann, 2006, S. 247; Brombach et al., 2001, S. 226 ff.). Der Katastrophenschutz hat auf diese Maßnahmen nahezu keinen Einfluss, jedoch sind diese eine der Grundlagen für einen gelingenden operativen Hochwasserschutz während eines Hochwasserereignisses (Bartmann, 2006, S. 247). Neben den bautechnischen Anlagen selbst sind auch Verschlussbauteile, die erst bei einem Hochwasserereignis eingesetzt werden, der Bauvorsorge zuzurechnen (Brombach et al., 2001, S. 226). Bspw. gehört die naturnahe Gestaltung der Gewässer mit ihren Überschwemmungsgebieten ebenso zur Bauvorsorge, wie die Festlegung der Hochwasserschutzlinie und deren Ausbau auf Basis des Bemessungshochwassers oder die Vorgaben zum hochwassergerechten Bauen (Brombach et al., 2001, S. 229 ff., 248 ff., 325 ff.).

Als Organisations- und Verhaltensvorsorge werden alle Vorsorgemaßnahmen zusammengefasst, die nicht bautechnischer Natur sind. Dabei wird unter Organisationsvorsorge bspw. die Bereitstellung der erforderlichen Organisationsstrukturen, Einbindung und Ausbildung von Einheiten sowie die Vorbereitung von Hochwassereinsätzen und Evakuierungseinsätzen auf konzeptioneller und materieller Ebene verstanden. Dieser Begriff fasst alle Vorbereitungsmaßnahmen, die für das Gelingen des Hochwassereinsatzes benötigt werden, zusammen. Die Verhaltensvorsorge bezieht sich indes vor allem auf die betroffene Bevölkerung. Unter diesen Begriff fällt z. B. präventive Aufklärungsarbeit zum Umgang mit Hochwasserwarnungen und zu den Schutzmaßnahmen, die getroffen werden sollten. Auch die Information über Sammelplätze für eine etwaige Evakuierung kann in die Verhaltensvorsorge fallen (Brombach et al., 2001, S. 356 ff.). Zur Unterstützung der Länder und Kommunen bei der Organisationsvorsorge hat der Bund nach dem Elbehochwasser 2002 das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) ins Leben gerufen (Bartmann, 2006, S. 247). Die Organisations- und Verhaltensvorsorge bietet die zentrale Grundlage für den gelingenden Einsatz im Hochwasserfall (Brombach et al., 2001, S. 356).

Sämtliche Schutzmaßnahmen, die während eines Hochwasserereignisses durchgeführt werden müssen, fallen unter das Maßnahmenmanagement. Grundlage für ein gelingendes Maßnahmenmanagement ist die gelungene Umsetzung der Bauvorsorge sowie der Organisations- und Verhaltensvorsorge (Bartmann, 2006, S. 247 f.; Brombach et al., 2001, S. 382). In den Bereich des Maßnahmenmanagements fallen bspw. die Durchführung von vorgesehenen Maßnahmen entsprechend den Pegelständen, Kontroll- und Verteidigungsmaßnahmen an den Hochwasserschutzbauwerken, Pumparbeiten und Evakuierungen sowie die Vorhaltung von ausreichend Personal

und Material für unvorhergesehene Situationen (Bartmann, 2006, S. 248; Brombach et al., 2001, S. 382 ff.). Die verschiedenen Maßnahmen werden dabei in die Trockenphase und die Nassphase eingeteilt. Die Trockenphase beschreibt dabei den Zeitraum der steigenden Wasserstände und somit der Vorbereitung auf das unmittelbar bevorstehende Hochwasserereignis, während in der Nassphase der prognostizierte Wasserstand und somit der Höhepunkt des Hochwasserereignisses erreicht ist (Bartmann, 2006, S. 248 f., 264; Brombach et al., 2001, S. 385, 388).

## 2.2 Bautechnischer Hochwasserschutz

Zu den Anfängen des Hochwasserschutzes gehören Maßnahmen bautechnischer Natur. Somit reicht die Geschichte des bautechnischen Hochwasserschutzes in Deutschland rund 1.000 Jahre zurück (Oumeraci, 2015, S. 799), vereinzelt Warften sind bereits aus der Antike überliefert (Meurer, 2000, S. 1). Als eine weitere der drei Säulen des modernen Hochwasserschutzes stellt der bautechnische Hochwasserschutz einen der Kernbestandteile des Hochwassermanagements dar. Die Umsetzung des bautechnischen Hochwasserschutzes fällt in die Disziplin des Wasserbaus. Die Verantwortung ist dabei zwischen den Ländern, den Landkreisen und kreisfreien Städten sowie den Gemeinden aufgeteilt. So sind die rechtlichen Vorgaben für den gewidmeten bautechnischen Hochwasserschutz in Niedersachsen im NDG festgeschrieben. Für den Hochwasserschutz werden gewisse Bemessungsgrößen festgelegt, welche abhängig von den Schutzgütern und dem Schadenspotenzial vor Ort sind. Für geschlossene Siedlungen ist i. d. R. ein Bemessungsabfluss vorgesehen, welcher einem  $HQ_{100}$  entspricht (DIN 19712:2013-01, 2013, S. 20 ff.). Der Bemessungsabfluss für alle Bereiche entlang der Elbe in Niedersachsen orientiert sich i. d. R. an einem  $HQ_{100}$  (Hatz & Schramm, 2022, S. 12 ff.).

### 2.2.1 Deich- und Dammbauwerke

Deiche und Dämme weisen große Ähnlichkeiten auf, sowohl Deiche als auch Dämme sind wallförmige Erdbauwerke, deren Zweck die Trennung zwischen Wasser und Land ist (Strobl & Zunic, 2006, S. 430 ff.). Die Bezeichnungen werden dabei jedoch teilweise regional unterschiedlich verwendet. Im Folgenden wird neben den Definitionen der technischen Regelwerke die ortsübliche Verwendung der Begriffe im Raum Lüneburg verwendet. Dabei wird zwischen Deichen als gewidmeten Bauwerken im Sinne des NDGs und Dämmen bzw. Verwallungen als nicht gewidmeten Bauwerken unterschieden. In den Regelwerken liegt der bedeutende Unterschied darin, dass Deiche nur temporär eingestaut werden, da sie dem Schutz der binnenseitig liegenden Landflächen dienen. Sie verlaufen parallel zu Flüssen oder der Küstenlinie. Der Einstau entsteht durch natürliche Ereignisse wie Hochwasser oder Sturmfluten. Bei diesen Ereignissen steht das Wasser am Deich höher als die binnenseitige Geländehöhe. Da Deiche nur für einen temporären Einstau vorgesehen sind, können diese bei dauerhaftem Einstau aufweichen und dadurch an Stabilität verlieren (Deutsche Vereinigung für

Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., 2011, S. 9 ff.; DIN 19712:2013-01, 2013, S. 11 f.; Strobl & Zunic, 2006, S. 430 ff.).

Dämme sind hingegen i. d. R. dauerhaft eingestaut und befinden sich an künstlich angestauten Gewässern. Dabei ist der Zweck der Dämme der Anstau des Gewässers oder die Begrenzung des angestauten Gewässers, um dieses wasserwirtschaftlich nutzbar zu machen. Beispiele für Verwendungszwecke eines solchen Einsatzes von Dämmen können die Trinkwassernutzung oder die Binnenschifffahrt sein. Dabei wird der Wasserstand permanent auf einem konstanten Stauziel gehalten, welches über der Geländehöhe des binnenseitigen Umlands liegt. Eine zusätzliche Schutzfunktion im Hochwasserfall kann dabei, sofern es das Gewässer erfordert, vorgesehen werden (DIN 19700-12:2004-07, 2004, S. 6 f., 15; Patt et al., 2021, S. 115 f.).

Für den bautechnischen Hochwasserschutz gibt es verschiedene Arten von Deichen. So wird in Niedersachsen zwischen Hauptdeichen, Hochwasserdeichen und Schutzdeichen unterschieden (§ 2 NDG). Diese drei Arten von Deichen stellen dabei die gewidmeten Deiche dar. Durch die Widmung, welche per Verordnung von der Deichbehörde ausgesprochen wird, erhält ein Deich die Funktion eines der drei genannten Deichbauwerke (§ 3 Abs. 1 NDG). Die deichbehördliche Aufgabe der Widmung von Deichen und Festsetzung von deren Abmessungen übernimmt der NLWKN auf Basis von § 1 der Zuständigkeitsverordnung Deich (ZustVO-Deich). Weitere Aufgaben obliegen den unteren Deichbehörden der Landkreise oder kreisfreien Städte. Die Verantwortung für die Deicherhaltung liegt bei den Deichverbänden (§ 7 NDG). Die Kosten für die Anpassung und Verstärkung gewidmeter Deiche nach den vorgegebenen Maßen trägt jedoch das Land Niedersachsen (§ 8 NDG).

Die Hauptdeiche dienen dabei dem Schutz vor Sturmfluten (§ 2 Abs. 1 NDG). Sie sind mit einer Neigung der Außenböschung von ca. 1:6 relativ flach konstruiert, damit sie durch Wellenauflauf und ggf. -überlauf keinen Schaden nehmen. Die Deiche werden mit einer besonders dicken Dichtschicht aus Klei, mit einer Stärke von 1,3 m bis 1,5 m, oder optional mit Deckwerken aus Steinpflaster oder Beton auf der Wasserseite ausgestattet, um den bestmöglichen Schutz zu erreichen. Hauptdeiche, die weniger stark mit Wellen beaufschlagt sind, können etwas steilere Außenböschungen aufweisen. Die Bemessung der Deichsollhöhe setzt sich aus dem Bemessungswasserstand und dem Wellenauflauf zusammen. In der Bauplanung wird darüber hinaus ein Aufschlag für Sackungen und Setzungen berücksichtigt (Oumeraci, 2015, S. 800 f.). In Niedersachsen wird die Deichsollhöhe durch einen Klimazuschlag von 1 m ergänzt (Thorenz & Drosten, 2021).

Anders als Hauptdeiche sollen Hochwasserdeiche vor Flusshochwasser schützen. Dabei spielt der Wellenauflauf eine untergeordnete Rolle, da die maßgebende Belastung für den Hochwasserdeich der Einstau durch das Flusshochwasser ist (Brombach et al., 2001, S. 252 ff.; Haselsteiner et al., 2003, S. 188 f.). Aus diesem Grund sind Hochwasserdeiche mit Böschungsneigungen von 1:3 steiler als

Hauptdeiche. Die Dichtschicht aus Klei hat eine Stärke von 1 m und soll den Deich vor einem Durchtritt von Sickerwasser schützen (DIN 19712:2013-01, 2013, S. 25 ff.). Die Deichsollhöhe setzt sich aus dem Bemessungswasserstand und einem Freibord zusammen (Brombach et al., 2001, S. 254). Dieser Freibord liegt an den Elbedeichen bei 1 m (NLWKN, 2022, S. 51 f.). Das übliche Bemessungshochwasser für Hochwasserdeiche ist mit einem  $HQ_{100}$ -Abfluss ausgelegt (NLWKN, 2020a, S. 11, 2022, S. 13). In der Norddeutschen Tiefebene ist der Übergang von Hochwasserdeichen zu Hauptdeichen fließend (NLWKN, 2022, S. 16).

Schutzdeiche stellen den Schutz oberhalb von Sperrwerken sicher. Somit gehören sie zwar dem System der Tidedeiche an, schützen allerdings vor dem aufstauenden Wasser, welches nicht abfließen kann, wenn das Sperrwerk gegen eine Sturmflut oder besonders hohe Tide geschlossen ist (§ 2 Abs. 3 f. NDG).

Neben den dargestellten Typen von gewidmeten Deichen gibt es weitere Arten von Verwallungen, diese sind im rechtlichen Sinne jedoch gemäß § 2 NDG keine gewidmeten Bauwerke des Hochwasserschutzes. Unter den Bauwerken des Hochwasserschutzes gibt es jedoch weitere, welche unter bestimmten Bedingungen zum Einsatz kommen. Zu diesen gehören z. B. Schutzdünen, die dem Schutz vor Sturmfluten und dem Erhalt von Inseln dienen (§ 2 Abs. 5 NDG), und Hochwasserschutzwände, welche bei besonders beengten Verhältnissen als eine Ausführung des Hochwasserdeiches verwendet werden können (NLWKN, 2022, S. 15).

In den von Hochwasser und Sturmflut gefährdeten Gebieten Norddeutschlands und somit auch an der Elbe galt früher das sogenannte Spatenrecht, welches implizierte, dass jeder der im deichgeschützten Gebiet wohnt, den Verpflichtungen des Deichbaus und des Hochwasserschutzes nachkommen muss (Brundiers & Utecht, 1999, S. 8; Pierer's Universal-Lexikon, 2020). Diese Deichpflicht existiert auch heute und schreibt vor, dass alle Eigentümer im deichgeschützten Gebiet zur gemeinsamen Deicherhaltung verpflichtet sind (§ 6 NDG). Zu diesem Zweck gibt es nach § 7 NDG Deichverbände, die stellvertretend für die Eigentümer im deichgeschützten Gebiet die Deichunterhaltung übernehmen. Dafür zahlen die betroffenen Eigentümer ihren Beitrag an den Deichverband (§ 9 Abs. 8 NDG). Die Erhebung dieser Beiträge ist im Gesetz über die Wasser- und Bodenverbände (WVG) festgeschrieben. Sie erfolgt individuell nach dem Nutzen der einzelnen Mitglieder und die Beitragshöhe wird in der Satzung des Verbands festgelegt (§§ 28 ff. WVG).

### 2.2.2 Sperrwerke, Siele und Schöpfwerke

Neben den Deichen als zentralen Bauwerken sind für den technischen Hochwasserschutz drei Arten von Anlagen besonders wichtig. Dabei handelt es sich zum Ersten um Sperrwerke, zum Zweiten um Siele und zum Dritten um Schöpfwerke. Mit diesen können die Unterbrechungen der Deichlinie an den Einmündungen von Nebengewässern gegen eindringendes Hochwasser geschlossen werden.

Gleichzeitig kann die Entwässerung der betreffenden Vorfluter und damit des deichgeschützten Gebiets sichergestellt werden (Oumeraci, 2015, S. 798, 803 ff.).

Sperrwerke dienen der Absperrung von Flüssen gegenüber dem Eindringen besonders starker Tiden, insbesondere von Sturmfluten, aus dem Gewässer, in das sie münden (§ 2 Abs. 3 NDG). Sie sind an den Mündungen tidebeeinflusster Flüsse zu finden. Dies können sowohl kleine Flüsse sein, die direkt in das Meer münden, als auch Ästuar, also Mündungstrichter großer Ströme. Eine weitere Gruppe tidebeeinflusster Flüsse, die mit Sperrwerken versehen sein können, sind Nebenflüsse, die in die Ästuar der großen Ströme münden. Da die Sperrwerke für den Schutz gegenüber den Einflüssen von Sturmfluten vorgesehen sind, werden sie auch als Sturmflutsperrwerke bezeichnet. Diese Sturmflutsperrwerke werden, soweit es die örtlichen Gegebenheiten zulassen, möglichst mündungsnah errichtet. Da Sturmflutsperrwerke in die Hochwasserschutzlinie integriert sind, wird der durchgehende Sturmflutschutz sichergestellt und die Hauptdeichlinie, die sonst weite Teile des mündenden Gewässers umspannen müsste, verkürzt sich durch ein Sturmflutsperrwerk. Durch zwei hintereinander liegende Reihen an Verschlussorganen wird eine doppelte Deichsicherheit gewährleistet. Im Normalfall sind Sperrwerke geöffnet und ermöglichen den natürlichen Wasseraustausch im Rahmen der regulären Gezeiten und des Abflusses des mündenden Gewässers. Die Sturmflutsperrwerke werden lediglich im Sturmflutfall aktiv geschlossen (Oumeraci, 2015, S. 803 f.).

Siele sind Bauwerke zur Entwässerung deichgeschützter Gebiete. Sie stellen einen verschließbaren Durchlass in der Deichlinie dar. Als Teil der Hochwasserschutzlinie werden sie durch doppelte Verschlussorgane, wie z. B. Stemmtore, verschlossen. Dadurch wird eine doppelte Deichsicherheit gewährleistet (NLWKN, 2022, S. 15). Siele sind erforderlich, wenn der Wasserspiegel der mündenden Vorflut niedriger als der Wasserspiegel des Gewässers, in das sie einmündet, bei Hochwasser ist. Da in diesem Fall das Hochwasser des Hauptgewässers in das Nebengewässer drücken und zu Überflutungen in dem deichgeschützten Gebiet führen würde, verschließen Siele die Mündung bei Hochwasser des Hauptgewässers. Bei Mittel- und Niedrigwasser bleiben sie geöffnet. Die Steuerung der Sieltore kann hydraulisch, mechanisch oder selbsttätig erfolgen. Somit sind Siele immer dann geöffnet, wenn Wasser durch sie hinausströmen kann, jedoch verhindern ihre Tore das Einströmen von Wasser in das Gewässer und das deichgeschützte Gebiet (Oumeraci, 2015, S. 804 f.; Patt et al., 2021, S. 299 f.).

Schöpfwerke werden benötigt, wenn die Entwässerung eines deichgeschützten Gebiets dauerhaft oder temporär nicht durch eine Vorflut mit offenem Abfluss in ein übergeordnetes Fließgewässer sichergestellt ist. Dies tritt neben vollständig eingedeichten Gebieten, wie es bspw. bei Ringdeichen der Fall ist, auch bei temporär verschlossenen Mündungen von Gewässern ein. Somit werden Schöpfwerke häufig als Ergänzung zu Sielen oder Sperrwerken eingesetzt, um die Entwässerung des Hinterlands während der Schließung des Siels oder des Sperrwerks zu ermöglichen und den

Wasserspiegel zu halten. Dies ist erforderlich, da die Wasserspiegellage des Gewässers, dessen Abfluss durch ein verschlossenes Sperrwerk oder Siel aufgestaut wird, über den Zeitraum des Verschlusses steigt und Überflutungen resultieren können. Dabei wird Wasser aus der aufgestauten Vorflut mit Hilfe von einer oder mehreren Pumpen auf die erforderliche Höhe und die außenliegende Seite des Deichs gefördert. Das Eindringen von Wasser in umgekehrter Richtung wird durch eine Rückschlagklappe verhindert (Oumeraci, 2015, S. 804 f.; Patt et al., 2021, S. 299 ff.). Die Schöpfwerke sind dabei in die Hochwasserschutzlinie integriert (NLWKN, 2022, S. 15 f.).

### 2.2.3 Düker und Drosselschütze

Düker sind Durchlassbauwerke, die Kreuzungen von Gewässern oder Leitungen mit anderen Gewässern oder Verkehrswegen in ähnlicher oder niedrigerer Höhenlage ermöglichen. Zur Vereinfachung werden im Folgenden Düker betrachtet, die die Kreuzung zweier Gewässer ermöglichen, bei denen die höchstmögliche Wasserspiegellage des einen Gewässers oberhalb der Sohlenhöhe des anderen Gewässers liegt, sodass eine Unterführung nicht realisierbar ist. Dies kann z. B. bei einer Kreuzung zwischen einem Gewässer und einem künstlichen Kanal der Fall sein. Dabei wird zumeist das kleinere Gewässer – wie ein Vorfluter dessen Durchgängigkeit gewahrt werden muss, an den allerdings keine weiteren Anforderungen, wie die Schiffbarkeit gestellt werden – mit einem Düker unter dem größeren Gewässer, etwa einem schiffbaren Kanal, hindurchgeführt (Anselm et al., 2015, S. 525). Die Dükerleitungen können entweder viereckig oder rund ausgeführt sein. Je nach Größe können sie aus Stahlbeton, Stahl, Kunststoff oder anderen Baustoffen bestehen. Bei Gewässern wird häufig Stahlbeton eingesetzt (Urban & Zimmermann, 2015, S. 950 ff.).

Wie in Abbildung 2 zu sehen, liegt dabei die Höhe des Einlaufbauwerks nur minimal über der des Auslaufbauwerks, während die Dükerleitungen unter der Sohle des gekreuzten Gewässers hindurch abgesenkt sind. Dies führt zu einem Einstau des Gewässers im Düker (Anselm et al., 2015, S. 525). Dadurch ist der Düker in dem abgesenkten Bereich immer vollständig geflutet. Nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren gleichen sich die Wasserspiegellagen vor und nach der Absenkung an, sodass ein Durchfluss entsteht (Berliner Wasserbetriebe, 2020, S. 1 f.; Helbig, 2015, S. 1 f.). Damit dies funktioniert, muss der Düker auf den erwartungsgemäßen Abfluss des Gewässers bemessen sein. Außerdem sollte eine Fließgeschwindigkeit von mindestens 0,3 m/s bei Mittelwasser erreicht werden, um Ablagerungen zu vermeiden (Anselm et al., 2015, S. 525). Bei Gewässern mit stark schwankenden Abflüssen, da sie z. B. Hochwasser führen können, wird die Anpassung an die benötigte Auslastung des Dükers durch mehrere Dükerleitungen ermöglicht. Dabei werden mit steigender Wasserspiegellage vor dem Einlauf mehr Leitungen durchströmt. Dies wird durch verschieden hohe Überlaufwände vor den einzelnen Dükerleitungen realisiert. Dabei können die verschiedenen Leitungen bspw. für Niedrigwasser, Mittelwasser und Hochwasser vorgesehen sein (Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal [WSA MLK/ESK], 2011, 2012a, 2012b; Wasserstraßen- und

Schiffahrtsamt Uelzen [WSA UE], 1985a, 1985b). Gegen das Eindringen von Geschwemmsel dienen Rechen vor den Dükerleitungen am Einlaufbauwerk.

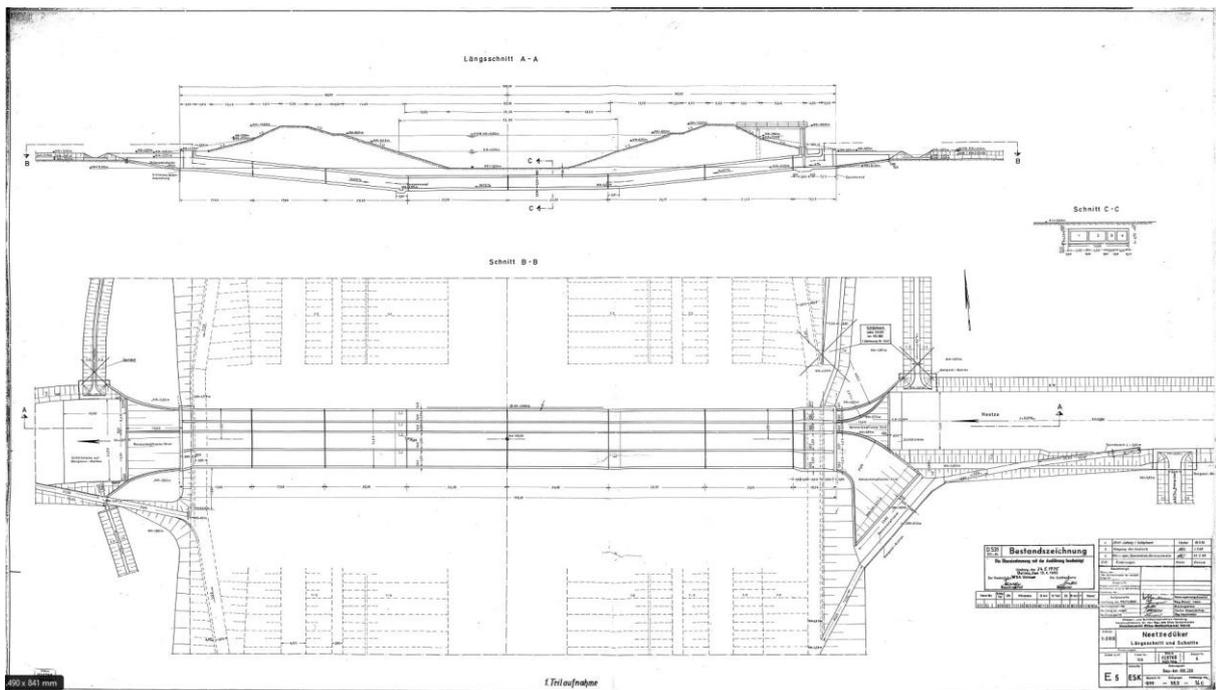


Abbildung 2: Bestandszeichnung Schnitte des Neetzedükers (WSD HH Nba ESK Nord, 1985)

Drosselschütze sind Verschlusseinrichtungen, mit denen der Durchfluss bei Durchlassbauwerken, wie z. B. Dükern, gedrosselt werden kann. (Patt et al., 2021, S. 240). Dies wird durch den anteiligen oder kompletten Verschluss der Bauwerksöffnung mit einer Verschlussstafel, welche Bestandteil des Drosselschützes ist, ermöglicht (Patt et al., 2021, S. 240; Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauamt Elbe-Seitenkanal Nord [WSD HH Nba ESK Nord], 1975a). Die Verschlussstafel des Drosselschützes verläuft in Führungsschienen, welche in das Öffnungsbauwerk, z. B. ein Einlaufbauwerk eines Dükers, integriert sind (Abbildung 3). Diese halten die Drosselschütze gegen den, durch einen Verschluss steigenden, Wasserdruck in ihrer Position (WSD HH Nba ESK Nord, 1975b). Den dritten Bestandteil bildet die Steuerungseinheit. Diese besteht aus einem Steuerstand, einem Antrieb und einer Möglichkeit der Kraftübertragung zum Drosselschütz. Bei einem Drosselschütz zum Verschluss eines Dükerbauwerks wird die Kraftübertragung durch Ketten realisiert, an denen das Drosselschütz senkrecht aufgehängt ist (Abbildung 3). Die Höhenverstellung ermöglicht eine Winde, welche oft mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet ist. Allerdings wird in vielen Fällen die Möglichkeit eines manuellen Betriebs durch Entkoppeln des Motors und die Bedienung der Winde über ein Handrad vorgesehen (Abbildung 4). Dies ist



Abbildung 3: Drosselschütztafeln am Neetzedüker (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)



Abbildung 4: Winde im Drosselschützsteuerstand des Netzedükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)

aufgrund des enormen Gewichts der Drosselschütze mit einem erhöhten Arbeitsaufwand bei der Öffnung verbunden. Der Steuerstand ist zur Vermeidung häufiger Kraftumlenkungen direkt über den Drosselschützen platziert

(Abbildung 5). Ausschlaggebend für die Höhe der

Positionierung ist dabei der höchste

anzunehmende Wasserstand (Peters, persönliche Mitteilung, 2023).



Abbildung 5: Drosselschütze und Steuerstand des Netzedükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)

## 2.3 Hochwassermeldestufen

Da jedoch bautechnische Hochwasserschutzmaßnahmen keinen absoluten Schutz vor Schäden aus Hochwasserereignissen bieten können, sind darüber hinaus die organisatorischen Maßnahmen, um vorbereitet mit Hochwasserereignissen umzugehen, erforderlich (Abel & Breske, 2015, S. 5; Patt, 2001, S. 3). Zu diesen organisatorischen Maßnahmen gehören u. a. die Unterhaltung von Hochwasserpegeln, die Auswertung der dazugehörigen Daten und die Meldung bzw. Alarmierung der zuständigen Stellen bei dem Erreichen spezifischer Pegelstände. Solche Maßnahmen sind in Hochwasseralarmplänen vorgesehen und an gewisse Melde- bzw. Alarmstufen gekoppelt. Diese basieren auf konkreten Kriterien, welche für die verschiedenen Hochwasserpegel festgelegt sind (Bartmann, 2006, S. 248 f.; Brombach et al., 2001, S. 382 ff.).

Die jeweiligen Melde- bzw. Alarmstufen weichen in unterschiedlichen Bundesländern voneinander ab, allerdings sind viele Überschneidungen vorhanden (Bartmann, 2006, S. 248 f.; Bayerisches Landesamt für Umwelt [LfU] & Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg [LUBW], o. J.). Das Land Niedersachsen hat dabei ein System aus drei Hochwassermeldestufen und vier Sturmflutmeldestufen. Bei der Verwendung für Meldepegel erfolgt eine farbliche Darstellung der Meldestufen. Während für die Sturmflutmeldestufen zwischen einer kleinen (gelb), mittleren (orange), schweren (rot) und sehr

schweren (violett) Sturmflut unterschieden wird, erfolgt bei den Hochwassermeldestufen eine Beschreibung anhand von Kriterien des Überschwemmungsausmaßes. Eine Hochwassermeldestufe gilt von der Erfüllung des erforderlichen Kriteriums bis zum Erreichen der nächsthöheren Meldestufe. Die erste Hochwassermeldestufe wird durch einen bordvollen Abfluss beschrieben und kann den Beginn erster Ausuferungen an vereinzelt Stellen enthalten. Sie wird in Gelb dargestellt. Bei der zweiten Hochwassermeldestufe beschränken sich die Ausuferungen vorwiegend auf land- und forstwirtschaftliche Flächen. Die Darstellung erfolgt in Orange. Charakteristisch für die dritte Hochwassermeldestufe sind großflächige Überschwemmungen. Außerdem besteht die Möglichkeit der Überflutung vereinzelter Grundstücke, Straßen und Keller. Für die farbliche Kennzeichnung ist Rot gewählt (LfU & LUBW, o. J.; NLWKN, 2020d, 2022, S. 28).

Durch die unteren Katastrophenschutzbehörden, welche bei den Landkreisen oder kreisfreien Städten angesiedelt sind, können darüber hinaus eigene Richtwasserstände an bestimmten Pegeln als Alarmstufen festgelegt werden. An die Alarmstufen werden definierte Aufgaben gekoppelt. Diese werden dann in den Deichverteidigungsordnungen (DVO) und Deichwachordnungen (DWO) der jeweiligen Deichverbände genauer beschrieben (Abel & Breske, 2015, S. 14; §§ 3 ff. DVO Landkreis Lüneburg ADV; § 3 DWO ADV).

## 2.4 Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz

Grundsätzlich sind gemäß § 2 Abs. 2 des Niedersächsischen Kommunalverfassungsgesetzes die Gemeinden Träger aller öffentlichen Aufgaben in ihrem Gemeindegebiet, sofern die Aufgaben nicht durch Rechtsvorschriften anderweitigen Trägern zugewiesen sind. So gehört der Hochwasserschutz ebenfalls in den Aufgabenbereich der Gemeinden. Ausnahmen bilden Aufgaben mit denen explizit andere Stellen, bei gewidmeten bautechnischen Anlagen etwa Deichverbände oder das Land, betraut sind (NLWKN, 2015b, S. 1; §§ 1 Abs. 1, 3 Abs. 1, 97 Abs. 1 NPOG). Insbesondere die Zuständigkeit für die örtliche nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr, worunter die Belange des operativen Hochwasserschutzes fallen, obliegt den Gemeinden nach § 1 Abs. 1 des Niedersächsischen Polizei- und Ordnungsbehördengesetz (NPOG). Neben der Abwehr akuter Gefahren sieht § 1 NPOG präventive Vorbereitungen für den Schutz vor potenziell kommenden Gefahrenlagen vor. Da große Teile des bautechnischen Hochwasserschutzes durch die Widmung von Deichen und landeseigenen Hochwasserschutzanlagen in der Verantwortung der Deichverbände bzw. des Landes liegen, beschreiben vor allem die Organisations- und Verhaltensvorsorge sowie das Maßnahmenmanagement den Aufgabenbereich der Gemeinden im Hochwasserschutz (NLWKN, 2015b, S. 1 f.). Diese werden ergänzt durch Aufgaben des Flächenmanagements (NLWKN, 2015b, S. 2 f.), auf welche im Folgenden nicht genauer eingegangen wird.

Die Aufgaben der örtlichen Gefahrenabwehr sind dabei unterteilt in Vorsorgemaßnahmen (FGG Elbe, 2021, S. 130) und operative Maßnahmen. Die Vorsorgemaßnahmen fallen in den Bereich der Organisationsvorsorge (Kapitel 2.1) und werden von den zuständigen Gefahrenabwehrbehörden der Gemeinden durchgeführt. Diese sollten im Sinne ihrer Aufgabe der Vorbereitung auf die Abwehr zukünftiger Gefahren die Erstellung von Gefahrenabwehrplänen für ihr Gemeindegebiet vornehmen. Dabei steht zum einen die Sicherstellung der nötigen Ressourcen für mögliche Gefahrenlagen, wie ein Hochwasserereignis, im Fokus. Die nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr wird auf Gemeindeebene zumeist mit den gemeindlichen Aufgaben zum Brandschutz und zur Hilfeleistung verbunden, für welche die Gemeinden eine ausreichend leistungsfähige Feuerwehr aufzustellen haben. Zum anderen werden im Rahmen der Gefahrenabwehrplanung für bestimmte Einsatzlagen, die über Brandschutz und Hilfeleistung hinausgehen, situativ angepasste Alarm- und Einsatzpläne erstellt, um ein schnelleres und sichereres Vorgehen in Situationen wie einem Hochwasserereignis zu ermöglichen. Dies betrifft Gefahrenszenarien, deren Eintritt besonders wahrscheinlich ist oder bei denen ein besonders großes Schadenspotenzial vorliegt (FGG Elbe, 2021, S. 130; §§ 1 f. NBrandSchG; NLWKN, 2015a, S. 8, 2015b, S. 1 f.; §§ 1 Abs. 1, 3 Abs. 1 NPOG).

Die operativen Maßnahmen sind dem Maßnahmenmanagement zuzuordnen. Grundlage für das Gelingen dieser Maßnahmen ist die Vorbereitung durch die Vorsorgemaßnahmen. Auf Basis der Vorsorgemaßnahmen können der örtliche Gefahrenabwehrstab und die Technische Einsatzleitung (TEL) vor Ort angemessen und schnell auf die Gefahrenlage reagieren (Brombach et al., 2001, S. 364 ff.; Feuerwehr-Dienstvorschrift 100, 1999, Kap. 3.2). Die operative Gefahrenabwehr auf Gemeindeebene wird, über Brandschutz und Hilfeleistungen hinaus, durch die gemeindliche Feuerwehr abgedeckt. Somit sind die ausführenden Kräfte bei Hochwasserereignissen auf örtlicher Ebene zumeist die Feuerwehren. Diese sind deutschlandweit sowie in den meisten niedersächsischen Gemeinden überwiegend als freiwillige Feuerwehren organisiert (Landesfeuerwehrverband Niedersachsen, 2020; § 2 NBrandSchG; §§ 1 Abs. 1, 3 Abs. 1 NPOG; Deutscher Feuerwehrverband e.V., 2020).

Da das Ausmaß dieser Aufgaben bei einigen Hochwasserereignissen die Möglichkeiten der Gemeinden deutlich übersteigen kann, wird der Katastrophenschutz nach § 2 Abs. 1 NKatSG durch die Landkreise und kreisfreien Städte sichergestellt. Der Katastrophenschutz bezieht sich in Hinblick auf Hochwasserereignisse insbesondere auf Aufgaben, welche die Mittel und Möglichkeiten einzelner Gemeinden deutlich übersteigen, oder Hochwasserlagen, welche die Gebiete mehrerer Gemeinden betreffen (§ 1 NKatSG). Zu diesem Zweck werden Vorsorgemaßnahmen zur Organisationsvorsorge auf überörtlicher Ebene von den Katastrophenschutzbehörden der Landkreise oder kreisfreien Städte vorgenommen. Dabei kann ähnlich wie in der örtlichen Gefahrenabwehr zwischen der Sicherstellung der nötigen Ressourcen für mögliche Katastrophenlagen sowie der Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen im Rahmen der Katastrophenschutzplanung für besonders wahrscheinliche oder durch

ihr Schadenspotenzial besonders schwerwiegende Katastrophenszenarien unterschieden werden. Die Vorsorgemaßnahmen auf Gemeindeebene finden dabei Berücksichtigung (§§ 1, 5 NKatSG). Ebenfalls dem Katastrophenschutz zuzuordnen sind überörtliche Aufgaben des Maßnahmenmanagements. Deren Gelingen basiert auf geeigneten Vorsorgemaßnahmen, welche es dem Katastrophenschutzstab ermöglichen schnell und kompetent den Katastropheneinsatz zentral zu koordinieren. Der Katastrophenschutzstab tritt zusammen, wenn der Katastrophenfall ausgerufen wird. Die zentrale Leitung des Katastrophenschutzstabes und somit des Einsatzgeschehens im Katastrophenfall übernimmt dabei der Landrat bzw. Oberbürgermeister als Hauptverwaltungsbeamter (§ 6 Abs. 1 NKatSG). Für den Katastrophenfall ist nach § 10 NKatSG ein Katastrophenschutzplan durch die untere Katastrophenschutzbehörde der Landkreise zu erstellen. In diesem sind die entsprechenden Alarmierungsverfahren und die benötigten Einsatzressourcen sowie Sofortmaßnahmen aufzuführen. Außerdem kann der Katastrophenschutzplan für besondere Gefahrenlagen Sonderpläne enthalten. Dieser hat in Niedersachsen flächendeckend den gleichen Aufbau, welcher im Runderlass des Ministeriums für Inneres und Sport (MI) vom 21.12.2011 über den Katastrophenschutzplan gemäß § 10 NKatSG (RdErl. d. MI v. 21. 12. 2011) festgeschrieben ist. Zwar ist der Runderlass 2019 außer Kraft getreten, jedoch findet er in Ermangelung einer Nachfolgeregelung weiterhin in der Praxis Verwendung (Westermann, E-Mail, 2023). Der allgemeine Katastrophenschutzplan soll dabei eine schnelle Alarmierung sowie die verzögerungsfreie Einleitung von Maßnahmen, welche zuvor mit ausreichender Wahrscheinlichkeit abgesehen werden können, enthalten (RdErl. d. MI v. 21. 12. 2011). Die vorgegebene Mustergliederung enthält u. a. Kapitel zur Feststellung des Katastrophenfalls, Einberufung des Katastrophenschutzstabes sowie Meldeschemata für verschiedene Katastrophenszenarien und eine Auflistung von zuständigen Behörden und Institutionen (Anlage des RdErl. d. MI v. 21. 12. 2011). In der Umsetzung bedeutet dies, dass vor allem die Kontaktdaten der zuständigen Personen und Funktionen in Abhängigkeit des Szenarios aufgeführt werden (Westermann, E-Mail, 2023). Für ausgewählte Objekte in den Landkreisen, z. B. Störfallbetriebe nach EU-Richtlinie 2012/18/EU und andere Betriebe und Einrichtungen, von denen besondere Gefahren ausgehen können, müssen externe Notfallpläne enthalten sein (§§ 10a ff. NKatSG). Darüber hinaus können die unteren Katastrophenschutzbehörden weitere Sonderpläne für landkreistypische Gefahrenszenarien oder besondere Gefahrenpotenziale erstellen. Dies können z. B. Deichverteidigungspläne sein (RdErl. d. MI v. 21. 12. 2011; Westermann, E-Mail, 2023). Für diese Sonderpläne gibt es keine einheitlichen Vorgaben, somit können diese von den unteren Katastrophenschutzbehörden frei angefertigt werden (Westermann, E-Mail, 2023). Der Katastrophenschutzstab berät die Katastrophenschutzbehörde des Landkreises bei einsatzvorbereitenden Maßnahmen im Rahmen der Organisationsvorsorge (§ 6 Abs. 2 NKatSG). Im Katastrophenfall sollten Vertreter der am Einsatzgeschehen beteiligten Behörden und Organisationen in die Arbeit des Katastrophenschutzstabs einbezogen werden. Dies kann, wenn nicht anderweitig vorgesehen, als Fachberater erfolgen

(§ 6 Abs. 1 Satz 3 NKatSG). Bei besonders großen Katastrophenlagen kann ein Landeskatastrophenschutzstab bei der obersten Katastrophenschutzbehörde des Landes einberufen werden. Diesen leitet der zuständige Staatssekretär (§ 6 Abs. 3 NKatSG).

Im Rahmen der Amtshilfe können außerdem weitere Einheiten, so etwa die Einheiten des Bundes, hinzugezogen werden. Zwar liegen Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz im Inland nicht in der Zuständigkeit des Bundes und sind somit nicht Aufgabe des Technischen Hilfswerks (THW), der Bundeswehr und der Bundespolizei, allerdings kann durch die örtliche Gefahrenabwehr oder den Katastrophenschutz auf die materiellen und personellen Ressourcen sowie die zusätzlichen Kompetenzen im Rahmen der Amtshilfe zugegriffen werden. Am Beispiel des THWs, welches für den Zivilschutz vorgesehen ist und außerdem im Rahmen der Katastrophenhilfe im Ausland eingesetzt wird, ist die Möglichkeit der Amtshilfe in § 1 THW-Gesetz (THWG) neben den Kernaufgaben des THWs vorgesehen. Dies sieht der Grundsatz der Katastrophenhilfe nach § 12 Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz (ZSKG) vor. Darin ist festgeschrieben, dass die Zivilschutzeinrichtungen des Bundes den Ländern im Rahmen der Katastrophenhilfe für Aufgaben des Katastrophenschutzes zur Verfügung stehen. In den §§ 13 f. ZSKG ist diese Unterstützung des Bundes gegenüber den Ländern im Rahmen der Katastrophenhilfe auf spezielle Ausstattungen sowie Aus- und Fortbildungen ausgeweitet. Unterstützende Kräfte des THW sind dabei nach § 1a Abs. 3 THWG der Amtshilfe anfordernden Stelle unterstellt. Sofern die Amtshilfe im überwiegend öffentlichen Interesse geschieht, wie es bei Einsatzunterstützung in der Gefahrenabwehr der Fall ist, sollen die entstandenen Kosten nach § 6 Abs. 1 THWG den Gemeinden bzw. den Landkreisen nicht in Rechnung gestellt werden. Bei Einsätzen der Katastrophenhilfe nach ZSKG gilt dies ebenfalls.

## 2.5 Störfallbetriebe

Mit der EU-Richtlinie 2012/18/EU zur Beherrschung der Gefahren schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, der sogenannten Seveso-III-Richtlinie, soll die Eintrittswahrscheinlichkeit von Unfällen mit gefährlichen Stoffen und das Schadensausmaß solcher Unfälle auf die Umwelt und die Gesundheit der Menschen vermindert werden (Art. 1 EU-Richtlinie 2012/18/EU). Die Seveso-III-Richtlinie beschreibt dabei die Vorgaben zum Umgang mit Betrieben, in denen gefährliche Stoffe über bestimmten Grenzwerten vorhanden sind. Diese werden häufig als Störfallbetriebe bezeichnet, da ein Störfall in diesen Betrieben große Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt haben kann. Die Betriebe werden anhand der Menge gefährlicher Stoffe in die untere Klasse (uK) oder die obere Klasse (oK) des Betriebsbereiches eingeteilt. Für die oK existieren strengere Vorgaben, da in diesen Betrieben größere Mengen gefährlicher Stoffe vorliegen (Art. 3 EU-Richtlinie 2012/18/EU). Als Maßnahme für alle Betriebe sieht die Seveso-III-Richtlinie u. a. eine behördliche Überwachung vor. Im Rahmen dieser sind Mitteilungen über den Betrieb und alle Veränderungen an die zuständige Behörde zu übermitteln und Inspektionen durch diese vorgeschrieben. Außerdem sind Konzepte zur Verhütung

schwerer Unfälle zu erstellen und Domino-Effekte bei dicht aneinander gelegenen Anlagen zu vermeiden (Art. 7 ff., 11, 20 EU-Richtlinie 2012/18/EU). Bei den Betrieben der oK erfolgen die Begehungen häufiger und es sind Sicherheitsberichte und Notfallpläne zu erstellen (Art. 10, 12, 20 EU-Richtlinie 2012/18/EU). Darüber hinaus wird festgelegt, welche Informationen nach einem schweren Unfall in einem Betrieb weitergegeben werden müssen (Art. 16 ff. EU-Richtlinie 2012/18/EU).

Die Vorgaben der Seveso-III-Richtlinie werden durch die 12. Bundesimmissionsschutzverordnung (12. BImSchV) zur Umsetzung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) in nationales Recht in Deutschland übernommen. Die Pflicht des Betreibers zum Treffen von Maßnahmen wird auf drei Bereiche konkretisiert, um das Störfallrisiko zu vermindern. Dies umfasst Auslöser durch betriebliche Gefahrenquellen, umgebungsbedingte Gefahrenquellen, zu denen z. B. Hochwasser zählt, sowie den Eingriff Unbefugter (§ 3 12. BImSchV). Dabei wird zwischen drei Arten von Pflichten unterschieden. In den Grundpflichten sind u. a. das Konzept zur Verhinderung von Störfällen nach § 8 12. BImSchV für alle Betriebe sowie weitere Aufgaben, die alle Störfallbetriebe betreffen, festgelegt (§§ 3 ff. 12. BImSchV). Darüber hinaus sind in den erweiterten Pflichten Auflagen aufgeführt, welche nur für Betriebe der oK bindend sind (§§ 9 ff. 12. BImSchV), wie z. B. der Sicherheitsbericht nach § 9 12. BImSchV und die Alarm- und Gefahrenabwehrpläne nach § 10 12. BImSchV. Alle Störfallbetriebe müssen jedoch nach § 6 Abs. 2 f. 12. BImSchV der Behörde die geforderten Informationen zur Verfügung stellen, die diese z. B. für die Erstellung von Alarm- und Gefahrenabwehrplänen benötigt. Weitere Aufgaben der Behörden, wie z. B. die Überwachung der Betriebe nach den §§ 16 f. 12. BImSchV, sind in dem Abschnitt Behördenpflichten festgelegt (§§ 13 ff. 12. BImSchV). Außerdem müssen Störfallbetriebe nach § 8a 12. BImSchV Informationen für die Öffentlichkeit zur Verfügung stellen. Nach § 11 12. BImSchV sind diese für Betriebe der oK weiterführend zu ergänzen.

Die Vorgaben des BImSchG und der 12. BImSchV werden in Niedersachsen durch das Niedersächsische Störfallgesetz (StörfG) ergänzt. Darin werden insbesondere die Zuständigkeiten auf Seiten der Behörden und deren Befugnisse in Niedersachsen ergänzt und die Beziehungen zu anderen Gesetzen, wie bspw. dem Grundgesetz (GG), dargestellt. So ermöglicht z. B. § 4 Abs. 2 StörfG den unangekündigten Zugang für die erforderlichen Inspektionen durch eine Einschränkung von Art. 13 GG, der Unverletzlichkeit der Wohnung. Als zuständige Behörden für die Ausführung des Gesetzes werden in § 5 StörfG die Staatlichen Gewerbeaufsichtsämter (GAA) benannt. Die Inspektionen der Betriebe sind auf Basis von Art. 20 EU-Richtlinie 2012/18/EU und § 17 12. BImSchV in einem Überwachungsplan vorzusehen. Für Niedersachsen ist dieser Überwachungsplan im 12. BImSchV-Überwachungsplan-Runderlass (12. BImSchV-ÜPRdErl) umgesetzt und als Anlage in der aktuell gültigen Fassung beigefügt.

## 2.6 Hydraulische Modellierung

Durch die hohen Kosten wasserbaulicher Anlagen und die gravierenden Schäden, die durch Fehler oder Ungenauigkeiten im Wasserbau entstehen können, sowie die schlechte Planbarkeit und hohe Komplexität von wasserwirtschaftlich relevanten Naturereignissen, wie bspw. Hochwasserereignissen, werden für viele wasserbauliche oder wasserwirtschaftliche Problemstellungen hydraulische Modelle verwendet. Früher fanden dazu primär physikalische Modelle Verwendung, bei denen eine Nachbildung der Problemstellung in einer Versuchsanlage erfolgt. An dieser können verschiedene Lösungsansätze getestet und die relevanten Parameter analysiert werden (Strobl & Zunic, 2006, S. 519 f.). Heute werden die meisten wasserbaulichen und wasserwirtschaftlichen Problemstellungen mit Hilfe von numerischen Modellen computergestützt nachgebildet (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 389; Strobl & Zunic, 2006, S. 519 f.). Durch den Einsatz von numerischen Modellen können die hohen Kosten sowie der enorme Platzbedarf der physikalischen Modelle vermieden werden und es sind größere Betrachtungsabschnitte möglich (Strobl & Zunic, 2006, S. 528). Bei der Nachbildung des realen Systems durch ein numerisches Modell müssen Vereinfachungen getroffen werden, um die mathematische Lösbarkeit sicherzustellen und die Komplexität des Modells auf die als wesentlich angesehenen Einflussfaktoren zu reduzieren. Dies ist erforderlich, damit die aufgewendeten Ressourcen, wie die benötigte Rechenleistung und -zeit, in Relation zum Nutzen der Ergebnisse stehen. Dabei wird darauf geachtet, dass die Vereinfachungen möglichst wenig Einfluss auf die betrachteten Ergebnisse und somit eine geringe Unsicherheit in ihrem Einsatzbereich haben (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 389, 393 f.).

Diese numerischen oder mathematischen Modelle bilden die Grundlage für die computerbasierte Simulation der verschiedenen wasserwirtschaftlichen Herausforderungen. Dabei ist ein gewisser Betrachtungsbereich, etwa ein Fließgewässer und seine potenziellen Überschwemmungsgebiete oder ein Einzugsgebiet, mit seinen gebietsbezogenen Faktoren und physikalischen Parametern digital nachgebildet. Für die Untersuchung der Problemstellung stehen abhängig von dem Einsatzzweck des Modells andere Parameter im Fokus. Die komplexen Berechnungen solcher numerischen Modelle erfordern genügend Rechenleistung der genutzten Computer und können je nach Umfang zeitaufwendig sein. Dafür besteht jedoch neben der Auswertung der betrachtungsrelevanten Daten auch die Möglichkeit die Simulationsergebnisse grafisch darzustellen. Beispiele für den Einsatz von numerischen Modellen sind Wasserabflussmodelle, wie sie für die Betrachtung von Hochwasserwellen verwendet werden, Küstenmodelle oder Grundwassermodelle. Eine Kombination mehrerer Arten von numerischen Modellen, wie etwa bei Wasserhaushaltsmodellen, ist möglich. Dadurch wird allerdings die Komplexität des betrachteten Systems erweitert (Strobl & Zunic, 2006, S. 534 ff.). Der Einsatzzweck des Modells und die benötigten Ergebnisse bestimmen dabei die Auswahl des Modells (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 393 f.).

Im Hochwassermanagement sind Niederschlags-Abfluss-Modelle (N-A-Modelle) besonders wichtig, da mit diesen, auf Basis der komplexen Wechselwirkungen zwischen Niederschlägen und Abflüssen in einem Einzugsgebiet, die Jährlichkeiten von Hochwasserabflüssen sowie die Ganglinien und wichtigen Parameter, wie Abflüsse und Wasserstände, für die maßgebenden Hochwasserereignisse ermittelt werden können. Somit sind die N-A-Modelle auch Grundlage für die Bemessung verschiedener wasserbaulicher Anlagen (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 394 ff.; Strobl & Zunic, 2006, S. 44 ff.). Bezogen auf das betrachtete Gebiet können dabei zwei Arten der Simulation durchgeführt werden. Die Analyse stellt die Abflussentwicklung auf Basis gemessener Niederschlagswerte dar. Diese wird z. B. für Hochwasservorhersagen eingesetzt. Die Synthese ermöglicht die Darstellung der zugehörigen Abflüsse für jedes beliebige angenommene Niederschlagsszenario im Analysegebiet (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 400). Letztere bietet die Möglichkeit eine Grundlage zur Quantifizierung von Hochwassergefahren zu erstellen, da vergleichbare Ausgangsszenarien in verschiedenen Gebieten angesetzt werden können (Niekamp, 2001, S. 441 f.). Bei besonders großen Flusssystemen, die sich aus mehreren Teileinzugsgebieten zusammensetzen, werden die einzelnen Ergebnisse der jeweiligen N-A-Modelle als Anfangsbedingungen für ein Abflussmodell des Hauptgewässers genutzt (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 412 f.).

Für einen großen Strom wäre ein N-A-Modell zu komplex. Außerdem ist in einem solchen das Abflussverhalten der Hochwasserwelle von besonderem Interesse (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 412 f.). Bei Abflussmodellen in Fließgewässern wird vor allem die Veränderung der Hochwasserwelle anhand gewisser Parameter, wie bspw. Abfluss und Wasserstand am Hochwasserscheitel, betrachtet und der Einfluss verschiedener Ereignisse und Maßnahmen auf diese ermittelt (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 412 f.; Strobl & Zunic, 2006, S. 536). Abhängig von den Anforderungen an die Ergebnisse, die Komplexität der bearbeiteten Aufgabe und den für die Simulation erforderlichen Einflussparameter des betrachteten Gebiets kann ein 1D-, 2D- oder 3D-Modell verwendet werden. Bei einem 3D-Modell werden mehr Einflussfaktoren berücksichtigt als bei einem 1D-Modell, wodurch ein detaillierteres Ergebnis erzielt werden kann. Dafür übertrifft die Komplexität des 3D-Modells deutlich die des 1D-Modells, was eine höhere Rechenleistung erfordert und zu längeren Rechenzeiten führt (Strobl & Zunic, 2006, S. 536). Die Grundlage für alle drei Modelltypen bilden die 3D-Reynolds-Gleichungen. Diese werden für 1D- und 2D-Modelle entsprechend vereinfacht (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 413 f., 417 f.), sodass bei 2D-Modellen die Strömungsgeschwindigkeit in vertikaler Richtung, also die z-Komponente der Strömung, wegfällt. Dies wird als tiefengemittelt bezeichnet. Bei 1D-Modellen fällt darüber hinaus die Differenzierung über die Breite weg, sodass lediglich die x-Komponente der Fließgeschwindigkeit, also das Strömungsverhalten in Hauptströmungsrichtung, Betrachtung findet, während die laterale Dimension in y-Richtung ebenso wie die vertikale z-Komponente wegfallen (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 413 f., 417 f.; Strobl & Zunic, 2006, S. 537 ff.). Aufgrund der starken Vereinfachungen bei 1D-Modellen sind diese für die Simulation von Hochwasserwellen nur so lange

geeignet, wie der komplette Hochwasserabfluss innerhalb des Flussbetts erfolgt und dessen Ufer nicht übertreten werden. Dafür ermöglichen sie Betrachtungen von langen Flusssystemen, die mit geringem zeitlichem Aufwand hinreichend genaue Ergebnisse liefern (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 417; Strobl & Zunic, 2006, S. 536 f.). Die wesentlich aufwendigeren 2D-Modelle, bei denen neben der Hauptströmungsrichtung auch laterale Strömungen berücksichtigt werden, sind für die meisten Aufgaben im Hochwassermanagement geeignet. So werden sie bspw. für die Ermittlung von Überschwemmungsgebieten, die Bemessung von Hochwasserschutzmaßnahmen oder die Untersuchung von Damm- bzw. Deichbruchszenarien verwendet (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 417; Strobl & Zunic, 2006, S. 538 f.). Eine Kopplung von 1D- und 2D-Modellen, bei denen das 1D-Modell den Flusslauf und das 2D-Modell die angrenzenden Überschwemmungsgebiete abdeckt, kann realisiert werden. Diese reduziert zum einen die Rechenzeit gegenüber einem reinen 2D-Modell, ermöglicht jedoch zum anderen die Betrachtung des zweidimensionalen Strömungsverhaltens außerhalb des Flussbetts (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 418; Strobl & Zunic, 2006, S. 536). Der Einsatz von 3D-Modellen ist aufgrund ihrer hohen Komplexität zum aktuellen Zeitpunkt ungeeignet für die Betrachtung größerer Gebiete, wie es für das Hochwassermanagement i. d. R. nötig ist. Die Vorteile der Einbeziehung der vertikalen Strömungsrichtung sind besonders bei Detailbetrachtungen, wie etwa der Simulation einzelner Wellen, gegeben. Die Nachteile des zusätzlichen Bedarfs an Rechenleistung und -zeit überwiegen für die meisten Anforderungen des Hochwassermanagements bislang den Nutzen der Betrachtung der dritten Dimension (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 418; Strobl & Zunic, 2006, S. 540).

Sowohl N-A-Modelle als auch Abflussmodelle finden sich im HWRM-Zyklus der LAWA sowie den drei Säulen des Hochwassermanagements wieder. N-A-Modelle werden u. a. aufgrund ihrer Verwendung für die Hochwasservorhersage primär im Bereich der organisatorischen Vorsorgemaßnahmen eingesetzt. Abflussmodelle werden sowohl im Bereich Vermeidung und Schutz als auch in der Vorsorge verwendet. Als Bemessungsgrundlage im Rahmen der Bauvorsorge oder als Basis der Flächenvorsorge gehören sie dem ersten Bereich an, während sie als Grundlage für die Bedarfsplanung der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes dem zweiten Bereich zuzuordnen sind (Abbildung 1). Die zwei Arten an Modellen können somit als Beitrag zur Organisationsvorsorge bzw. darüber hinaus zur Bauvorsorge nach Kapitel 2.1 betrachtet werden (Rother, 2001, S. 33 ff.; Strobl & Zunic, 2006, S. 538 f.).

Neben dem geeigneten Modelltyp ist die Auswahl der Simulationssoftware erforderlich. Diese ist eng verbunden mit der Auswahl des geeigneten Modelltyps für die betrachtete Fragestellung. Bei der Entscheidung über die Software muss somit die Art des gewünschten Modells bekannt sein, da verschiedene Softwareanbieter unterschiedliche Prozesse und Parameter in den Fokus stellen. Die Unsicherheit der Ergebnisse in den zentralen Bereichen wird dabei möglichst geringgehalten. Es muss

sichergestellt werden, dass die Software für die betrachteten Prozesse geeignet ist und auf Basis der verfügbaren Daten zweckmäßige sowie belastbare Ergebnisse liefern kann. Außerdem sollten die besonderen situativen Möglichkeiten sowie Ausrichtungen der Betrachtung überwiegend Übereinstimmungen zwischen der eigenen Herangehensweise und der Arbeitsweise der Software aufweisen. Dazu gehören u. a. die Möglichkeiten zur automatischen und manuellen Eingabe der Standortmerkmale. Für diese Einschätzung kann auf Referenzwerte und Sensitivitätsuntersuchungen zurückgegriffen werden. Die Darstellungsmöglichkeiten der Ergebnisse können darüber hinaus ausschlaggebend für die Auswahl der Simulationssoftware sein (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 393 f., 419). Im Kern sind somit vor allem die behandelte Aufgabenstellung, das betrachtete Gebiet, die vorhandene Datensituation und die Möglichkeiten zur Bearbeitung wichtig für die Softwareauswahl (Blöschl & Gutknecht, 2015, S. 398).

### 3 Gebietsbetrachtung

Das betrachtete Gebiet befindet sich im Nordosten Niedersachsens, nördlich von Lüneburg. Es liegt an der Elbe im Bereich zwischen Bleckede und Winsen (Luhe). Die Deiche des Artlenburger Deichverbands (ADV) schützen das Gebiet vor dem Eigenhochwasser der Elbe sowie Sturmfluten der Tideelbe (§§ 1 f., Anlage 1 zu § 1 Satzung des Artlenburger Deichverband [ADV]). Mit dem ESK durchquert ein besonderes Bauwerk für die Binnenschifffahrt dieses Gebiet und überquert die kleineren, jedoch für die Entwässerung bedeutenden Fließgewässer der Region (WSA MLK/ESK, 2020a).

Für die Angabe von Höhen werden als Referenzen die Angaben des Nullpunktes bei Normalnull (NN) und Normalhöhennull (NHN) verwendet. Normalnull stellt dabei den veralteten Nullpunkt des Deutschen Höhenreferenzsystems (DHHN) bis 1992 dar. Mit dem DHHN92 und ebenfalls in dem aktuellen DHHN2016 wird Normalhöhennull als Bezugspunkt verwendet. Da ältere Angaben, z. B. aus der Literatur, oft noch nicht in das aktuelle DHHN überführt sind, beziehen sich diese noch auf Normalnull, während neuere Angaben in Normalhöhennull angegeben werden. Angaben in Bezug auf Normalnull und Normalhöhennull weichen in Niedersachsen zwischen -3 mm und +42 mm voneinander ab. Veränderungen zwischen dem DHHN92 und dem DHHN2016 bringen in Niedersachsen eine maximale Höhendifferenz von  $\pm 28$  mm mit sich (Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen [LGLN], 2021). Da das betrachtete Gebiet in der Norddeutschen Tiefebene liegt, ist nur eine sehr geringe Abweichung zu erwarten, weshalb Normalnull und Normalhöhennull im Folgenden synonym verwendet werden.

#### 3.1 Die Elbe

Die Elbe ist mit einer Länge von 1.094 km der drittlängste Fluss Deutschlands (Turulski, 2020). Mit dieser Länge gehört sie zu den bedeutendsten europäischen Strömen (Brundiars & Utecht, 1999, S. 7).

Bei reiner Betrachtung der Flusslänge auf deutschem Bundesgebiet liegt die Elbe mit 727 km an zweiter Stelle (Turulski, 2020), womit sie für Deutschland besondere Relevanz hat.

Ihre Quelle befindet sich in der Nähe der Schneekoppe auf einer Höhe von 1386,3 m NHN im tschechischen Riesengebirge nahe der polnischen Grenze (Brundiars & Utecht, 1999, S. 7; Liedtke & Marcinek, 2002, S. 437), wo sie unter dem Namen Labe entspringt (Brundiars & Utecht, 1999, S. 7; Czaya, 1995, S. 10). Die Quellregion verlässt die Elbe in südwestlicher Richtung bis nach Melnik, wo sie sich, wie in Abbildung 6 zu sehen, mit der bedeutend längeren Moldau vereinigt. Von dort an fließt die Elbe in nordöstlicher Richtung. Zwischen Ústí nad Labem und Dresden übertritt sie die deutsch-tschechische Grenze (Abbildung 6). Ab der Grenze im Elbsandsteingebirge, von wo an sie den Namen Elbe trägt, beginnt eine neue Kilometrierung stromabwärts, auf die im gesamten deutschen Verlauf der Elbe Bezug genommen wird (Brundiars & Utecht, 1999, S. 7, 26). Auf ihrem Weg durch Deutschland durchfließt bzw. tangiert sie die Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Hamburg und Schleswig-Holstein, bevor sie an der Kugelbake bei Cuxhaven in die Nordsee mündet (Czaya, 1995, S. 420 ff.; Internationale Kommission zum Schutz der Elbe [IKSE], 2015). Das Einzugsgebiet der Elbe hat eine Größe von 148.268 km<sup>2</sup> (IKSE, 2015; Liedtke & Marcinek, 2002, S. 437) und erstreckt sich dabei über große Teile Deutschlands und Tschechiens. Ein geringfügiger Anteil von unter einem Prozent des Einzugsgebiets liegt in Polen und Österreich (FGG

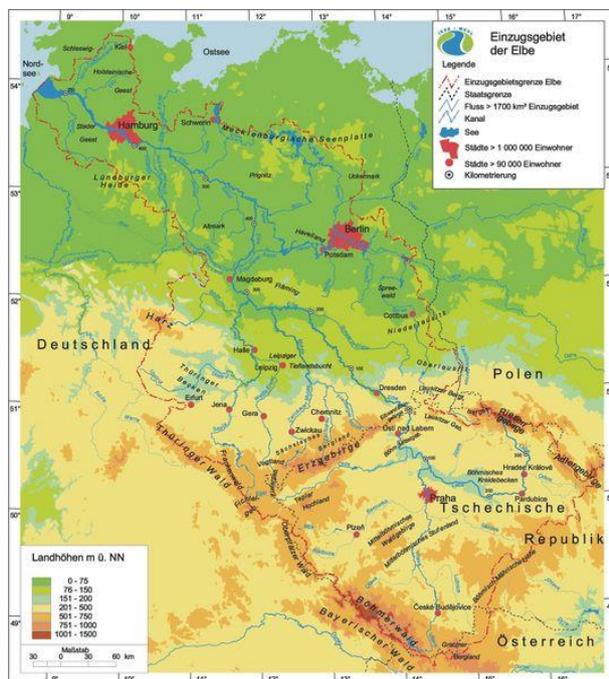


Abbildung 6: Topographie des Einzugsgebiets der Elbe (IKSE, 2015)

Elbe, 2021, S. 28 ff.; IKSE, 2015). Das Einzugsgebiet beschreibt in der Geographie die Fläche in der die gesamte Entwässerung des Gebietes zum Meer über das betrachtete Flusssystem, in diesem Fall die Elbe mit ihren Nebenflüssen, erfolgt. Dabei ist zwischen dem oberirdischen und dem unterirdischen Einzugsgebiet zu unterscheiden, da diese voneinander abweichen können (Spektrum Akademischer Verlag, 2014). Innerhalb von Deutschland verteilt sich dieses Einzugsgebiet über zehn Bundesländer. Neben den sieben direkten Anrainern der Elbe gehören Bayern, Thüringen und Berlin zum Einzugsgebiet der Elbe (FGG Elbe, 2021, S. 37 ff.; IKSE, 2015).

In ihrem Verlauf wird die Elbe nach der Internationalen Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE) in drei Abschnitte unterteilt, welche sich in ihrer Geomorphologie unterscheiden. Von der Elbquelle im tschechischen Riesengebirge bis zum Schloss Hirschstein in Sachsen bei Elbekilometer 96 ist der

Gewässerverlauf auf 463 km durch Mittelgebirgslandschaften geprägt. Dieser Charakter beschreibt die Obere Elbe mit einem Teileinzugsgebiet von 54.170 km<sup>2</sup>. Die Mittlere Elbe ist mit 489 km der längste Elbeabschnitt und reicht vom Schloss Hirschstein, wo sie das Mittelgebirge verlässt und in die Norddeutsche Tiefebene eintritt, bis zu der Wehranlage in Geesthacht bei Elbekilometer 585,9. Aufgrund der Nebenflüsse, denen große eigene Einzugsgebiete angehören, hat die Mittlere Elbe mit 80.843 km<sup>2</sup> das größte Teileinzugsgebiet. Als Tieflandfluss durchquert die Mittlere Elbe dabei die Norddeutsche Tiefebene. Ab dem Wehr Geesthacht bis zur Seegrenze der Elbe bei Elbekilometer 727,7 auf Höhe der Kugelbake in Cuxhaven erstreckt sich mit 142 km Länge die Untere Elbe. Diese hat mit 13.255 km<sup>2</sup> das kleinste Teileinzugsgebiet. Sie ist besonders durch den Einfluss der Gezeiten geprägt, weshalb sie auch als Tideelbe bezeichnet wird (Abel & Breske, 2015, S. 17 ff.; IKSE, 2015). Die Topographie der verschiedenen Abschnitte des Einzugsgebiets der Elbe und dessen Außengrenze sind in Abbildung 6 zu sehen. Das Wehr in Geesthacht schwächt dabei den Einfluss von Ebbe und Flut deutlich ab, jedoch haben die Gezeiten bis zur Tidegrenze bei Lauenburg, etwa 50 km vor Hamburg, Einfluss (Liedtke & Marcinek, 2002, S. 437). Neben der Einteilung der Elbe aufgrund ihrer Topographie nach IKSE, teilt die Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Elbe die deutschen Nebengewässer der Elbe in fünf Koordinierungsräume ein. Diese Koordinierungsräume umfassen jeweils einen der großen Nebenflüsse und dessen Einzugsgebiet. Kleinere direkte Zuflüsse in die Elbe sind dabei durch den entsprechenden Elbeabschnitt in der Namensgebung zu erkennen. Das erste Teileinzugsgebiet Mulde-Elbe-Schwarze Elster umfasst den Abfluss aus dem tschechischen Teileinzugsgebiet der Elbe, sowie den direkten Nebengewässern der Elbe und den großen Nebenflüssen Mulde und Schwarze Elster mit ihren Einzugsgebieten. Das Teileinzugsgebiet Saale umfasst die Saale mit ihren Nebenflüssen. Das Teileinzugsgebiet Mittlere Elbe/Elde umfasst die einzelnen Nebenflüsse der mittleren Elbe sowie das Einzugsgebiet der Elde. Das Teileinzugsgebiet Havel entwässert die Havel und ihre Nebenflüsse in die Elbe, während das Teileinzugsgebiet Tideelbe alle Nebenflüsse der Tideelbe umfasst. Diese Teileinzugsgebiete dienen der Koordinierung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen im deutschen Elbeeinzugsgebiet (FGG Elbe, 2021, S. 37 ff.). Diese Einteilung ist in Abbildung 7 dargestellt.



Abbildung 7: Teileinzugsgebiete in Deutschland (FGG Elbe, o. J.)

Als Bundeswasserstraße ist die Elbe für die deutsche Binnenschifffahrt von großer Bedeutung. Schon etwa seit dem 12. Jahrhundert wird die Elbe für den Transport von Gütern und Personen genutzt (Brundiers & Utecht, 1999, S. 7 ff.). Vor dem Ausbau der Elbe im 19. Jahrhundert war die Schifffahrt

schwierig und gefährlich, weshalb mit den ersten motorisierten Schiffen ab der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts auch der Ausbau der Elbe für die Binnenschifffahrt begann (Brundiers & Utecht, 1999, S. 7 ff.; Czaya, 1995, S. 36 ff.). Mit zunehmender Größe der Schiffe bekamen die stark schwankenden Wasserstände der Elbe und ihr oftmals niedriger Wasserstand wachsende Bedeutung. Aus diesem Grund wurden vor dem zweiten Weltkrieg Regulierungsbauwerke geplant, von denen jedoch nur das Wehr und die Schleuse in Geesthacht umgesetzt sind. Da zwischen Geesthacht und Ústí nad Labem, in der tschechischen Oberen Elbe, keine Staustufen existieren, können in diesem Bereich besonders niedrige Wasserstände auftreten (Brundiers & Utecht, 1999, S. 7 ff., 28). Das Stauziel für die Stauhaltung der Elbe an der Wehranlage Geesthacht liegt bei 4 m NN (Büttner et al., 1976, S. 24, 60 f.). Dies führt bei Niedrigwasser zu einer eingeschränkten Schiffbarkeit der Mittleren Elbe, besonders auf der Strecke zwischen Magdeburg und Lauenburg (Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes [WSV], 2022, S. 34). Heute erfolgt die Unterhaltung der Elbe als Bundeswasserstraße durch die WSV, vertreten durch ihr zuständiges WSA Elbe bzw. Elbe-Nordsee (Abel & Breske, 2015, S. 17 ff.; § 1, Anlage 1 zu § 1 Abs. 1 Satz 1 WaStrG).

Während die Untere Elbe unter dem Einfluss der Gezeiten steht und somit Sturmfluten eine besondere Gefahr darstellen, sind die Obere und Mittlere Elbe immer wieder durch Flusshochwasser betroffen (Abel & Breske, 2015, S. 17 ff.). Um die Bewohner der Elbufer zu schützen, wurden Gebäude zunächst auf Hügeln, sogenannten Wurten oder Warften, errichtet. Der Bau erster Deiche, um zusammenhängende Flächen vor dem Hochwasser der Elbe zu schützen, kann auf das 12. Jahrhundert datiert werden. Der größte Teil des heutigen Ausbaus der Elbe und ihrer von Dresden bis zur Nordsee mit wenigen Ausnahmen fast kompletten Deichlinie wurde zwischen 1860 und 1915 errichtet (Czaya, 1995, S. 40 ff.). Neben der Unteren Elbe ist für Niedersachsen, insbesondere in Hinblick auf Hochwasser, die untere Mittelelbe relevant. Der niedersächsische Teil der unteren Mittelelbe erstreckt sich von Schnackenburg bis zum Wehr Geesthacht (Abel & Breske, 2015, S. 5 f.). Dieser wird im Folgenden stellvertretend für hochwassergefährdete Bereiche der Elbe genauer betrachtet, während in Hinblick auf Sturmfluten in der Elbe auf den oberen Bereich der Tideelbe oberhalb von Hamburg eingegangen wird.

### 3.1.1 Sturmfluten an der Tideelbe

Die Untere Elbe bringt durch den Einfluss der Gezeiten die Sturmflut als eine besondere Hochwasserart mit sich. In diesem Bereich sind Sturmfluten die maßgebende Gefährdung, die auch die Bemessungsgrundlage für den Hochwasserschutz darstellt (Müller-Navarra, 2009, S. 77 ff.). Sturmfluten entstehen an den Ufern großer Wasserflächen, wie Meeren oder Seen, wenn auflandiger Wind das Wasser in die Richtung des Ufers drückt (Kron, 2001, S. 463 f.; Patt, 2001, S. 6). In den Küstengebieten von Meeren treten besonders schwere Sturmfluten durch das Zusammentreffen der windbedingten Stauwirkung mit der Flut auf. Dieses Phänomen kann auch in den tidebeeinflussten

Ästuaren großer Flüsse, wie der Elbe, vorkommen. Besonders häufig können Sturmfluten in Ästuaren von Flüssen vorkommen, die zur Hauptwindrichtung geöffnet sind. Dies ist bei der Elbe mit ihrer Mündung in westlicher bis nordwestlicher Richtung und ihrer Lage in der ebenfalls nordwestlich ausgerichteten Deutschen Bucht der Fall (Rudolph, 2018, S. 312 f.; Rudolph et al., 2011, S. 135 f.). Während der Einfluss der Gezeiten i. d. R. oberhalb von der Wehranlage in Geesthacht durch die Stauhaltung wenig Bedeutung hat, so können Sturmfluten sich auch oberhalb der Wehranlage in Geesthacht auswirken. Die Januarsturmflut im Jahr 1976 hatte Einfluss bis zum 80 km elbaufwärts von Hamburg liegenden Neu Darchau (Müller-Navarra, 2009, S. 77 ff.). Insbesondere in den oberen Bereichen der tidebeeinflussten Ästuarie ist die Anzahl besonders hoher Sturmfluten in den letzten Jahren gestiegen, auch wenn dieselben Sturmfluten im Mündungsbereich nicht auffallend hoch ausgefallen sind (Siefert & Lassen, 1986, S. 133 ff.). Aus diesem Grund wird empfohlen die Tidegrenze stromaufwärts bis an die Mündung des ESKs zu verschieben. Dies hat eine Bemessung der Deiche für den Sturmflutfall zur Folge, da in diesem Bereich Sturmfluten die maßgebende Bedrohung im bautechnischen Hochwasserschutz darstellen (Rospunt, 2022). Der am weitesten elbaufwärts gelegene Nebenfluss, der vom Einfluss der Tide und von Sturmfluten betroffen ist, ist die Ilmenau (Siefert, 1998, S. 3 ff.).

### 3.1.2 Flusshochwasser der Elbe

Insbesondere die Bereiche der Oberen und Mittleren Elbe sind immer wieder von Flusshochwässern der Elbe betroffen (Czaya, 1995, S. 14). Diese Flusshochwässer entstehen durch besonders großräumigen, langanhaltenden oder intensiven Niederschlag im Einzugsgebiet des Flusses. Auch Schneeschmelze im Einzugsgebiet des Flusses kann zu einem Flusshochwasser führen. Wenn kein Versickern der Niederschläge in den gesättigten oder gefrorenen Boden mehr möglich ist, dann fließt das Wasser oberflächlich ab und dem Flusssystem zu. Ein von einem Flusshochwasser betroffenes Gebiet muss nicht im Niederschlagsgebiet liegen. Dies kommt insbesondere bei langen Flüssen vor. Wenn die Niederschläge im Oberlauf fallen, sind auch der Mittel- und Unterlauf von dem Flusshochwasser betroffen. Neben den Wassermassen ist auch ein großer Sedimenttransport charakteristisch für solche Flusshochwässer. Allerdings sind die Vorlaufzeiten, in denen ein Flusshochwasser aus dem Oberstrom bekannt ist, länger, je weiter stromabwärts das betrachtete Gebiet liegt. So kann es zu Vorlaufzeiten von mehreren Stunden bis zu mehreren Tagen kommen (Kron, 2001, S. 464 f.). Dies ist z. B. an der Mittel- und Unterelbe der Fall. So ist etwa auf Basis der Daten des Elbehochwassers 2002 im Landkreis Stendal mit einer knappen Woche Vorlaufzeit zu rechnen zwischen der Hochwasserprognose aus dem Oberlauf und dem Eintreffen des Hochwasserscheitels (Jüpner & Tzschirner, 2004, S. 29). Dies ist mit einer entsprechenden Verzögerung auf die niedersächsische untere Mittel- und Unterelbe zu übertragen.

Unter den großen deutschen Flüssen bringt die Elbe eine Besonderheit mit sich. Es kann zu Eishochwasser kommen. Diese entstehen vor allem, wenn der Aufbruch des Eises und die Schneeschmelze parallel eintreten (Czaya, 1995, S. 14). Auf der Elbe kann sich oberhalb der Tidegrenze bei Frost eine geschlossene Eisdecke bilden, unter der das Wasser weiter abfließt. Diese stellt eine besondere Gefahr dar. Deshalb wird der schiffbare Abschnitt der Elbe vom Hamburger Hafen aus mit Eisbrechern freigehalten, sodass die Eisschollen abfließen können. Die Eisschollen dieses Eisaufbruchs stellen zunächst keine Gefahr dar, solange sie abfließen und kein Hochwasser besteht (Puffahrt, 2007, S. 43). Besteht Eisgang bei Hochwasser, so können die Eisschollen die Grasnarbe der Deiche beschädigen und diese somit in ihrer Schutzfunktion schwächen (Brombach et al., 2001, S. 400; Puffahrt, 2007, S. 45). Außerdem besteht bei Eisgang auf der Elbe generell die Gefahr eines Eisversatzes. Dabei verkeilen sich Eisschollen an Hindernissen am Untergrund oder Ufer, die eine Engstelle im Abflussquerschnitt darstellen. Dies führt zu einer plötzlichen sehr starken Einengung des Abflussquerschnitts bis hin zum vollständigen Aufstau, wodurch der Wasserspiegel oberhalb des Eisversatzes schnell ansteigt. Bei gleichzeitiger Bildung von Grundeis, also am Untergrund kristallisierendem Eis, ist es möglich, dass das verkeilte Oberflächeneis mit dem Grundeis zusammenfriert und zu einem Verschluss des Gewässers führt. Dabei können kritische Wasserstände erreicht werden (Bartmann, 2006, S. 76 ff.; Puffahrt, 2007, S. 43 ff.). Eine Beseitigung eines solchen Eisversatzes ist sehr riskant und kaum realisierbar. Zumeist bricht der Eisversatz eigenständig durch den großen Wasserdruck auf, dieser Zeitpunkt ist jedoch nicht bestimmbar (Bartmann, 2006, S. 77; Puffahrt, 2007, S. 46).

Seit der Jahrtausendwende gab es an der Elbe vier sehr bedeutende Hochwasserereignisse mit Rekordpegelständen an der niedersächsischen unteren Mittelelbe. Im August 2002 trat das umgangssprachlich als Jahrhunderthochwasser bezeichnete Hochwasserereignis an der Elbe mit Rekordwasserständen ein. Für den Bereich der unteren Mittelelbe wurden ebenfalls bei den Hochwasserereignissen im April 2006 und Januar 2011 Rekordwasserstände erreicht, die die Wasserstände von 2002 überstiegen. Das Hochwasserereignis 2011 war außerdem durch Eisgang geprägt und wird als Eishochwasser bezeichnet. Das jüngste Hochwasserereignis im Juni 2013 überstieg mit neuen Rekordwasserständen alle vorangegangenen Hochwasserereignisse (Abel & Breske, 2015, S. 22 ff.; Promny et al., 2021, S. 19 ff.; Schramm et al., 2022, S. 14). Um Personen- und Sachschäden durch solche Hochwasserereignisse zu vermeiden, gibt es bundesländerübergreifende Maßnahmen. Besonders relevant für die untere Mittelelbe sind die Havelpolder, deren Flutung 2008 in einem Havelpolder-Flutungs-Staatsvertrag (HvFlutSTV) zwischen den Ländern Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und der Bundesrepublik Deutschland vereinbart und durch die Havelpolder-Flutungs-Staatsvertragsgesetze (HvFlutStVG) der Länder gesetzlich verankert wurde (Abel & Breske, 2015, S. 15 ff.; Art. 1 ff. HvFlutSTV; Art. 1 HvFlutStVG). Die

Havelpolder (Brandenburg) liegen nordöstlich von Stendal im Mündungsgebiet der Havel in die Elbe (Abel & Breske, 2015, S. 9, 15 ff.; Promny et al., 2021, S. 30).

### 3.1.3 Deich- und Dambruch

Die verschiedenen Deiche und Dämme sind für bestimmte Belastungen bemessen. Werden diese Bemessungsfälle überschritten, kann es zu einer Überlastung und einem daraus resultierenden Versagen des Bauwerks kommen. Dies ist ein Deich- bzw. Dambruch (Brombach et al., 2001, S. 272 ff.). Das Bauwerksversagen wird am Beispiel von Deichbrüchen an Flussdeichen dargestellt, da dies im Folgenden betrachtet wird. Weitere Hochwasserarten, wie Sturmfluten, bedürfen einer separaten Betrachtung. Dabei liegt der Fokus auf dem linkselbischen niedersächsischen Bereich der unteren Mittelelbe. Der weitreichende Einfluss von Sturmfluten bis in das betrachtete Gebiet birgt das Risiko einer Überflutung von Teilen der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen bei einem Deichbruch eines Hauptdeiches. Allerdings wird dieses Szenario in dieser Bachelorarbeit nicht weiter betrachtet.

Die Ursachen für einen Deichbruch an einem Hochwasserdeich können grob in drei Gruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe bilden Schäden an dem Deichkörper und den Böschungen aufgrund verschiedener Ursachen. Zu diesen Beschädigungen können z. B. Eisgang oder Wühltiere führen. Durch die Beschädigungen am Deich kann es dazu kommen, dass Sickerwasser nicht erosionsfrei abfließt, was einen Deichbruch zur Folge haben kann. Der zweite Fall ist der Grundbruch, bei diesem wird der Deich unterspült und der tragende Boden verliert dadurch seine Stabilität. Zum Dritten kann ein Deich bei zu hohen Wasserständen, oberhalb des Bemessungshochwassers, oder durch zusätzlichen Wellengang, der oftmals durch Wind bedingt ist, überströmt werden. Auslöser für die hohen Wasserstände können Extremhochwasser oder ein zusätzlicher Aufstau, z. B. durch Eisversatz, sein. Erfolgt eine Überströmung in großem Ausmaß, beginnt das überlaufende Wasser die Binnenböschung durch Erosion zu beschädigen, was einen Deichbruch induziert (Horlacher, 2003, S. 160 ff.).

## 3.2 Die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe)

Vor etwa 20.000 Jahren, während des Höhepunktes der Weichselkaltzeit, waren große Teile des östlichen und mittleren Norddeutschlands von Gletschern bedeckt. Mit dem Rückzug dieser Gletscher bis zum Beginn des Holozän, der jetzigen Warmzeit, vor etwa 10.000 Jahre entstanden große Mengen an Schmelzwasser (Liedtke & Marcinek, 2002, S. 435 ff.). Da im norddeutschen Tiefland das Gelände gegen Süden ansteigt, war ein Abfluss dieses Schmelzwassers der Eisrandlagen nach Süden nicht möglich (Liedtke & Marcinek, 2002, S. 399). Das Schmelzwasser konnte also nicht weg von den aus Skandinavien kommenden Gletschern abfließen und bahnte sich seinen Weg parallel zu den Rändern der Gletscher in Richtung Meer. So formte das Schmelzwasser der weichselzeitlichen Gletscher das

Elbe-Urstromtal in dem weitestgehend der Flusslauf der heutigen Mittleren und Unteren Elbe verläuft (Liedtke & Marcinek, 2002, S. 435 ff.).



Abbildung 8: Naturräumliche Haupteinheiten in Deutschland (Bundesanstalt für Länderkunde und Raumforschung et al., 1962, digitalisierte und aufgearbeitete Karte)

Für die Entstehung und Beschreibung von Landschaften werden in der Geographie naturräumliche Einheiten verwendet. Diese sollen das grundlegende Problem der Gliederung verschiedener Landschaften beheben und die Basis für ein einheitliches Vorgehen bilden. Eine naturräumliche Einheit bezeichnet in der Geographie einen Bereich, der in seinem gesamten Charakter der natürlichen Beschaffenheit in sich einheitlich und gegen die angrenzenden naturräumlichen Einheiten deutlich erkennbar abgegrenzt ist (Schmithüsen, 1962, S. 1 ff.). Die Abbildung 8 zeigt diese naturräumlichen Einheiten, wobei deutlich wird, dass die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) zu zwei verschiedenen naturräumlichen Einheiten, der *Elbtalniederung*

(Einheit 87) und der *Untereibeniederung* (Einheit 67), gehört. Während die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) nach Norden, Osten und Westen von der Elbe abgegrenzt wird, schließt sich im Süden die höher gelegene *Lüneburger Heide* (Einheit 64) an. Diese naturräumliche Gliederung wird für die grundlegende geographische Einordnung in verschiedenen Anwendungsbereichen, teilweise mit leichten Modifikationen, verwendet.

Für solche Anwendungen hat das Land Niedersachsen weiterhin die naturräumliche Gliederung Deutschlands in eine eigene Einteilung der naturräumlichen Regionen in Niedersachsen überführt. Diese basiert weitestgehend auf den naturräumlichen Einheiten, jedoch endet sie an der niedersächsischen Landesgrenze. So unterscheidet sich die *Lüneburger Heide* (Region 5.1) nicht von der Lüneburger Heide der naturräumlichen Gliederung Deutschlands, da sie im Inneren Niedersachsens liegt. Der Bereich *Wendland, Untere Mittelbe* (Region 5.2) entspricht somit dem niedersächsischen Teil der Elbtalniederung. Abweichend von der naturräumlichen Gliederung Deutschlands fasst das Land Niedersachsen alle *Watten und Marschen* (Region 1.2) zusammen. Diese Region umfasst neben dem niedersächsischen Teil der Untereibeniederung weitere naturräumliche Einheiten an der Nordseeküste und den Ästuaren Niedersachsens (Drachenfels, 2010, S. 249 ff.). Das betrachtete Gebiet liegt in der niedersächsischen naturräumlichen Region 1.2 östlich Hamburgs sowie

der niedersächsischen naturräumlichen Region 5.2. Im weiteren Verlauf findet jedoch die naturräumliche Gliederung Deutschlands Verwendung, da insbesondere auf Untereinheiten eingegangen wird, welche in der Darstellung der naturräumlichen Regionen in Niedersachsen nicht existieren.

Die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) kann der Elbtalniederung, konkret der *unteren Mittelelbe-Niederung* (Untereinheit 876), östlich von Geesthacht (Schneider, 1962, S. 1189 ff.) und der Unterelbeniederung, insbesondere den *Stader Elbmarschen* (Untereinheit 670), westlich von Geesthacht zugeordnet werden (Witt, 1962, S. 971 ff.). Die Elbtalniederung beschreibt den Abschnitt des gesamten Elbtals vom Eintritt in die Norddeutsche Tiefebene bis zur Grenze der Gezeiteneinwirkung bei Geesthacht. Sie beschreibt das Elbe-Urstromtal, in das die weiteren Urstromtäler der Gletscher aus der Weichsel-Kaltzeit mündeten. Der Boden besteht aus Kies- und Sandablagerungen der Urströme, welche von einer Auelehmschicht (Kleischicht) überdeckt sind. Die Auelehmböden werden ab Geesthacht von den maritimen Sedimenten der Flussmarschen überdeckt. Dieser Bereich bezeichnet die Grenze zur Unterelbeniederung. Die Breite der Elbtalniederung variiert stark. An der breitesten Stelle ist sie bis zu 55 km breit. Natürlicherweise befinden sich auf den fruchtbaren Auelehmböden Auenwälder. Durch Eindeichung werden jedoch große Teile dieser Auen vor einem Elbehochwasser geschützt und als Ackerböden und Grünland bewirtschaftet (Schneider, 1962, S. 1189 ff.). Die Untere Mittelelbe-Niederung im Speziellen ist der unterste Abschnitt der Elbtalniederung. Auf rund 100 km Länge fällt sie von 20 m NN auf 4 m NN an der Gezeitengrenze bei Geesthacht ab. Die Breite in diesem Abschnitt variiert zwischen 7 km und 15 km, da sie von den durch die vorletzte Eiszeit geprägten Geestrücken beschränkt wird. Diese reichen teilweise an die Auebereiche der Elbe heran. Dort, wo Auebereiche zwischen der Elbe und den Geesträndern liegen, sind die Aueflächen zumeist durch Deiche geschützt. Das deichgeschützte Gebiet wird vorwiegend landwirtschaftlich als Acker- oder Grünland genutzt. Im Deichvorland sind neben Grünland auch Reste von Auenwäldern sowie anderen Gehölzen zu finden. Bei Hochwasser schützen die Deiche vor dem Eigenhochwasser der Elbe. Jedoch staut das Elbehochwasser zum einen die Nebenflüsse ein, wodurch diese über die Ufer treten können, weshalb viele der Nebenflüsse durch Siele oder Sperrwerke von der Elbe getrennt sind oder ebenfalls eine eigene Deichlinie besitzen. Zum anderen hängt der Grundwasserspiegel mit dem Wasserstand der Elbe zusammen. Somit kann bei einem Hochwasser der Elbe Qualmwasser – also Wasser, welches unter einem eingestauten Deich hindurchsickert und Binnendeichs an die Oberfläche drückt – auftreten (Schneider, 1962, S. 1197).

Ab Geesthacht grenzt die Unterelbeniederung an die Elbtalniederung. Die Unterelbeniederung beschreibt die Niederungen entlang des Ästuars der Elbe, welches von der Deutschen Bucht rund 150 km stromaufwärts bis in die Region zwischen Geesthacht und Lauenburg reicht. Das gesamte Ästuar der Elbe ist von den Gezeiten der Nordsee beeinflusst. Die Unterelbeniederung ist im Norden

und im Süden von den Geesträndern beschränkt, welche an ihrer engsten Stelle etwa 10 km auseinanderliegen, während zwischen den letzten Ausläufern der Geestränder vor der Mündung rund 24 km liegen. Die Elbe selbst verbreitert sich in diesem Bereich deutlich von rund 300 m bei Geesthacht über eine Breite von etwa 2 km in dem Flussabschnitt zwischen Hamburg und Brunsbüttel bis zu einer Trichterbreite bei Cuxhaven von 18 km. Die höherliegenden Geestbereiche sind in der früheren Saale-Kaltzeit entstanden, während das Urstromtal der Elbe und die rund 20 m hohen steilen Geeststufen, wie etwa bei Lauenburg, Bergedorf oder Blankenese, durch das Schmelzwasser der Weichsel-Kaltzeit geformt wurden. Durch einen Meeresspiegelanstieg im Holozän wurden die Moorböden im Bereich der Elbmarschen durch maritime Sedimente überdeckt. So ist ein mehrschichtiger Boden aus Schlick-, Sand- und Moorablagerungen entstanden. Bei Flut wird der Salzgehalt des Elbewassers erhöht, dies wirkt sich jedoch im oberen Bereich der Unteren Elbe weniger stark als im Mündungsbereich aus. Dies hat zur Folge, dass der obere Bereich der Unteren Elbe als obere Brackwasserzone eingeordnet wird. Durch den Ausbau und die Vertiefung der Fahrrinne für die Schifffahrt vom Hamburger Hafen bis in die Nordsee wurde der Effekt der Gezeiten im oberen Teil der Unteren Elbe verstärkt, wodurch eine Zunahme von Erosion verzeichnet werden konnte. Da die Erosion starken Einfluss auf die Gewässertiefe hatte, wurde zur Sicherstellung der Binnenschiffbarkeit und Verminderung der Erosion die Wehranlage bei Geesthacht gebaut. Für die Bewirtschaftung und Besiedlung der Elbmarschen ist der Schutz durch Deiche essenziell. Neben dem Hochwasser der Elbe, welches in diesem Bereich eine untergeordnete Rolle spielt, bergen Sturmfluten die größere Gefahr an der Unteren Elbe (Witt, 1962, S. 971 ff.). Die Stader Elbmarschen umfassen die linkselbischen Gebiete der Untereibeniederung, darunter fallen neben dem Alten Land auch Finkenwerder, Wilhelmsburg und alles von der Winsener Marsch aufwärts bis zum Angrenzen der Geeststufe sowie die rechtselbischen Vierlande. In den Vierlanden, wie auch in den Harburger und Winsener Marschen, ist das Gelände in Ufernähe höher als im Sietland, also dem Inneren der Marsch. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich in unmittelbarer Nähe zur Elbe mehr Schlickablagerungen befinden. Dieses erhöhte Elbufer bietet dabei die Grundlage für die Besiedlungslinie, während das Sietland stärker durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt ist. In der Winsener Elbmarsch ist die Entwässerung der Marsch besonders herausfordernd, da sich Moorflächen in der Geestrandzone befinden. Um die Marsch vor dem aus der Geest zufließenden Wasser zu schützen, wurden Achterdeiche errichtet. Allerdings konnte dieses Wasser aufgrund des niedrigen Gefälles nur schwer abgeführt werden. Die Entwässerung der Marsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) konnte erst durch den Bau des Ilmenau- und Neetzekanals, der eine direkte Verbindung zwischen der Neetze und der Ilmenau schafft, verbessert werden. Mit dem Aufstauen der Elbe am Wehr Geesthacht erschwerte sich diese Situation, da zum einen der Grundwasserspiegel, der vom Wasserstand der Elbe beeinflusst wird, angestiegen und zum anderen die Entlastung der zu diesem Zeitpunkt durch 62 Deichbrüche der vorangegangenen 400 Jahre geschwächten Deiche durch die Ebbe weggefallen ist. Diese Faktoren haben das Auftreten von Qualmwasser verstärkt. Um dies zu

beheben, war ein Ausbau der Vorfluter zwischen dem Elbedeich und dem Ilmenau-Neetze-Kanal erforderlich. Dazu gehören u. a. der Hauptkanal Ilau-Schneeegraben, die Neetze, der Neetzekanal und der Ilmenaukanal. Außerdem war eine Ertüchtigung der zu den Hauptvorflutern gehörenden Schöpfwerke notwendig. Durch diese Hauptvorfluter mit ihren Schöpfwerken kann die Entwässerung der Marsch sichergestellt werden (Witt, 1962, S. 975 f.).

Nach Süden wird die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) von der Lüneburger Heide durch eine steile Stufe, die den Rand des Elbe-Urstromtals darstellt, abgegrenzt. Diese Stufe ist in den meisten Bereichen zwischen 20 m und 30 m hoch. Die Lüneburger Heide ist durch mehrere Endmoränenwälle und Ablagerungen bis zur Elster- und Saaleeiszeit geprägt und liegt im Durchschnitt auf rund 70 m Höhe (Müller, 1962, S. 959 ff.). Ihre höchste Erhebung ist der Wilseder Berg mit 169 m NN. Eine Besonderheit in der Lüneburger Heide stellt das Uelzener Becken dar, von dem die Ilmenau als einziger der größeren Flüsse der Lüneburger Heide nach Norden abfließt (Liedtke & Marcinek, 2002, S. 441 ff.). Unmittelbar an die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) grenzen die *Ostheide* (Untereinheit 642) und die *Luheheide* (Untereinheit 644). Die Ostheide umfasst den gesamten östlichen Rand der Lüneburger Heide und ist von bewaldetem Hügelland geprägt. Im nördlichen Teil befinden sich die höchsten Erhebungen. Dieses als Göhrde bezeichnete Plateau liegt auf etwa 60-70 m NN und entwässert, anders als der restliche Teil der östlichen Lüneburger Heide, welcher über die Ilmenau entwässert, über die Neetze und die kleine Neetze. Somit hat dieser Bereich direkten Einfluss auf die Winsener Elbmarsch (Müller, 1962, S. 967 f.). Die Luheheide besteht aus Hochflächen, welche nach Norden mit einer rund 20-30 m hohen Stufe zum Urstromtal der Elbe steil abfallen. In der Luheheide fließen die Seeve, die Luhe und die Ilmenau den Marschen und der Elbe zu. In den Bereichen, bevor diese Flüsse das Elbe-Urstromtal erreichen, befinden sich größere Flachmoore (Müller, 1962, S. 970).

Im digitalen Geländemodell (DGM) 1 für Niedersachsen, welches eine Gitterweite von einem Meter hat, können diese verschiedenen Höhenlagen in Abbildung 9 deutlich erkannt werden. Um die verschiedenen Höhendifferenzen in der sehr niedrig gelegenen Winsener Elbmarsch zu erkennen, ist die farbliche Abstufung so skaliert, dass Höhenlagen zwischen 0 und 12 m NHN differenziert dargestellt werden, während Werte darunter und darüber jeweils in einer Farbe zusammengefasst werden. Dadurch ist zu erkennen, dass die Lüneburger Heide mit einer durchgehenden Höhe von deutlich über 12 m NHN die Elbmarsch nach Süden begrenzt. Die steil abfallende Stufe wird lediglich vom Übergang der Ilmenau, über die der Großteil der Ostheide entwässert, aus der Lüneburger Heide in die Elbmarsch unterbrochen (Liedtke & Marcinek, 2002, S. 441 ff.). Lediglich der südöstliche Teil in Abbildung 9 ist der beschriebene Bereich der Ostheide, welcher über die Neetze und die Kleine Neetze in die Elbmarsch westlich von Bleckede entwässert (Müller, 1962, S. 967 f.). Die Höhen der Elbmarsch unterscheiden sich zwischen der unteren Mittelelbe-Niederung und den Stader Elbmarschen

(Schneider, 1962, S. 1197; Witt, 1962, S. 975 f.). Die untere Mittelbe-Niederung hat nördlich von Bleckede in der Vitico (Reinstorf, 1929, S. 97) eine Höhe von rund 6 bis 8 m NHN in der Nähe des Elbufers und 3 bis 5 m NHN im Sietland. Von Osten nach Westen fallen diese Höhen ab, bis in den Stader Elbmarschen 1 bis 3 m NHN am Ufer der Elbe unterhalb von Geesthacht erreicht werden, während das Sietland auf Höhen zwischen 0 und 2 m NHN liegt. Damit liegen in Abbildung 9 deutlich erkennbar große Teile der Stader Elbmarschen niedriger als die, in Kapitel 3.1 beschriebene, Stauhaltung der Elbe bei Geesthacht. Dies bringt die Probleme der Entwässerung durch den angestiegenen Grundwasserspiegel mit sich (Witt, 1962, S. 975 f.). Die höchsten Bereiche der westlichen Elbmarsch bilden, wie in Abbildung 9 zu erkennen, die Linienbauwerke. So ist der Elbedeich entlang des Elbufers zu erkennen. Außerdem wird die Elbmarsch in zentraler Lage von Norden nach Süden vom ESK durchschnitten. Die Dämme des ESK, deren Kronenhöhe bei 10,8 m NN liegt, sind als Höhenzug deutlich zu erkennen (Brundiers & Utecht, 1999, S. 32, 119 ff.; WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 9; WSA MLK/ESK, 2020a).

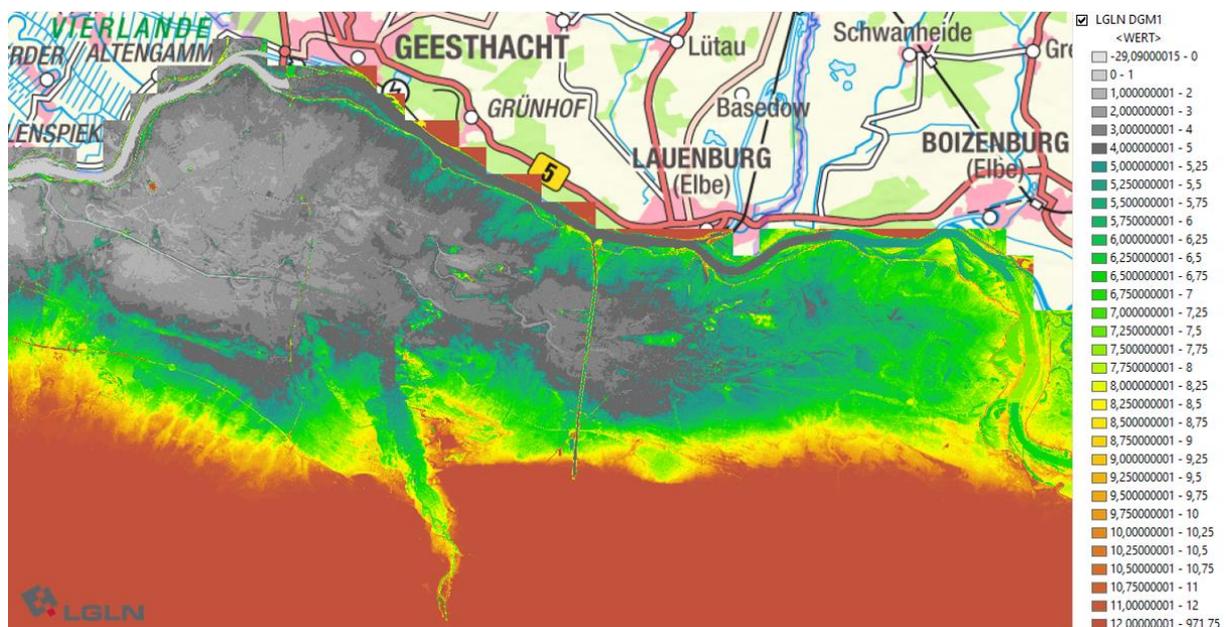


Abbildung 9: Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) aus dem DGM1 mit Legende in m NHN (Auszug aus den Geodaten des LGLN, © 2015)

Die ersten Ortschaften der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) werden aus dem Jahr 1333 überliefert. Bis in das Jahr 1450 werden die meisten Ortschaften der Winsener Elbmarsch erwähnt, obwohl bis zum Jahr 1500 lediglich ein vereinzelter Deichschutz überliefert ist. Zu diesem Zeitpunkt wird das Gebiet als „In dem Elbstrome“ (Reinstorf, 1929, S. 65) bezeichnet, was darauf schließen lässt, dass die alten Elbarme in den Gewässerbetten der Ilau, Neetze und Alten Ilmenau noch an die Elbe angeschlossen waren. Ab dem Jahr 1500 hat der zunehmende Deichschutz der Winsener Elbmarsch, die Abdeichung der Elbarme in den Gewässerbetten der Ilau, Neetze und Alten Ilmenau sowie die, durch den Deichbau notwendige, Entwässerung der Elbmarsch begonnen (Reinstorf, 1929, S. 65 ff.). Heute wird das gesamte Gebiet der Elbmarsch vollständig durch Deiche vor Hochwasser und Sturmflut geschützt. Die Verantwortung für die Deiche und deren Unterhaltung trägt der ADV (§§ 1 f.,

Anlage 1 zu § 1 Satzung des ADV). Während für die Entwässerung früher viele vereinzelt Verbände, wie etwa der Neetze-Verband, verantwortlich waren (Reinstorf, 1929, S. 65 ff.), trägt heute der Wasserverband der Ilmenau-Niederung (Ilmenauverband) die Verantwortung für die Entwässerung und die Unterhaltung der Gewässer der Elbmarsch (§§ 1 f. Satzung des Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung).

### 3.3 Gewässer der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe)

Die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) wird von einem umfangreichen Grabensystem durchzogen, welches über eine kleine Anzahl an Hauptvorflutern in die Ilmenau entwässert. Ohne die Entwässerung wäre die Besiedlung der Elbmarsch nicht möglich. Keiner der Hauptvorfluter entwässert direkt in die Elbe oder in einen anderen Fluss als die Ilmenau. Der Verlauf der verschiedenen Hauptvorfluter folgt dabei mehr oder weniger der Ost-West-Ausrichtung des Gefälles der Elbmarsch, welches im DGM1 in Abbildung 9 zu erkennen ist (Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2016, S. 6 ff.; Anlage 1 f. zu § 4 Satzung des Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung). Um den Abfluss aus dem Gebiet zu verbessern, wurden künstliche Verbindungen angelegt, wodurch die Abflusswege verkürzt wurden. So stellt der Hauptkanal Ilau-Schneeegraben eine Verbindung der Marschwetter und der Ilau dar, der Neetzekanal zwischen der Neetze und der Ilmenau und der Ilmenaukanal, welcher die westliche Verlängerung des Neetzekanals darstellt, verkürzt den Verlauf der Ilmenau und verbessert dabei die Schiffbarkeit bis Lüneburg (Reinstorf, 1929, S. 69 f., 76, 81, 87 ff.; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2016, S. 6 ff.). Drei der Hauptvorfluter, der Ilau-Schneeegraben, die Neetze und der Neetzekanal kreuzen in ihrem Verlauf durch die Elbmarsch den ESK. Dabei werden sie mit Dükern unter diesem hindurchgeführt. Die drei Hauptvorfluter sowie die Ilmenau in ihrem Verlauf als Bundeswasserstraße sind in Abbildung 10 dargestellt (Büttner et al., 1976, S. 57 ff.; WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4, 12, 20). Die Ilmenau bzw. der Ilmenaukanal (Abbildung 10) bilden außerdem

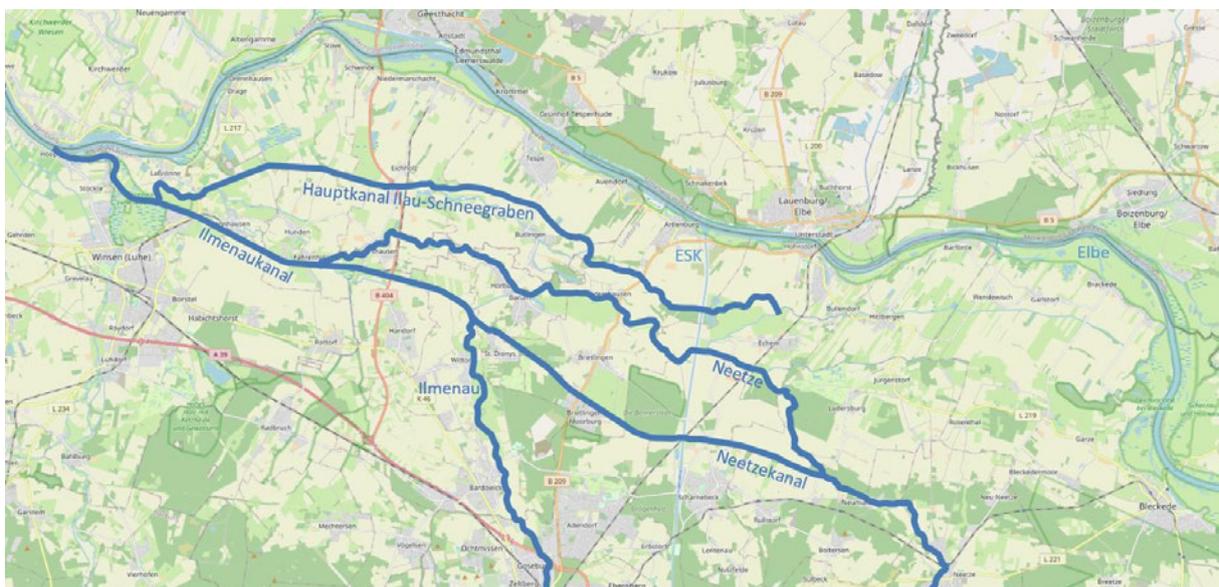


Abbildung 10: Hauptvorfluter der Elbmarsch (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

die südwestliche Begrenzung des betrachteten Elbmarschgebiets, weshalb weitere Gewässer, wie die Luhe, die westlich der Ilmenau verlaufen, in diesem Gebiet keine Relevanz haben und im Folgenden nicht berücksichtigt werden.

### 3.3.1 Ilmenau und Ilmenaukanal

Die Ilmenau fließt vom Uelzener Becken, ab dem sie den Namen Ilmenau trägt, durch die östliche Lüneburger Heide nach Norden. Dabei ist sie der Fluss, über den der Großteil des östlichen Teils der Lüneburger Heide entwässert. Bei Lüneburg verlässt sie die höher gelegene Geest und tritt in die Elbmarsch im Elbe-Urstromtal ein. Dieses durchfließt sie bis zu ihrer Mündung als linksseitiger Nebenfluss der Elbe (Liedtke & Marcinek, 2002, S. 441 ff.; Müller, 1962, S. 962). Mit ihrer Mündung an der Unteren Elbe unterhalb von Geesthacht gehört sie zum Teileinzugsgebiet Tideelbe der FGG Elbe (FGG Elbe, 2021, S. 28, 41).

Zwischen Lüneburg und ihrer Mündung bei Hoopte hatte die Ilmenau eine große Bedeutung für die Güterschiffahrt der Hansestadt Lüneburg. In diesem Bereich ist die Ilmenau auch eine Bundeswasserstraße. Während die Güterschiffahrt auf der Ilmenau früher bedeutend war, wird die Bundeswasserstraße heute allerdings nur noch begrenzt für den Sportbootverkehr genutzt (Czaya, 1995, S. 362; WSV & Bundesministerium für Digitales und Verkehr, 2022; § 1, Anlage 1 zu § 1 Abs. 1 Satz 1 WaStrG).

Darüber hinaus verläuft die Ilmenau auf dem Abschnitt zwischen Lüneburg und der Mündung bei Hoopte nicht mehr vollständig in ihrem ursprünglichen Gewässerbett. Zu Gunsten einer besseren Entwässerung der Elbmarsch und der verbesserten Schiffbarkeit wurde 1888 der Ilmenaukanal zwischen Wittorf und Laßrönne errichtet. Dies basiert auf einem Vorschlag aus dem Jahr 1624, die Mündung der Ilmenau und Neetze zur besseren Entwässerung der Elbmarsch weiter nach Westen, an der Elbe stromabwärts, zu verlegen. Dessen Umsetzung wurde im Jahr 1772 vom Amt Winsen als unerlässlich eingestuft. Aufgrund von Interessenskonflikten zwischen den Bestrebungen zur Entwässerung der Elbmarsch und den wirtschaftlichen Interessen der Stadt Lüneburg zögerte sich dieses Vorhaben mit unterschiedlichen Plänen für den Verlauf bis zum Plan des Ilmenaukanals aus den Jahren 1878 und 1879 hin. Der Baubeginn des 11,8 km langen Seitenkanals für die Ilmenau war 1886 und die Fertigstellung 1888. Somit wurde die Mündung nach Hoopte verlegt und der Ilmenaukanal schneidet rund 6 km Schifffahrtsweg der Alten Ilmenau nach Lüneburg ab. Außerdem ist der Ilmenaukanal die direkte Verlängerung den Neetzekanals (Reinstorf, 1929, S. 83, 86 ff.; Witt, 1962, S. 975 f.). Der Ilmenaukanal beschreibt den neuen Verlauf der Ilmenau und wird deshalb häufig als Teil der Ilmenau betrachtet. In Abbildung 10 ist der Verlauf der Ilmenau als Bundeswasserstraße zu sehen. Dabei wird auch der Anschluss des Neetzekanals an den Ilmenaukanal deutlich.

Die Mündung der Ilmenau liegt an der Tideelbe und ist somit von Sturmfluten betroffen (Siefert, 1998, S. 3 ff.). Aus diesem Grund gab eine besonders schwere Sturmflut im Februar 1962 den Anlass für die Errichtung eines Sperrwerks. Das Ilmenau-Sperrwerk wurde zwischen 1969 und 1973 errichtet und schützt die Ilmenau vor dem Einfluss von Sturmfluten. Das Ilmenau-Sperrwerk wird durch den NLWKN betrieben. Eine Grundinstandsetzung und Erhöhung entsprechend der neuen Bemessungswasserstände erfolgt im Zeitraum zwischen 2020 und 2023 (NLWKN, 2020b). Der Ilmenaukanal verläuft zwischen gewidmeten Schutzdeichen (NLWKN, 2020c, S. 32; Reinstorf, 1929, S. 78 f., 81). Eine Überschwemmungsgefahr kann neben dem Rückstau durch Sturmfluten, als relevanteste Ursache, auch durch einen Rückstau aufgrund eines Flusshochwassers der Elbe oder durch Eigenhochwasser der Ilmenau oder ihrer Nebenflüsse, wie z. B. der Neetze, entstehen (Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1979, Heft 1, S. 3 ff.). Als Retentionsraum bei besonders hohen Wasserständen im Ilmenaukanal werden landwirtschaftlich genutzte Flächen im Rahmen des Katastrophenschutzes als Polderflächen eingestaut. Dies gilt u. a. für die Polderfläche zwischen Handorf und Wittorf (Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1979, Heft 1, S. 1 ff.).

### 3.3.2 Neetzekanal und Neetzekanaldüker

Der südlichste der drei großen Vorfluter, die die Elbmarsch von Osten nach Westen durchqueren und dabei den ESK kreuzen, ist der 13,4 km lange Neetzekanal (Büttner et al., 1976, S. 57 ff.; WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4, 12, 20; Anlage 2 zu § 4 Satzung des Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung). Dieser soll als Randkanal das von der höhergelegenen Geest kommende Wasser direkt abführen, bevor es in die Elbmarsch fließt. Somit ist der Neetzekanal ein Kernbestandteil des Entwässerungssystems der Elbmarsch und macht die Besiedlung dieser erst möglich. Dazu verbindet der Neetzekanal die Neetze, von welcher er östlich von Scharnebeck und nördlich von Boltersen abzweigt, mit der Ilmenau (Reinstorf, 1929, S. 81, 88 f.; Witt, 1962, S. 975 f.). Von seinem Beginn an der Neetze verläuft der Neetzekanal nördlich an Scharnebeck vorbei (Reinstorf, 1929, S. 81, 88 f.; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2016, S. 6 ff.), wo er den ESK durch den Neetzekanaldüker quert (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4; WSA MLK/ESK, 2011). Westlich des ESKs verläuft der Neetzekanal an Brietlingen vorbei in nordwestlicher Richtung, bis er zwischen St. Dionys und Barum in die Ilmenau mündet. Dort schließt in direkter Verlängerung der Anfang des Ilmenaukanals an (Reinstorf, 1929, S. 81, 88 f.; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2016, S. 6 ff.). Dieser Verlauf ist in Abbildung 10 dargestellt. Der Neetzekanal ist von beidseitigen Deichen gesäumt. Im westlichen Abschnitt in Richtung des Ilmenaukanals sind diese als Schutzdeiche gewidmet (NLWKN, 2020c, S. 32; Reinstorf, 1929, S. 78 f., 81). Über den Neetzekanal als Randkanal der Elbmarsch wird der Großteil des aus der Geest in die Elbmarsch zufließenden Wassers aus dem gemeinsamen Einzugsgebiet mit der Neetze abgeführt. So kann die Neetze besser die schwach geneigte Elbmarsch entwässern (Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1957, Heft 1 S. 13). Dabei sollte der Neetzekanal auf

einen Hochwasserabfluss von  $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$  pro Quadratkilometer des Einzugsgebiets ausgelegt sein (Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1957, Heft 1 S. 10 f.). Aktuelle Abflusswerte des Neetzekanals liegen in Ermangelung eines Pegels oder einer Messstelle nicht vor (Gauglitz, E-Mail, 2023).



Abbildung 11: Einlaufbauwerk des Neetzekanaldükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)

Das Dükerbauwerk Nr. 530 Neetzekanaldüker, mit dem der Neetzekanal bei Kilometer 107,970 unter dem ESK hindurchgeführt wird, wurde 1973 erbaut. Er besteht am Einlaufbauwerk, welches in Abbildung 11 zu sehen ist, aus drei viereckigen Stahlbetonleitungen mit einer Höhe von 2,50 m. Bei Breiten von 5,00 m, 2,60 m und 1,60 m ergeben sich Querschnitte von  $12,50 \text{ m}^2$ ,  $6,50 \text{ m}^2$  und  $4,00 \text{ m}^2$ . Im Düker erweitert sich die 5,00 m breite Leitung auf zwei 2,60 m breite Leitungen (Erdmann, E-Mail, 2023; Wasser- und

Schiffahrtsdirektion Hamburg, 1975), sodass der Düker am Auslaufbauwerk, das in Abbildung 12 gezeigt ist, aus vier Leitungen besteht. Somit vergrößert sich der Querschnitt der beiden letztgenannten Leitungen von  $12,50 \text{ m}^2$  auf  $2 \times 6,50 \text{ m}^2$  im Dükerbauwerk. Die kleinste der Leitungen wird immer durchflossen und stellt bei Niedrigwasser den einzigen Durchlass dar. Durch eine eher niedrige Überfallwand abgetrennt wird der mittelgroße Durchlass bei Mittelwasser zusätzlich



Abbildung 12: Auslaufbauwerk des Neetzekanaldükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)

durchströmt. Eine höhere Überfallwand vor dem größten der Durchlässe ermöglicht, dass dieser nur bei einem (Eigen-)Hochwasser durchströmt wird (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4; WSA MLK/ESK, 2011). Die Höhe der Gewässersohle liegt am Einlaufbauwerk bei 6,05 m NN, während sie am Auslaufbauwerk bei 5,99 m NN liegt (WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 4). Aufgrund vorausgegangener Berechnungen wurde für den Neetzekanal ein maximaler Hochwasserabfluss aus dem  $219,04 \text{ km}^2$  großen gemeinsamen Einzugsgebiet mit der Neetze ein Abfluss von  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  ermittelt (WSD HH Nba ESK, 1970, Anlage 1 S. 5 ff.). Für die Bemessung des Dükers wurde das Doppelte des maximalen Eigenabflusses, also  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  zugrunde gelegt (WSD HH Nba ESK, 1970, S. 8 f.). Darüber hinaus wurde bei der Bemessung des Dükers berücksichtigt, dass ein Abfluss von  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  durch die drei Düker der Elbmarsch sichergestellt werden kann (WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 10, 1970, S. 15 ff.). Dabei ist der Einfluss einer Überflutung der Elbmarsch durch einen Deichbruch an der Elbe oberhalb

der Mündung des ESKs nicht konkret berücksichtigt. Für den Fall eines Deichbruches sind an den einzelnen Dükerleitungen Drosselschütze vorgesehen (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4).

### 3.3.3 Neetze und Neetzedüker

Die Neetze ist mit 45,5 km im Zuständigkeitsbereich des Ilmenauverbands ab der Bahntrasse Lüneburg-Dannenberg bei Neetendorf der längste Hauptvorfluter der von Osten nach Westen die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) durchfließt und den ESK kreuzt (Büttner et al., 1976, S. 57 ff.; WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4, 12, 20; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2022; Anlage 2 zu § 4 Satzung des Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung). Sie entspringt bei Nahrendorf in der Göhrde (Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1970, S. 2), dem östlichsten Teil der Ostheide, welcher über die Neetze entwässert wird (Müller, 1962, S. 967 f.; Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1957, Heft 1 S. 1 f.). Von ihrer Quelle verläuft die Neetze in nordwestlicher Richtung durch die Orte Dahlenburg und Neetze in die Elbmarsch (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022b; Anlage 1 zu § 4 Satzung des Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung; Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1970, S. 2). Südlich von Echem und westlich von Lüdersburg mündet die Bruchwetter, ein Altarm der Elbe, aus östlicher Richtung kommend in die Neetze, welche von dort an nach Westen verläuft. Kurz vor dem ESK mündet von Norden kommend die Marschwetter, ebenfalls ein Altarm der Elbe, in die Neetze. Diese stellt eine Verbindung zum Beginn des Hauptkanals Ilau-Schneeegraben her (Reinstorf, 1929, S. 9, 65 f., 74, 81; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2016, S. 6 ff.). Die Neetze unterquert den ESK durch den Neetzedüker. Neben diesem liegt das Schöpfwerk Echem, welches bei einem Hochwasser der Neetze Wasser aus dem Aufstau vor dem Neetzedüker in den ESK pumpen kann. Diese Pumpen können nach Aussage des zuständigen WSA MLK/ESK ebenfalls in gegenläufiger Richtung zur Erhaltung des Wasserstands der Neetze für die Landwirtschaft genutzt werden (Peters, persönliche Mitteilung, 2023; WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 12; WSA MLK/ESK, 2012a). Vom ESK fließt die Neetze in Richtung des Ortes Lüdershausen, vor dem sie sich zum Reihersee verbreitert. Von dort verläuft sie in westlicher Richtung, bis sie nördlich von Barum in den Barumer See übergeht (Reinstorf, 1929, S. 9, 65 f., 74, 81; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2016, S. 6 ff.). Zwischen dem ESK und dem Barumer See hat die Neetze ein Abflussvermögen von 10 m<sup>3</sup>/s. Aufgrund der sehr niedrig gelegenen Gebiete entlang dieser Strecke und des geringen Gefälles von 0,1 ‰ führen erhöhte Wasserstände zu großflächigen Überschwemmungen (Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1956, Heft 1 S. 5 f.). Dem östlichen Ende des Barumer Sees fließt der Alte Neetzekanal zu. Am westlichen Ende verlässt die Neetze den Barumer See und verläuft über Oldershausen nach Fahrenholz, wo sie durch das Siel und Schöpfwerk Fahrenholz in die Ilmenau mündet (Reinstorf, 1929, S. 9, 65 f., 74, 81; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2016, S. 6 ff.). Die Untere Neetze vom Barumer See bis zum Siel und Schöpfwerk Fahrenholz ist auf einen maximalen Hochwasserabfluss von 19,63 m<sup>3</sup>/s bemessen (Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1977, Heft 1 S. 35 ff.).

Der Verlauf der Neetze in der Elbmarsch ist in Abbildung 10 dargestellt. Aktuelle Angaben zu den Abflüssen der Neetze liegen nicht vor, da es keinen Pegel oder Messpunkt an der Neetze nach Abzweig des Neetzekanals gibt. Die Messstelle in Echem liefert Angaben zur Marschwetter an der Mündung in die Neetze (Gauglitz, E-Mail, 2023).

Früher lag die Verantwortung für die Unterhaltung der, für die Entwässerung der Elbmarsch bedeutenden, Neetze sowie für den Betrieb des Siels und des Schöpfwerks in Fahrenholz beim Neetzeverband (Reinstorf, 1929, S. 88 f.). Seit einem Zusammenschluss mehrerer Wasserverbände, darunter denen der Neetze und der Ilau, zum Ilmenauverband liegt die Verantwortung für die Unterhaltung der Neetze und ihrer Bauwerke sowie deren Betrieb bei dem Ilmenauverband (Hoffmann, 1982, S. 22). Einzig für die Unterhaltung des Neetzedükers, mit dem der ESK gequert wird, ist dieser nicht zuständig, da dieser nur wegen des Baus des ESKs existiert. Aus diesem Grund wird der Neetzedüker von der WSV unterhalten (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 12; WSA MLK/ESK, 2012a). Die Neetze wird nicht durch gewidmete Deiche flankiert. Der Großteil der Uferlinie der Neetze liegt auf dem Höhengniveau der Umgebung. Nur vereinzelt existieren Verwallungen. Diese sind jedoch nur über kurze Abschnitte und oftmals nur einseitig zu finden (NLWKN, 2020c, S. 32; Reinstorf, 1929, S. 81).

Die Neetze wird in dem 1969 erbauten Neetzedüker Nr. 531 unter dem ESK bei Kilometer 110,959 hindurchgeführt. Der Neetzedüker besteht aus vier viereckigen Stahlbetonleitungen, welche parallel zueinander liegen und eine Höhe von 2,50 m bei allen Leitungen haben (WSA MLK/ESK, 2012a). Der Neetzedüker gehört zu den größeren Dükerbauwerken am ESK (Büttner et al., 1976, S. 58 f.). Mit Breiten von 4,00 m an den zwei größten Leitungen, 2,50 m an der mittelgroßen Leitung und 2,00 m an der kleinsten Leitung kommen je 10,00 m<sup>2</sup> Querschnitt der größten, 6,25 m<sup>2</sup> der mittleren und 5,00 m<sup>2</sup> der kleinsten Leitung zustande. Die zwei größten Leitungen sind mit einer höheren Überfallwand abgetrennt, sodass diese nur bei Hochwasser durchströmt werden. Durch eine niedrigere Überfallwand ist die mittlere Leitung abgetrennt, sodass diese ab einem Mittelwasserabfluss mitgenutzt wird. Bei Niedrigwasser wird nur die kleinste Leitung durchflossen (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 12; WSA MLK/ESK, 2012a). Am Einlaufbauwerk (Abbildung 13) liegt die Gewässersohle auf 2,09 m NN und am Auslaufbauwerk (Abbildung 14) auf 2,07 m NN (WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 12). Der maximale Hochwasserabfluss von insgesamt 35 m<sup>3</sup>/s der Neetze setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Das 130,96 km<sup>2</sup> große alleinige



Abbildung 13: Einlaufbauwerk des Neetzedükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)



Abbildung 14: Auslaufbauwerk des Neetzedükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)

Einzugsgebiet der Neetze wird dabei mit einem Abfluss von  $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$  pro Quadratkilometer betrachtet. Hinzu kommt das  $219,04 \text{ km}^2$  große gemeinsame Einzugsgebiet mit dem Neetzekanal, welches mit demselben Abfluss beaufschlagt wird, von dem jedoch der maximale Hochwasserabfluss des Neetzekanals von  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  abgezogen wird. Zuletzt kommt ein Qualmwasseranteil des Bereichs zwischen Hohnstorf und Bleckede von  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  hinzu

(WSD HH Nba ESK, 1967a, S. 2). Der Neetzedüker kann bei der Ausgangslage eines maximalen Eigenhochwassers der Neetze einen Abfluss von  $36,7 \text{ m}^3/\text{s}$  leisten und das Eigenhochwasser kann somit ohne Aufstau abfließen. Bemessen ist der Neetzedüker jedoch auf das Doppelte des maximalen Eigenhochwassers, also auf einen Abfluss von  $70 \text{ m}^3/\text{s}$ . Einen Abfluss von  $70,86 \text{ m}^3/\text{s}$  kann der Neetzedüker nachweislich mindestens leisten (WSD HH Nba ESK, 1967a, S. 7 ff.). Außerdem wurde bei der Bemessung des Dükers berücksichtigt, dass ein Abfluss von  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  durch die drei Düker der Elbmarsch sichergestellt werden kann (WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 10, 1970, S. 15 ff.). Allerdings ist dabei ein Deichbruch an der Elbe oberhalb der Mündung des ESKs mit Überflutung der Elbmarsch nicht konkret berücksichtigt und dessen Abfluss nicht vorgesehen. Aus diesem Grund sind zusätzlich vier Drosselschütze an den einzelnen Dükerleitungen errichtet worden (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 12). Direkt neben dem Neetzedüker steht das Schöpfwerk Echem. Dieses fördert bis zu  $8 \text{ m}^3/\text{s}$  Wasser aus der Neetze vor dem Neetzedüker in den ESK (WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 10; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2022).

### 3.3.4 Hauptkanal Ilau-Schneeegraben und Schnedegrabendüker

In der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) ist der 25 km lange Hauptkanal Ilau-Schneeegraben, in älteren Bezeichnungen auch Schnedegraben, Schneidegraben oder Graben E (Reinstorf, 1929, S. 10; Anlage 2 zu § 4 Satzung des Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung; Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1960, S. 1), der nördlichste der drei von Osten nach Westen verlaufenden Hauptvorfluter, die den ESK kreuzen (Büttner et al., 1976, S. 57 ff.; WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4, 12, 20). Der Hauptkanal Ilau-Schneeegraben ist ein in großen Teilen künstlich angelegter Vorfluter zur Entwässerung der nördlichen Elbmarsch. Er zweigt mit einem Mündungsbauwerk zwischen Hohnstorf und Echem von der Marschwetter ab, einem Altarm der Elbe, der kurz vor dem ESK in die Neetze mündet. Das Mündungsbauwerk ermöglicht einen Abfluss von  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  (Reinstorf, 1929, S. 9 f., 66, 81; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2016, S. 6 ff.; Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1964, S. 1 ff.), quert mit dem Schnedegrabendüker den ESK (WSD HH

Nba ESK, 1967c, S. 20, 1967d, S. 13 f.; WSD HH Nba ESK Nord, 1976; WSA MLK/ESK, 2012b) und führt an Bütlingen und Eichholz vorbei nach Laßrönne, wo der Anschluss zur Ilmenau mit dem Siel und Schöpfwerk Laßrönne sichergestellt ist. Bei Eichholz mündet die Alte Ilau, der ursprüngliche Verlauf der Ilau, in den Hauptkanal Ilau-Schneegraben, der ab dort in dem ausgebauten Gewässerbett der Ilau verläuft (Reinstorf, 1929, S. 9 f., 81; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2016, S. 6 ff.). Kurz vor Laßrönne mündet die Alte Ilmenau, das ursprüngliche Flussbett der Ilmenau, welches durch den Ilmenaukanal ersetzt wurde, in den Hauptkanal Ilau-Schneegraben (Reinstorf, 1929, S. 66, 81). Der untere Bereich des Hauptkanals Ilau-Schneegraben ist auf einen Abfluss von  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  ausgelegt (Wasserwirtschaftsamt Lüneburg, 1959, Teil 1a S. 9, Teil 1c S. 2 ff., 1961, S. 15). Am Schnedegrabendüker ist auf der östlichen Seite des ESKs außerdem ein Auslass vorgesehen, mit dem bei Niedrigwasser der Hauptkanal Ilau-Schneegraben gespeist und dessen Wasserspiegellage für die landwirtschaftliche Nutzung erhalten werden kann (WSD HH Nba ESK Nord, 1976). Dieser Verlauf ist in Abbildung 10 dargestellt. Aktuelle Abflusswerte des Hauptkanals Ilau-Schneegraben liegen nicht vor, da es keinen Pegel und keine Messstelle am Hauptkanal Ilau-Schneegraben gibt (Gauglitz, E-Mail, 2023).

Die Unterhaltung des, für die Entwässerung der nördlichen Elbmarsch relevanten, Hauptkanals Ilau-Schneegraben sowie der Betrieb des Siels und des Schöpfwerks in Laßrönne lag früher in der Verantwortung des Ilau-Verbands (Reinstorf, 1929, S. 88 f.). Heute ist für dies der Ilmenauverband zuständig (Hoffmann, 1982, S. 22). Das einzige Bauwerk an der Ilau, für dessen Unterhalt der Ilmenauverband nicht zuständig ist, ist der Schnedegrabendüker zur Querung des ESK. Dieses wird von der WSV unterhalten, da dieser nur bedingt durch den Bau des ESKs existiert (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 20, 1967d, S. 13 f.; WSD HH Nba ESK Nord, 1976; WSA MLK/ESK, 2012b). An der Ilau gibt es keine gewidmeten Deiche. Große Teile des Ufers der Ilau sind auf dem Höhenniveau der umliegenden Elbmarsch, nur vereinzelt sind, teils nur einseitige, Verwallungen zu finden. Keine dieser Verwallungen sind gewidmete Deiche (NLWKN, 2020c, S. 32; Reinstorf, 1929, S. 81).

Das 1969 erbaute Dükerbauwerk Nr. 532 Schnedegraben führt den Hauptkanal Ilau-Schneegraben in drei runden Stahlbetonleitungen unter dem ESK bei Kilometer 112,376 hindurch. Diese Leitungen sind parallel angeordnet und die äußeren Leitungen haben einen Rohrdurchmesser von je 1,70 m, was zu einem Querschnitt von jeweils  $2,27 \text{ m}^2$  führt, während die mittlere einen Rohrdurchmesser von 0,80 m und somit einen Querschnitt von  $0,50 \text{ m}^2$  hat. Dabei gibt es durch zwei Überfallwände in verschiedener Höhe eine Einteilung der Dükerleitungen für den Niedrigwasser-, Mittelwasser- und (Eigen-)Hochwasserabfluss. Die kleinste Leitung wird dabei immer durchflossen, während die größeren Leitungen erst bei höheren Wasserständen in Betrieb sind (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 20; WSD HH Nba ESK Nord, 1976; WSA MLK/ESK, 2012b). Die Höhe der Gewässersohle des Hauptkanals Ilau-Schneegraben liegt am Einlaufbauwerk (Abbildung 15) bei 2,43 m NN und am Auslaufbauwerk (Abbildung 16) bei 2,41 m NN. (WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 20) Die Bemessung für



Abbildung 15: Einlaufbauwerk des Schnedegrabendükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)

1970, S. 15 ff.). Bei dieser ist kein Deichbruch eines Elbedeiches in der Elbmarsch oberhalb der Mündung des ESKs vorgesehen, weshalb dieses Wasser nicht ohne Weiteres abgeführt werden kann. Für den Deichbruchfall gibt es drei Drosselschütze an den einzelnen Dükerleitungen (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 20).

den maximalen Durchfluss basiert auf dem Einzugsgebiet von  $12 \text{ km}^2$  mit einer Abflussspende von maximal  $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$  pro Quadratkilometer (Büttner et al., 1976, S. 57 ff.). Dies ergibt  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  Eigenabfluss im Hochwasserfall. Hinzu kommt eine Vorbelastung von rund  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  aus der Marschwetter (WSD HH Nba ESK Nord, 1976), weshalb die Bemessungsgrundlage für den größten vorgesehenen Gesamtdurchfluss bei  $5,06 \text{ m}^3/\text{s}$  liegt. Darüber hinaus wurde bei der Bemessung des Dükers einbezogen, dass ein Abfluss von  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  durch alle drei Düker der Elbmarsch sichergestellt werden kann (WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 10,



Abbildung 16: Auslaufbauwerk des Schnedegrabendükers (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)

### 3.4 Elbe-Seitenkanal

Schiffbare Kanäle, die parallel zu dem Fließgewässer verlaufen, von dem sie abgehen und somit eine Alternativstrecke bilden, werden als Seitenkanäle bezeichnet (Kuhn & Soehngen, 2015, S. 826). Der ESK stellt dabei eine Alternativstrecke für den Elbabschnitt zwischen Magdeburg und Lauenburg dar, welcher insbesondere bei Niedrigwasser, aufgrund der starken Wasserstandschwankungen und der teils sehr geringen Fahrrinntiefe, für die Binnenschifffahrt sehr schwer passierbar ist (Meurer, 2000, S. 80; WSA MLK/ESK, 2020a; WSV, 2022, S. 34). Außerdem wird so die Elbe und der Hamburger Hafen über den ESK mit den Industriegebieten Braunschweig, Wolfsburg und Salzgitter sowie über den MLK mit den westdeutschen Kanälen und Industriegebieten verbunden (Büttner et al., 1976, S. 23 ff.; Meurer, 2000, S. 80; WSA MLK/ESK, 2020a). Dazu verbindet der  $115,2 \text{ km}$  lange ESK den MLK von seinem Abzweig bei Edesbüttel zwischen Braunschweig und Wolfsburg mit der Elbe bei Artlenburg,

etwa 3,5 km Luftlinie stromabwärts der Mündung des Elbe-Lübeck-Kanals bei Lauenburg (Brundiars & Utecht, 1999, S. 32; Büttner et al., 1976, S. 23 ff.).

### 3.4.1 Lage des Elbe-Seitenkanals

Der ESK ist über den MLK sowohl vom westdeutschen Binnenschiffahrtssystem als auch von der Elbe bei Magdeburg erreichbar. Die Höhendifferenz von insgesamt 61 m zwischen dem Abzweig aus der Scheitelhaltung des MLKs von 65 m NN bei Edesbüttel und der Mündung in die Stauhaltung der Elbe bei Artlenburg, wie in Kapitel 3.1 beschrieben, wird mit Hilfe von zwei Bauwerken überwunden. Vom Beginn der Kilometrierung in Edesbüttel verläuft der ESK 60 km bis zur Schleusengruppe in Uelzen, dem ersten der zwei Bauwerke. Von dort führt der ESK 46 km an Bad Bevensen und Lüneburg vorbei bis zum Schiffshebewerk in Scharnebeck, dem zweiten Bauwerk zur Überwindung der Höhendifferenz. Mit dem Schiffshebewerk verlässt der ESK die Geest und seine Streckenführung führt über die letzten rund 9 km von Scharnebeck in gerader Süd-Nordausrichtung bis Artlenburg, wo der ESK in die Elbe mündet. Der nördlichste Abschnitt des ESKs verläuft durch die Elbmarsch (Brundiars & Utecht, 1999, S. 23, 119 ff.; Büttner et al., 1976, S. 12 f., 23 ff.; Liedtke & Marcinek, 2002, S. 435 ff., 440 ff.; Müller, 1962, S. 959 ff., 967, 970; Schneider, 1962, S. 1189 ff., 1197; WSA MLK/ESK, 2020a; Witt, 1962, S. 971 ff.).

Auf diesem Abschnitt zwischen Scharnebeck und Artlenburg verläuft der ESK in Dammlage, wird also zwischen zwei parallelen Dämmen geführt. Dies ist erforderlich, da der Wasserspiegel des ESKs in der Elbmarsch bei Artlenburg eine offene Verbindung zur Elbe hat. Somit entspricht die Wasserspiegellage des ESKs dort der Stauhaltung der Elbe bei Geesthacht bzw. dem Elbewasserstand in Artlenburg. Dies hat zur Folge, dass der Wasserspiegel, zumindest bei erhöhten Elbewasserständen, in vielen Bereichen der Elbmarsch oberhalb der Geländehöhe liegt. Auch bei einem Elbehochwasser soll ein Wasserstand von über 8 m NN im ESK nicht überschritten werden, um die Durchfahrtshöhen unter den Brücken für die Schifffahrt zu gewährleisten. Deshalb wird bei diesem Wasserstand das Hochwassersperrtor in Artlenburg geschlossen (Brundiars & Utecht, 1999, S. 32, 119 ff.; Büttner et al., 1976, S. 30 ff., 60 ff.; Pape, E-Mail, 2023). Nach Süden wird die Wasserspiegellage durch das Schiffshebewerk in Scharnebeck begrenzt. Die Dammlage des ESKs verläuft von Artlenburg bis kurz vor dem Schiffshebewerk in Scharnebeck. Somit durchschneidet er die Elbmarsch in voller Ausdehnung von der Elbe im Norden bis zur Lüneburger Heide im Süden. Alle Verkehrswege und Gewässer, die in Ost-West-Ausrichtung durch die Elbmarsch führen, müssen diesen kreuzen (Büttner et al., 1976, S. 46 ff., 57 ff.). Die Dämme des ESKs überragen die umliegende Elbmarsch mit ihrer Kronenhöhe von 10,8 m NN deutlich und stellen den gleichen Hochwasserschutz wie die Hochwasserdeiche der Elbe sicher (Brundiars & Utecht, 1999, S. 32, 119 ff.; WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 9).

Der Verlauf des ESKs ist in Abbildung 17 dargestellt. Dabei sind das Schiffshebewerk in Scharnebeck und die Schleusengruppe bei Uelzen, bei denen sich ein Versatz in der Wasserspiegellage befindet, hervorgehoben.

### 3.4.2 Geschichte des Elbe-Seitenkanals

Hamburg gehört zu den größten Seehäfen in Europa, an denen beträchtliche Mengen an Gütern jeglicher Art umgeschlagen werden (Statistisches Bundesamt, 2022). Als größter Seehafen in Deutschland müssen viele Güter in das Landesinnere abtransportiert werden (Statistisches Bundesamt, 2022). Für den Weitertransport der Güter gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die drei Standbeine des Gütertransports innerhalb Deutschlands sind die Binnenschifffahrt sowie der straßengebundene

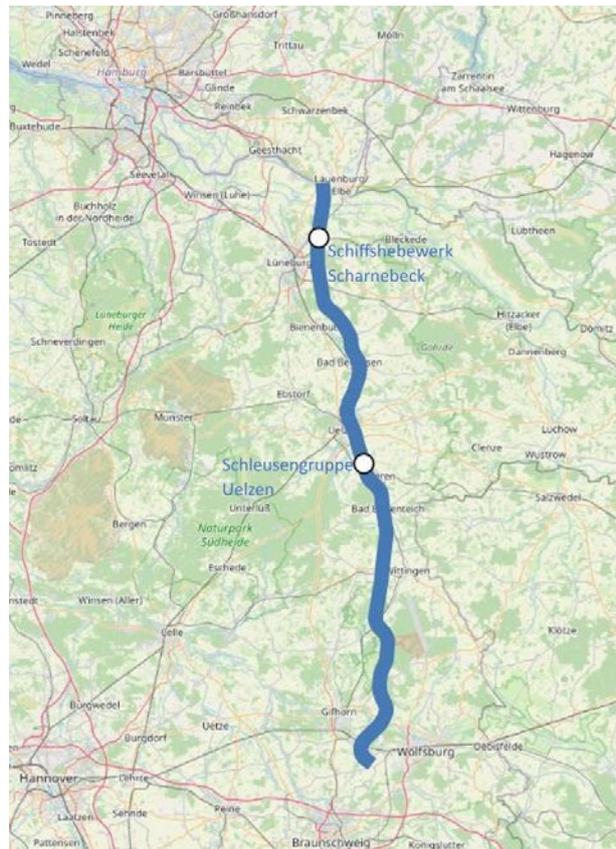


Abbildung 17: Lage des ESKs mit Schiffshebewerk und Schleuse (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

und schienengebundene Güterverkehr (Statistisches Bundesamt, 2019). Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war Hamburg der zweitgrößte Binnenhafen Deutschlands und die Binnenschifffahrt machte dort zu dieser Zeit 75 % des Güterumschlags in Richtung des Landesinneren aus, während die übrigen 25 % auf die Eisenbahn entfielen. Die zunehmende Vergrößerung der Binnenschiffe im Zusammenspiel mit den oft sehr niedrigen Wasserständen der Elbe erforderte einen Ausbau der Schiffbarkeit oberhalb Hamburgs (Büttner et al., 1976, S. 9 ff.; Meurer, 2000, S. 80). Ein Ausbau der Elbe zwischen Lauenburg und Magdeburg war nahezu unmöglich. So wurde als Alternativlösung ein Kanal betrachtet, welcher eine Verbesserung der unzureichenden Anbindung des Hamburger Hafens an die westdeutschen Industriegebiete bot. Das Ergebnis wissenschaftlicher Untersuchungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, technischer Umsetzbarkeit und landwirtschaftlicher Verträglichkeit war die heutige Streckenführung des ESKs (Büttner et al., 1976, S. 9 ff., 17 ff.).

Das für den Bau nötige Planfeststellungsverfahren wurde in zehn Schritte unterteilt. Die ersten dieser Schritte wurden 1960 planfestgestellt (Büttner et al., 1976, S. 20 f.). Die Arbeiten für den Bau des ESKs begannen 1963. In diesem Zeitraum wurden u. a. Baugrunderkundungen durchgeführt, Grundwasserabsenkungen mit land- und forstwirtschaftlicher Beweissicherung vorgenommen, die Erdarbeiten durchgeführt, das Kanalbett befestigt und die Anlagen und Bauwerke des ESKs errichtet (Büttner et al., 1976, S. 25 ff.). Nach rund acht Jahren reiner Bauzeit wurde der ESK am 15.06.1976 fertiggestellt, eröffnet und für die Schifffahrt freigegeben. Kurz nach der Eröffnung erlitt der ESK jedoch

am 18.07.1976 einen Dammbbruch an einer Straßenunterführung bei Erbstorf und musste gesperrt werden (Norddeutscher Rundfunk [NDR], 2021; WSA MLK/ESK, 2020a). Bei dem Dammbbruch strömten etwa sechs Millionen Kubikmeter Wasser aus dem ESK, durch die rund 15 km<sup>2</sup> im Umland überflutet wurden. Bei diesem Dammbbruch wurde der Katastrophenalarm ausgelöst und es dauerte etwa 15 Stunden, bis das Wasser des ESKs durch eines der Sicherheitstore auf der einen und eine provisorische Barrikade, die durch die beteiligten Hilfskräfte u. a. von Feuerwehr, THW und Bundeswehr errichtet wurde, auf der anderen Seite aufgestaut und am Auslaufen gehindert wurde. Erst am 24.06.1977 konnte er nach Reparatur- und Sicherungsmaßnahmen an einzelnen Bauwerken wieder in Betrieb genommen werden (NDR, 2021).

### 3.4.3 Aufbau und Bauwerke des Elbe-Seitenkanals

In seinem Aufbau ist der ESK so gestaltet, dass er das zu seiner Eröffnung maßgebende Schiff für seine Wasserstraßen, das Europaschiff mit einer Tragfähigkeit von 1350 t, einer Länge von 80 m, einer Breite von 9,5 m und einer Abladetiefe von 2,5 m, in gegenläufigem Verkehr gut aufnehmen kann. Außerdem fanden bei der Bemessung die in dieser Zeit neu aufkommenden Schubleichter der heutigen Europa 1-Klasse, mit den Abmessungen 70 x 9,5 m, im Schubverband Berücksichtigung. Zu diesem Zweck gibt es zwei verschiedene Regelquerschnitte des ESKs. Der eine Regelquerschnitt bezieht sich auf alle als Einschnitt in das Umgebungsniveau gebauten Abschnitte. Alle Abschnitte in Dammlage werden durch den zweiten Regelquerschnitt abgedeckt. Der Regelquerschnitt für die im Einschnitt liegenden Abschnitte sieht eine Breite des Wasserspiegels von 53 m über einer Sohle mit 29 m Breite vor. Durch die Sohlentiefe von 4,15 m unter der Wasserspiegellage in der Mitte und 4 m unter der Wasserspiegellage am Rand in Kombination mit einer Böschungsneigung von 1:3 ergibt sich eine Fahrwasserbreite von 35 m. Die Böschung wird auf beiden Seiten von einem 3,5 m breiten Weg begleitet, bevor das weitere Gelände mit einer Steigung von maximal 1:2 anschließt. Die Stabilität der Böschung wird durch eine Böschungsbefestigung gewährleistet. Diese Abschnitte sind je nach Lage des Grundwasserspiegels auf der Sohle und den Böschungen gedichtet oder ungedichtet. Auf eine Dichtung wird dann verzichtet, wenn der Grundwasserspiegel der Haltung der Wasserspiegellage des ESKs entspricht. Für den Regelquerschnitt des ESKs in den Abschnitten in Dammlage ist ebenfalls ein 53 m breiter Wasserspiegel und eine 1:3 geneigte Böschung vorgesehen. Hier wird allerdings für die Erreichung des 35 m breiten Fahrwassers eine Sohlenbreite von 26 m bei einer Sohlentiefe von 4,65 m unter der Wasserspiegellage in der Mitte und 4,5 m unter der Wasserspiegellage am Rand vorgesehen. Da die Wasserspiegellage in den Bereichen in Dammlage immer über der Grundwasserspiegellage und teilweise über dem Niveau des umliegenden Geländes liegt sind die Böschungen hier immer gedichtet. Außerdem wird die Stabilität der Böschung durch eine Böschungsbefestigung sichergestellt. Die Breite der Dammkronen auf beiden Seiten beträgt 6 m. Auf ihnen verlaufen durchgehende Wege. Die Außenböschungen der Dämme haben eine Neigung von 1:2 im oberen Bereich und 1:4 am Dammfuß.

In einigen Bereichen befinden sich parallel verlaufende Entwässerungsgräben am außenliegenden Dammfuß. Abweichungen von diesen Regelquerschnitten gibt es nur in den Bereichen von Bauwerken, z. B. verschiedenen Kreuzungsbauwerken, wie Straßenunterführungen oder Kanalbrücken, und Hafengebieten sowie im Bereich der Schleuse und des Schiffshebewerks. Der Bereich des ESKs, der durch die Elbmarsch verläuft, befindet sich überwiegend in Dammlage, lediglich ein sehr kurzer Abschnitt unmittelbar am Schiffshebewerk in Scharnebeck weicht davon ab und ist nicht gedichtet, wodurch eine Verbindung zum Grundwasser besteht (Büttner et al., 1976, S. 23 ff.). Da das Schiffshebewerk in Scharnebeck aktuell durch die begrenzte Länge seiner Tröge der limitierende Faktor für die Nutzung des ESKs mit größeren modernen Binnenschiffen und Schubverbänden ist, gibt es Planungen für den Neubau einer Schleuse neben dem Schiffshebewerk, durch welche die größeren Schiffe die Engstelle passieren können. Diese soll eine Schleusenkammer mit 225 m Länge und 12,5 m Breite erhalten. Geplant ist der Bau ab der Mitte der 2020er bis zur Fertigstellung in den 2030er Jahren (Henze & Schulz, 2019, S. 11 f.; Schulz, 2020, S. 13).

Der ESK hat eine Vielzahl verschiedener Bauwerke, die der Durchgängigkeit für die Binnenschifffahrt, der Kreuzung von Verkehrswegen und anderen Gewässern oder der Sicherheit dienen. Zwei Bauwerke des ESKs dienen der Überwindung des Höhenunterschieds zwischen der Stauhaltung der Elbe durch das Wehr Geesthacht bei 4 m NN und der Scheitelhaltung des MLKs bei 65 m NN (WSA MLK/ESK, 2020a). Das Erste ist die Schleuse bei Uelzen. Diese überwindet mit einer Schleusenkammer der Gesamtlänge von 190 m und einer nutzbaren Länge von 185 m eine Fallhöhe von 23 m. Da es hier keine natürliche Geländestufe gibt, musste die Standortwahl nach den kanalbaulichen Möglichkeiten getroffen werden. Die Möglichkeit einer Erweiterung durch eine weitere Schleuse wurde bei dem Bau der Schleuse Uelzen 1 vorgesehen (Büttner et al., 1976, S. 39 ff.). Diese Erweiterung wurde aufgrund des Verkehrsaufkommens mit dem Neubau der Schleuse Uelzen 2 direkt neben der ersten Schleuse realisiert. Mit einer Länge der Schleusenkammer von 190 m und einer Breite von 12,5 m gehört die Schleuse zu den größten Binnenschifffahrtsschleusen Deutschlands. Durch die Verwendung von zwei Schleusenkammern stellt die Schleuse in Uelzen keine Engstelle mehr dar (WSA MLK/ESK, 2020a, 2020c). Das zweite Bauwerk zur Überwindung dieser Höhendifferenz ist das Schiffshebewerk in Scharnebeck bei Lüneburg. Es befindet sich an der Stufe zwischen der höheren durch Altmoränen geprägten Lüneburger Heide und den tiefergelegenen Elbmarschen des Elbe-Urstromtals. Durch diese Lage am Geesthang ergibt sich, dass auf sehr geringer Länge 38 m Höhendifferenz überwunden werden müssen. Dies wird mit den zwei Trögen des Schiffshebewerks ermöglicht. Die zwei Stahlbetontröge mit jeweils 115 m Länge, 12 m Breite und 3,5 m Tiefe sind mit 240 je 54 mm starken Stahlseilen an acht Gegengewichtstürmen mit Gegengewichten von insgesamt rund 12.000 t aufgehängt. Bewegt werden die Tröge durch eine Antriebskonstruktion mit Spindeln und Zahnstangen, über die die Antriebskraft auf den Trog übertragen wird. Durch diese Konstruktion und Lage des Schiffshebewerks in Scharnebeck wird deutlich, dass der ESK in der Elbmarsch nördlich des

Schiffshebewerks und der ESK auf der Geeststufe südlich des Schiffshebewerks nicht zusammenhängen und ihre Wasserspiegellagen keinen Einfluss aufeinander haben. Für das Verhalten der Wasserspiegellagen im Katastrophenfall kann somit angenommen werden, der ESK in der Elbmarsch würde am Schiffshebewerk enden (Büttner et al., 1976, S. 30 ff.; WSA MLK/ESK, 2020a, 2020b).

Bei dem Bau des ESKs mussten auf der gesamten Strecke insgesamt 73 Verkehrswege, darunter acht Bahntrassen und sechs Bundesstraßen, gekreuzt werden. Diese konnten nur vereinzelt zusammengelegt werden, sodass eine Vielzahl an Kreuzungsbauwerken benötigt wurde. In ihrer Gesamtheit können diese in zwei Hauptgruppen unterteilt werden, die Brücken und die Unterführungen. Die meisten Verkehrswege kreuzen mit Brücken in mehreren verschiedenen Ausführungsvarianten den ESK. Insgesamt 18 der 73 Verkehrswege werden, teilweise zusammengelegt, mit 14 Unterführungen unter dem ESK hindurchgeführt (Büttner et al., 1976, S. 46 ff.). An einer dieser Unterführungen ist die Schadstelle für den Dammbbruch vom 18.07.1976 bei Erbstorf aufgetreten (NDR, 2021). Neben Verkehrswegen kreuzt der ESK auf seiner gesamten Trasse auch 37 Gewässer. Bei diesen Gewässerquerungen gibt es drei verschiedene Varianten der Ausführung. Dies sind Kanalbrücken, Durchlässe und Düker (Patt et al., 2021, S. 299 f.). Die Ilmenau als größter Fluss der Lüneburger Heide wird von dem ESK zweimal mit Hilfe von Kanalbrücken überquert. Dabei verläuft der ESK aus seiner Dammlage auf gleichbleibender Höhe mit einer Brücke über die tieferliegende Ilmenau (Büttner et al., 1976, S. 57 ff.). Weitere 19 Gewässerquerungen sind als Durchlässe realisiert. Diese ähneln in ihrem Aufbau den Durchlässen für Verkehrswege. Grundlegende Voraussetzung ist dabei jedoch, dass der höchstmögliche Wasserspiegel des gekreuzten Gewässers bei einem Hochwasser unterhalb der Kanalsole des ESKs liegt. Wo dies nicht möglich ist, finden Düker Verwendung. Diese leiten die Gewässer unter der tieferliegenden Kanalsole des ESKs hindurch (Anselm et al., 2015, S. 525; Barjenbruch, 2015, S. 1011; Büttner et al., 1976, S. 57 ff.; Helbig, 2015, S. 1 f.; WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4, 12, 20).

Um bei einem Dammbbruch, wie dem vom 18.07.1976, zu vermeiden, dass eine komplette Wasserspiegellage leerläuft, ist der ESK durch Sicherheitstore in Abschnitte gegliedert, mit welchen der betroffene Abschnitt bei Bedarf gegenüber den benachbarten Abschnitten abgeschottet werden kann (Büttner et al., 1976, S. 60 f.; NDR, 2021). Insgesamt existieren vier dieser Sicherheitstore bei Erbstorf, Wieren, Osloß und Wasbüttel. Die Standorte sind so gewählt, dass sie am Anfang bzw. Ende von besonders langen oder besonders hohen Dammstrecken liegen. Die Sicherheitstore werden nach Aussage des WSA MLK/ESK mit Zuständigkeit für den ESK bei Eintritt eines Dammbrechts von Mitarbeitern der Rufbereitschaft der WSV, die rund um die Uhr erreichbar und für den Schutz vor Gefahren für Mensch und Umwelt an den Bundeswasserstraßen verantwortlich sind, geschlossen (§ 1 Abs. 1 Satz 2, 5 BinSchAufgG; Büttner et al., 1976, S. 60 f.; Pape, E-Mail, 2023). Aufgrund der

geringen Länge des ESKs in der Elbmarsch von 9 km existiert dort trotz durchgehender Dammlage kein Sicherheitstor. Allerdings kann der Abschnitt, welcher auf der südlichen Seite vom Schiffshebewerk Scharnebeck begrenzt wird, nach Norden durch das Hochwassersperrtor in Artlenburg (Abbildung 18) gegen einen Rückstau durch eindringendes Elbehochwasser geschützt werden (Bründiers & Utecht, 1999, S. 32, 119 ff.; Büttner et al., 1976, S. 30 ff., 60 f.). Bei diesem handelt es sich um ein Klapptor, welches zu beiden Seiten an den Elbedeich anschließt und somit zur Deichverteidigungslinie gehört. Da das Verschließen auch bei Vereisung möglich sein muss, können die relevanten Bereiche beheizt werden. Das Tor ist so konstruiert, dass es nach dem Absenken durch den Druck eines höheren Elbewasserstands zugehalten wird. Bei einem Wasserstand im ESK bei Artlenburg von 8 m NN wird das Hochwassersperrtor geschlossen. Allerdings ist neben dem Verschließen gegen einen Elbwasserstand von über 8 m NN der Einsatz zur Erhaltung der Wasserspiegellage von mindestens 4 m NN im ESK bei einem Ausfall der Wehranlage in Geesthacht vorgesehen. Da das Hochwassersperrtor in Artlenburg meistens geöffnet ist, wirken sich die Elbewasserstände zwischen 4 m NN und 8 m NN jedoch trotzdem auf die Wasserspiegellage des ESKs in der Elbmarsch bis Scharnebeck aus (Büttner et al., 1976, S. 60 f.).



Abbildung 18: Hochwassersperrtor Artlenburg (Brößler, eigene Aufnahme, 2023)

### 3.5 Schutzgüter in der Elbmarsch

Weite Teile der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) sind als Risikogebiet nach § 78b WHG eingestuft. Sie können bei einem  $HQ_{\text{Extrem}}$  überschwemmt werden. Aus diesem Grund werden die vorhandenen Schutzgüter in der Elbmarsch zusammengetragen. Diese umfassen die potenziell betroffenen Einwohnerzahlen in Zugehörigkeit zu den Gemeinden, eine grobe Darstellung der Landnutzung sowie der materiellen und wirtschaftlichen Schadenspotenziale. Außerdem wird auf kritische Infrastrukturen (KRITIS) eingegangen. Abschließend erfolgt eine Darstellung der Störfallbetriebe nach Seveso-III-Richtlinie der EU in den betrachteten Gebieten in der Elbmarsch.

#### 3.5.1 Einwohnerzahl nach Gemeinden

Die Risikogebiete nach § 78b WHG in dem betrachteten Bereich der Elbmarsch gehören den Landkreisen Lüneburg und Harburg an. Das betrachtete Teilgebiet der Elbmarsch im Landkreis Harburg umfasst die Samtgemeinde Elbmarsch sowie Teile der Stadt Winsen (Luhe). Von letzterer liegen die Gebiete nordöstlich des Ilmenaukanals und der Ilmenaumündung im betrachteten Gebiet. Zum

Landkreis Lüneburg gehören im betrachteten Teilgebiet der Elbmarsch der nördliche Teil der Stadt Bleckede, große Teile der Samtgemeinde Scharnebeck, Teile der Gemeinde Adendorf sowie die nördlichsten Bereiche der Samtgemeinden Bardowick und Ostheide. Dabei liegen östlich des ESKs alle betrachteten Anteile der Stadt Bleckede und der Samtgemeinde Ostheide sowie einige Gemeinden der Samtgemeinde Scharnebeck. In der Stadt Bleckede betrifft dies die Gebiete nördlich des bebauten Stadtgebietes Bleckede, während in der Samtgemeinde Ostheide lediglich der nördlichste Bereich der Gemeinde Neetze enthalten ist. In der Samtgemeinde Scharnebeck liegen die Gemeinden Hittbergen, Hohnstorf (Elbe) und Lüdersburg sowie die betrachteten nördlichen Bereiche der Gemeinde Rullstorf vollständig östlich des ESKs. Während die Gemeinde Echem zum überwiegenden Teil auf der östlichen Seite des ESKs liegt, ist der betrachtete Bereich der Gemeinde Scharnebeck nördlich der Ortslage Scharnebeck durch den ESK in ähnlich große Anteile geteilt. Der Flecken Artlenburg hat nur einen geringen Anteil auf der Ostseite des ESKs. Auf der Westseite des ESKs liegen die betrachteten Gebiete der Stadt Winsen (Luhe), die Samtgemeinde Elbmarsch mit den Gemeinden Drage, Marschacht und Tespe, die betrachteten Bereiche der Samtgemeinde Bardowick, welche die Gemeinde Barum und Teile der Gemeinden Wittorf und Handorf umfassen, die betrachteten Bereiche der Gemeinde Adendorf sowie die übrigen Gemeinden der Samtgemeinde Scharnebeck. Letzteres sind die Gemeinde Brietlingen, der Großteil des Flecken Artlenburg sowie die westlich des ESKs gelegenen betrachteten Gebiete der Gemeinde Scharnebeck und ein kleiner Teil der Gemeinde Echem (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022a). Für die Betrachtung der betroffenen Einwohnerzahlen im der Elbmarsch östlich bzw. westlich des ESKs werden im Folgenden Angaben des Flecken Artlenburg der westlichen Seite zugerechnet, während Angaben zur Gemeinde Echem der östlichen Seite des ESKs zugerechnet werden. Da der überwiegende Anteil an geschlossenen Ortschaften im betrachteten Bereich der Gemeinde Scharnebeck östlich des ESKs liegt, werden auch Angaben zur Gemeinde Scharnebeck der Ostseite des ESKs zugerechnet.

Für die Bestimmung potenziell durch Überschwemmungen betroffener Einwohner des betrachteten Gebietes der Elbmarsch wird auf die Hochwasserrisikokarten für ein Extremhochwasser zurückgegriffen. Dort werden die potenziell betroffenen Einwohner nach Gemeinden dargestellt. Bei der Lage der einzelnen Gemeinden wird auf das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) zurückgegriffen. Aus ALKIS werden die Angaben zu der Lage der Gemeinden, Samtgemeinden und Landkreise entnommen. Um eine doppelte Zählung von Einwohnern zu vermeiden, werden nur Angaben zu einem Extremhochwasser der Mittelelbe und der Tideelbe, jedoch nicht der Ilmenau und nicht zu  $HQ_{100}$ - oder  $HQ_{Häufig}$ -Hochwasserereignissen betrachtet. Für einige Gemeinden, welche über die Tidegrenze hinaus reichen, werden sowohl Angaben für ein Extremhochwasser der Mittelelbe als auch für ein Hochwasser der Tideelbe angegeben. Da eine klare Trennung entlang der Tidegrenze vorgenommen wird, betreffen die Zahlen unterschiedliche Bereiche des Gemeindegebiets. Aus diesem Grund wird die potenziell betroffene Einwohnerzahl eines Extremhochwassers der Mittelelbe und

eines Extremhochwassers der Tideelbe in den Gemeinden Marschacht und Handorf aufaddiert. Dies wird als Gesamtanzahl der potenziell von einem Extremhochwasser der Elbe betroffenen Einwohnern dargestellt. Die Gemeinde Drage und die Stadt Winsen (Luhe) liegen vollständig im Tidebereich, somit ist hier nur ein Extremhochwasser der Tideelbe berücksichtigt. Bei der Stadt Winsen (Luhe) liegen große Teile des Stadtgebiets in potenziell betroffenen Gebieten eines Extremhochwassers der Tideelbe, was zu einer potenziell betroffenen Einwohnerzahl von 25.000 führt. Da jedoch nur die Ortslagen Laßrönne und Tönnhausen im betrachteten Gebiet liegen, wird die Angabe über die gemeinsame Einwohnerzahl dieser beiden Ortsteile von 1.498 Einwohnern, bestehend aus 747 Einwohnern in Laßrönne (Stadt Winsen a. d. Luhe, 2022a, S. 3) und 751 Einwohnern in Tönnhausen (Stadt Winsen a. d. Luhe, 2022b, S. 3) im Jahr 2022, in Tabelle 2, mit einem Stern gekennzeichnet, dargestellt und in den folgenden Betrachtungen verwendet. Im Ortsteil Stöckte sind nur einzelne Häuser im betrachteten Gebiet, weshalb dieser Ortsteil in der Abschätzung der potenziell betroffenen Personen vernachlässigt wird. Die Angaben zu potenziell von einem Extremhochwasser der Elbe betroffenen Einwohnern werden nach der zuvor beschriebenen Aufteilung der Elbmarsch in Gebiete östlich und westlich des ESKs in den Tabellen 1 und 2 gesondert aufgeführt. Auffällig ist dabei jedoch, dass es zu allen Gemeinden im betrachteten Gebiet der Elbmarsch Angaben zu den potenziell betroffenen Einwohnern gibt, außer für die Gemeinde Echem. Aufgrund der Lage inmitten des Risikogebietes und der vollständig überfluteten Darstellung in den Hochwassergefahrenkarten für ein Extremhochwasser mit Wasserständen zwischen >1 m und >4 m wird im Folgenden davon ausgegangen, dass alle Einwohner der Gemeinde Echem betroffen sind. Aus diesem Grund wird die Anzahl von 1.032 Einwohnern aus dem Jahr 2018 für die Gemeinde Echem angenommen (Landesamt für Statistik Niedersachsen, 2020, S. 22) und gesondert mit einem Stern gekennzeichnet in Tabelle 1 ergänzt.

*Tabelle 1: Potenziell betroffene Einwohner eines Extremhochwassers der Elbe östlich des ESKs (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022d)*

<b>Gemeinde</b>	<b>Potenziell betroffene Einwohner (HQ<sub>Extrem</sub>)</b>
Stadt Bleckede	5.300
Neetze	120
Hittbergen	880
Hohnstorf (Elbe)	2.300
Lüdersburg	610
Echem*	1.032*
Rullstorf	10
Scharnebeck	90
<b>Gesamt (östlich des ESKs)</b>	<b>10.342</b>

Tabelle 2: Potenziell betroffene Einwohner eines Extremhochwassers der Elbe westlich des ESKs (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022d)

Gemeinde	Potenziell betroffene Einwohner (H <sub>Q</sub> Extrem)
Stadt Winsen (Luhe)* (Laßrönde + Tönnhausen)	1.498*
Drage	4.200
Marschacht	3.900
Tespe	4.500
Barum	2.000
Wittorf	1.500
Handorf	2.110
Adendorf	10
Brietlingen	2.900
Flecken Artlenburg	1.600
<b>Gesamt (westlich des ESKs)</b>	<b>24.218</b>

Auf Basis der Hochwasserrisikokarten und der zusätzlichen Ergänzungen sind von einem Extremhochwasser der Elbe potenziell 10.342 Einwohner östlich und 24.218 Einwohner westlich des ESKs betroffen. Da eine feinere Darstellung im Rahmen dieser Ausarbeitung nicht möglich ist, werden im Folgenden für die Abschätzung betroffener Einwohner jeweils die gesamten Gemeinden betrachtet. Da die Feuerwehren häufig in der Nähe der Ortskerne der jeweiligen Gemeinden liegen und darüber hinaus Ausgangspunkt für eine funktionierende Gefahrenabwehr sind, werden die Standorte der Feuerwehr der jeweiligen Gemeinde stellvertretend für die gesamte Gemeinde betrachtet.

### 3.5.2 Schadenspotenziale bezüglich Sachgütern und wirtschaftlichen Tätigkeiten

Die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) ist durch die landwirtschaftliche Nutzung geprägt. Neben den land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen stellen Siedlungen in der Elbmarsch den zweitgrößten Anteil dar. Der Anteil und die Größe der Siedlungen ist westlich des ESKs etwas höher als östlich des ESKs. Ergänzt wird die Zusammensetzung der Flächennutzung in der Elbmarsch durch kleine Anteile industriell genutzter Flächen, Gewässer und sonstige Vegetations- und Freiflächen, zu denen z. B. Deiche und Dämme gehören. Kulturgüter von internationaler Bedeutung, wie UNESCO-Weltkulturerbe, sind in der Elbmarsch nicht vorhanden. Eine besondere Dichte an Wohnbebauung und Flächen mit industrieller Nutzung gibt es in Winsen (Luhe) (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022f). Allerdings liegt Winsen (Luhe) südwestlich des Ilmenaukanals und somit nicht direkt im betrachteten Gebiet, weshalb diese Veränderung der Flächennutzung unberücksichtigt bleibt.

Auf Basis der Landnutzung sowie der Bebauung hat der NLWKN im Rahmen des Masterplans Hochwasserschutz eine Schadenspotenzialanalyse durchgeführt. Diese erfasst die in der Fläche vorhandenen Vermögenswerte und soll einen Anhaltspunkt für die Wirtschaftlichkeit von bautechnischen Hochwasserschutzmaßnahmen geben. Allerdings ist diese Schadenspotenzialanalyse auf die festgesetzten und vorläufigen Überschwemmungsgebiete nach § 76 WHG bezogen und

umfasst im betrachteten Gebiet nur die von einem HQ<sub>100</sub> betroffenen Flächen im Deichvorland (NLWKN, 2022, S. 35 ff.). Diese Ermittlungen ergeben aufgrund des Hochwasserschutzes auf HQ<sub>100</sub>-Niveau geringe Schadenspotenziale für die Gemeinden der Elbmarsch (NLWKN, 2022, Anlage 8.4 f.). Diese geringen Schadenspotenziale sind allerdings nicht repräsentativ für ein HQ<sub>Extrem</sub>, da die Elbmarsch durch ihre niedrige Lage bei einem solchen Extremhochwasser großflächig überschwemmt werden kann (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022c). Aus diesem Grund wird auf einen Dienstbericht der NLWKN Betriebsstelle Norden-Norderney zur Ermittlung von Schadenspotenzialen und potenziellen Schäden für den niedersächsischen Bereich der unteren Mittelelbe aus dem Oktober 2016 zurückgegriffen. Für die Ermittlung der potenziellen Schäden werden die Ergebnisse der Schadenspotenzialanalyse auf Basis der statistischen Daten zu gefährdeten Werten und der Landnutzungsdaten aus ATKIS mit einer GIS-basierten Ermittlung von Überflutungstiefen auf Basis 2D-modellierter Wasserstände auf Grundlage des Berichts 1848 der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) verknüpft (Lambrecht et al., 2016, S. 1 f., 6). Bei der Schadensanalyse wird der prozentuale Wert- bzw. Kapitalverlust der verschiedenen Schadenspotenziale, darunter Sachgüter und Wirtschaftszweige, in Bezug zur Überflutungshöhe gesetzt. Daraus wird für jede Betrachtungseinheit ein absoluter Schaden ermittelt. Dieser wird im Ergebnis für bestimmte Abschnitte als Schadenssumme pro Flächeneinheit angegeben (Lambrecht et al., 2016, S. 4 f.). Einer der separat betrachteten Abschnitte ist der Teilbereich des ADV oberhalb der Tidegrenze. Für diesen 212 km<sup>2</sup> großen Teilbereich des ADV liegt ein Gesamtschadenspotenzial von 2,4 Mrd. € vor. Dies ergibt ein Schadenspotenzial von 11,2 Mio. €/km<sup>2</sup> (Lambrecht et al., 2016, S. 6 f.). Das betrachtete Gebiet der Elbmarsch umfasst nicht die gesamte Fläche des ADV oberhalb der Tidegrenze, dafür jedoch auch die Bereiche der Elbmarsch unterhalb der Tidegrenze bis zur Mündung der Ilmenau. Für die Ermittlung der Größe dieses Gebiets wird auf das Flächenvermessungstool von QGIS zurückgegriffen. Somit ergibt sich eine Größe von insgesamt 244 km<sup>2</sup>, von denen 112 km<sup>2</sup> auf die Bereiche östlich des ESKs entfallen, während 132 km<sup>2</sup> auf der Westseite des ESKs liegen. Aufgrund der ähnlichen Landnutzung wird dieses Schadenspotenzial pro Quadratkilometer im Folgenden ebenfalls für den Tidebereich des ADV angenommen. Über die Hälfte des Gesamtschadenspotenzials des ADV entfällt auf den Wohnbau. Mit jeweils rund 20 % folgen der Hausrat und das Nettoanlagevermögen aus den verschiedenen Wirtschaftszweigen. Kraftfahrzeuge bilden mit knapp 6 % den letzten nennenswerten Bestandteil des Gesamtschadenspotenzials (Lambrecht et al., 2016, S. 7f., Anlage C.1). Bezüglich der potenziellen Schäden bei den zugrunde gelegten Wassertiefen von bis zu 7,1 m mit einer Durchschnittstiefe von 3,8 m auf Basis der Wasserstände aus der 2D-Modellierung der BfG im Zuge des BfG-Berichts 1848 (Lambrecht et al., 2016, S. 9, Anlage D.1) ergeben sich 40 % bei dem Wohnbau, 32 % bei dem Hausrat, rund 16 % bei dem Nettoanlagevermögen aus den verschiedenen Wirtschaftszweigen und knapp 11 % bei den Kraftfahrzeugen. Die potenziellen Schäden belaufen sich absolut bei den zugrunde gelegten Überflutungshöhen auf rund 756 Mio. € (Lambrecht et al., 2016,

S. 11, Anlage F.1). Dies zeigt, dass die meisten potenziellen Schäden auf Sachwerte entfallen. Insbesondere Hausrat und Kraftfahrzeuge weisen dabei schon bei vergleichsweise geringen Wasserständen hohe Wertverluste auf. Wohnbau und Infrastruktur haben im Verhältnis zu anderen Sachgütern einen geringeren Wertverfall (Lambrecht et al., 2016, S. 5). Absolut liegt der höchste Schaden jedoch bei den Wohngebäuden (Lambrecht et al., 2016, S. 11, Anlage F.1). Auf Basis der Schadenspotenziale und der potenziellen Schäden wird im Folgenden davon ausgegangen, dass bei einer Überflutungshöhe von durchschnittlich ca. 3,8 m ein Drittel des Schadenspotenzials in den betroffenen Gebieten der Elbmarsch als potenzieller Schaden anzunehmen ist.

### 3.5.3 Kritische Infrastrukturen

Die KRITIS umfassen die Sektoren Energie, Verkehr und Transport, Gesundheit, Wasser, Ernährung, Informationstechnik und Telekommunikation, Versicherungen und Finanzwesen, Medien und Kultur sowie Staat und Verwaltung. Die verschiedenen Sektoren können jeweils den vier Schutzgütern zugeordnet werden. Aufgrund der Relevanz der KRITIS in unserer Gesellschaft, soll die Verfügbarkeit dieser Infrastrukturen sichergestellt werden, sodass diese ununterbrochen zur Verfügung stehen. Allerdings kann diese Verfügbarkeit der KRITIS durch verschiedene Einflussfaktoren, wie z. B. Naturgefahren, unterbrochen werden. Deshalb hat der Schutz der KRITIS einen besonders hohen Stellenwert (Bundesministerium des Innern, 2011, S. 7 f.). Die betrachteten Gebiete der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) nördlich des Ilmenaukanals bis zur Ilmenaumündung umfassen mehrere kritische Infrastrukturanlagen, insbesondere aus den Bereichen Energie und Verkehr. Für den Fall einer großflächigen Überschwemmung wird die Annahme getroffen, dass die Versorgung mit Wasser und Nahrung im überschwemmten Gebiet nicht auf reguläre Weise erfolgen kann. Aus diesem Grund brauchen die einzelnen Bestandteile dieser Infrastruktursektoren nicht weiter aufgeführt zu werden. Da sich in der Elbmarsch vorwiegend kleine Gemeinden befinden und die Kreisstädte Lüneburg und Winsen (Luhe) außerhalb des betrachteten Gebietes liegen, wird angenommen, dass die größten Teile der KRITIS-Sektoren Finanz- und Versicherungswesen, Medien und Kultur, sowie Staat und Verwaltung außerhalb des betrachteten Gebietes liegen. Gleiches gilt für den KRITIS-Sektor Gesundheit. In diesem Gebiet liegen außerdem keine Krankenhäuser, deshalb wird davon ausgegangen, dass neben einer erhöhten Auslastung keine direkten Auswirkungen auf die nächstgelegenen Krankenhäuser in Winsen (Luhe), Lüneburg, Geesthacht und Boizenburg (Elbe) durch eine Überschwemmung der Elbmarsch resultieren (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie [BKG], 2023c). Im KRITIS-Sektor Informationstechnik und Telekommunikation sind von den verschiedenen Bereichen des Sektors durch ein Überschwemmungsszenario in der Elbmarsch besonders die, in der Fläche verteilten, Funkmasten für die flächendeckende Abdeckung des Mobilfunknetzes gefährdet. Diese Masten stehen häufig in der Nähe von Ortschaften (Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahn [BNetzA], 2023a), weshalb die einzelnen Standorte von

Funkmasten in der Elbmarsch im Folgenden nicht betrachtet werden. Ein Ausfall von einzelnen oder mehreren Funkmasten bei einem Überschwemmungsszenario ist jedoch denkbar. Dies kann unter Umständen zu Unterbrechungen in der Netzabdeckung in den überfluteten Bereichen kommen. Die Auswirkungen auf die Kommunikation in einem potenziellen Hochwassereinsatz sollten separat untersucht werden, dies ist jedoch nicht im Rahmen dieser Ausarbeitung möglich. Dass eine Einschränkung der Kommunikation im Einsatzgebiet bei einem Hochwasser möglich ist, zeigen die Erfahrungen des Juli-Hochwassers 2021 im Ahrtal (BNetzA, 2022, S. 7; Schüttrumpf, 2021, S. 28 ff.).

Im betrachteten Gebiet der Elbmarsch sind im Verkehrs- und Transportsektor der KRITIS neben den bereits beschriebenen Bundeswasserstraßen Elbe und ESK primär das Straßen- und Schienennetz betroffen. Der Luftverkehr wird nicht betrachtet, da es in der Elbmarsch keinen Flughafen von überregionaler Bedeutung gibt (BKG, 2023a). Im Schienennetz der Deutschen Bahn (DB) Netz AG existiert in dem betrachteten Gebiet die Bahnstrecke des öffentlichen Personennahverkehrs von Lüneburg nach Lauenburg. Diese quert beim Neetzekanaldüker den ESK und führt durch die Elbmarsch östlich des ESKs. Dabei kreuzt sie die Neetze südlich von Echem, bis sie die Elbmarsch mit der Eisenbahnbrücke von Hohnsdorf über die Elbe nach Lauenburg verlässt (Deutsche Bahn AG, 2018). Darüber hinaus existiert die Bahnstrecke von Winsen (Luhe) nach Niedermarschacht. Diese wird von der Schieneninfrastruktur Ost-Niedersachsen GmbH (SInON) betrieben. Die Strecke der SInON führt zum Betriebsgelände der Firma Bruno Bock Chemische Fabrik GmbH & Co. KG (Bruno Bock) in Niedermarschacht und ist für den Güterverkehr bestimmt. Diese Strecke liegt in Nord-Südausrichtung in der Elbmarsch nahe der Tidegrenze (Schieneninfrastruktur Ost-Niedersachsen GmbH [SInON], 2021). Im Straßennetz werden Autobahnen (A), Bundesstraßen (B) und Landstraßen (L) als Verkehrswege mit überregionaler Bedeutung angesehen.

Die Betrachtung des Straßennetzes im Bereich der Verkehrsinfrastruktur hat bei Überschwemmungsszenarien eine besondere Bedeutung, da dieses die Grundlage für die Zugänglichkeit des Gebiets für Einsatzkräfte und die Versorgung von Einsatzkräften und Hilfebedürftigen bildet sowie die Durchführung von Evakuierungsmaßnahmen ermöglicht bzw. erleichtert. Als einzige A der Elbmarsch liegt die A39 südlich des Ilmenaukanals und somit nicht im betrachteten Gebiet. Die B404 verlässt die A39 bei Handorf und durchzieht von dort in Nord-Südausrichtung die Elbmarsch westlich des ESKs. Ihr Verlauf liegt dabei nahe der Tidegrenze und in weiten Teilen parallel zur SInON-Bahntrasse nach Niedermarschacht. Die B404 verlässt die Elbmarsch bei Rönne und führt über die Wehranlage nach Geesthacht. In dem betrachteten Gebiet kreuzt die B404 den Ilmenaukanal und die Neetze bei Oldershausen sowie den Hauptkanal Ilau-Schneeegraben bei Eichholz. Als zweite B im betrachteten Gebiet der Elbmarsch führt die B209 von Lüneburg nach Lauenburg. Dabei hat die B209 eine andere Linienführung in der Elbmarsch als die Bahntrasse der DB Netz AG. Die B209 führt von Adendorf in nördlicher Richtung bis Artlenburg. Auf

dieser Strecke kreuzt sie den Neetzekanal bei Moorburg sowie die Neetze und den Hauptkanal Ilau-Schneeegraben bei Lüdershausen. Von Artlenburg verläuft die B209 in östlicher Richtung parallel zur Elbe bis Hohnstorf, wo sie über die Elbbrücke die Elbmarsch nach Lauenburg verlässt. Ergänzt werden die B404 und B209 durch die L217 und L219 im betrachteten Gebiet der Elbmarsch. Die L217 verbindet Winsen (Luhe) mit der B209 bei Artlenburg. Sie kreuzt bei Tönnhausen den Ilmenaukanal und bei Laßrönte den Hauptkanal Ilau-Schneeegraben. Ab Laßrönte führt die L217 entlang des Elbedeichs bis Artlenburg. Auf ihrer gesamten Streckenführung liegt sie westlich des ESKs. Auf der Ostseite des ESKs verbindet die L219 Bleckede mit der B209 in Hohnstorf. Auf dieser Strecke führt sie in nordwestlicher Richtung durch die Elbmarsch (Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr, 2023).

Im KRITIS-Sektor Energie sind vor allem überregionale Stromtrassen von Belang, insbesondere, wenn diese als Freileitungen ausgeführt sind. Der überregionalen Stromversorgung gehören dabei Hochspannungs- und Höchstspannungsnetze an. Im betrachteten Gebiet gibt es zwei Hochspannungsfreileitungen. Die eine Hochspannungsfreileitung führt von Lüneburg nach Lauenburg. Der Verlauf in der Elbmarsch ähnelt stark dem der B209, allerdings überquert die Hochspannungsfreileitung die Elbe kurz nach Kreuzen des ESKs. Die andere Hochspannungsfreileitung durchquert das betrachtete Gebiet der Elbmarsch von Handorf nach Krümmel. Bis Eichholz führt sie in nördlicher Richtung entlang der B404. Von dort führt sie nach Nordosten und überquert von Marschacht nach Krümmel die Elbe (BKG, 2023b). Außerdem ist eine 380 kV Höchstspannungsfreileitung in Planung. Diese soll in etwa in ihrem Verlauf dem der zweiten Hochspannungsleitung entsprechen (BNetzA, 2023b, S. 7). Bei Freileitungen müssen ausreichende Abstände zwischen den einzelnen Leitern sowie zwischen den Leitern und dem Boden bzw. dem umliegenden Gelände eingehalten werden (Leprich et al., 2011, S. 16 ff.). Inwiefern diese durch großflächige Überschwemmungen unterschritten werden können, kann im Rahmen dieser Ausarbeitung nicht überprüft werden. Auch Einflüsse von Überschwemmungen auf die Statik der Masten von Freileitungen werden nicht weiterführend betrachtet. Im Rahmen dieser Ausarbeitung wird angenommen, dass die Bemessung von Freileitungen in der Elbmarsch unter Berücksichtigung einer Überschwemmung durch ein Extremhochwasser der Elbe erfolgt.

Eine weitere Besonderheit im Energiesektor stellen Kraftwerke und Anlagen zur Stromproduktion dar. Diese sind je nach ihrer Größe nicht zwingend von überregionalem Belang. Insbesondere Anlagen regenerativer Energiequellen können jedoch aufgrund ihrer dezentralen Lage in der Fläche vorhanden sein. So gibt es in dem betrachteten Teil der Elbmarsch einen Standort von mehreren Windkraftanlagen (WKA) unmittelbar nördlich des Hauptkanals Ilau-Schneeegraben kurz hinter dem Schnedegrabendücker auf der Westseite des ESKs sowie eine einzelne kleinere WKA zwischen Eichholz und der B404 und eine WKA bei Marschacht (BKG, 2023e). Photovoltaik-Anlagen und andere Kraftwerke treten in dem betrachteten Gebiet nicht auf (BKG, 2023d). Bei WKA besteht das Potenzial,

dass durch Überschwemmungen die Standsicherheit gefährdet ist. Zum einen kann die Tragfähigkeit des Baugrundes, auf dem die WKA gegründet ist, mit zunehmender Wassersättigung des Bodens nachlassen. Zum anderen kann die Standsicherheit von Schwerkraftfundamenten, welche häufig bei WKA verwendet werden, durch Auftriebskräfte bei Überschwemmungen gefährdet sein. Dies kann eintreten, wenn die Überschwemmung mit erhöhten Windlasten zusammenfällt. Dann entsteht durch die Auftriebskraft eine Verminderung der Normalspannung in der Sohlfuge und es kann zu einer Vergrößerung einer möglichen klaffenden Fuge kommen, welche einen potenziellen Auslöser für ein Umstürzen der WKA darstellt (Schmidt et al., 2017, S. 249 ff., 271 f., 281 ff., 311 ff., 332 f.). Dies muss jedoch für die einzelnen WKA unter Berücksichtigung der örtlichen Bedingungen betrachtet werden. Die Betrachtungen zu WKA können nicht im Rahmen dieser Ausarbeitung durchgeführt werden. Aus diesem Grund wird angenommen, dass bei der Planung von WKA in der Elbmarsch eine Überschwemmung durch ein Extremhochwasser der Elbe berücksichtigt wird und insbesondere die erforderlichen Baugrundgutachten sowie statischen Berechnungen für diesen Lastfall durchgeführt werden. Bei der Einstufung als KRITIS sind alle Betreiber der KRITIS verpflichtet eine Notfallplanung zu erstellen. Spezielle Betrachtungen bezüglich Überschwemmungen können in diesem Rahmen durchgeführt werden (§ 5a NKatSG).

#### 3.5.4 Störfallbetriebe

In Niedersachsen ist nach § 5 StörfG das regional zuständige GAA verantwortlich für die Überwachung der Störfallbetriebe gemäß Seveso-III-Richtlinie. Die weiteren Zuständigkeiten für die Überwachung sind im Überwachungsplan für Niedersachsen vorgesehen (Abschnitt 1 des 12. BImSchV-ÜPRdErl). Dabei wird deutlich, dass für die Betriebe im Nordosten Niedersachsens das GAA Lüneburg und der Landkreis Lüneburg zuständig sind (Anhang 1 der Anlage zu Abschnitt 1 des 12. BImSchV-ÜPRdErl). Speziell wird dabei auf bestimmte Umgebungsfaktoren eingegangen, die die Wahrscheinlichkeit eines Störfalls erhöhen oder dessen Schadensausmaß verstärken können. Darunter fallen u. a. die Lage in festgesetzten oder vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebieten nach § 76 WHG sowie in Hochwasserrisikogebieten außerhalb von Überschwemmungsgebieten nach § 78b WHG. Da diese beiden Kategorien von Störfallbetrieben in Hinblick auf die Betrachtung eines Deichbruchszenarios besonders relevant sind, werden im Folgenden ausschließlich diese zwei Standortfaktoren betrachtet. Im betrachteten Gebiet der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) liegen nach Anhang 3 der Anlage zu Abschnitt 1 des 12. BImSchV-ÜPRdErl drei Störfallbetriebe in einem Risikogebiet nach § 78b WHG außerhalb von Überschwemmungsgebieten und kein Störfallbetrieb in einem Überschwemmungsgebiet nach § 76 WHG. Von diesen drei Störfallbetrieben werden zwei durch das GAA Lüneburg und einer durch den Landkreis Lüneburg überwacht. Darüber hinaus gehören zwei der uK und einer der oK an (Anhang 3 der Anlage zu Abschnitt 1 des 12. BImSchV-ÜPRdErl).

Der uK, die mindestens einmal in drei Jahren kontrolliert wird, gehören im betrachteten Gebiet zwei Biogasanlagen (BGA) an. Dies sind die Elbe-Agrar-Energie GmbH & Co. KG (BGA Tespe) in Tespe, bei welcher die Überwachung durch das GAA Lüneburg erfolgt, und die Biogas Scharnebeck GmbH & Co. KG (BGA Scharnebeck) nördlich von Scharnebeck, die durch den Landkreis Lüneburg überwacht wird. Der Störfallbetrieb der oK, welcher mindestens einmal im Jahr durch das GAA Lüneburg überwacht wird, ist Bruno Bock. Während die BGA Tespe und Bruno Bock westlich des ESKs in der Elbmarsch liegen, liegt die BGA Scharnebeck auf der Ostseite des ESKs und südlich des Neetzekanals kurz vor dessen Düker unter dem ESK hindurch (Anhang 3 der Anlage zu Abschnitt 1 des 12. BImSchV-ÜPRdErl).

In den Hochwasserrisikokarten des Landes Niedersachsen werden diese Störfallbetriebe als IED-Anlagen aufgeführt (EU-Richtlinie 2010/75/EU). Am Standort von Bruno Bock wird außerdem die Propan-Gesellschaft mbH (Propan-G) als IED-Anlage aufgeführt (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022e). Diese wird vom GAA Lüneburg ebenfalls als Störfallbetrieb der oK mit Begehungsintervallen von unter einem Jahr gelistet (Anhang 1 der Anlage zu Abschnitt 1 des 12. BImSchV-ÜPRdErl). Allerdings wird sie aufgrund der hinterlegten Adresse in 29525 Uelzen nicht als Störfallbetrieb im Risikogebiet nach § 78b WHG geführt (Anhang 3 der Anlage zu Abschnitt 1 des 12. BImSchV-ÜPRdErl). Ob an dem eingezeichneten Standort neben Bruno Bock eine Niederlassung der Propan-G ist oder nicht, kann im Rahmen dieser Ausarbeitung nicht überprüft werden. Da sich Bruno Bock nahezu am selben Standort befindet und ebenfalls ein Störfallbetrieb der oK ist, wird dieser Standort in den Betrachtungen berücksichtigt, unabhängig von der Propan-G. Neben den Störfallbetrieben bzw. IED-Anlagen gibt es im betrachteten Gebiet weitere industrielle Nutzungen. Aufgrund der spärlichen Datenlage zu diesen Betrieben werden im Folgenden nur die Störfallbetriebe bzw. IED-Anlagen in die Betrachtungen einbezogen.

## 4 Aktuelle Situation im Hochwassermanagement

Die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) hat eine sehr niedrige Höhenlage. Diese liegt zu großen Teilen auf dem Niveau der Stauhaltung der Elbe an der Wehranlage Geesthacht, welche in Kapitel 3.1 beschrieben ist, oder darunter. Somit bedingt die Lage, dass die Elbmarsch auf ein funktionierendes Hochwassermanagement angewiesen ist. Um ein gleichmäßiges Schutzniveau an der unteren Mittelelbe sicherzustellen, wird der HQ<sub>100</sub>-Bemessungsabfluss am Pegel Wittenberge verwendet. Mit dem BfG-Bericht 1848 wurde dieser von 4000 m<sup>3</sup>/s auf 4545 m<sup>3</sup>/s erhöht (NLWKN, 2020a, S. 11). Ergänzt werden die bautechnischen Maßnahmen primär durch organisatorische Vorsorgemaßnahmen des Landes Niedersachsen, der zuständigen Landkreise Lüneburg und Harburg sowie der Gemeinden der Elbmarsch.

## 4.1 Hochwasserschutzanlagen und bautechnischer Hochwasserschutz

In der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) besteht eine Vielzahl von Bauwerken und Anlagen des bautechnischen Hochwasserschutzes. Viele dieser Anlagen und Bauwerke, so etwa die Elbedeiche und die Schöpfwerke, ermöglichen erst die Besiedlung und Bewirtschaftung der Elbmarsch (Witt, 1962, S. 975 f.). Die Bauwerke werden nach dem heutigen niedersächsischen Schutzniveau auf ein  $HQ_{100}$  bemessen (NLWKN, 2020a, S. 11). Ohne den bautechnischen Hochwasserschutz würde die Elbmarsch überschwemmt werden, wenn die Elbe Hochwasser führt. Durch den bautechnischen  $HQ_{100}$ -Schutz ist die Elbmarsch lediglich ein Risikogebiet nach § 78b WHG. Allerdings gibt es neben den Deichen des ADV weitere Bauwerke in der Elbmarsch, welche direkt oder indirekt für den Schutz vor Hochwasser vorgesehen sind.

### 4.1.1 Deich- und Dammbauwerke

Das betrachtete Gebiet der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) ist deichgeschütztes Gebiet. Auf der gesamten Strecke der Elbe zwischen Bleckede und der Ilmenaumündung in Hoopte ist der Elbedeich gewidmet. Der zuständige Deichverband in dem gesamten Gebiet ist der ADV (Anlage 1 zu § 7 NDG). Durch die Tidegrenze an der Wehranlage in Geesthacht ist die gewidmete Deichlinie der Elbe jedoch in Hauptdeiche und Hochwasserdeiche unterteilt. Hauptdeiche bestehen in diesem Gebiet entlang der Elbe von der Tidegrenze bei Geesthacht stromabwärts (NLWKN, 2007, S. 19 f., 25), während Hochwasserdeiche im betrachteten Gebiet von Bleckede bis zur Tidegrenze bei Geesthacht verlaufen, wo sie in Hauptdeiche übergehen (NLWKN, 2020c, S. 14 f.). Die Hochwasserdeiche werden auf ein  $HQ_{100}$  bemessen. Darüber hinaus ist ein Freibord von 1 m vorgesehen (NLWKN, 2020a, S. 11). Allerdings treten insbesondere in dem Abschnitt zwischen Bleckede und Artlenburg auf Basis des  $HQ_{100}$ -Bemessungswasserstands des BfG-Berichts 1848 Fehlhöhen von bis zu 0,64 m im Bereich des Freibords auf. Der mittlere Freibord in diesem Bereich liegt mit 0,77 m unter dem geforderten Freibord von 1 m (NLWKN, 2020a, S. 47 f.). Bei Bleckede läuft der Hochwasserdeichabschnitt gegen höheres Gelände der Ostheide aus (Abbildung 9). Neben der Hauptdeichlinie und der Hochwasserdeichlinie an der Elbe gibt es in der Elbmarsch außerdem gewidmete Schutzdeiche an Ilmenaukanal und Neetzekanal. Diese dienen als Schutzdeiche im Rückstaubereich des Ilmenausperrwerks in Hoopte, um bei dessen Schließung Überschwemmungen durch den Eigenabfluss zu vermeiden (NLWKN, 2020c, S. 14 f.).

Die bedeutenden Dammbauwerke in der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) treten zu beiden Seiten entlang des ESKs auf (Brundiars & Utecht, 1999, S. 32, 119 ff.). Sie durchlaufen die komplette Elbmarsch von Scharnebeck im Süden bis Artlenburg im Norden. Dabei ermöglichen sie die Führung des ESKs mit einer Wasserspiegellage auf Höhe des in Kapitel 3.1 genannten Stauziels der Elbe an der Wehranlage in Geesthacht. Die Wasserspiegellage, welche in Abhängigkeit des Abflusses auf bis

8 m NN steigen kann, liegt über der Geländehöhe von Teilen der angrenzenden Elbmarsch. An seiner Mündung bei Artlenburg unterbricht der ESK die Hochwasserdeichlinie der Elbe. Da es sich bei den Elbedeichen um gewidmete Hochwasserdeiche handelt, muss der Schutz entsprechend den Anforderungen an Hochwasserdeiche bestehen bleiben. Zu diesem Zweck sind die Dämme des ESKs in der Elbmarsch von Artlenburg bis Scharnebeck nach den gleichen Vorgaben des Hochwasserschutzes errichtet wie die angrenzende Hochwasserdeichlinie der Elbe. Daher haben sie derzeit gemäß Planfeststellungsbeschluss eine Kronenhöhe von 10,8 m NN. Die Unterhaltung der Dämme des ESKs durch die WSV soll ebenfalls auf dem Niveau der gewidmeten Hochwasserdeichlinie der Elbe erfolgen (Brundiars & Utecht, 1999, S. 32, 119 ff.; Büttner et al., 1976, S. 30 ff., 60 ff.; WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 9).

#### 4.1.2 Sperrwerk, Hochwassersperrtor, Siele und Schöpfwerke

In der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) gibt es neben den Dammbauwerken des ESKs und den gewidmeten Deichen weitere wichtige Anlagen des technischen Hochwasserschutzes. Allen voran gehört zu diesen das Ilmenau-Sperrwerk. Es ist in die Hauptdeichlinie der Elbe integriert und ermöglicht den Verschluss der Ilmenau an ihrer Mündung bei Hoopte. Durch das Verschließen des Ilmenau-Sperrwerks wird das Eindringen von Sturmfluten in die Ilmenau verhindert. Gegen Überschwemmungen durch den Rückstau des Eigenabflusses sind die gewidmeten Schutzdeiche am Ilmenau- und Neetzekanal vorgesehen. Der Betreiber des Ilmenau-Sperrwerks ist der NLWKN (NLWKN, 2020b, 2020c, S. 32). Zu einem ähnlichen Zweck ist das Hochwassersperrtor in Artlenburg in die Hochwasserdeichlinie der Elbe integriert. Es soll den ESK gegen das Eindringen von Flusshochwasser der Elbe schützen. Zu diesem Zweck wird es bei einer Wasserspiegellage von 8 m NN geschlossen, da so die Brückendurchfahrtshöhe für die Schifffahrt im nördlichsten Abschnitt des ESKs gewährleistet bleibt. Außerdem ist das Hochwassersperrtor des ESKs in die gewidmete Hochwasserdeichlinie der Elbe integriert und muss daher den Anforderungen des NDG an einen Hochwasserdeich genügen und im Hochwasserfall geschlossen werden (Brundiars & Utecht, 1999, S. 119 ff.; Büttner et al., 1976, S. 60 f.; Pape, E-Mail, 2023; WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 9). Das Hochwassersperrtor wird ebenso wie das Schiffshebewerk in Scharnebeck von der WSV betrieben. Letzteres stellt den endgültigen Abschluss des Einflusses des Elbewasserstands auf die Wasserspiegellage des ESKs nach Süden dar (Brundiars & Utecht, 1999, S. 32, 119 ff.; Büttner et al., 1976, S. 30 ff.). Genauere Details des Hochwassersperrtores in Artlenburg können dem Kapitel 3.4.3 Aufbau und Bauwerke des Elbe-Seitenkanals entnommen werden.

Des Weiteren betreibt der Ilmenauverband in der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) sechs Schöpfwerke und drei Siele. Das Siele und Schöpfwerk Nettelberg entwässert die südwestlich der Ilmenau gelegenen Gebiete über den Schleusengraben in den Ilmenaukanal. Siele und Schöpfwerk sind in die Schutzdeichlinie des Ilmenaukanals integriert. Ebenso liegt das Schöpfwerk Handorf südwestlich

der Ilmenau. Es entwässert die Gemarkung um Handorf in Richtung der Rodau. Der Rückstauschutz erfolgt durch eine Rückschlagklappe, außerdem ist ein Drosselschütz zur Minderung des Abflusses vorgesehen. Das Schöpfwerk Scharnebeck entwässert die Elbmarsch um Scharnebeck aus südlicher Richtung in die Neetze kurz vor dem Neetzedüker. Der Rückstauschutz ist hier ebenfalls durch eine Rückschlagklappe sichergestellt. Diese drei Schöpfwerke und das Siel in Nettelberg sind für die spätere Betrachtung nicht von Relevanz, da sie entweder südwestlich der Ilmenau liegen oder lediglich Wasser innerhalb der Elbmarsch von Gräben in Hauptvorfluter befördern, was in der folgenden Betrachtung keinen nennenswerten Einfluss hat. Aus diesem Grund wird das Siel Nettelberg und die drei Schöpfwerke im Folgenden nicht weiter berücksichtigt (Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2022, S. 1 f.).

Das Schöpfwerk Echem stellt eine Besonderheit unter den Schöpfwerken des Ilmenauverbands dar, da es aus der Neetze vor dem Neetzedüker in den ESK entwässert. Dies ermöglicht bei einem Hochwasser der Neetze einen Teil des anstauenden Wassers in den ESK zu pumpen. Dazu sind drei Pumpen mit einer Pumpenleistung von  $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einer Förderhöhe von  $4,15 \text{ m}$  vorgesehen. Diese werden gestaffelt, auf Basis des Wasserstands, gesteuert. Die theoretisch mögliche Gesamtförderleistung beträgt  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ . Allerdings ist aktuell nur eine der drei Pumpen verbaut. Dieser Zustand soll mit Fertigstellung der Instandsetzungs- und Renovierungsarbeiten jedoch behoben sein (Peters, persönliche Mitteilung, 2023; Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2022, S. 1 f.). Das Siel und Schöpfwerk in Fahrenholz stellt die Entwässerung der Neetze in den Ilmenaukanal sicher. Beide Bauwerke sind in die Schutzdeichlinie des Ilmenaukanals integriert. Um die Entwässerung bei geschlossenem Siel sicherzustellen sind drei Pumpen mit einer Leistung von jeweils  $5,7 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einer Förderhöhe von  $4,6 \text{ m}$  verbaut, sodass eine Maximalleistung von bis zu  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  erreicht werden kann. Die Steuerung im Automatikbetrieb der Pumpen erfolgt gestaffelt in Abhängigkeit vom Wasserstand bzw. Zufluss in der Neetze. Ähnliches gilt für das Siel und Schöpfwerk Laßrönne. Dieses entwässert den Hauptkanal Ilau-Schneeegraben in den Ilmenaukanal. Zu diesem Zweck sind beide Bauwerke in die Schutzdeichlinie des Ilmenaukanals integriert. Damit die Entwässerung bei geschlossenem Siel sichergestellt ist, wird eine maximale Gesamtförderleistung von  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  durch drei Pumpen mit einer Förderleistung von jeweils  $5,35 \text{ m}^3/\text{s}$  bei einer Förderhöhe von  $3,15 \text{ m}$  ermöglicht. Hier erfolgt die gestaffelte Steuerung der Pumpen unter Berücksichtigung des Wasserstands des Hauptkanals Ilau-Schneeegraben. Außerdem ist bei dem Schöpfwerk Laßrönne anders als bei dem Schöpfwerk in Fahrenholz kein manueller Betrieb bei geöffnetem Siel möglich (Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2022, S. 1 f.). Da das Schöpfwerk Echem den Abfluss durch den Neetzedüker reduziert und die Siele und Schöpfwerke Fahrenholz und Laßrönne das Abflussgeschehen aus der Elbmarsch zwischen dem ESK und der Ilmenau beeinflussen, werden diese Anlagen im Folgenden berücksichtigt.

### 4.1.3 Drosselschütze an den Dükerbauwerken

An den drei Dükerbauwerken, die die Hauptvorfluter der Elbmarsch unter dem ESK hindurchführen, sind Drosselschütze angebracht. Da die Dükerbauwerke zwar für das Doppelte des höchsten Eigenhochwassers des jeweiligen Gewässers, jedoch nicht für einen Deichbruch an dem Hochwasserdeich der Elbe zwischen Bleckede und Artlenburg bemessen sind und für diese Situation die Auswirkungen auf das westlich des ESKs gelegene Gebiet der Elbmarsch nur schwer abgeschätzt werden können, ist für diesen Fall die Möglichkeit vorgesehen, die Dükerleitungen einzeln durch Drosselschütze ganz oder teilweise zu verschließen (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4, 12, 20).

Am Neetzekanal sind drei Drosselschütze verbaut, da der Düker am Einlaufbauwerk drei Leitungen hat, welche sich erst im Düker auf vier Leitungen erweitern. Die Drosselschütze haben alle eine Höhe von 2,6 m. Ihre Breiten liegen bei 5,01 m, 2,61 m und 1,61 m. Der darüberliegende Steuerstand kann über den Damm des ESKs erreicht werden. Die Stromversorgung für die elektrischen Winden muss dabei separat hergestellt werden. Eine manuelle Bedienung der Drosselschütze ist möglich, jedoch ist ohne besonderen Arbeitsaufwand durch die Einstellung mit Handrädern nur der komplette Verschluss einzelner Dükerleitungen ohne weiteres möglich (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4; WSA MLK/ESK, 2011).

Der Neetzedüker hat vier Dükerleitungen, aus diesem Grund gibt es vier Drosselschütze, mit denen die einzelnen Dükerleitungen teilweise oder komplett verschlossen werden können. Alle Drosselschütze haben eine Höhe von 2,6 m, während die Breiten den Dükerleitungen, die sie verschließen sollen, mit 2 m, 2,5 m, 4 m und 4 m entsprechen. Der Zugang zu dem Steuerstand für die Drosselschütze erfolgt ebenfalls über den Damm des ESKs. Aktuell muss die Stromzufuhr noch separat hergestellt werden, allerdings ist ein Anschluss an das Stromnetz des benachbarten Schöpfwerks vorgesehen (Peters, persönliche Mitteilung, 2023). Darüber hinaus ist die Möglichkeit einer manuellen Notfallbedienung gegeben. Bei dieser kann jedoch nur der Kompletverschluss einzelner Dükerleitungen ohne größeren Arbeitsaufwand erfolgen. Eine Drosselung ist lediglich durch die Bedienung mittels Handrades möglich (Peters, persönliche Mitteilung, 2023; WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 12; WSA MLK/ESK, 2012a).

Der Schnedegradendüker des Hauptkanals Ilau-Schneegeben hat drei Drosselschütze für die drei Dükerleitungen, wodurch diese jeweils ganz oder teilweise verschlossen werden können. Die Drosselschütze der zwei größeren Leitungen haben die Maße 2,2 m auf 1,5 m, während das Drosselschütz für die kleinere Leitung die Maße 0,95 m auf 1,5 m hat. Auch bei dem Steuerstand der Drosselschütze für dieses Dükerbauwerk ist der Zugang über den Damm des ESKs gewährleistet. Ähnlich wie beim Neetzekanaldüker ist hier eine separate Stromversorgung für die Bedienung der

Winden nötig. Eine manuelle Bedienung ist auch möglich, dabei ist jedoch das vollständige Verschließen einzelner Leitungen der einzige Ansatz, welcher ohne den bedeutenden Arbeitsaufwand des Einstellens mittels eines Handrads möglich ist (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 20; WSD HH Nba ESK Nord, 1976; WSA MLK/ESK, 2012b).

Für den Einsatz der Drosselschütze liegen bei der WSV keine Vorgaben oder Anweisungen über die Planfeststellungsunterlagen hinaus vor. Diesen ist zu entnehmen, dass die Drosselschütze für den Fall eines Deichbruches des Elbedeiches oberhalb der Mündung des ESKs vorgesehen sind und in diesem Fall verschlossen werden können (WSD HH Nba ESK, 1967c, S. 13 f., 1967d, S. 4, 12, 20).

## 4.2 Organisatorische Vorsorgemaßnahmen

Neben den bautechnischen Maßnahmen des Hochwassermanagements bestehen in der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) diverse organisatorische Maßnahmen des Hochwassermanagements. Dazu gehören u. a. das HWRM nach EG-HWRM-RL, aber ebenfalls die Festlegung der Hochwassermeldestufen sowie die Erstellung von Gefahrenabwehr- und Katastrophenschutzplänen bzw. deren Abschnitte und Anlagen zum Hochwasserschutz. Außerdem fällt die Organisationsvorsorge zur Gefahrenabwehr an Spezialbauwerken, wie dem ESK, in diesen Abschnitt.

### 4.2.1 Hochwasserrisikomanagement nach EG-HWRM-RL

Die EG-HWRM-RL gibt einen Rahmen zur Umsetzung des Hochwasserrisikomanagements in der EU vor. Für die Umsetzung in den einzelnen Staaten wird diese EU-Richtlinie in die nationale Gesetzgebung aufgenommen. In Deutschland findet diese Verankerung in §§ 72 ff. WHG statt. Gegenüber der EU ist eine für das HWRM zuständige Behörde je Land benannt. Im Land Niedersachsen ist das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) gemäß Art. 3 EG-HWRM-RL die zuständige Behörde (FGG Elbe, 2021, S. 28 ff.). Davon bleiben die jeweiligen Zuständigkeitsbereiche der Kommunen, Landkreise, Verbände und des Landes im Hochwassermanagement unangetastet (NLWKN, 2015b, S. 1 ff.). Der NLWKN als zuständige Fachbehörde im Geschäftsbereich des MU ist mit den administrativen Aufgaben für die Umsetzung des dreistufigen Prozesses zu der zyklischen Umsetzung der EG-HWRM-RL und die Aufstellung der HWRM-Pläne betraut (NLWKN, 2015a, S. 6).

Zu diesem Zweck sind im betrachteten Gebiet Überschwemmungsgebiete nach § 76 WHG ausgewiesen. Die Festsetzung dieser Gebiete erfolgt auf Basis von § 115 NWG durch die Wasserbehörden. Dabei werden die Arbeitskarten für die Ermittlung der Ausdehnung eines Bemessungshochwasser mit einem  $HQ_{100}$ -Abfluss des Gewässerkundlichen Landesdienstes (GLD) für die durch das Fachministerium vorgeschriebenen Gewässer oder Gewässerabschnitte zugrunde gelegt. Darüber hinaus können Überschwemmungsgebiete bis zur Festsetzung durch die Wasserbehörde gemäß § 115 Abs. 4 NWG durch den GLD vorläufig gesichert werden. Außerdem

zeichnet der GLD die Risikogebiete nach § 78b WHG aus. Der zuständige GLD für die betrachtete Elbmarsch ist im Geschäftsbereich 3 der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKN angesiedelt. Die Darstellung der festgesetzten und vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebiete nach § 76 WHG sowie der Risikogebiete nach § 78b WHG erfolgt auf dem Server für Umweltkarten Niedersachsen des MU. Dort ist ersichtlich, dass das gesamte Gebiet der Elbmarsch von Bleckede bis zur Tidegrenze in Geesthacht Risikogebiet nach § 78b WHG ist. Der Bereich westlich der Tidegrenze ist kein Risikogebiet nach § 78b WHG, da hier die Gefahr von Sturmfluten maßgebend ist. Allerdings ist dem DGM1 in Abbildung 9 zu entnehmen, dass dieses Gebiet niedriger als die übrige Elbmarsch liegt, weshalb davon auszugehen ist, dass es bei einer Überschwemmung des übrigen Risikogebiets nach § 78b WHG in der Elbmarsch auch betroffen ist. Die Überschwemmungsgebiete nach § 76 WHG liegen an der Elbe in diesem Bereich ausschließlich im Flussbett zwischen den Elbedeichen. Zu den Überschwemmungsgebieten der Ilmenau gehören Flächen zu beiden Seiten des Flusses südlich der Mündung des Neetzekanals bei St. Dionys. Ab dort sind vor allem Flächen südlich des Ilmenaukanals als Überschwemmungsgebiet nach § 76 WHG ausgewiesen (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022g). In den Überschwemmungsgebieten gelten besondere Schutzauflagen gegenüber baulichen Eingriffen (§ 78 WHG) und weiteren Maßnahmen (§ 78a WHG). In den Risikogebieten ist nach § 78b WHG die Bauweise an das Hochwasserrisiko anzupassen. Dabei sollen insbesondere der Schutz der Menschen und die Vermeidung besonders hoher Schäden berücksichtigt werden. Dies gilt im betrachteten Gebiet bei einzelnen Baumaßnahmen, aber auch bei der Ausweisung von Baugebieten.

Des Weiteren liegen für das betrachtete Gebiet Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten nach § 74 WHG vor. Diese werden für Niedersachsen vom NLWKN nach den bundesweit einheitlichen Empfehlungen der LAWA für die Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten aufgestellt. In Niedersachsen wird für das  $HQ_{\text{Häufig}}$  bei diesen ein  $HQ_{20}$  bis  $HQ_{25}$  gewählt. Für das  $HQ_{\text{Extrem}}$  wird das  $HQ_{100}$  mit dem Faktor 1,3 multipliziert, so wird ein Hochwasserabfluss erreicht, der üblicherweise ein  $HQ_{200}$  übersteigt (Seemann, 2022). Das tidebeeinflusste Gebiet der Elbmarsch, welches hinter dem Ilmenau-Sperrwerk liegt, ist als von Extremhochwasser betroffenes Küstenschutzgebiet in Gelb-Orange-Tönen abgesetzt dargestellt. Somit ist im betrachteten Gebiet bei einem  $HQ_{\text{Extrem}}$  die gesamte Elbmarsch betroffen (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022c). Die Hochwassergefahrenkarte für ein  $HQ_{\text{Extrem}}$  ist in Abbildung 19 dargestellt.

Im betrachteten Gebiet wird die Landnutzung unterteilt in Wohnbebauung, Industrie- und Gewerbeflächen, Verkehrsflächen, land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen, sonstige



Der dritte Teil des Hochwasserrisikomanagements der EG-HWRM-RL sind die HWRM-Pläne nach § 75 WHG. Diese werden je Flusssystem in Abstimmung zwischen den betroffenen Ländern bzw. Nationen erstellt. Für die Elbe erfolgt dies im Rahmen der FGG Elbe in Deutschland. Außerdem gibt es Absprachen auf internationaler Ebene im Rahmen der IKSE. Zu diesem Zweck haben sich die Nationen der IKSE auf einen gemeinsamen HWRM-Plan für das gesamte Einzugsgebiet der Elbe geeinigt. Dieser besteht aus einem internationalen Teil und einem weiterführenden nationalen Teil. Letzterer wird in Deutschland einheitlich im Rahmen der FGG Elbe umgesetzt (FGG Elbe, 2021, S. 30 ff.). Dabei orientiert sich die Erstellung und Fortschreibung des HWRM-Plans Elbe innerhalb der FGG Elbe an den Vorgaben des LAWA-AH, um eine Einheitlichkeit der HWRM-Pläne in Deutschland zu gewährleisten (FGG Elbe, 2021, S. 32 ff.). Damit der HWRM-Plan in das Gesamtkonzept Elbe der FGG Elbe integriert werden kann, wird die Erstellung im Rahmen der zentralen Strukturen der FGG Elbe vorgenommen (FGG Elbe, 2021, S. 34 ff.).

Innerhalb Niedersachsens wird der HWRM-Plan durch eine Zusammenfassung der Maßnahmen im niedersächsischen Elbeeinzugsgebiet ergänzt (NLWKN, 2015a, S. 4). Die Maßnahmenplanung des HWRM-Plans Elbe erfolgt auf mehreren strategischen Ebenen. Während die oberste und die mittlere strategische Ebene primär für ein einheitliches Vorgehen und eine umfassende Betrachtung aller Aspekte auf europäischer Ebene bzw. Bundesebene erforderlich sind, werden in der unteren strategischen Ebene konzeptionelle und anwendungsorientierte Maßnahmen aufgeführt. Diese sind jedoch allgemein gefasst und werden erst auf lokaler bzw. regionaler Ebene für die Umsetzung spezifiziert. Der Maßnahmenkatalog der unteren strategischen Ebene basiert auf dem gemeinsamen Maßnahmenkatalog der LAWA und des Bund/Länder-Ausschusses Nord- und Ostsee (BLANO) (FGG Elbe, 2021, S. 102 ff., Anhang H3). Zu diesem Zweck werden die Maßnahmentypen des LAWA-BLANO Maßnahmenkatalogs nach ihrer Wirkung auf die Oberziele, der Vermeidung neuer Risiken, der Reduktion bestehender Risiken, der Reduktion nachteiliger Folgen während eines Hochwassers und der Reduktion nachteiliger Folgen nach einem Hochwasser zugeordnet. Außerdem wird eine Zuordnung nach den Schutzgütern vorgenommen. Dabei werden die Maßnahmentypen nach den EU-Aspekten Vermeidung, Schutz, Vorsorge, Wiederherstellung bzw. Regeneration und Überprüfung sowie Sonstiges eingeteilt. Es wird ein Überblick geschaffen, welche Maßnahmentypen auf welche Oberziele und Schutzgüter Einfluss haben. So hat z. B. ein Ausbau der Warn- und Informationssysteme auf kommunaler Ebene, welcher in den Bereich der Vorsorge fällt, Auswirkungen auf die Reduktion nachteiliger Folgen während eines Hochwassers auf alle vier Schutzgüter (FGG Elbe, 2021, S. 104 ff.).

Maßnahmen, die auf übergeordneter Ebene zwischen Bund und Ländern getroffen werden, finden sich im HWRM-Plan wieder. Beispiele für diese sind ein nationales Hochwasserschutzprogramm, eine Optimierung der Grundlagen für die Hochwasservorhersage sowie eine Überarbeitung der Bemessungsgrundlagen und die Schaffung der Möglichkeit zur Abschätzung der Wirkung einzelner

Maßnahmen. Im Kontext dieser übergeordneten Maßnahmen werden z. B. verschiedene abgestimmte Deichrückverlegungen sowie computergestützte Modelle zur Vorhersage und Überprüfung der Maßnahmen genannt (FGG Elbe, 2021, S. 108 ff.). Außerdem wird im Rahmen der ersten Fortschreibung des HWRM-Plans u. a. besonders auf die Flächen- und Bauvorsorge, die Verbesserung von Vorhersageverfahren sowie auf Poldergebiete als zusätzlichen Retentionsraum zum Schutz vor Hochwasser eingegangen. Besonders werden dabei die Havelpolder, welche einen bedeutenden Einfluss auf das Hochwassergeschehen an der unteren Mittel-elbe haben, betrachtet (FGG Elbe, 2021, S. 119 ff.). Durch die Flutung der Havelpolder soll eine gezielte Kappung des Hochwasserscheitels stattfinden. Dies führt zu geringeren Maximalwasserständen stromabwärts. Die Flutung der Havelpolder wird durch eine eigene Koordinierungsstelle auf Basis eines digitalen Modells empfohlen und von den Entscheidungsträgern der Länder Brandenburg und Sachsen-Anhalt beschlossen. Sämtliche Vereinbarungen der betroffenen Länder über die Havelpolder sind im HvFlutSTV festgeschrieben (Abel & Breske, 2015, S. 9, 15 ff.; FGG Elbe, 2021, S. 128 f.; Art. 2 f. HvFlutSTV; Promny et al., 2021, S. 25 ff.).

Im niedersächsischen Einzugsgebiet der Elbe werden die konkreten Maßnahmen an den NLWKN gemeldet und dort zusammengeführt. Die Maßnahmen teilen sich in etwa zu einem Drittel in Maßnahmen der Verbände, zu einem Drittel in kommunale Maßnahmen und zu einem Drittel in Maßnahmen des Landes auf. Dabei macht der technische Hochwasserschutz mit rund der Hälfte der Maßnahmen den größten Anteil aus, während Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz, konzeptionelle Maßnahmen sowie die Flächenvorsorge mit 10 % bis 15 % folgen (NLWKN, 2015a, S. 8 f.). Dabei erfolgt die Unterteilung der Maßnahmen nach den einzelnen Nebengewässern bzw. Elbeabschnitten im niedersächsischen Einzugsgebiet der Elbe sowie Flussgebiet übergreifenden landesweiten Maßnahmen. Die Elbe wird dabei in den Abschnitt Mittel-elbe und den Abschnitt Küstengebiet (Tideelbe) unterteilt. Für das betrachtete Gebiet der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) sind neben landesweiten Maßnahmen auch Teile der Maßnahmen an der Mittel-elbe, der Tideelbe und der Ilmenau relevant. Das Land Niedersachsen ist dabei primär für Förderungsmaßnahmen verantwortlich, während die Verbände vor allem Baumaßnahmen durchführen. Der NLWKN sowie die Landkreise und Gemeinden übernehmen neben Baumaßnahmen überwiegend Vorsorge- und operative Maßnahmen im Hochwasserfall. Beim NLWKN kommen konzeptionelle Aufgaben hinzu (NLWKN, 2015a, Anlage). Einige relevante Maßnahmen, welche die Elbmarsch betreffen, sind in Tabelle 3 dargestellt. Die Auswahl der Maßnahmen erfolgt nach Bezug zum betrachteten Gebiet und dem Inhalt der Ausarbeitung, dabei werden Aufgaben, welche im Rahmen der EU-Vorgaben zum HWRM bereits behandelt werden, nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 3: Auszüge der HWRM-Maßnahmen in der Elbmarsch (NLWKN, 2015a, Anlage)

Zuständigkeit	Beschreibung	Nds. Maßnahmentyp
<b>Landesweite Maßnahmen</b>		
Land Niedersachsen	Bau- und Finanzierungsprogramm „Hochwasserschutz im Binnenland“	Einrichtung bzw. Anpassung von Förderprogrammen
NLWKN	Weiterbildung der Mitarbeiter zu Hochwasserschutz/Deichverteidigung	Schulungen (Hochwasserschutz/Deichverteidigung)
NLWKN	Unterstützung der Katastrophenschutzbehörden und Polizeidirektionen mit Fachberatern Hochwasserschutz	Bereitstellung von Personal- und Sachressourcen für das Krisenmanagement
NLWKN	Vorhalten der Landessandsackreserve	Bereitstellung von Personal- und Sachressourcen für das Krisenmanagement
NLWKN	Unterstützung von Lehrgängen zum "Fachberater Hochwasserschutz", z. B. der Akademie Hochwasserschutz	gebietsunabhängige oder landesweite Informations- und Fortbildungsmaßnahmen
<b>Küstengebiet (Tideelbe)</b>		
Land Niedersachsen	Bau- und Finanzierungsprogramm "Küstenschutz"	Einrichtung bzw. Anpassung von Förderprogrammen
NLWKN	Ilmenau-Sperrwerk Ertüchtigung und Instandsetzung	Technischer Linienschutz - Sanierung/Instandsetzung
NLWKN	Generalplan Küstenschutz	Hochwasserschutzkonzepte
NLWKN	Durchführung des Überregionalen Sturmflutwarndienstes	Hochwasser-/Sturmflutvorhersage und -meldung
ADV	Deicherhöhung Rönne-Stove	Technischer Linienschutz - Sanierung/Instandsetzung
<b>Mittelbe</b>		
Land Niedersachsen	Beteiligung an der Optimierung und Anpassung der Havelpolder und des Stauregimes von Havel und Spree	Bauaufstellung/Fortschreibung/ Optimierung von Betriebsplänen
NLWKN	Rahmenplan Hochwasserschutz Elbe	Hochwasserschutzkonzepte
NLWKN	Durchführung des überregionalen Hochwassermeldedienstes Elbe	Hochwasser-/Sturmflutvorhersage und -meldung
Stadt Bleckede	Neuaufstellung eines Einsatzplanes Hochwasser	örtliche Alarm-/Einsatz- bzw. Gefahrenabwehrpläne Hochwasser
Stadt Bleckede	Einrichtung einer örtlichen Einsatzleitung, Schaffung räumlicher und technischer Voraussetzungen	Bereitstellung von Personal- und Sachressourcen für das Krisenmanagement
ADV	Herstellung der Deichsicherheit am Elbedeich in Hohnstorf	Technischer Linienschutz - Sanierung/Instandsetzung
Ilmenauverband	Schöpfwerk Fahrenholz Ertüchtigung und Instandsetzung <i>Hinweis: derweil Neubau erfolgt</i>	Technischer Linienschutz - Sanierung/Instandsetzung
<b>Ilmenau</b>		
NLWKN	Durchführung des Regionalen Hochwassermeldedienstes (RHWD)	Hochwasser-/Sturmflutvorhersage und -meldung
NLWKN	Einrichtung der Hochwasservorhersage durch die Hochwasservorhersagezentrale in Hildesheim	Hochwasser-/Sturmflutvorhersage und -meldung

## 4.2.2 Hydrologische Warnstufen

In ganz Niedersachsen und somit auch in der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) gelten die allgemeinen niedersächsischen Meldestufen. Ergänzt werden die niedersächsischen Meldestufen im betrachteten Gebiet durch weiterführende Alarmstufen der Katastrophenschutzbehörden, also der Landkreise Lüneburg und Harburg. Während der Landkreis Harburg keine gesonderten Alarmstufen aufstellt und genauere Spezifizierungen zu Maßnahmen anhand der Meldestufen aus dem Katastrophenschutzplan zu entnehmen sind, hat der Landkreis Lüneburg ein eigenes vierstufiges Alarmsystem (Abel & Breske, 2015, S. 14). Dieses ist für das betrachtete linkselbische Gebiet des Landkreises Lüneburg auf den ADV zugeschnitten und in dessen DVO festgeschrieben. Die DVO des ADV orientiert sich ebenfalls an diesen Alarmstufen. Für die vier Alarmstufen hat der Landkreis Lüneburg als untere Katastrophenschutzbehörde Richtwasserstände für die Pegel Bleckede und Hohnstorf in Bezug auf die Elbedeiche und den Pegel oberhalb des Ilmenau-Sperrwerks bezüglich des Ilmenau- und Neetzekanals festgelegt (§ 3 DVO Landkreis Lüneburg ADV; § 3 DVO ADV). Auf die zwei zuletzt genannten Pegel beziehen sich auch die Vorgaben des Landkreises Harburgs bezüglich der Deichwachen (§ 2 DVO Landkreis Harburg ADV).

Das Erreichen der ersten Alarmstufe ist der späteste Zeitpunkt für die Aufnahme der Arbeiten des Kontroll- und Meldedienstes. Bei der zweiten Alarmstufe erfolgt eine Verstärkung dieser Aufgaben und die Aufnahme des Deichwachdienstes in einfacher Besetzung. Der doppelte Deichwachdienst ist ab der dritten Alarmstufe vorgesehen und mit der vierten Alarmstufe beginnen die Maßnahmen zur Hochwasserabwehr (§§ 3 ff. DVO Landkreis Lüneburg ADV; § 3 DVO ADV). In der DVO des ADV für den Landkreis Harburg sind Grenzwerte für das Einsetzen des Deichwachdienstes vorgegeben. Für die Elbedeiche liegt dies bei einer auflaufenden Sturmflut mit mindestens 2,5 m über dem mittleren Tidehochwasser. Bei den Ilmenaukanaldeichen liegt der Grenzwert bei 4 m NN hinter dem Ilmenau-Sperrwerk. Der Beginn des Verteidigungsfalls wird durch die Anordnung des Landkreises Harburg oder in dringenden Fällen des ADV festgelegt (§ 2 DVO Landkreis Harburg ADV). Durch Aufhebung der Anordnung endet der Deichverteidigungsfall. Die Beendigung des Deichverteidigungsfalls kann ebenfalls durch Ausrufen des Katastrophenschutzfalls erfolgen (§ 12 DVO Landkreis Harburg ADV).

## 4.2.3 Gefahrenabwehrpläne und Katastrophenschutzpläne

Für die nichtpolizeiliche Gefahrenabwehr inklusive der Gefahrenabwehrplanung unter Berücksichtigung spezieller Gefahrenlagen, wie Hochwasserereignissen, sind die Gemeinden verantwortlich (§§ 1 Abs. 1, 97 Abs. 1 NPOG). Aufgrund der Vielzahl an Gemeinden im betrachteten Gebiet wird die Stadt Bleckede als Beispiel genommen, da in dieser, als am weitesten stromaufwärts gelegene Gemeinde in der Elbmarsch, die ersten Maßnahmen im Rahmen der Gefahrenabwehr getroffen werden müssen. Bei einem möglichen Deichbruchszenario ist es wahrscheinlich, dass die

ersten betroffenen Gemeinden auf Basis ihrer Alarm- und Einsatzpläne handeln, bevor ein potenzieller Katastrophenfall ausgerufen wird. Die Stadt Bleckede liegt im betrachteten Gebiet am weitesten stromaufwärts, weshalb sie vom Scheitelwasserstand eines Flusshochwassers als erste betroffen ist. Für die Vorbereitung der Gefahrenabwehr im Hochwasserfall hat die Stadt Bleckede im Rahmen des ersten HWRM-Zyklus einen Einsatzplan Hochwasser erstellt (NLWKN, 2015a, Anlage S. 27). Über den Aufbau und die Inhalte dieses Einsatzplans Hochwasser können von der Stadt Bleckede jedoch keine weiteren Informationen zur Verfügung gestellt werden (Schumacher, E-Mail, 2023).

Im Bereich des Katastrophenschutzes, bei dem Gemeinden übergreifende oder besonders schwerwiegende Gefahrenlagen behandelt werden, sind die Landkreise zuständig (§§ 1 f. NKatSG). Für die Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) müssen bei den unteren Katastrophenschutzbehörden der Landkreise Lüneburg und Harburg Katastrophenschutzpläne vorliegen. Diese werden von den unteren Katastrophenschutzbehörden der Landkreise Lüneburg bzw. Harburg unter Mitwirkung der Katastrophenschutzstäbe aufgestellt und fortgeschrieben (§§ 6, 10 NKatSG). In den Landkreisen Lüneburg und Harburg müssen Katastrophenschutzpläne nach dem einheitlichen niedersächsischen Aufbau vorliegen. Somit enthalten sie allgemeine Informationen über den Landkreis, dessen Organisations-, Informations- und Einsatzstrukturen, die relevanten Alarm- und Kontaktdaten sowie die Feststellung des Katastrophenfalls und Einberufung des Katastrophenstabs. Darüber hinaus ist die Erstellung externer Notfallpläne für Betriebe und Anlagen mit besonderem Gefahrenpotenzial durch gefährliche Stoffe, kerntechnische Anlagen und Lager oder im Rahmen der Abfallentsorgung vorgeschrieben (§§ 10 ff. NKatSG; RdErl. d. MI v. 21. 12. 2011).

Der Katastrophenschutzplan des Landkreises Harburg und die Sonderpläne, auf welche in diesem verwiesen wird, sind als vertraulich eingestuft und liegen nur für den Dienstgebrauch vor. Nach Rücksprache mit der Abteilung für Zivil- und Katastrophenschutz des Landkreises Harburg können jedoch über den allgemeinen einheitlichen Aufbau des Katastrophenschutzplans hinaus die für den Hochwasserschutz relevanten Sonderpläne genannt werden. So wird im Katastrophenschutzplan für besondere Schadenslagen, wie Sturmfluten oder Hochwasser, auf den Sonderplan Deichverteidigung verwiesen (Landkreis Harburg, 2016, S. 2, 2019, S. 3 ff.; Sievers, E-Mail, 2023). Der Sonderplan Deichverteidigung enthält die Kontaktdaten, Zuständigkeiten und Kompetenzen der relevanten Akteure. So werden die drei Deichverbände, u. a. der ADV, im Gebiet des Landkreises Harburg aufgeführt. Ebenfalls werden die verschiedenen Einheiten der Deichverteidigung, darunter die Feuerwehren, Bundesbehörden und die Polizei, beschrieben. Neben den Akteuren werden auch explizite Maßnahmen beschrieben. Diese Vorgaben regeln insbesondere die Kommunikation im Einsatz, die Verkehrslenkung und Evakuierungsmaßnahmen, aber auch die, aus der DVO und DWO bekannten, Maßnahmen zum Deichwachdienst und zur Deichverteidigung. Für die Deichverteidigung wird darüber hinaus der Stand der Technik in der Verwendung von Sandsäcken beschrieben und die

relevanten Orte für die Beschaffung des Deichverteidigungsmaterials genannt (Landkreis Harburg, 2016, S. 2; Sievers, E-Mail, 2023). Im Katastrophenschutzplan selbst wird in einigen Punkten auf den Umgang mit Hochwasserlagen eingegangen. Dies umfasst Maßnahmen wie bspw. die frühzeitige Warnung der Bevölkerung vor Sturmfluten oder Hochwasserlagen sowie verbindliche Meldekettens in diesem Kontext (Sievers, E-Mail, 2023). Neben dem Sonderplan Deichverteidigung liegen die gemäß § 10a ff. NKatSG vorgeschriebenen externen Notfallpläne für Objekte mit besonderem Gefahrenpotenzial vor. Dies betrifft in der Elbmarsch die Firma Bruno Bock (§ 10a NKatSG) und das abgeschaltete Kernkraftwerk Krümmel auf der schleswig-holsteinischen Seite der Elbe (§ 10c NKatSG). Letzteres ist jedoch aufgrund seiner Lage auf der anderen Elbseite nicht relevant für die Betrachtungen dieser Bachelorarbeit. Darüber hinaus sind Anweisungen zu weiteren Maßnahmen, wie z. B. die Planung und Durchführung von Evakuierungen, enthalten (Landkreis Harburg, 2019, S. 3 ff.; Sievers, E-Mail, 2023).

Im Landkreis Lüneburg ist der Katastrophenschutzplan Verschlussache, ein Einblick ist somit nicht möglich. Auf Nachfrage im Fachdienst Ordnung wird bestätigt, dass es einen allgemeinen Katastrophenschutzplan gibt, welcher nach den Vorgaben des MI aus dem RdErl. d. MI v. 21.12.2011 zur Erstellung von Katastrophenschutzplänen gemäß § 10 NKatSG erstellt ist (Sachse, E-Mail, 2023; Westermann, E-Mail, 2023). Neben dem allgemeinen Katastrophenschutzplan existieren aktuell im Landkreis Lüneburg keine weiterführenden Sonderpläne für den Hochwasserfall. Allerdings ist ein Sonderplan für Hochwasserereignisse aktuell in Planung und soll zeitnah im Fachgebiet Katastrophenschutz erstellt werden (Westermann, E-Mail, 2023). Für den Bereich der Elbmarsch im Landkreis Lüneburg existiert, anders als für andere Bereiche, wie z. B. das Amt Neuhaus, kein Evakuierungsplan für ein Überschwemmungsszenario. Sämtliche weiterführende Pläne, wie Evakuierungspläne, sind, genauso wie der Katastrophenschutzplan, als Verschlussache nicht zugänglich (Sachse, E-Mail, 2023). Für die in den Planfeststellungsunterlagen des ESKs vorgesehene Schließung der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs in der Elbmarsch bei einem Deichbruch eines Hochwasserdeiches der Elbe zwischen Bleckede und Artlenburg (WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 4, 12, 20) liegen der unteren Katastrophenschutzbehörde des Landkreises Lüneburg keine Dokumente, Anweisungen oder Pläne vor. Es wird darauf verwiesen, dass solche Informationen möglicherweise durch den zuständigen Fachberater eingebracht würden. Allerdings sind im Hochwasserfall Fachberater des NLWKN und des ADV in die Arbeit des Katastrophenschutzstabs eingebunden, jedoch sind i. d. R. keine Fachberater der WSV, welche für die Dükerbauwerke und Drosselschütze zuständig ist, oder des Ilmenauverbands involviert (Sachse, E-Mail, 2023). Das WSA MLK/ESK in Uelzen steht dem Katastrophenstab des Landkreises Lüneburg jedoch im Hochwasserfall für die Kontaktaufnahme zur Verfügung (Pape, E-Mail, 2023).

#### 4.2.4 Gefahrenabwehr am ESK

Die Gefahrenabwehr am ESK gliedert sich in verschiedene Bereiche. Zwei dieser Bereiche sind der Hochwasserschutz und der Schutz vor Überschwemmungen durch das eigene Wasservolumen des ESKs. Für den Hochwasserschutz werden die in den Kapiteln 4.1.1 und 4.1.2 erwähnten bautechnischen Hochwasserschutzmaßnahmen eingesetzt. Im Folgenden wird ausschließlich auf den Schutz vor Überschwemmungen eingegangen, da nur für diesen Bereich organisatorische Unterlagen zur Gefahrenabwehr am ESK vorliegen, welche für die weiteren Betrachtungen von Relevanz sind.

Explizit stellt der Schutz vor Überschwemmungen im Rahmen der Gefahrenabwehr am ESK die Möglichkeit eines Dammbrechens des ESKs dar. Das Ausmaß eines solchen Ereignisses mit großflächigen Überschwemmungen zeigt der Dambruch bei Erbstorf am 18. Juli 1976 kurz nach der Eröffnung des ESKs (NDR, 2021). Auf dieser Erfahrung basiert eine technische Unterlage für Dammbüche oder ähnliche Szenarien für die Gefahrenabwehr am ESK aus dem Jahr 1977. Die technische Unterlage ist für die ergänzende Anwendung als Sonderplan zu den Katastrophenschutzplänen der jeweiligen Landkreise vorgesehen (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, S. 2). Für das Schadensszenario eines Dammbrechens oder eines anderweitigen Auslaufens des ESKs wird dieser in drei Abschnitte unterteilt. Der erste Abschnitt umfasst den Bereich, in dem der ESK das Einzugsgebiet der Ise und Aller durchläuft. Dieses Gebiet südlich der Wasserscheide zur Ilmenau liegt ausschließlich im Landkreis Gifhorn. Da die Gebiete nördlich und südlich der Wasserscheide zwischen dem Ise/Aller-Einzugsgebiet und dem Einzugsgebiet der Ilmenau keinen Einfluss bei einem Dambruch des ESKs aufeinander haben, gibt es für diesen ersten Abschnitt eine separate Unterlage, welche im Folgenden nicht weiter betrachtet wird. Der zweite und dritte Abschnitt ist gemeinsam in einer Unterlage zusammengefasst, da diese nicht völlig unabhängig voneinander sind. Der zweite Abschnitt umfasst die Lage des ESKs im Einzugsgebiet der Ilmenau nördlich der Wasserscheide bis zum Schiffshebewerk in Scharnebeck. Ab diesem beginnt der dritte Abschnitt, welcher die Lage des ESKs in der Elbmarsch beschreibt. In beiden Abschnitten liegt der ESK ausschließlich in den Landkreisen Uelzen und Lüneburg (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, S. 3). Auf diese wird sich im Folgenden bezogen, da in der Elbmarsch ein Dambruch des ESKs ähnliche Auswirkungen haben kann wie ein Deichbruch der Hochwasserdeichlinie der Elbe. Die technische Unterlage Dambruch hat neben einem Textteil sieben Anlagen, welche als Unterstützung der Katastrophenschutzbehörde, im Bereich der Elbmarsch des Landkreises Lüneburg, im Schadensfall und für die Organisationsvorsorge zur Verfügung stehen. Diese Anlagen sind so aufgebaut, dass sie im Schadensfall in ihrer Reihenfolge eingesetzt werden können, wobei sie bei der Einschätzung der Lage sowie der Findung von Sofortmaßnahmen unterstützen und dann in die Kooperation mit der WSV überführen. Zunächst hilft eine Prinzipskizze bei der Einordnung in einen Abschnitt, woraufhin der Übersichtsplan und die Bauzustände des ESKs einen Überblick über die Situation vor Ort geben. In den Lageplänen sind besondere Gefährdungspunkte lokalisiert, zu welchen

in der Maßnahmentabelle Sofortmaßnahmen sowie weitere Informationen hinterlegt sind. Einflussmöglichkeiten auf den Ablauf der Flutwelle können dem Verzeichnis der Kanalbauwerke entnommen werden. Abschließend werden die vorgesehenen Maßnahmen der WSV zusammengefasst, wodurch der Einstieg in die gemeinsame Arbeit erleichtert wird (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, S. 2 ff.).

Die Gefährdungspunkte sind z. B. besondere Engstellen, Hindernisse oder Orte an welchen Sofortmaßnahmen möglich bzw. erforderlich sind sowie Ortschaften, die besonderem Schutz bedürfen. Die Gliederung dieser Gefährdungspunkte erfolgt anhand von ausgewählten potenziellen Schadensstellen entlang der Gewässer, über die das Wasser eines Dammbrochs des ESKs abfließt. So sind die Gefährdungspunkte des Ilmenaukanals, welche dem zweiten Abschnitt Ilmenau zuzuordnen sind, ebenso für die Elbmarsch relevant, wie die Gefährdungspunkte entlang des Verlaufs des Neetzekanals, der Neetze und des Hauptkanals Ilau-Schneeegraben. Am Ilmenaukanal umfasst dies die Schleuse und die Wehranlage Fahrenholz, die Handorfer sowie Viefeld-Polder sowie das Ilmenau-Sperrwerk (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 4.2.4). Während die Schleuse ein Hindernis darstellt und das Wehr als Sofortmaßnahme zu legen ist, dient das Ilmenau-Sperrwerk dem Abfluss bei niedrigem Elbewasserstand und die Polderflächen als zusätzlicher Retentionsraum bei hohem Wasserstand der Elbe (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 5.2 Blatt 18). Entlang des Neetzekanals werden als Gefährdungspunkte der Neetzekanaldüker, die Neetzekanaldämme östlich sowie der Neetzekanal selbst westlich des ESKs nahe Moorburg aufgeführt (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 4.2.4). Die Dämme östlich des ESKs können in speziellen Situationen ein Hindernis sein, welches den Abfluss aus der Fläche verlangsamt. In diesem Fall sollten sie als Sofortmaßnahme geöffnet werden, um den Abfluss zu ermöglichen. Der Neetzekanaldüker stellt eine verschließbare Engstelle dar. An dieser Stelle kann durch Schließen der Drosselschütze eine Ausbreitung auf die Elbmarsch westlich des ESKs verhindert werden. Um den Abfluss im Neetzekanal sicherzustellen kann als Sofortmaßnahme die Sicherung der Deichlinien entlang des Neetzekanals westlich des ESKs erforderlich sein (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 5.3 Blatt 1 f.). Darüber hinaus wird die Bahnlinie zwischen Lüneburg und Lauenburg, welche am Neetzekanal den ESK kreuzt und dann auf einem Damm in nordöstlicher Richtung die Elbmarsch durchläuft, als Gefährdungspunkt eingeordnet (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 4.2.4), da hier die DB zu informieren und der Betrieb durch die DB einzustellen ist. Außerdem kann eine Sprengung des Bahndamms erforderlich sein, wenn dieser einen signifikanten Aufstau erzeugt (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 5.3 Blatt 2). Die Ortslage Echem wird aufgrund ihrer niedrigen Lage in der Elbmarsch als weiterer Gefährdungspunkt genannt (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 4.2.4). Hier sollten die tiefergelegenen Häuser geschützt werden. Damit dies ausreichend ist, sollte ein Ausgleich der Wasserspiegellage am Bahndamm erfolgen (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 5.3 Blatt 2). An der Neetze und dem Hauptkanal Ilau-Schneeegraben sind jeweils die Düker als Gefährdungspunkte

aufgeführt (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 4.2.4). Bei diesen ist das Schließen der Drosselschütze als Sofortmaßnahme vorgesehen, um eine weitere Ausbreitung der Überschwemmung auf die westliche Seite des ESKs zu vermeiden (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 5.3 Blatt 2 f.). Außerdem stellen die Ortslage Fischhausen und das Feriengebiet Reihersee schützenswerte Gefährdungspunkte dar (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 4.2.4). Diese sind als Sofortmaßnahme im Schadensfall zu evakuieren (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 5.3 Blatt 3). Als zwei Engstellen sind die Gefährdungspunkte der Brücken der B209 über die Neetze und den Hauptkanal Ilau-Schneeegraben eingeordnet (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 4.2.4). Bei einem Schadensfall ist die B209 unmittelbar zu sperren. Außerdem bieten die Brücken der B209 die Möglichkeit den Abfluss durch die Neetze und den Hauptkanal Ilau-Schneeegraben zu drosseln (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 5.3 Blatt 4). Die Siele und Schöpfwerke Laßrönne und Fahrenholz sind weitere Gefährdungspunkte (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 4.2.4). Über diese ist das Wasser aus der Neetze und dem Hauptkanal Ilau-Schneeegraben in die Ilmenau abzuführen. Abhängig vom Wasserstand der Ilmenau ist dazu die Inbetriebnahme der Schöpfwerke als Sofortmaßnahme erforderlich (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 5.3 Blatt 4).

Seitens der WSV sind eine Reihe an Vorsorgemaßnahmen für den Fall eines Dammbrechens des ESKs vorgesehen. Zum einen bestehen diese Vorsorgemaßnahmen aus Melde- und Einsatzplänen. Diese regeln die Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal der WSV im Schadensfall, das Hinzuziehen von Hilfskräften verschiedener Organisationen der Gefahrenabwehr oder des Zivil- und Bevölkerungsschutzes sowie die Meldewege im Katastrophenfall. Außerdem wird die Sicherstellung von Notfallmaterial für Reparaturmaßnahmen am ESK nachgewiesen. Diese Melde- und Einsatzpläne sollen den Landkreisen am ESK in Form einer Alarmmappe vorliegen. Zum anderen wird die Überwachung der Dämme des ESKs sowie der besonderen Bauwerke mit Kontrollsystemen durch Dienstanweisungen festgelegt. Für die Elbmarsch gibt es eine gesonderte Dienstanweisung, die die Überwachung der Dämme des ESKs zwischen Scharnebeck und der Elbe bei Wasserständen unter 3,9 m NN und über 5,5 m NN vorschreibt (Bezirksregierung Lüneburg, 1977, Anlage 7). Ab einem Wasserstand von 6,5 m NN findet eine kontinuierliche Überwachung der Dämme mittels Begehungen durch das Personal des Außenbezirks Uelzen des WSA MLK/ESK statt (Pape, E-Mail, 2023).

Zuletzt teilt der ESK die Elbmarsch bei Überschwemmungen, wie sie etwa bei einem Deichbruch eines Elbedeiches entstehen können, in zwei Bereiche. Durch seine abriegelnde Funktion mit lediglich drei Dükern, durch welche Wasser auf die andere Seite fließen kann, ermöglicht der ESK solche großflächigen Überschwemmungen in der Elbmarsch räumlich zu begrenzen. Im Rahmen der Gefahrenabwehr am ESK sind für diesen Fall die Drosselschütze an den Dükern des ESKs vorgesehen. Diese sollen nach den Planfeststellungsunterlagen zum ESK bei einem Deichbruch eines Elbedeiches oberhalb der Mündung des ESKs, also zwischen Bleckede und Artlenburg, geschlossen werden, um das

Schadensausmaß auf den Bereich östlich des ESKs zu beschränken (WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 4, 12, 20). Das ergänzende Schöpfwerk Echem am Neetzedüker ermöglicht im Hochwasserfall eine Entwässerung in den ESK (WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 10, 16 f.).

### 4.3 Akteure in der Gefahrenabwehr und dem Katastrophenschutz

Solange die Elbe kein Hochwasser führt, erfolgen im Rahmen des Hochwassermanagements sowie für die Gefahrenabwehr und den Katastrophenschutz verschiedene Bau-, Unterhaltungs- und Vorsorgemaßnahmen. Dabei sind wie zuvor beschrieben im betrachteten Gebiet der Elbmarsch für die Gewässerunterhaltung der Vorfluter und ihrer Anlagen, wie z. B. der Siele und Schöpfwerke Laßrönne und Fahrenholz sowie des Schöpfwerkes Echem, der Ilmenauverband (§§ 2, 4 f. Satzung des Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung) und für die Bundeswasserstraßen und deren Anlagen die WSV verantwortlich (§§ 7 f. WaStrG). Für die Unterhaltung der gewidmeten Deichlinien entlang der Elbe sowie des Ilmenau- und Neetzekanals ist der ADV zuständig (§§ 2, 4 Satzung des ADV). Der Geschäftsbereich 2 der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKN unterstützt den ADV auf Basis von § 2 Abs. 3 Anlage 1 des NLWKN-Runderlasses (NLWKNRdErl) bei der Deicherhaltung nach dem aktuellen Bemessungshochwasser (NLWKN, 2022, S. 26 f.; § 2 Abs. 3 Anlage 1 des NLWKNRdErl). Der Geschäftsbereich 1 ist im betrachteten Gebiet für die Unterhaltung und den Betrieb des Ilmenau-Sperrwerkes zuständig (NLWKN, 2020b; § 2 Abs. 1a Anlage 1 des NLWKNRdErl) und der Geschäftsbereich 3 arbeitet, auch betriebsstellen-, behörden- und länderübergreifend, auf konzeptioneller und organisatorischer Ebene an der Umsetzung der Hochwasservorsorge, wie z. B. der Grundlagenarbeit für Aufgaben des HWRM-Zyklus im Rahmen der Zusammenarbeit in der FGG Elbe (§ 2 Abs. 1c f. Anlage 1 des NLWKNRdErl; Seemann, 2021b). Die Gefahrenabwehrplanung wird durch die Gemeinden, wie z. B. durch die Stadt Bleckede mit dem Einsatzplan Hochwasserschutz, vorgenommen, während die Landkreise Lüneburg und Harburg für die Katastrophenschutzplanung nach §§ 10 ff. NKatSG verantwortlich sind.

Wenn die Elbe stromaufwärts Hochwasser führt, übermittelt der Hochwassermeldedienst regelmäßig die aufgearbeiteten Pegeldata u. a. an die Landkreise und Deichverbände in seinem Gebiet (Abel & Breske, 2015, S. 11). Dieser ist für den niedersächsischen Bereich der unteren Mittel-Elbe zwischen Schnackenburg und der Wehranlage Geesthacht dem GLD im Aufgabenbereich 32 Oberirdische Gewässer des Geschäftsbereiches 3 der NLWKN-Betriebsstelle Lüneburg zugeordnet. Der GLD der Betriebsstelle Lüneburg arbeitet bei der Hochwasservorhersage an der Elbe im Rahmen der gemeinsamen Hochwasservorhersagezentrale Elbe in Magdeburg mit den weiteren Ländern der FGG Elbe sowie den zuständigen Bundesbehörden, insbesondere der WSV zusammen (Abel & Breske, 2015, S. 5). Im Hochwasserfall werden die Pegeldata von Ústí nad Labem bis Geesthacht von der gemeinsamen Hochwasservorhersagezentrale an den Hochwassermeldedienst weitergegeben. Dieser bereitet die Daten insbesondere in Hinblick auf regionale Hochwassergefahren auf und teilt diese

zusammen mit einer Einschätzung der Lage im betrachteten Gebiet den Landkreisen Lüneburg und Harburg, dem ADV, der Polizeidirektion, der Landwirtschaftskammer, der Biosphärenreservatsverwaltung Elbtalau, dem MU sowie den Geschäftsbereichen 1 und 2 der Betriebsstelle Lüneburg und der Direktion des NLWKN mit (Abel & Breske, 2015, S. 11).

Erreicht die Hochwasserwelle des Elbehochwassers die niedersächsische untere Mittelelbe unterhalb von Neu Darchau, beginnt der ADV mit der Einrichtung des Kontroll- und Meldedienstes. Im Bereich des Landkreises Lüneburg ist der späteste Beginn für diesen als Alarmstufe 1 festgelegt. Die Alarmstufe 1 entspricht einem Wasserstand von 9,75 m am Pegel Bleckede bzw. einem Wasserstand von 7,4 m am Pegel Hohnstorf (§§ 3 f. DVO Landkreis Lüneburg ADV). Da die Pegelnullpunkte der Pegel Bleckede und Hohnstorf beide bei -0,01 m NHN liegen, können die Wasserstände an den Pegeln vereinfacht als Höhe über NHN angenommen werden (Abel & Breske, 2015, S. 26, 36). Liegt aufgrund der Hochwasserprognose eine erheblich steigende Tendenz des Wasserstands vor, wird für den Bereich des ADV im Landkreis Harburg ab 7,7 m NN am Pegel Hohnstorf der Deichwachdienst an den Elbedeichen eingeleitet (§ 2 Abs. 1 DVO Landkreis Harburg ADV). Im Gebiet des ADV im Landkreis Lüneburg wird mit Alarmstufe 2 bei 10,35 m am Pegel Bleckede bzw. 8 m am Pegel Hohnstorf der einfache Wachdienst begonnen (§ 3 DVO Landkreis Lüneburg ADV). Dabei ist jedes Wachlokal durch zwei Personen zuzüglich der Deichgeschworenen besetzt. Diese Personen sind für die Kontrolle ihres Deichabschnittes verantwortlich. Der Austausch erfolgt i. d. R. in Schichten zu je acht Stunden, maximal jedoch nach zwölf Stunden (§ 3 DVO ADV). Mit Erreichen der dritten Alarmstufe bei 10,85 m am Pegel Bleckede bzw. 8,4 m am Pegel Hohnstorf oder ab Wasserständen von 1,7 m unter der Deichkrone wird der einfache Wachdienst spätestens auf den Doppelwachdienst erhöht, sodass zwei von vier Personen, welche jedes Deichlokal neben den Deichgeschworenen besetzen müssen, kontinuierlich am Deich Kontrollgänge vornehmen (§ 3 DVO Landkreis Lüneburg ADV; § 3 DVO ADV). Die einfache und doppelte Deichwache in den deichgeschützten Gebieten des ADV im Landkreis Harburg sind nach demselben Muster aufgebaut. Dabei muss der doppelte Deichwachdienst ab einem Wasserspiegel 2 m unter der Deichkrone erfolgen (§ 4 DVO Landkreis Harburg ADV).

Parallel zu der Einrichtung der Deichwachen des ADV beginnt die WSV die Dämme des ESKs in der Elbmarsch durch eigenes Personal zu kontrollieren. Die Kontrolle erfolgt durch kontinuierliche Begehungen durch Personal aus dem Außenbezirk Uelzen des WSA MLK/ESK. Begonnen werden diese Begehungen ab einer Wasserspiegellage von 6,5 m NN im ESK. Darüber hinaus wird das Hochwassersperrtor in Artlenburg bei einem Wasserstand von 8 m NN am Sperrtor geschlossen, sodass die Wasserspiegellage von 8 m NN im ESK in der Elbmarsch gehalten werden kann. Diese garantiert die geringstmögliche Durchfahrtshöhe für die Schifffahrt unter den Brücken in der Elbmarsch, bevor die Schifffahrt eingestellt werden muss. Der Außenbezirk Uelzen des WSA MLK/ESK ist für die operativen Aufgaben vor Ort zuständig. Das Hochwassersperrtor in Artlenburg wird bis zu

einem Elbewasserstand von 10,1 m NN nicht überströmt und auch die Dämme sind auf dem Hochwasserschutzniveau der Elbedeiche mit einer Kronenhöhe von 10,8 m NN errichtet (Pape, E-Mail, 2023; WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 9). Das Ilmenau-Sperrwerk wird durch den NLWKN betrieben und verhindert einen Rückstau erhöhter Elbewasserstände der Unterelbe in die Ilmenau (NLWKN, 2020b).

Sollten im Rahmen der Deichwache Schäden an den Deichen festgestellt werden, welche Verteidigungsmaßnahmen erfordern, führt dies zum Deichverteidigungsfall. Im Landkreis Lüneburg teilt der Verbandsvorsteher des ADV diesen dem Landkreis Lüneburg mit (§ 5 DVO Landkreis Lüneburg ADV). Für den Landkreis Harburg wird dieser durch den Landkreis oder in dringenden Fällen durch den ADV ausgerufen (§ 2 Abs. 2 DVO Landkreis Harburg ADV). Im Deichverteidigungsfall können alle volljährigen Bewohner des deichgeschützten Gebiets für die Deichverteidigung eingesetzt werden. Entstandene Schäden am Deich sollen dabei umgehend behoben werden. Die Einsatzleitung der Deichverteidigung übernimmt der Verbandsvorsteher des ADV oder der jeweilige Landkreis. Reichen die Ressourcen des ADV zur Deichverteidigung nicht aus, wird dies umgehend dem jeweiligen Landkreis gemeldet (§§ 5 ff. DVO Landkreis Harburg ADV; §§ 7 ff. DVO Landkreis Lüneburg ADV). Im Deichverteidigungsfall können weitere Deichverteidigungskräfte angefordert werden. Für das Verbandsgebiet des ADV im Landkreis Lüneburg ist dies in § 13 DVO LK Lüneburg ADV festgelegt. Die weiteren Kräfte und Organisationen richten sich dabei nach den Anforderungen und folgen den Anweisungen des Einsatzleiters vor Ort. Insbesondere die technische Fachberatung durch Kräfte des NLWKN und die Amtshilfe der Gemeinden, z. B. durch Kräfte der gemeindlichen Feuerwehr, sind in § 13 DVO LK Lüneburg ADV explizit genannt. Eine akute Gefahr für die Bevölkerung des Verbandsgebiets wird durch geeignete Warnungen, wie z. B. Sirenen oder Glockengeläut, übermittelt (§ 2 Abs. 3 DVO Landkreis Harburg ADV; § 5 Abs. 6 DVO Landkreis Lüneburg ADV). Sammelplätze für diesen Fall werden im Vorfeld von den Gemeinden bekannt gegeben (§ 2 Abs. 3 DVO Landkreis Harburg ADV). Von der DVO unberührt bleibt die Zuständigkeit der Gemeinden in der Elbmarsch für die Aufgaben der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr und somit auch der Abwehr von Hochwasser mit den gemeindlichen Ressourcen (§ 2 Abs. 3 DVO Landkreis Lüneburg ADV). Endet der Deichverteidigungsfall nicht durch behördliche Anordnung, sondern durch Feststellung des Katastrophenfalles, lösen die Katastrophenschutzpläne der unteren Katastrophenschutzbehörde des jeweiligen Landkreises die Anweisungen der DVO ab (§ 12 DVO Landkreis Harburg ADV; § 15 DVO Landkreis Lüneburg ADV).

Für das Verbandsgebiet des ADV im Landkreis Lüneburg erfolgt spätestens mit Erreichen der Alarmstufe 4 bei einem Wasserstand von 11,05 m am Pegel Bleckede bzw. ab einem Wasserstand von 8,8 m am Pegel Hohnstorf die Ausrufung des Katastrophenfalles (§§ 3 ff. DVO Landkreis Lüneburg ADV). Anderenfalls meldet der Verbandsvorsteher des ADV dem Landkreis Lüneburg, wenn die Deichverteidigung mit den Ressourcen des ADV absehbar nicht mehr möglich ist. Liegt in diesem Fall eine Gefahr für die Bevölkerung oder bedeutende Sachwerte vor, stellt der Landkreis Lüneburg den

Katastrophenfall fest, welcher durch den Landrat ausgerufen wird (§ 5 Abs. 4 f. DVO Landkreis Lüneburg ADV). Mit Feststellung des Katastrophenfalls geht die Einsatzleitung im durch den ADV deichgeschützten Gebiet des Landkreises Lüneburg auf diesen über und die Einbindung des ADV und weiterer Akteure der Deichverteidigung erfolgt auf Basis des Katastrophenschutzplans des Landkreises Lüneburg (§ 2 Abs. 4 DVO Landkreis Lüneburg ADV). Mit Feststellung des Katastrophenfalls werden sowohl im Landkreis Lüneburg als auch im Landkreis Harburg für die Einsatzleitung Katastrophenschutzstäbe unter Leitung des Landrates einberufen (§§ 6 Abs. 1, 21 NKatSG). Dem Katastrophenschutzstab dienen der Katastrophenschutzplan des jeweiligen Landkreises sowie die zugehörigen Sonderpläne als Grundlage für die Einsatzleitung (§ 10 NKatSG). In Abhängigkeit von der Gefahrenlage wird der Katastrophenschutzstab durch Fachberater und Kontaktpersonen anderer Behörden und Organisationen ergänzt. So stellt der NLWKN im Hochwasserfall dem Landkreis Lüneburg bei Bedarf einen Fachberater (NLWKN, 2015a, Anlage S. 1; Sachse, E-Mail, 2023), während das WSA MLK/ESK in Uelzen normalerweise zwar keinen Fachberater stellt, aber Kontakt zum Katastrophenschutzstab im Hochwasserfall hält (Pape, E-Mail, 2023; Sachse, E-Mail, 2023). Die einzelnen Einsatzabschnitte werden durch eine TEL vor Ort geleitet, welche durch den Einsatzleiter im Katastrophenschutzstab benannt wird (§ 22 NKatSG). Weitere Organisationen, darunter Bundesorganisationen wie bspw. das THW oder die Bundeswehr, polizeiliche Einheiten, Feuerwehren nicht betroffener Regionen oder Hilfsorganisationen, können bedarfsorientiert im Rahmen der Amtshilfe eingesetzt werden. Diese unterstehen den Weisungen des Katastrophenstabs (§§ 4, 23 ff. NKatSG).

Im Falle eines Deichbruches eines Hochwasserdeiches der Elbe zwischen Bleckede und Artlenburg ist davon auszugehen, dass die Einsatzleitung durch den Landkreis Lüneburg übernommen und der Einsatz auf Basis des Katastrophenschutzplans des Landkreises Lüneburg durchgeführt wird, da eine Deichverteidigung auf Basis der Ressourcen des ADV zuvor nicht erfolgreich möglich war (§§ 2 Abs. 4, 5 Abs. 4 f. DVO Landkreis Lüneburg ADV). In diesem Fall ist gesondert zu erwähnen, dass ein abweichender Betrieb der Schöpfwerke Laßrönne und Fahrenholz sowie die Inbetriebnahme des Schöpfwerkes Echem durch den Ilmenauverband erfolgt (§§ 2, 4 f. Satzung des Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung). Es ist davon auszugehen, dass der kontinuierliche Kontrolldienst des Außenbezirkes Uelzen des WSA MLK/ESK bei einem Deichbruch bereits erfolgt. Durch diesen oder alternativ über die telefonische Rufbereitschaft des WSA MLK/ESK in Uelzen, welche eine technische Bereitschaft des Bauhofs in Scharnebeck alarmieren kann, ist eine Bedienung der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs in der Elbmarsch grundsätzlich möglich, sofern die zuständige Einsatzleitung dies anordnet. Es gibt jedoch keine Dokumente oder Anweisungen, welche die Steuerung der Drosselschütze im Falle eines Deichbruches an der Elbe regeln (Pape, E-Mail, 2023; WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 4, 12, 20). Wenn besondere Anlagen, wie KRITIS oder Störfallbetriebe, von

einem Überschwemmungsszenario betroffen sind, werden deren Betreiber in die Gefahrenabwehr und den Katastrophenschutz mit eingebunden (§§ 5a, 10a ff. NKatSG).

#### 4.4 2D-Modell der unteren Mittelelbe

Die BfG hat gemeinsam mit den beteiligten Bundesländern Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Schleswig-Holstein ein 2D-Modell der unteren Mittelelbe zwischen Wittenberge und der Staustufe in Geesthacht erstellt. Dies erfolgte in der Folge der Hochwasserereignisse zu Beginn des 21. Jahrhunderts und im Zuge der Maßnahmenumsetzung der EG-HWRM-RL und sollte dabei eine Grundlage für Untersuchungen an diesem Elbeabschnitt bieten. Insbesondere das Strömungsverhalten und die Auswirkungen von abflussverbessernden Maßnahmen für Hochwasserlagen können mit diesem 2D-Modell dieser Elbestrecke, mit einem stark variierenden Gewässerquerschnitt im Hochwasserfall und deutlichen Unterschieden in den Abständen zwischen den Deichlinien, untersucht werden (Promny et al., 2015, S. 13 ff.). Das Gebiet der 2D-Modellierung wurde 2016 stromaufwärts bis Tangermünde erweitert. Mit diesem erweiterten Modell sollen bis 2024 weitere Untersuchungen zu abflussverbessernden Maßnahmen, Polderflächen und Anpassungen im Deichvorland untersucht werden (Schramm et al., 2022, S. 14 f.).

Auf Basis der Anforderungen für die 2D-Modellierung der unteren Mittelelbe und des Deichvorlands haben die BfG und die beteiligten Bundesländer die Simulationssoftware Delft3D ausgewählt. Diese Software passt zu den Anforderungen der BfG und der beteiligten Bundesländer. Außerdem wird Delft3D zum Zeitpunkt der Auswahl bereits auf internationaler Ebene für andere große Flüsse erfolgreich eingesetzt. An der unteren Mittelelbe wird auf eine höherdimensionale Simulation verzichtet, da deren Effekte von geringer Bedeutung wären. Aus diesem Grund wird Delft3D im zweidimensionalen Modus mit tiefengemittelter Berechnung eingesetzt. Das DGM des Wasserlaufs des Bundes und der Länder liefert die Standortinformationen (Promny et al., 2015, S. 17). Für die Berechnung wird eine durchschnittliche Gitterweite von 25 m als Grundlage verwendet (Promny et al., 2015, S. 13 ff.).

Neben dem Einsatz für die gemeinsame Zielsetzung der BfG und der beteiligten Bundesländer wird das Modell für eigene Untersuchungen der einzelnen Bundesländer verwendet. Diese Untersuchungen werden in Niedersachsen von der NLWKN Betriebsstelle Lüneburg, welche als einzige Betriebsstelle des NLWKN im Gebiet der unteren Mittelelbe liegt, durchgeführt. Für solche weiterführenden Untersuchungen ist das gemeinsame 2D-Modell zwischen Tangermünde und Geesthacht von der zuständigen Mitarbeiterin des Aufgabenbereiches 32 für oberirdische Gewässer der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKN (zust. MA NLWKN L32) um die deichgeschützten Gebiete der Betriebsstelle ergänzt worden. Diese Ergänzung ermöglicht die Durchführung weiterer Betrachtungen, wie z. B. die Untersuchung des Überschwemmungsausmaßes bei Deichbruchszenarien (Wörner, E-Mail, 2023b).

Die Informationen für die hinzugefügten Gebiete in Niedersachsen stammen aus dem DGM für Niedersachsen mit einer Gitterweite von einem Meter, dem DGM1. Außerdem wird die Landnutzung als Basis für die Geländerauigkeit berücksichtigt. Die Daten zur Landnutzung stammen für Niedersachsen aus dem Amtlichen Topographischen Kartographischen Informationssystem (ATKIS). Die Daten aus ATKIS liegen dem Modell gemeinsam mit den Höhenlagen aus dem DGM1 zugrunde (Wörner, 2023a, S. 1 ff.; Wörner, E-Mail, 2023b). Aktuelle Untersuchungen werden in der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKN mit Delft3D Flexible Mesh Suite HMWQ Version 2021.03 durchgeführt (Wörner, E-Mail, 2023b). Die Software Delft3D Flexible Mesh Suite HMWQ wird im Folgenden vereinfacht als Delft3D bezeichnet.

Delft3D ist eine Simulationssoftware des niederländischen Softwareentwicklers Deltares. Mit dieser Software können hydraulische 1D-, 2D- und 3D-Modelle erstellt werden. In der Version 2021.03, welche für die aktuellen Simulationen an der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKN verwendet wird, liegt der Schwerpunkt dabei jedoch auf der 2D-Modellierung, da im Bereich der 1D- und 3D-Modelle in dieser Version die Entwicklung noch nicht abgeschlossen ist. Vorgesehen ist die Software u. a. für die Simulation von Strömungen in Flüssen, durch Tide- oder Windeinflüsse sowie für Flutwellen (Deltares, 2021, S. 7). So eignet sich Delft3D z. B. für Abflussbetrachtungen von Flusshochwasserwellen. Dabei können verschiedene Bauwerke an den Übergängen zwischen den Zellen eingefügt werden. So können z. B. starre und bewegliche Wehre (*fixed weirs* oder *adjustable weirs*), verschließbare Öffnungen in verschiedener Komplexität (*simple gates* oder *general structures*), nicht passierbare Trennungen (*thin dams*) oder Pumpen (*pumps*) eingefügt werden, wodurch das Strömungsverhalten zwischen den angrenzenden Zellen verändert wird (Deltares, 2021, S. 265 ff.).

## 5 Hydraulische Modellierung

Mit Hilfe einer hydraulischen Modellierung soll die Wirkweise der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs in der Elbmarsch nördlich von Scharnebeck dargestellt werden. Mit dieser Darstellung der Wirkweise soll ein Überblick über den möglichen Nutzen dieser Drosselschütze im Rahmen der Gefahrenabwehr bei einem Deichbruchszenario eines Hochwasserdeiches der Elbe zwischen Bleckede und Artlenburg gegeben werden. Dazu werden verschiedene Einstellungszustände der Drosselschütze für das gleiche Deichbruchszenario mit der gleichen Hochwasserwelle mittels eines 2D-Modells simuliert.

Das für diese Betrachtung angepasste Modell basiert auf dem 2D-Modell der unteren Mittelelbe zwischen Tangermünde und Geesthacht, welches primär den Flusslauf der Elbe sowie die ausgezeichneten und vorläufig gesicherten Überschwemmungsgebiete nach § 76 WHG umfasst. Für die Betrachtung sind darüber hinaus die Ergänzungen durch die zust. MA NLWKN L32 ausschlaggebend. Diese Ergänzungen fügen dem Modell der BfG insbesondere die deichgeschützten

Gebiete der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKN, welche auch die Risikogebiete nach § 78b WHG umfassen, bei. Da das 2D-Modell der unteren Mittelelbe zwischen Tangermünde und Geesthacht von der BfG die Grundlage für die hydraulische Modellierung eines Deichbruchszenarios zwischen Bleckede und Artlenburg für die Betrachtung der Auswirkung der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs bildet, wird diese ebenfalls mit Delft3D in der Version 2021.03 durchgeführt. Die Umsetzung der im Folgenden beschriebenen Simulationen in Delft3D inklusive der dafür erforderlichen Anpassungen im Modell und der Ausgabe der Ergebnisdateien für die Weiterverarbeitung mit QGIS werden von der zust. MA NLWKN L32 vorgenommen. Alle Änderungen, Eingaben und Ausgaben sowie der Aufbau der einzelnen Simulationsläufe werden vom Verfasser der Arbeit ausgearbeitet und in Abstimmung mit der zust. MA NLWKN L32 weiterentwickelt, damit die Umsetzbarkeit in Delft3D gewährleistet ist.

## 5.1 Modellgebiet

Für den Vergleich der verschiedenen Einstellungszustände der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs ist es erforderlich, dass das Modellgebiet die gesamte Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) umfasst. Hinzu kommen Anforderungen an die obere und untere Randbedingung, welche gewährleistet sein müssen, damit das Modell funktioniert und die vorgegebenen Parameter einen vergleichbaren Rahmen für alle Simulationen vorgeben. Zu diesem Zweck müssen sowohl die obere als auch die untere Randbedingung jeweils an einem Punkt liegen, an dem die Abflusswerte für das gewünschte Modellhochwasser bekannt sind. Die Abflusswerte an den Ein- und Ausgängen des Modells stellen die obere bzw. untere Randbedingung dar.

Da das betrachtete Gebiet am westlichsten Rand des bestehenden Modells liegt, kann die untere Randbedingung am Ausgang des Modells beibehalten werden. Diese liegt an der Wehranlage Geesthacht, da dort die von Flusshochwasser geprägte untere Mittelelbe in die durch Gezeiten geprägte Untere Elbe übergeht. Ab der Wehranlage Geesthacht spielt das Flusshochwasser der Elbe eine untergeordnete Rolle, deshalb endet das Modell im Flusslauf der Elbe an dieser Stelle (Promny et al., 2015, S. 98 f.). Da die Erweiterungen der zust. MA NLWKN L32 die Mündung der Ilmenau mit dem Ilmenau-Sperrwerk umfassen, werden hier die tidebeeinflussten Abflüsse am Pegel Zollenspieker als weitere untere Randbedingung zugrunde gelegt.

Während die untere Randbedingung somit vorgegeben ist, kommen für die Auswahl der oberen Randbedingung mehrere Punkte in Frage. Bestehende Pegel eignen sich dabei besonders gut, da für diese die aufgezeichneten Abflussdaten bekannt sind. An dem durch Flusshochwasser geprägten Teil der Elbe gibt es eine Vielzahl von Pegeln, an denen der Wasserstand und der Abfluss der Elbe aufgezeichnet werden. Im Rahmen des Hochwassermelddienstes werden Abschnitte der Elbe zusammengefasst. Diesen Abschnitten wird jeweils ein Bezugspegel zugeordnet, für den alle Berechnungen durchgeführt und Meldungen herausgegeben werden. Für den niedersächsischen

Abschnitt der unteren Mittelelbe ist dieser Bezugspegel der Pegel in Neu Darchau. Für diesen werden auch Berechnungen der Jährlichkeiten von Hochwasserabflüssen erstellt, welche z. B. für die Bemessung des bautechnischen Hochwasserschutzes verwendet werden. Auch die BfG berücksichtigt in der 2D-Modellierung von Abflusszenarien in der unteren Mittelelbe diesen Pegel, weshalb sämtliche Daten zu verschiedenen Hochwasserereignissen und -berechnungen zum Pegel Neu Darchau vorliegen. Da der Pegel Neu Darchau unmittelbar vor dem betrachteten Gebiet ab Bleckede liegt, werden die Abflusswerte der Modellhochwasserwelle an diesem als obere Randbedingung gewählt (Abel & Breske, 2015, S. 20 ff.; Promny et al., 2015, S. 94 ff., 100).

Für die obere Randbedingung und somit den Modellanfang im Gewässerbett der Elbe kommen aufgrund der Datenlage die Pegel Wittenberge oder Neu Darchau in Frage. Als untere Randbedingung ermöglicht die Datenlage die Wehranlage Geesthacht. Im Rahmen dieser Ausarbeitung genügt der Elbeabschnitt zwischen dem Pegel Neu Darchau, welcher als obere Randbedingung gewählt wird, und der Wehranlage Geesthacht als untere Randbedingung (Wörner, 2023a, S. 10 f.). Somit gehört die Elbe mit ihren Überschwemmungsgebieten vom Pegel Neu Darchau bei Elbekilometer 536,4 bis zur Wehranlage Geesthacht bei Elbekilometer 583,4 zu dem Modellgebiet (Schramm et al., 2022, S. 22 f.). Die Standorte der Pegel sind in Abbildung 21 dargestellt.

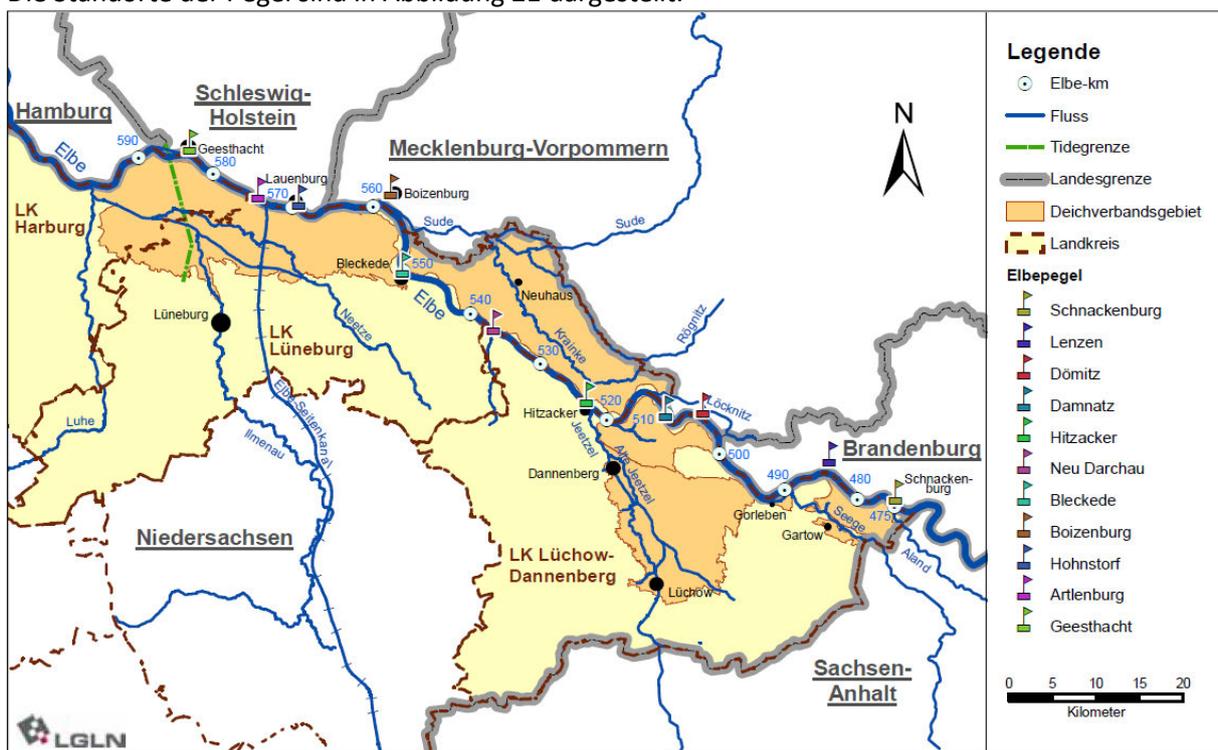


Abbildung 21: Pegel an der unteren Mittelelbe in Niedersachsen (Abel & Breske, 2015, S. 6)

Darüber hinaus umfasst das Modell sämtliche Erweiterungen der zust. MA NLWKN L32 ab dem Beginn der Deichlinie am höheren Gelände südlich von Bleckede im Osten bis zur Landesgrenze zu Hamburg im Westen. Nach Süden endet das Modellgebiet mit dem höheren Gelände der Lüneburger Heide und nach Norden mit den Überschwemmungsgebieten Mecklenburg-Vorpommerns und Schleswig-Holsteins. Allerdings findet lediglich das deichgeschützte Gebiet des ADV in der Elbmarsch nördlich des

Ilmenaukanals im Rahmen der Auswertung genauere Betrachtung. Dem Modellgebiet gehören ebenfalls die Gebiete südlich des Ilmenaukanals und westlich der Ilmenaumündung an. So soll ausgeschlossen werden, dass ein Aufstau an einer Modellgrenze entsteht. In diesen Bereichen des Modells werden zum einen keine Wasserstands- und Abflussdaten erhoben zum anderen erfolgt hier keine Anpassung des Modells durch Hinzufügen von Bauwerken und Verfeinerungen des Gitters.

Für die von der zust. MA NLWKN L32 ergänzten deichgeschützten Gebiete liegen die Höhendaten aus dem niedersächsischen DGM1 zugrunde. Diese sind für die Verwendung im hydraulischen Modell auf ein Raster von 10 x 10 m aggregiert. Somit entspricht die Auflösung einem DGM10, allerdings werden die aktuelleren Daten des DGM1 verwendet, da dort insbesondere im Bauzustand der Deiche weniger Abweichungen zum tatsächlichen Zustand und somit zu den realen Deichhöhen auftreten. Die Geländehöhen werden durch Landnutzungsdaten aus dem ATKIS für Niedersachsen ergänzt. Diese enthalten die Rauigkeitsbeiwerte für die verschiedenen Landnutzungen, wie z. B. Wälder oder landwirtschaftliche Nutzflächen. Es werden nur flächenbezogene Informationen zur Landnutzung verwendet. Der Verlauf der Deichlinien ist separat eingefügt. Die Informationen aus dem DGM1 und ATKIS sind für die ergänzten Gebiete einem zunächst mit der Software JANET erstellten und später mit der Software BlueKenue ergänzten unstrukturierten Gitter zugewiesen. Die Dichte des Gitters ist besonders im Bereich von Gewässerläufen, wie der Ilmenau, und Bauwerken, wie den Deichen, verfeinert, um eine klare Abgrenzung der Höhen zu ermöglichen (Wörner, 2023a, S. 1 ff.).

Eine Verfeinerung des Gitters für die nötigen Anpassungen zum Erreichen des Modellierungsziels im Gesamtmodell würde zu besonders großen Ergebnisdateien und langen Rechenzeiten führen. Deshalb wird ein Ausschnitt des betrachteten Modellgebiets aus der Gitterstruktur des Gesamtmodells verwendet, in welchem die Modifikationen vorgenommen werden (Wörner, 2023a, S. 10 f.).

## 5.2 Modellhochwasser

Aufgrund der geeigneten Lage unmittelbar vor dem betrachteten Gebiet sowie der guten Datenlage als Bezugspegel und der Berechnungen der BfG wird das Modellhochwasser als obere Randbedingung am Pegel Neu Darchau verwendet (Schramm et al., 2022, S. 22 f., 61 f.; Wörner, 2023a, S. 10 f.). Die untere Randbedingung wird über die Wasserstands-Abfluss-Beziehung an der Wehranlage Geesthacht gewährleistet (Promny et al., 2015, S. 98 f.; Schramm et al., 2022, S. 64 f.; Wörner, 2023a, S. 7, 10 f.). Die Form der Hochwasserkurve sowie der Zeitraum, über den sich die Hochwasserkurve erstreckt, müssen einem realen Hochwasserereignis der Vergangenheit entsprechen, damit passende Daten für die weitere untere Randbedingung am Ilmenau-Sperrwerk mit dem Bezugspegel Zollenspieker vorliegen. Aufgrund des Einflusses der Gezeiten am Bezugspegel Zollenspieker für die Steuerung des Ilmenau-Sperrwerks, sind kürzere Intervalle als bei den üblicherweise vorliegenden sechsstündlichen

Daten erforderlich. Für Hochwasserereignisse liegen Daten in einer zeitlichen Auflösung von 15 Minuten vor (Wörner, E-Mail, 2023c).

Für die Annahme eines Vergleichshochwassers als Grundlage für ein Deichbruchszenario an einem Hochwasserdeich der Elbe zwischen Bleckede und Artlenburg wird davon ausgegangen, dass die auf ein  $HQ_{100}$  bemessenen Deiche des ADV diesem widerstehen. Aus diesem Grund muss das Modellhochwasser über einem  $HQ_{100}$  an der Stelle des Deichbruches liegen. Eine Anlehnung an das  $HQ_{Extrem}$  der Hochwassergefahrenkarten liegt dabei nahe. Dieses soll einem  $HQ_{200}$  oder höher entsprechen (LAWA, 2018, S. 13 f.). Zu diesem Zweck wird die Hochwasserganglinie des Hochwasserereignisses 2011 am Pegel Neu Darchau auf den Scheitelabfluss eines  $HQ_{200}$  angepasst. Das Hochwasserereignis 2011 wird dabei zugrunde gelegt, da es das jüngste Hochwasserereignis an der Elbe mit einer ungekappten Ganglinie ist. Die Ganglinie des Hochwasserereignisses 2013 wurde durch den Deichbruch in Fischbeck gekappt. Auf Basis eines ersten Testlaufs wird deutlich, dass ein  $HQ_{200}$  am Pegel Neu Darchau zu einem Überflutungsausmaß führt, welches mehrere Deiche überströmt und durch die Modellränder an den Landesgrenzen zu Hamburg und Schleswig-Holstein verfälscht wird, da es an diesen zu einem Rückstau kommt. Nach Rücksprache mit verschiedenen Mitarbeitern des Aufgabenbereiches 32 für oberirdische Gewässer der Betriebsstelle Lüneburg des NLWKN wird deutlich, dass ein  $HQ_{200}$  am Pegel Neu Darchau nicht plausibel ist. Zum einen würden stromaufwärts gelegene Hochwasserschutzbauwerke versagen, bevor die Hochwasserwelle die untere Mittelbe erreicht. Dies liegt an der Entstehung des Elbehochwassers im Oberlauf in Kombination mit hohen Abflüssen der größeren Nebenflüsse in den oberen Abschnitten der Mittelbe (Promny et al., 2021, S. 23 ff.; Wörner, 2023a, S. 9). Zum anderen müsste der Abfluss bei Tangermünde deutlich über einem  $HQ_{200}$  liegen, da eine Kappung des Hochwasserscheitels durch die Havelpolder erfolgt (Promny et al., 2021, S. 25 ff.). Um ein  $HQ_{200}$  in der unteren Mittelbe simulieren zu können, müssten die Deichhöhen der Elbedeiche Oberstrom im Modell erhöht werden, damit die Hochwasserwelle als  $HQ_{200}$  an der unteren Mittelbe ankommt (Wörner, 2023a, S. 9 f.). Solche Anpassungen des Modells werden im Rahmen dieser Ausarbeitung jedoch nicht vorgenommen, weshalb ein anderer Ansatz für das Modellhochwasser verwendet wird.

Der Scheitelabfluss des Hochwasserereignisses 2013 entspricht am Pegel Tangermünde nahezu einem  $HQ_{200}$  (Promny et al., 2021, S. 25; Schramm et al., 2022, S. 21). Somit kann das Elbehochwasser 2013 als Extremhochwasser angesehen werden. Allerdings ist die Hochwasserganglinie durch den Deichbruch in Fischbeck gekappt und entspricht nicht einem Verlauf ohne diesen Deichbruch (Promny et al., 2021, S. 23 ff.). Im Rahmen einer Untersuchung der Funktionsweise der Havelpolder hat die BfG auf Basis des 2D-Modells der unteren Mittelbe zwischen Tangermünde und Geesthacht Varianten des Hochwasserereignisses 2013 modelliert. Darunter fällt eine Variante, bei welcher der Deichbruch in Fischbeck herausgerechnet ist. An Stelle des Deichbruches findet in dieser eine gezielte Kappung des

Hochwasserscheitels durch die Havelpolder statt (Schramm et al., 2022, S. 26, 57 ff.). Da die Hochwasserganglinie dieser modellierten Abflusskurve des Hochwassers 2013 für Neu Darchau vorliegt und dort ein  $HQ_{100}$  überschreitet (Schramm et al., 2022, S. 57 ff.), wird diese Hochwasserwelle als Modellhochwasser und somit als obere Randbedingung des Modells in Neu Darchau verwendet. Die Abflussganglinie des simulierten Hochwasserereignisses 2013 ohne den Deichbruch in Fischbeck mit der Kappung des Hochwasserscheitels durch Flutung der Havelpolder ist in Abbildung 22 dargestellt.

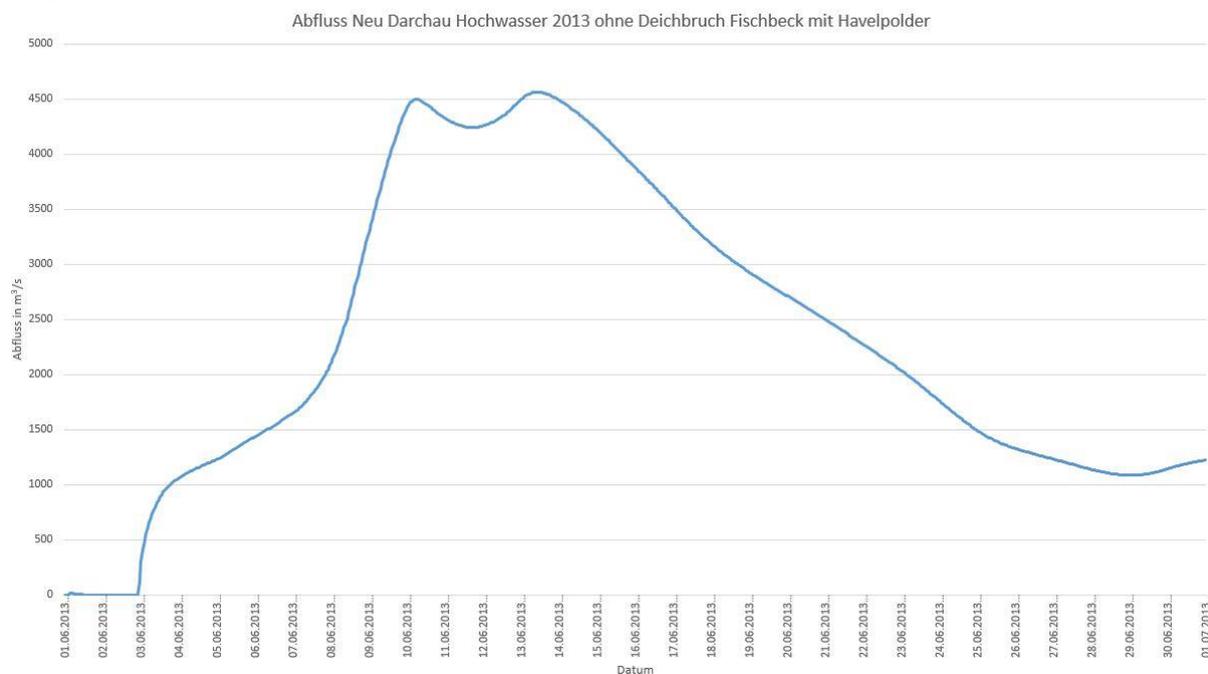


Abbildung 22: Abflusskurve Neu Darchau Hochwasser 2013 ohne Deichbruch in Fischbeck mit Havelpolderflutung (Brößler, eigene Abbildung, 2023)

Der Modellzeitraum wird vom Beginn des 03. Juni 2013 bis zum Ende des 30. Juni 2013 gewählt. Die grafische Ausgabe erfolgt in einer Schrittweite von zwei Stunden. Der Startzeitpunkt ist damit begründet, dass zu diesem Zeitpunkt in der Abflussganglinie der oberen Randbedingung, wie in Abbildung 22 zu sehen, ein erster Abfluss der Elbe am Pegel Neu Darchau zugrunde liegt und die Hochwasserwelle des Hochwasserereignisses 2013 den Pegel Neu Darchau erst danach erreicht. Dieser Zeitpunkt ist jedoch möglichst kurz vor dem Beginn der Hochwasserwelle an der oberen Randbedingung des Modells in Neu Darchau gewählt, damit die Berechnung auf das Nötigste reduziert werden kann, wodurch die Rechenzeiten möglichst gering gehalten werden. Zum Endzeitpunkt hat die Hochwasserwelle des Hochwasserereignisses das Elbegebiet bis zur unteren Randbedingung an der Wehranlage Geesthacht sowie das Unterstrom gelegene Ilmenau-Sperrwerk passiert. Außerdem wird der letztmögliche Zeitpunkt gewählt, für den viertelstündliche Daten zu den Abflüssen am Bezugspegel Zollenspieker als untere Randbedingung am Ilmenau-Sperrwerk vorliegen. Mit den sonst sechsständlichen Daten kann der Einfluss der Gezeiten auf das Abflussverhalten am Ilmenau-Sperrwerk nicht realitätsnah abgebildet werden (Wörner, E-Mail, 2023c). Somit stellt der 30. Juni 2013

den spätesten Zeitpunkt dar, an dem der mögliche Abfluss aus der Elbmarsch nach der Hochwasserwelle unter realitätsnahen Bedingungen dargestellt werden kann.

### 5.3 Modelldeichbruch

Für den Modelldeichbruch, der für alle Simulationen gleich abläuft, um eine Vergleichbarkeit herzustellen, sind ein Zeitpunkt für den Beginn des Deichbruches, der Ort des Deichbruches, die Dauer bis zum Erreichen der vollständigen Breschenbreite sowie die Breschenbreite des Deichbruches erforderlich. Diese Faktoren für den Modelldeichbruch werden auf Grundlage der Eignung für die Betrachtung der Auswirkungen unterschiedlicher Verwendungen der Drosselschütze an den Düchern des ESKs angenommen. Der Modelldeichbruch stellt somit zwar ein theoretisch mögliches Deichbruchszenario dar, ist jedoch nicht aufgrund erhöhter Wahrscheinlichkeit ausgewählt. Weder der Ort noch das Ausmaß des Modelldeichbruches lassen Rückschlüsse auf die Beschaffenheit der Hochwasserdeiche des ADV zu. Der Zustand der Deiche wird bei der Wahl des Modelldeichbruches vernachlässigt, da dieser für die Betrachtung des Einsatzes der Drosselschütze an den Düchern des ESKs eine untergeordnete Rolle hat.

Um den Anfangszeitpunkt für den Deichbruch anzunehmen, wird zugrunde gelegt, dass die Deiche bis zu einem  $HQ_{100}$ , auf welches sie bemessen sind, standhalten (NLWKN, 2020a, S. 47 f.). Da das Erreichen des  $HQ_{100}$ -Abflusses an einem Elbepegel ohne Weiteres ermittelt werden kann, wird der Beginn des Überströmens des Deiches an das Überschreiten des  $HQ_{100}$ -Abflusses am Pegel Bleckede gekoppelt. Der Pegel Bleckede ist der nächste Oberstrom gelegene Bezugspunkt für jeden möglichen Deichbruch zwischen Bleckede und der Mündung des ESKs bei Artlenburg. Der beschriebene Zeitpunkt stellt den Anfang des Modelldeichbruches dar. Dabei wird vernachlässigt, dass die Deiche aufgrund des Freibords zumeist über den Bemessungswasserstand hinaus standhalten. Außerdem werden Maßnahmen zur Deichverteidigung, wie z. B. Aufkadungen, durch welche der Beginn des Überströmens des Deiches hinausgezögert werden kann (Loosen, 2001, S. 55), vernachlässigt. Diese zwei Einflussfaktoren finden keine Berücksichtigung, da der eigentliche Beginn des Überströmens und somit des Modelldeichbruches geringe Relevanz für die Betrachtung der Verwendung der Drosselschütze an den Dückerbauwerken des ESKs hat, weil die Abweichungen durch den verzögerten Deichbruch einen vergleichsweise geringen Unterschied zu verschiedenen Extremhochwasserereignissen ausmachen. Die Kopplung an einen bestimmten Grenzwert vereinfacht jedoch die Vergleichbarkeit der Simulationsläufe.

Der Ablauf von Deichbrüchen steht in Abhängigkeit zurzeit und ist nicht linear (Vorogushyn et al., 2010, S. X-18 f.; Zagonjoli, 2007, S. 16 f.). Bei einem Deichbruch können zwei Phasen beschrieben werden. Die erste beginnt mit den ersten Anzeichen für eine Beschädigung oder ein Überströmen des Deiches. Sie ist die Initialisierung des Deichbruches und endet mit der Verbindung von Fluss und Hinterland. In

dieser Phase werden auch Maßnahmen zur Deichverteidigung oder Evakuierungen vorgenommen. Die zweite Phase enthält die Entwicklung des Deichbruches von der ersten Verbindung zwischen Fluss und Hinterland bis zum finalen Ausmaß des Deichbruches (Michelazzo, 2014, S. 14 f.; Zagonjoli, 2007, S. 19). Als Orientierung für den Ablauf des Modelldeichbruches wird der Deichbruch in Fischbeck bei dem Hochwasserereignis 2013 herangezogen. Bei diesem traten erste kleinere Schäden rund einen dreiviertel Tag vor dem Bruch des Deiches auf. Die ersten großen Schäden am Deich, verbunden mit einem Wasserstand nahe der Kronenhöhe des Deiches, sind auf sieben Stunden vor dem Deichbruch datiert. Rund drei Stunden vor dem Deichbruch waren Deichverteidigungsmaßnahmen nur noch eingeschränkt möglich (LHW, 2018, S. 12 f.). Für den Modelldeichbruch werden die ersten kleineren Anzeichen nicht berücksichtigt. Somit wird die Zeit von sieben Stunden vom auslösenden Ereignis bis zur finalen Breschenbreite des Deichbruches angenommen. Dabei erfolgt die Öffnung des Deichbruches im Modell linear, da die Unterschiede in der Entstehungsgeschwindigkeit durch die Nichtbetrachtung von Verteidigungsmaßnahmen ohnehin nicht vereinfachungsfrei dargestellt werden können. Aufgrund der technischen Möglichkeiten zur Umsetzung von Deichbrüchen in der verwendeten Version wird ein rechteckiger Querschnitt des Deichbruches angenommen. Obwohl eine Trapezform für den Querschnitt eines Deichbruches üblich ist, ist die Annahme sehr steiler Abbruchkanten und somit die Vereinfachung zu einer rechteckigen Form möglich (Heimerl, 2018, S. 328 f.).

Das Ausmaß von Deichbrüchen bei einem Flusshochwasser unterscheidet sich stark und hängt von einer Vielzahl an Einflussfaktoren ab (Blum, E-Mail, 2023; Thorenz, E-Mail, 2023). Bei einer Betrachtung von Deichbrüchen durch Sturmfluten an Hauptdeichen im Rahmen des Hochwasserisikomanagements für den Küstenraum, wird eine szenariobasierte maximale Breschenbreite von 150 m zugrunde gelegt (Blum, E-Mail, 2023; Thorenz, E-Mail, 2023; Thorenz et al., 2017, S. 219). Bei einer Betrachtung der Deichbrüche der Elbe und ihrer Nebengewässer bei dem Hochwasserereignis 2002 werden Referenzwerte für Deichbrüche am Flusssystem Elbe geliefert (Vorogushyn et al., 2010, S. X-18 ff.). Dabei liegen die Breschenbreiten zwischen 5 m und 340 m. Die mittlere Breschenbreite der Deichbrüche im Flusssystem Elbe bei dem Hochwasserereignis 2002 liegt bei 62,88 m (Vorogushyn et al., 2010, S. X-44). Somit liegt eine Breschenbreite von 150 m an der Elbe im Bereich des Möglichen, jedoch über dem Durchschnitt der Deichbrüche des Hochwasserereignisses 2002, weshalb diese Breschenbreite zur Annahme eines Extremhochwassers passt. Aus diesem Grund wird für den Modelldeichbruch eine finale Breschenbreite von 150 m angenommen.

Für die Standortermittlung des Modelldeichbruches wird eine Untersuchung der zust. MA NLWKN L32 zugrunde gelegt. Diese betrachtet verschiedene Deichbruchszenarien an der unteren Mittel-elbe in Niedersachsen auf Basis von  $HQ_{200}$ -Abflüssen. Die Überschwemmungen durch diese

Deichbruchszenarien werden verglichen, wobei in jedem Abschnitt die Szenarien ermittelt werden, welche die Überschwemmungen weiterer Szenarien überlagern. Somit können die Deichbruchszenarien bestimmt werden, welche als Worst-Case-Szenarien stellvertretend für alle Deichbruchszenarien des Abschnitts stehen. Für die Deichlinie zwischen Bleckede und Artlenburg überlagert eines dieser Deichbruchszenarien alle übrigen Möglichkeiten. Aus diesem Grund wird der Standort dieses Worst-Case-Szenarios für den Modelldeichbruch gewählt (Wörner, E-Mail, 2023b). Somit liegt der Modelldeichbruch in der Vitico nördlich von Bleckede bei Elbekilometer 552 (NLWKN, 2008, Karte 5).

Der Deichbruch wird im Modell als *simple weir* realisiert. Dies ist ein Wehr bei dem das *crest level*, also die Kronenhöhe, gesteuert werden kann (Deltares, 2021, S. 70, 75 f.). Für die Umsetzung des Deichbruches hat das *weir* eine Breite von 150 m. Das *crest level* wird ab dem Überschreiten eines  $HQ_{100}$  am Pegel Bleckede von der Kronenhöhe von 13 m NN des Deiches über sieben Stunden auf die umliegende Geländehöhe von 8,3 m NN abgesenkt. Die Absenkung erfolgt linear über 7 Stunden über den Zeitraum vom 12.06.2013 um 23:00 Uhr bis zum 13.06.2013 um 06:00 Uhr. Die Steuerung des Deichbruches erfolgt auf Basis der *observation cross section*, einer Beobachtungssektion, an welcher der Abfluss über den betrachteten Querschnitt ermittelt werden kann (Deltares, 2021, S. 67 f.), nämlich am Pegel Bleckede. Wird dort der  $HQ_{100}$ -Abfluss überschritten, initiiert dies den Deichbruch.

#### 5.4 Betrachtete Details, Annahmen und Anpassungen des Modells

Der verwendete Ausschnitt aus dem bestehenden Modell der BfG mit den Erweiterungen der zust. MA NLWKN L32 enthält neben dem Gitternetz weiterführende Daten zur Geländebeschaffenheit. Diese umfassen neben der gewidmeten Hochwasserdeichlinie der Elbe auch die Informationen zur Oberflächenrauigkeit auf Grundlage der Landnutzung aus ATKIS sowie zur Höhenlage aus dem DGM1 (Wörner, 2023a, S. 1 f., 5 f.). Darüber hinaus sind einige linienhafte Strukturen, wie Deiche, Dämme und erhöhte Verkehrswege als *fixed weir*, also als linienhaftes Hindernis einer bestimmten vorgegebenen Höhe, implementiert (Deltares, 2021, S. 69 f., 266). Neben diesen ist das Ilmenau-Sperrwerk, als gesteuertes Bauwerk, in das verwendete Modell integriert (Wörner, E-Mail, 2023b). Für dessen Funktion ist das Gitter entlang der Ilmenau bzw. des Ilmenaukanals und der zugehörigen Deiche verfeinert. Eine solche Verfeinerung des Gitters findet ebenfalls im Bereich des Hauptkanals Ilau-Schneegeben, der Neetze und des Neetzekanals vor und hinter den Dükerbauwerken statt (Wörner, 2023a, S. 3 f.; Wörner, E-Mail, 2023b). Aufgrund der gröberen Gitterstruktur wird eine Nacherhöhung einiger Deiche und Dämme im Modellgebiet als *fixed weir* vorgenommen, da diese nicht vollständig oder in voller Höhe dargestellt werden. Ist die Höhe nicht bekannt, erfolgt eine Anpassung der Deichlinie an die Höhe der Deichkrone als höchste Erhebung in den jeweiligen Zellen der Gitterstruktur, wodurch die sonstige Mittelung der Höhenlage in einer solchen Einheit ersetzt wird. Dies betrifft u. a. einige Schutzdeiche entlang des Ilmenau- und Neetzekanals sowie einige Verwallungen in der Nähe

von Bebauung oder Industriegebieten. Die Dämme des ESKs werden, um die konstante Höhenlage der Dammkronen der ESK-Dämme zu gewährleisten, ebenfalls als *fixed weir* eingefügt. Das *crest level* wird auf die Höhe der Dammkrone von 10,8 m NN angepasst, da zu diesen Dammbauwerken die Höhenangabe vorliegt (WSD HH Nba ESK, 1967b, S. 9). Auf Basis des DGM1 wird bei den Gewässern der Elbmarsch sowie der Ilmenau die Wasserspiegellage als Geländehöhe betrachtet. Weil zu diesen Gewässern keine Daten zur Höhenlage der Gewässersohle vorliegen, wird angenommen, dass die Höhendaten für die Gewässer aus dem DGM1 einem Mittelwasserabfluss dieser Gewässer entsprechen. Somit wird kein Eigenabfluss der Gewässer angesetzt, da dieser durch die Wasserspiegellage aus dem DGM1 abgebildet wird. Für Polderflächen werden keine einzelnen Anpassungen vorgenommen. Der Einsatz von Polderflächen erfolgt auf Basis der Daten zur Höhenlage aus dem DGM1.

Neben den Anpassungen des Modellgebiets ist es erforderlich einige Bauwerke, welche einen Einfluss auf das Abflussgeschehen des Modelldeichbruches am Hochwasserdeich der Elbe in der Vitico nördlich von Bleckede haben, in das Modell einzufügen. Dies betrifft die Dükeranlagen des ESKs in der Elbmarsch mit den zugehörigen Drosselschützen sowie die relevanten Siele und Schöpfwerke zur Entwässerung der Elbmarsch nördlich des Ilmenaukanals. Somit werden der Schnedegrabendüker, der Neetzedüker, der Neetzekanaldüker, das Schöpfwerk Echem sowie die Siele und Schöpfwerke Fahrenheit und Laßrönne als Bauwerke in das Modellgebiet integriert. Die Dükerbauwerke werden als *general structure*, also als konfigurierbare Struktur, welche die Einstellungen eines *simple gates* sowie weitere Anpassungen ermöglicht, wodurch der Übergang zwischen verschiedenen Zellen geregelt wird (Deltares, 2021, S. 75 f., 271 ff.), realisiert. Beides sind Öffnungen, welche horizontal bzw. vertikal geöffnet werden können (Deltares, 2021, S. 76 f.). Dies bildet die Düker als Öffnung mit den Maßen der Dükerleitungen nach. Dabei wird das *crest level* auf die Sohlhöhe des Gewässers vor dem Düker gesetzt. Die Breite der Öffnung wird an die Breite des Dükers angepasst und die Höhe der Öffnung wird durch das *lower edge level*, die untere Kante des höhenverstellbaren Schützes bzw. Tores, des *gates*, limitiert (Deltares, 2021, S. 272 f.). Die Länge der Dükerleitungen, deren Rauigkeiten sowie die Funktionsweise eines Dükers können aufgrund der begrenzten Möglichkeiten zur Erstellung von Bauwerken in der Version 2021.03 von Delft3D nicht abgebildet werden und müssen daher vernachlässigt werden. Des Weiteren ist aufgrund der Grobheit der Gitterstruktur eine Unterteilung der Durchflussöffnungen der einzelnen Dükerleitungen nicht möglich, sodass die gesamte Durchflussfläche als eine Öffnung umgesetzt wird, welche die Höhe der nebeneinander liegenden Dükerleitungen und als Breite die Summe der Breiten der verschiedenen Dükerleitungen aufweist. Somit wird der gleiche Durchflussquerschnitt mit dem gleichen Verhältnis zwischen Höhe und Breite mit einer Öffnung abgebildet. Für die Schließung der Drosselschütze werden die Maße dieser Öffnung angepasst. So wird die Breite bei Verschluss einer ganzen Leitung um die Breite dieser Dükerleitung reduziert. Bei einer Drosselung der Höhe wird das *lower edge level* so angepasst, dass diese

Verringerung der Höhe über die gesamte Öffnungsbreite abgebildet wird. Durch diese modellbedingten Vereinfachungen ist davon auszugehen, dass der Simulationsdurchfluss der modellierten Düker, über dem der realen Dükerbauwerke liegt.

Für die Umsetzung des Schnedegrabendükers muss aufgrund der runden Dükerleitungen mit verschiedenen Höhen in der Realität und der einzig rechteckigen Umsetzungsmöglichkeiten im Modell eine Höhe angenommen werden. Aufgrund der zwei Dükerleitungen mit einem Durchmesser von 1,7 m und der einen Dükerleitung mit 0,8 m im Durchmesser (WSA MLK/ESK, 2012b), wird eine Höhe von 1,5 m für die rechteckige Gesamtöffnung im Modell angesetzt. Bei einem Gesamtdurchflussquerschnitt von  $5,04 \text{ m}^2$  resultiert daraus eine Breite der Modellöffnung des Schnedegrabendükers im vollständig geöffneten Zustand von 3,36 m. Die Breite von 3,36 m ist bei der *general structure* als *crest width*, also Kronenbreite, angesetzt, während die Höhe von 1,5 m als *gate opening height*, also Öffnungshöhe der vertikalen Öffnung, ähnlich eines Schützes, verwendet wird. Als *crest level* wird die Höhe der Gewässersohle vor dem Einlaufbauwerk von 2,43 m NN verwendet. Damit der Ein- und Auslauf des Dükers im Modell funktioniert, werden die Zellen unmittelbar vor und hinter dem Düker vom Niveau der Wasserspiegellage aus dem DGM1 auf das Niveau der Gewässersohle von 2,43 m NN vor und 2,41 m NN hinter dem Schnedegrabendüker im Modell abgesenkt (WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 20).

Die Breite des Neetzedükers wird auf Grundlage der Summe über die Breiten der vier einzelnen Dükerleitungen auf 12,5 m festgelegt. Diese Breite wird für den vollständig geöffneten Zustand des Dükers als *crest width* verwendet. Die *gate opening width* von 2,5 m entspricht der Höhe der einzelnen Dükerleitungen. Durch diese Öffnungsmaße wird der Durchlassquerschnitt des Neetzedükers von  $31,25 \text{ m}^2$  gewährleistet (WSA MLK/ESK, 2012a). Das *crest level* wird ebenfalls auf die Höhe der Gewässersohle vor dem Neetzedüker von 2,09 m NN angepasst. Für die Durchgängigkeit des Neetzedükers wird eine Absenkung der Bereiche vor und hinter dem Neetzedüker von der Wasserspiegellage aus dem DGM1 auf das jeweilige Niveau der Gewässersohle vorgenommen. Somit werden die Zellen vor dem Neetzedüker auf 2,09 m NN und die Zellen hinter dem Neetzedüker auf 2,07 m NN abgesenkt (WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 12).

Bei dem Neetzekanaldüker besteht die Besonderheit, dass sich die Breite und somit der Abflussquerschnitt nach dem Einlaufbauwerk leicht erweitert (Erdmann, E-Mail, 2023; Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, 1975). Da jedoch die Länge und der Verlauf der Dükerleitungen im Modell in Delft3D nicht betrachtet werden können, werden die Maße des Einlaufbauwerkes bzw. der Öffnungen, welche von den Drosselschützen verschlossen werden können, als engste Stelle des Neetzekanaldükers betrachtet. Somit liegt die Öffnungsbreite bei vollständiger Öffnung aller Drosselschütze, im Modell als *crest width* umgesetzt, bei 9,2 m. Für den Gesamtdurchflussquerschnitt von  $23 \text{ m}^2$  basiert die *gate opening width* auf der tatsächlichen Höhe aller Dükerleitungen von 2,5 m

(WSA MLK/ESK, 2011). Das *crest level* des Neetzekanaldükers im Modell ist auf die Höhe der Gewässersohle des Neetzekanals unmittelbar vor dem Düker bei 6,05 m NN angepasst. Eine Absenkung der Zellen unmittelbar vor und hinter dem Neetzekanaldüker im Modell, von der Wasserspiegellage aus dem DGM1 auf das Niveau der jeweiligen Gewässersohle erfolgt auch beim Neetzekanaldüker, um die Durchgängigkeit im Modell zu gewährleisten. Vor dem Neetzekanaldüker erfolgt die Anpassung somit auf 6,05 m NN und hinter dem Neetzekanaldüker auf 5,99 m (WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 4).

Für die Umsetzung der Siele und Schöpfwerke werden verschiedene Ansätze gewählt. Da der ESK im Modell zwar mit seinen Dammlinien, jedoch nicht als eigenes Gewässer vorliegt und die Fördermenge von 8 m<sup>3</sup>/s des Schöpfwerkes Echem in Relation zum Gesamtvolumen des ESKs zwischen Scharnebeck und Artlenburg irrelevant ist, wird das Schöpfwerk Echem nicht als Pumpe aus der Neetze in den ESK realisiert, sondern durch eine *sink*, also eine Senke (Deltares, 2021, S. 104 ff., 215), an der 8 m<sup>3</sup>/s aus dem Modell verschwinden, ersetzt. Für das Abflussgeschehen eines Deichbruchszenarios aus der östlichen Elbmarsch hat dies den gleichen Einfluss wie das Schöpfwerk Echem, welches Wasser aus der Neetze in den ESK fördert. Ein Beginn für das Einsetzen der Senke wird nicht festgelegt, da davon ausgegangen wird, dass mit Erreichen des Schöpfwerkes Echem durch Wasser aus dem Modelldeichbruch der Elbe, der relevante Wasserstand von 3,1 m NN für den Pumpbeginn überschritten ist. Den Mittelwasserabfluss, welcher durch die Geländehöhe aus dem DGM1 realisiert wird, beeinflusst die Senke nicht. Die Schöpfwerke in Fahrenholz und Laßrönne werden hingegen als *pumps*, also als Pumpen mit einstellbarer Förderleistung von einer in eine benachbarte Zelle des Gitters (Deltares, 2021, S. 74, 292 ff.), modelliert. Das Schöpfwerk Fahrenholz fördert dabei im Modell die Maximalleistung von 17 m<sup>3</sup>/s aus der Neetze in den Ilmenaukanal. Zur Vereinfachung beginnt das Schöpfwerk das Pumpen mit voller Leistung bei Überschreiten eines Wasserstands der Neetze von 2,35 m NN. Um ein ständiges Ein- und Aussetzen des Pumpbetriebs zu verhindern wird ein *dead band*, ein Bereich um den Steuerwasserstand, zwischen dem ein über- bzw. unterschreiten des Steuerwasserstands keine Veränderung des Betriebs bewirkt (Deltares, 2020, S. 78 ff.), von ±0,05 m verwendet. Somit findet eine Abschaltung erst bei Verlassen des *dead bands* um den Steuerwasserstand der Neetze statt. Ähnlich funktioniert die Steuerung des Schöpfwerks Laßrönne. Hier ist ein Wasserstand des Hauptkanals Ilau-Schneegeben von 1,5 m NN ausschlaggebend für den Pumpbetrieb, bei dem ebenfalls zur Vereinfachung das sofortige Einsetzen des Schöpfwerkes unter Maximalbetrieb mit einer Leistung von 16 m<sup>3</sup>/s angenommen wird. Die Steuerung erfolgt ebenfalls mit einem *dead band* von ±0,05 m um den Steuerwasserstand. Die Siele in Fahrenholz und Laßrönne werden ähnlich den Dükern als *general structure* umgesetzt. Dabei werden sie jedoch so gesteuert, dass lediglich ein positiver Durchfluss, also aus den Vorflutern Neetze bzw. Hauptkanal Ilau-Schneegeben in den Ilmenaukanal und nicht umgekehrt möglich ist. Sollte kein positiver Durchfluss, aufgrund eines höheren Wasserstands des Ilmenaukanals als im jeweiligen Vorfluter, möglich sein,

findet kein Durchfluss statt. Durch diese Umsetzung kann die Funktion eines Siels möglichst realitätsnah modelliert werden. Das Siel in Fahrenholz hat eine Breite von 6 m. Die Höhe von 2,5 m wird nach unten durch das *crest level* auf 0,3 m NN und nach oben durch das *lower edge level* bei 2,8 m NN begrenzt. Der Aufbau des Siels Laßrönne mit einer Breite von 6 m erfolgt genauso. Die Höhe von 2,5 m wird durch das *crest level* bei -0,7 m NN und das *lower edge level* bei 1,8 m NN beschränkt. Die zugrundeliegenden Daten für die Siele und Schöpfwerke stammen vom Ilmenauverband (Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2022).

## 5.5 Betrachtete Varianten

Um eine Darstellung der Wirkweise der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs in der Elbmarsch nördlich von Scharnebeck zu ermitteln und darzustellen, erfolgt die Durchführung mehrerer Simulationen, in denen verschiedene Zustände betrachtet werden. Bei allen Varianten bleiben die Rahmenbedingungen identisch. So gibt es im Modellgebiet keine Veränderungen an der zugrunde gelegten Gitterstruktur mit den Informationen aus dem DGM sowie zur Flächennutzung. Ebenfalls bleiben die Hochwasserwelle und der Deichbruch bestehen, um die Vergleichbarkeit der Varianten sicherzustellen. Außerdem gibt es keine Veränderungen zwischen den Varianten in der Ausführung und Einstellung aller eingefügten Bauwerke und Anlagen mit Ausnahme der Düker und ihrer Drosselschütze. Letztere werden über die verschiedenen Varianten verändert, damit ihre Auswirkungen unter möglichst vergleichbaren Bedingungen ermittelt und veranschaulicht werden können. Die identischen Rahmenbedingungen für die verschiedenen Simulationsvarianten haben zur Folge, dass für alle vier simulierten Varianten ein gemeinsamer Vorlauf ab dem Simulationsbeginn am 03.06.2013 bis zum Erreichen der Düker durch das Wasser des Modelldeichbruches existiert. Um die Rechenzeit zu minimieren wird der Teil dieses gemeinsamen Vorlaufs bis kurz vor dem Modelldeichbruch am 13.06.2013 bei der Variante mit den geschlossenen Drosselschützen mit simuliert, während die übrigen Varianten auf einem *restart file*, also der Ausgangslage zu einem bestimmten Zeitpunkt aus einer vorangegangenen Simulation, am 13.06.2013 basieren. In der Auswertung wird der gesamte gemeinsame Vorlauf bis kurz vor dem Erreichen der Düker durch das Wasser aus dem Modelldeichbruch separat betrachtet, da dieser für alle vier Varianten identisch ist. Somit umfasst der gemeinsame Vorlauf in der Auswertung das Auflaufen der Hochwasserwelle bis zum Erreichen des HQ<sub>100</sub>-Abflusses, den Deichbruch, welcher mit dem Überschreiten des HQ<sub>100</sub>-Abflusses an der *observation cross section* am Pegel Bleckede initiiert wird, sowie den Beginn der Überschwemmung der Elbmarsch östlich des ESKs. Zu Beginn der Simulation ist auf Basis des Modells der BfG das *initial water level*, also die Initialisierungswasserspiegellage, auf 4 m NN oberhalb der Wehranlage in Geesthacht angelegt. Die Absenkung des *initial water levels* für anderweitige Betrachtungen, innerhalb der Betriebsstelle Lüneburg, findet dabei nicht Verwendung. Diese Absenkung auf -2 m NN, zur Vermeidung von Überschwemmungen niedriggelegener Flächen im

Deichvorland durch das *initial water level*, ist für die Betrachtung im Rahmen dieser Arbeit nicht relevant. Somit kann die realitätsnahe Wasserspiegellage des in Kapitel 3.1 beschriebenen Stauziels an der Wehranlage Geesthacht, entsprechend des 2D-Modells der BfG, verwendet werden (Wörner, 2023a, S. 7).

Die erste Variante ist als Referenzvariante angelegt. Dabei werden die Dükerbauwerke mit vollständig geöffneten Drosselschützen simuliert. Der Zustand der vollständig geöffneten Drosselschütze an den Dükerbauwerken ist im Normalbetrieb gegeben (Pape, E-Mail, 2023). Diese Variante stellt den größtmöglichen Durchflussquerschnitt unter dem ESK dar. Dies bedeutet konkret, dass der Schnedegrabendüker durch die eine Leitung mit 0,8 m Durchmesser und die zwei Leitungen mit je 1,7 m Durchmesser insgesamt einen Durchflussquerschnitt von 5,04 m<sup>2</sup> hat (WSD HH Nba ESK Nord, 1976; WSA MLK/ESK, 2012b). Der Neetzedüker hat mit einer 2,00 x 2,50 m, einer 2,50 x 2,50 m und zwei je 4,00 x 2,50 m großen Leitungen einen Gesamtdurchflussquerschnitt von 31,25 m<sup>2</sup> (WSA MLK/ESK, 2012a). Der gesamte Durchflussquerschnitt von 23,00 m<sup>2</sup> des Neetzekanaldükers setzt sich aus einer 1,60 x 2,50 m, einer 2,60 x 2,50 m und einer 5,00 x 2,50 m großen Öffnung zusammen. Diese Querschnitte beziehen sich auf die Öffnungen an den Drosselschützen im Einlaufbauwerk, welche die engste Stelle des Dükers darstellen, und nicht auf die vier Dükerleitungen, welche am Auslaufbauwerk austreten (Erdmann, E-Mail, 2023; Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, 1975; WSA MLK/ESK, 2011). Die weiteren Varianten können in Relation zu dieser gesehen werden.

Bei der zweiten Variante wird das gegenteilige Extrem dargestellt. In dieser Variante werden die Drosselschütze an den Dükerbauwerken vollständig geschlossen simuliert. Somit ist kein Durchflussquerschnitt unter dem ESK hindurch vorhanden. Die einzige Entwässerung erfolgt über das Schöpfwerk Echem am Neetzedüker in den ESK. Diese Variante wird in den Planfeststellungsunterlagen des ESKs bei einem Deichbruch eines Elbedeiches oberhalb der Mündung des ESKs, also in der Deichlinie zwischen Bleckede und Artlenburg, vorgesehen (WSD HH Nba ESK, 1967d, S. 4, 12, 20).

Mit der dritten Variante wird ein Mittelweg dargestellt. Bei diesem sind die Drosselschütze der Dükerbauwerke teilweise geschlossen und der Durchfluss somit statisch gedrosselt. Aufgrund des begrenzten Zeitfensters, in dem die Simulationen durchgeführt werden können, sowie der hohen Rechenzeit pro Simulation, ist es nicht möglich eine Reihe mehreren Varianten zu simulieren, bei denen verschiedene Durchlassquerschnitte durch unterschiedliche Schließungen der Drosselschütze dargestellt werden. Aus diesem Grund wird eine Variante gewählt, die sich erwartungsgemäß stark von den ersten beiden Varianten unterscheiden soll. Um dies zu erreichen, wird auf Basis der ersten Variante mit geöffneten Drosselschützen eine abgestufte Schließung der Drosselschütze erarbeitet. Dabei werden lediglich komplette Dükerleitungen verschlossen bzw. offengelassen. Diese Art der Drosselung wäre bei einem manuellen Notbetrieb der Drosselschütze der Fall. Bei allen Dükern, bei denen in der ersten Variante der Durchfluss über dem vorgesehenen maximalen Durchfluss aus einem

Eigenhochwasser des Gewässers liegt, werden die Leitung bzw. die Leitungen, die für einen Hochwasserabfluss vorgesehen sind und somit hinter der höchsten Überfallwand liegen, verschlossen. Dies ergibt für den Schnedegradendüker einen Durchflussquerschnitt von insgesamt  $2,77 \text{ m}^2$  durch die Leitung mit einem Durchmesser von  $0,80 \text{ m}$  und eine der Leitungen mit einem Durchmesser von  $1,70 \text{ m}$ , während die zweite Leitung mit einem Durchmesser von  $1,70 \text{ m}$  verschlossen ist (WSD HH Nba ESK Nord, 1976; WSA MLK/ESK, 2012b). Für den Neetzedüker ergibt sich daraus eine gesamte Durchflussöffnung von  $11,25 \text{ m}^2$  durch die Leitungen mit den Maßen  $2,00 \times 2,50 \text{ m}$  und  $2,50 \times 2,50 \text{ m}$ , während die beiden Leitungen mit  $4,00 \times 2,50 \text{ m}$  verschlossen sind (WSA MLK/ESK, 2012a). Bei dem Neetzekanaldüker bleiben alle Leitungen geöffnet. Somit ergibt sich insgesamt ein Durchflussquerschnitt von  $23,00 \text{ m}^2$  durch die drei Öffnungen im Einlaufbauwerk mit den Maßen  $1,60 \times 2,50 \text{ m}$ ,  $2,60 \times 2,50 \text{ m}$  und  $5,00 \times 2,50 \text{ m}$  (WSA MLK/ESK, 2011).

Anders als die dritte Variante, die einen starren Durchflussquerschnitt über den gesamten Zeitraum hat, stellt die vierte Variante eine alternative Herangehensweise an die Steuerung der Drosselschütze dar. Bei dieser Variante wird der Durchfluss durch das jeweilige Dükerbauwerk auf einen maximalen Abflusswert begrenzt. Darüber hinaus werden in den ersten am jeweiligen Vorfluter gelegenen Ortschaften Regelungspunkte eingerichtet. Dies führt zu einer dynamischen Drosselung des Durchflusses. Die Düker werden so gesteuert, dass ein gewisser Schwellenwert für den Wasserstand über der Geländehöhe nicht überschritten wird. Somit stellt diese Variante eine bedarfsorientierte Steuerung der Drosselschütze dar, bei der die Einstellung der Drosselschütze kontinuierlich anhand ausgewählter hydrologischer Daten erfolgt. Aufgrund der begrenzten Zeit und der hohen Rechenzeiten des Modells wird hier stellvertretend für verschiedene hydrologische Parameter der berechnete maximale Abfluss eines Eigenhochwassers an den einzelnen Dükerbauwerken als obere Grenze für den Abfluss verwendet. Somit liegt dieser für den Schnedegradendüker bei  $5,06 \text{ m}^3/\text{s}$  (WSA MLK/ESK, 2012b), für den Neetzedüker bei  $36,7 \text{ m}^3/\text{s}$  (WSA MLK/ESK, 2012a) und für den Neetzekanaldüker bei  $30 \text{ m}^3/\text{s}$  (WSA MLK/ESK, 2011). Die Regelungspunkte liegen für den Hauptkanal Ilau-Schneegeben an dem Wohngebiet „Bergstraße“ in Bütlingen, für die Neetze an dem Wohngebiet „Alte Salzstraße“ in Lüdershausen und für den Neetzekanal am Wohngebiet „An der Reh“ in Moorburg. Dies sind auf Basis der Erfahrungen der vorangegangenen Simulationsläufe die Bereiche, in denen an dem jeweiligen Vorfluter die Überflutung geschlossener Ortschaften beginnt. Die Schwellenwerte liegen bei einer Wassertiefe von  $0,1 \text{ m}$  an der Neetze in Lüdershausen, am Hauptkanal Ilau-Schneegeben in Bütlingen sowie am Neetzekanal in Moorburg. Der höhere Schwellenwert am Neetzekanal in Moorburg wird gewählt, da dort die Geländestruktur den Abfluss erschwert und der Schwellenwert somit über der Restwassertiefe am Regelungspunkt nach Ablauf des Wassers liegen muss. Die Schwellenwerte für die Wasserstände liegen nicht bei null, um die Gefahr eines dauerhaften Verschlusses eines Dükers aufgrund minimaler Wasserrückstände nach Ablauf des Wassers auszuschließen. Es wird davon ausgegangen, dass ein lokaler Wasserstand von  $0,1 \text{ m}$  an einem Ortsrand durch mobile

Hochwasserschutzsysteme oder Sandsackbarrieren verteidigt werden kann (Loosen, 2001, S. 41 ff., 53 f.). Da bei dieser Variante sehr geringe Abflüsse in der westlichen Elbmarsch auftreten, wird das Gitter um die Gewässerbetten des Hauptkanals Ilau-Schneeegraben und der Neetze verfeinert, um modellbedingte Abflusshindernisse, welche nur bei niedrigen Abflüssen relevant sind, auszuschließen. Wegen der langen Rechenzeiten ist es zeitlich nicht möglich diese minimalen Verfeinerungen des Gitters auf die übrigen Varianten anzuwenden, jedoch wird nur bei der dynamisch gedrosselten Variante von signifikanten Unterschieden durch diese Anpassung ausgegangen.

## 5.6 Auswertung der Simulationsergebnisse

Für die Auswertung wird eine grafische Darstellung der Simulationsergebnisse mit QGIS verwendet. In QGIS werden die Wassertiefen über dem Gelände in Zeitintervallen von zwei Stunden über den gesamten Modellzeitraum dargestellt. Für die Auswertung der Simulationsergebnisse werden besonders charakteristische Zeitpunkte der verschiedenen Modellvarianten dargestellt und miteinander verglichen. Diese Zeitpunkte entsprechen Wendepunkten bzw. Maxima der einzelnen Varianten in der Simulation. So wird der Deichbruch, das Erreichen der Düker, die maximale Ausdehnung der Überschwemmung sowie der Rückgang der Überflutung betrachtet. Bei einzelnen Simulationen werden darüber hinaus variantenbezogene Besonderheiten dargestellt. Die betrachteten Wendepunkte müssen nicht für jede Variante bei dem gleichen Zeitpunkt liegen, deshalb werden relevante hydrologische Daten für Vergleichsdaten zusätzlich tabellarisch aufgeführt. Für die in Abbildung 23 dargestellten Auswertungspunkte liegen zusätzliche Daten zum Abfluss oder der Wasserspiegellage vor, welche in der Auswertung berücksichtigt werden. Für die linienhaften Objekte erfolgt ausschließlich eine grafikbasierte Auswertung. Dies betrifft die in Abbildung 23 dargestellten Bahntrassen der DB von Lüneburg nach Lauenburg und der SInON von Winsen (Luhe) zu Bruno Bock, welche als schwarze Linie mit Querstrichen dargestellt sind, sowie die als rote Linien dargestellten B404 und B209, die als grüne Linie dargestellten L217 und L219 und die Hochspannungsfreileitungen zwischen Handorf und Krümmel sowie zwischen Lüneburg und Lauenburg. Für Angaben zur Ausbreitung der Überflutung wird das Flächenvermessungstool von QGIS verwendet.

Neben der grafischen Darstellung mit QGIS werden die Abflüsse an den *observation cross sections* am Deichbruch, unterhalb der drei Dükerbauwerke, an den Sielen Laßrönne und Fahrenholz sowie mehreren Pegeln an der Elbe, darunter Bleckede und Geesthacht, aufgenommen. Für die Auswertung werden insbesondere die *observation cross sections* an den drei Dükerbauwerken und am Deichbruch verwendet. In Abbildung 23 sind die *observation cross sections* an den Bauwerken als weiße Punkte und am Deichbruch als roter Stern dargestellt. Außerdem werden an den relevanten Stellen *observation points*, also Beobachtungspunkte für die Wasserspiegellage (Deltares, 2021, S. 66 f.), einbezogen. Stellvertretend für die betroffenen Einwohner nach Gemeinden werden, wie in Kapitel 3.5.1 beschrieben, die Standpunkte der Feuerwehren verwendet, da diese oft inmitten der

geschlossenen Ortschaften liegen und einen Ausgangspunkt für die gemeindliche Gefahrenabwehr bilden. Dabei wird zwischen den Gemeinden östlich und westlich des ESKs unterschieden. Die Gemeinden östlich des ESKs, also die Stadt Bleckede sowie die Gemeinden Neetze, Hittbergen, Hohnstorf (Elbe), Lüdersburg, Echem, Rullstorf und Scharnebeck, werden in Abbildung 23 als blaue Punkte dargestellt. Auf der westlichen Seite des ESKs werden die Gemeinden Drage, Marschacht, Tespe, Barum, Wittorf, Handorf, Adendorf, Brietlingen, der Flecken Artlenburg sowie die Stadt Winsen (Luhe), vertreten durch die Ortschaften Laßrönne und Tönnhausen, mit roten Punkten in Abbildung 23 abgebildet. Weitere *observation points* sind, wie in Abbildung 23 als grüne Punkte zu sehen, an den IED-Anlagen bzw. Störfallbetrieben im Risikogebiet nach § 78b WHG eingerichtet. Dies betrifft die BGA Scharnebeck, die BGA Tespe sowie die Firma Bruno Bock, an deren Standort nach den Hochwasserrisikokarten auch ein Standort der Propan-G liegt (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2022d). Die Abflusskurven der *observation cross sections* und die Wasserspiegellagen der *observation points* ergänzen die graphikbasierte Auswertung und werden bei Bedarf zusätzlich dargestellt. Für die bedarfsgesteuerte Simulationsvariante werden zudem Regelungspunkte in Moorburg, Lüdershausen und Bütlingen verwendet, diese sind in Abbildung 23 als schwarze Punkte dargestellt. Zu diesen werden in der Auswertung jedoch über die Steuerung des Durchflusses an den Dückern hinaus keine weiteren hydrologischen Daten erhoben.

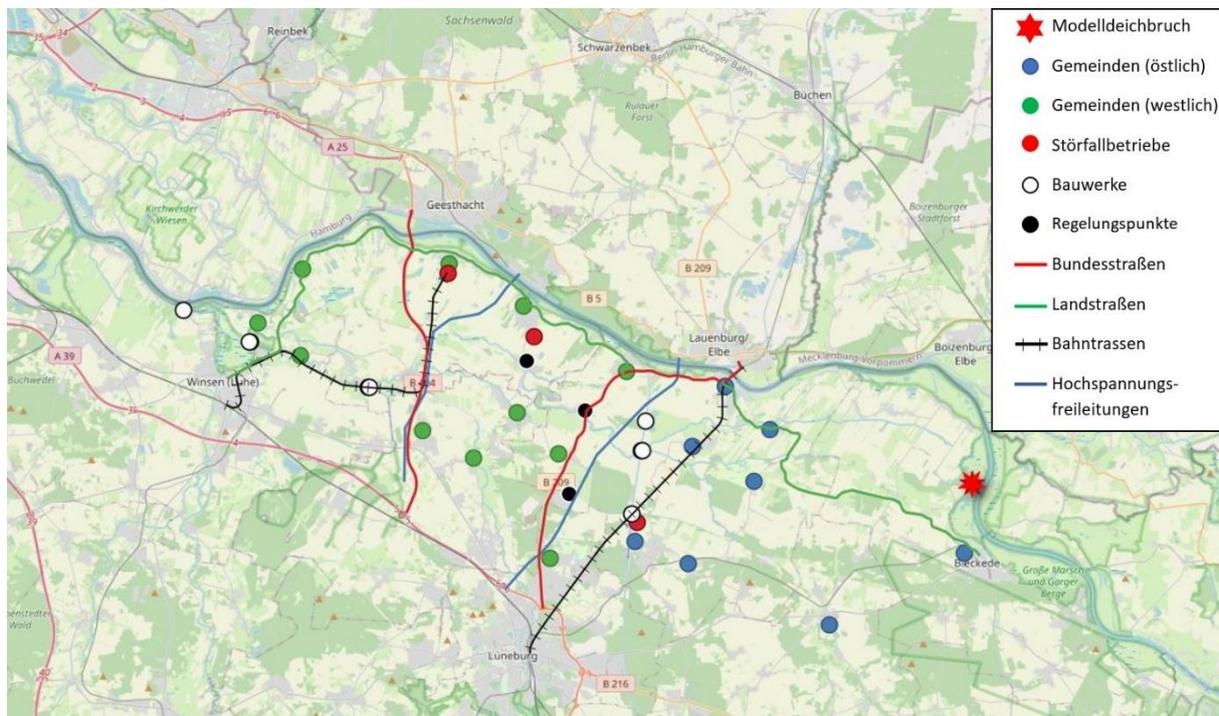


Abbildung 23: Gemeinden, Verkehrswege, Freileitungen, Regelungspunkte, Bauwerke und Modelldiembrech (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

## 6 Hydraulische Varianten

Die Darstellung der Simulationsergebnisse wird in fünf Teile gegliedert. Der erste Teil umfasst den gemeinsamen Vorlauf aller vier Varianten. Dieser ist in der Simulation der geschlossenen

Drosselschütze enthalten und wird für die übrigen Varianten als *restart file* zugrunde gelegt. Die übrigen vier Teile zeigen die unterschiedlichen Varianten für die Steuerung der Drosselschütze. Der offene Zustand stellt den regulären Betriebszustand der Drosselschütze dar. Mit dem geschlossenen Zustand und der Drosselung des Durchflusses durch den Verschluss einzelner Dükerleitungen werden zwei statische Steuerungsmöglichkeiten abgebildet, die eine einmalige Einstellung zu Beginn des Überschwemmungsereignisses erfordern. Abschließend ergänzt die dynamische Steuerung auf Basis des Abflusses durch die Düker und der Wasserstände an Regelungspunkten die betrachteten Varianten. Bei dieser erfolgt eine kontinuierliche Anpassung der Durchflussöffnungen.

## 6.1 Gemeinsamer Vorlauf bis zum Erreichen der Düker

Der gemeinsame Vorlauf aller vier Varianten lässt sich in zwei Abschnitte untergliedern. Der erste Abschnitt umfasst die Hochwasserentwicklung im Flusslauf und den Überschwemmungsgebieten nach § 76 WHG. Am Ende dieses Abschnitts stehen die *restart files* aus dem Simulationslauf mit geschlossenen Dükern für die übrigen Simulationen. Allerdings unterscheiden sich die Varianten erst nach dem zweiten Abschnitt, welcher die Überflutung der östlichen Elbmarsch vom Deichbruch bis kurz vor das Erreichen der Düker umfasst.

Zu Beginn der ersten Phase am 03.06.2013 um 00:00 Uhr (Abbildung 24) liegt das *initial water level* von 4 m NN an der Wehranlage in Geesthacht an. Diese Wasserspiegellage erzeugt im Flusslauf der Elbe verschiedene Wassertiefen in Abhängigkeit von der Geländehöhe. In Bereichen, deren Geländehöhe im Gewässerbett über 4 m NN liegt, steht kein Wasser. Dies trifft für den ersten Bereich

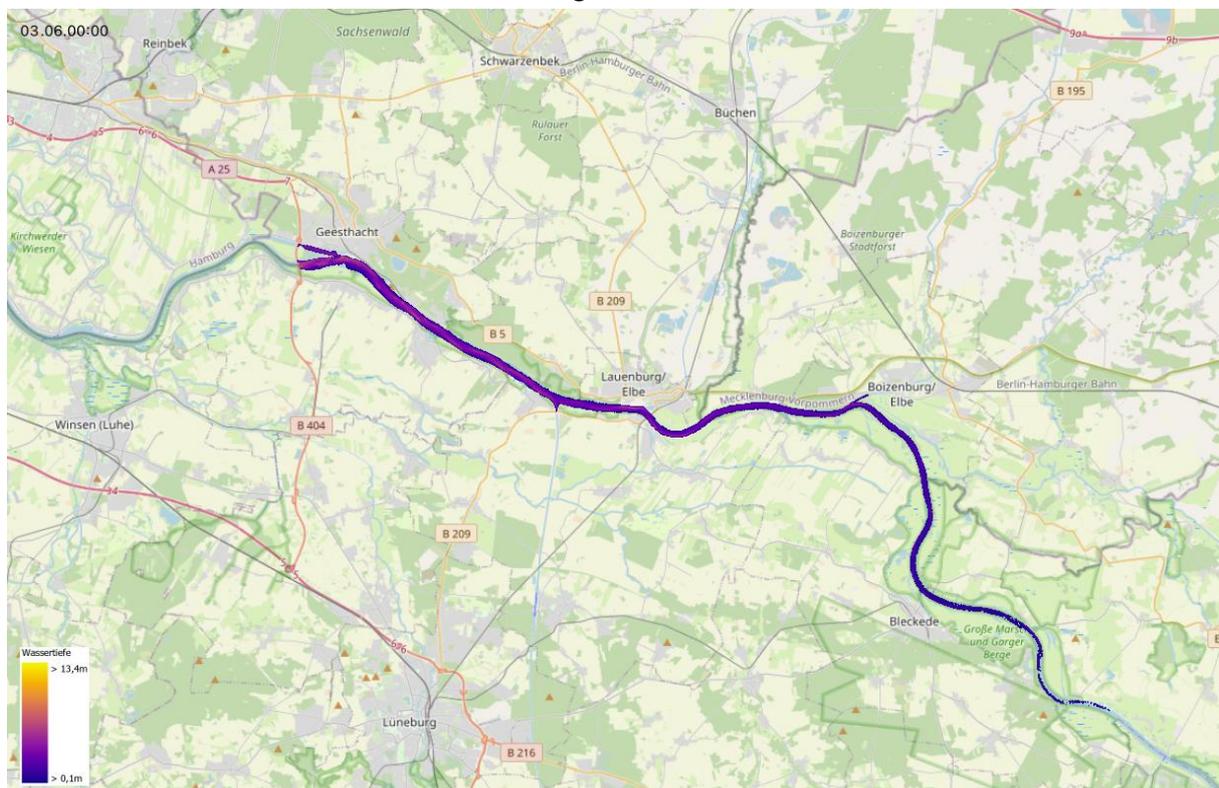


Abbildung 24: Gemeinsamer Vorlauf - Modellbeginn 03.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

unterhalb von Neu Darchau zu. Ein Abfluss ist zum Startzeitpunkt nicht gegeben. Dieser setzt mit Beginn der Simulation am Pegel Neu Darchau ein und breitet sich innerhalb der ersten zwei Tage entlang der Elbe aus. In dieser Zeit steigen die Abflüsse und Wasserstände der Pegel auf dem Elbeabschnitt zwischen Neu Darchau und Geesthacht deutlich an, bis diese das Normalniveau der Elbe erreicht haben. Danach steigen die hydrologischen Daten entsprechend der Hochwasserkennlinie des Modellhochwassers an. Dabei werden die Überschwemmungsgebiete zwischen den Elbedeichen zunehmend geflutet. In der Abflusskurve des Modellhochwassers (Abbildung 22) ist zu erkennen, dass der Hochwasserscheitel, wie in Kapitel 5.2 beschrieben wird, durch die Flutung der Havelpolder gekappt ist. Diese Kappung führt zu einer Abweichung von der Form einer ungekappten Hochwasserwelle zu einer Abflusskurve mit zwei Hochpunkten. Für das Modell relevant ist, dass erst der Anstieg zum zweiten Hochpunkt der Abflusswelle ein HQ<sub>100</sub> am Referenzpegel Bleckede überschreitet, wodurch der Deichbruch im Modell ausgelöst wird. Dies schlägt sich in der Form der Abfluss- und der Wasserstandskurven an den Elbepegeln nieder.

Der letzte Zeitpunkt vor dem Modeldeichbruch ist der 13.06.2013 um 00:00 Uhr (Abbildung 25) und liegt für das *restart file* der weiteren Simulationsläufe zugrunde. Die Abflusskurve des Modellhochwassers steigt hier zum zweiten Hochpunkt an.

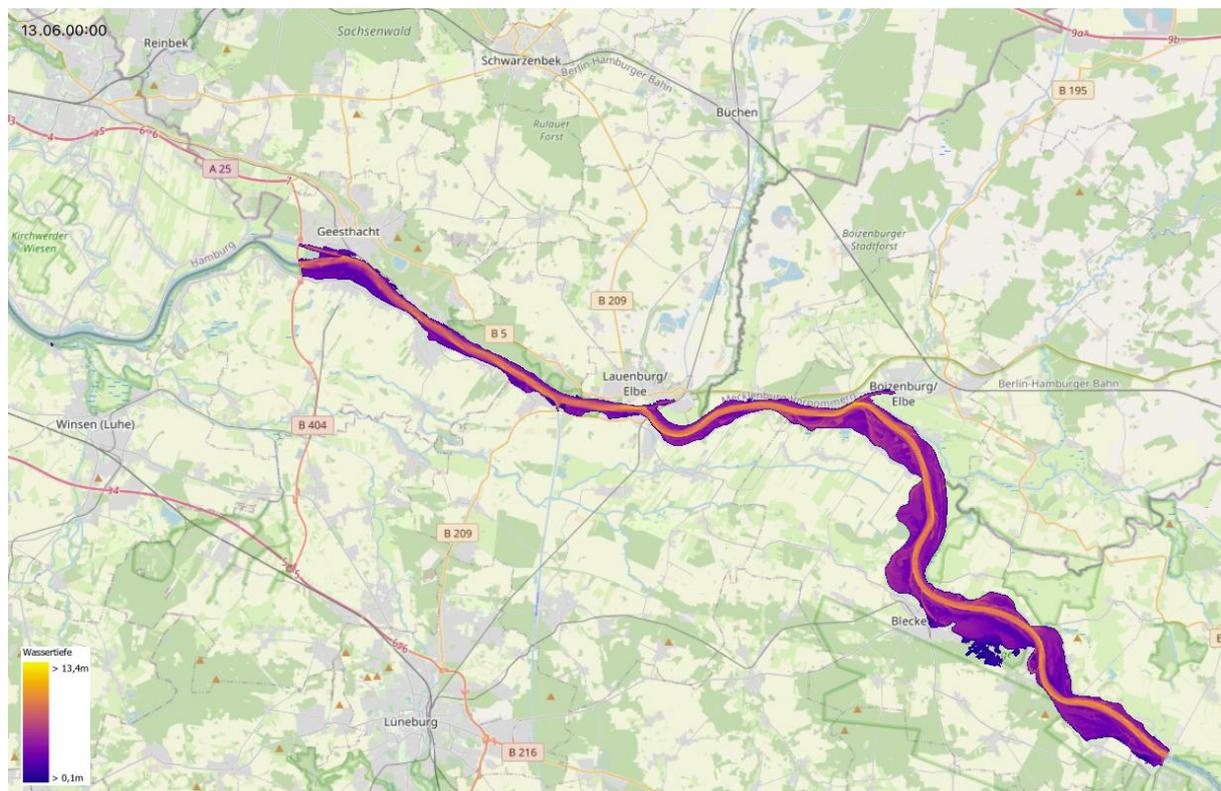


Abbildung 25: Gemeinsamer Vorlauf - Letzter Zeitpunkt vor dem Deichbruch 13.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

Ab dem Beginn des Deichbruches zwischen 00:00 Uhr und 02:00 Uhr des 13.06.2013 breitet sich eine flächige Überschwemmung in der östlichen Elbmarsch aus. Mit vollständiger Öffnung sieben Stunden nach Einsetzen des Deichbruches ist der maximale Abfluss von 1048 m<sup>3</sup>/s in die Elbmarsch erreicht.

Dieser geht zeitlich mit dem Scheitelabfluss der Hochwasserwelle am Pegel Bleckede von  $4757 \text{ m}^3/\text{s}$  einher, welcher den zweiten Hochpunkt der Abflusskurve beschreibt. Zwischen 20:00 Uhr (Abbildung 26) und 22:00 Uhr des 13.06.2013 werden die Dükerbauwerke am ESK erreicht. Somit bleibt bei dem Modelldeichbruch ein Zeitfenster von rund 20 Stunden vom Beginn des Deichbruchs bis zum Erreichen der Düker. Zwei Gemeinden in der östlichen Elbmarsch sind am Standort ihrer Feuerwehr bereits gegen Ende des 13.06.2013 betroffen. In Lüdersburg steigt der Wasserstand zunächst um rund 0,6 m und in Hittbergen um 0,1 m an. Es ist zu erkennen, dass kleinere Ortslagen, die L219 sowie die Bahnstrecke Lüneburg-Lauenburg von Überschwemmungen betroffen sind. Außerdem befinden sich die Ortslagen Echem und Hittbergen in Insellage, da sie rundum von Wasser umgeben sind. Die relevanten Wasserstands- und Abflusskurven können Anhang A2 entnommen werden.

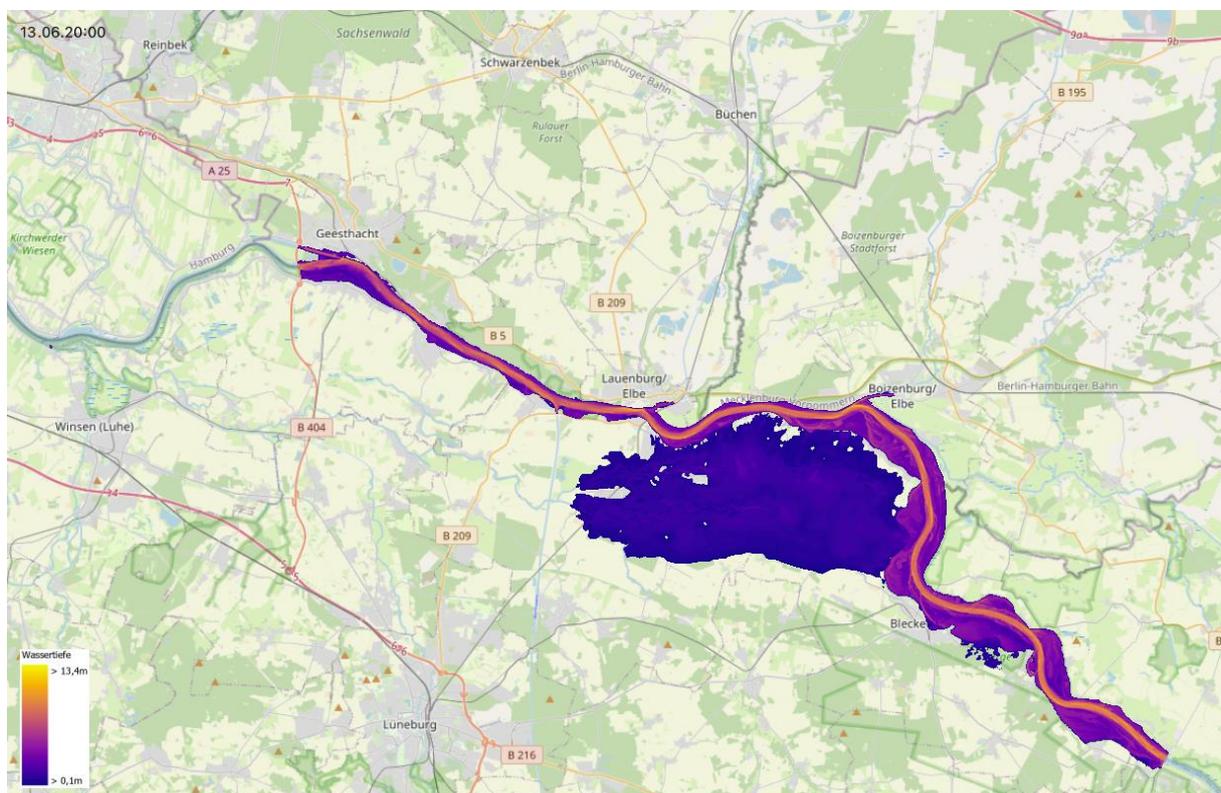


Abbildung 26: Gemeinsamer Vorlauf - Letzter Zeitpunkt vor Erreichen der Düker 13.06.2013 - 20:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

## 6.2 Geöffnete Drosselschütze

Mit Erreichen der Düker werden diese bei geöffneten Drosselschützen von dem Wasser des Deichbruches durchströmt. Die Durchflüsse des Schnedegraben- und des Neetzedükers steigen am Ende des 13.06.2013 stark an. Der Neetzekanal wird ab dem 15.06.2013 abends durchflossen. Die Scheitelabflüsse an den drei Dükern werden am 19.06.2013 erreicht. Während dieser für den Schnedegrabendüker bei  $44 \text{ m}^3/\text{s}$  und für den Neetzedüker bei  $240 \text{ m}^3/\text{s}$  liegt, erreicht der Neetzekanaldüker sein Maximum bereits bei  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Bis zum 19.06.2013 liegt der Einstrom durch den

Deichbruch in die Elbmarsch über dem Abfluss aller drei Düker in Summe. Dies hat zur Folge, dass in den ersten Tagen nach dem Deichbruch ein Aufstau in der östlichen Elbmarsch stattfindet.

Die maximale Ausdehnung der Überschwemmung in der Elbmarsch östlich des ESKs ist durch den Aufstau an den Dükern geprägt und somit auf den Zeitpunkt am 19.06.2013 um 00:00 Uhr datierbar (Abbildung 27), zu welchem der Abfluss durch die Düker und der Zufluss durch den Deichbruch ausgeglichen sind. Mit 96 km<sup>2</sup> östlich des ESKs erstreckt sich die Überflutung dabei über die größten Teile der östlichen Elbmarsch mit Ausnahme schmaler Bereiche entlang des Elbedeiches zwischen Radegast und Brackede sowie in Richtung des höheren Geländes im Süden. Nach den Ortschaften Hittbergen und Lüdersburg, welche bereits am 13.06.2013 von den ersten Überschwemmungen betroffen sind, werden die Gemeindezentren von Hohnstorf und Echem gegen Ende des 14.06.2013 vom Wasser erreicht. Ab dem 16.06.2013 ist die BGA Scharnebeck als einziger Störfallbetrieb östlich des ESKs von der Überschwemmung betroffen. Durch die maximale Wasserspiegellage östlich des ESKs von 7,97 m NN werden die *observation points* der Gemeinden Neetze, Rullstorf, Scharnebeck sowie der Stadt Bleckede nicht erreicht, da diese höher liegen. Aus der Wasserspiegellage ergibt sich eine Überflutungshöhe von rund 2,4 m in Lüdersburg und Hohnstorf, etwa 1,6 m in Hittbergen und Echem sowie knapp 0,5 m an der BGA Scharnebeck. Des Weiteren liegt in der östlichen Elbmarsch die Bahnstrecke von Lüneburg nach Lauenburg vollständig im überschwemmten Gebiet. Auch die kurzen Stücke östlich des ESKs der B209 und der Hochspannungsfreileitung von Lüneburg nach Lauenburg sind betroffen. Ab dem 24.06.2013 erfolgt kein Zufluss mehr aus der Elbe durch den Deichbruch in die Elbmarsch.

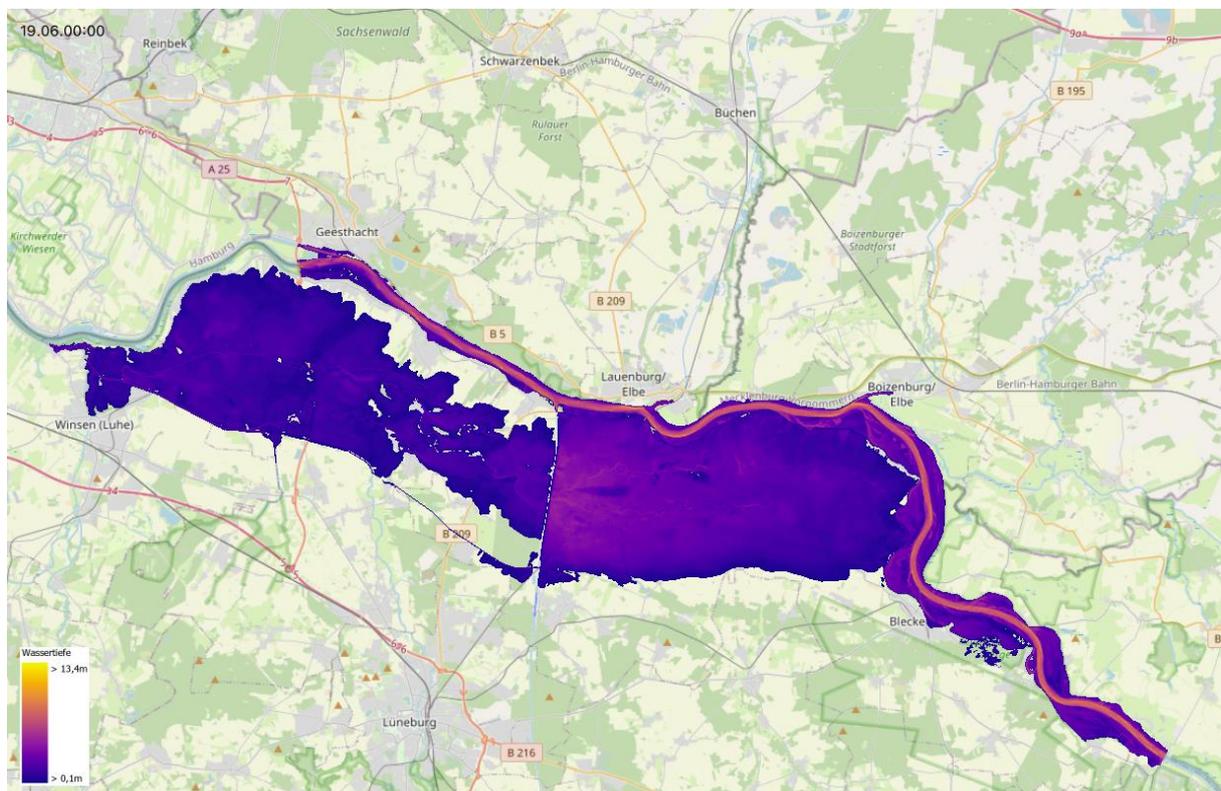


Abbildung 27: Geöffnete Drosselschütze - Maximale Ausdehnung in der östlichen Elbmarsch 19.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

Im westlichen Gebiet der Elbmarsch ist das Verhältnis zwischen Zulauf durch die Düker und Ablauf über die Ilmenau relevant für den Aufstau und somit das Ausmaß der Überschwemmung. Dabei ist der Neetzekanaldüker, mit einem maximalen Abfluss von  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  und einem direkten Abfluss über den Neetzekanal in die Ilmenau, von geringer Bedeutung. Besondere Relevanz haben der Schnedegraben- sowie der Neetzedüker für den Zufluss in die Elbmarsch und die Siele und Schöpfwerke Laßrönne und Fahrenholz für den Abfluss in die Ilmenau. Außerdem bildet der Abfluss am Ilmenau-Sperrwerk aus der Ilmenau in die Tideelbe einen weiteren relevanten Faktor. Das Siel in Fahrenholz weist ab dem 16.06.2013 einen Durchfluss auf, während das Siel in Laßrönne ab dem 18.06.2013 von Wasser aus dem Deichbruch passiert wird. Ein Abfluss durch das Ilmenau-Sperrwerk setzt am 17.06.2013 ein. Mit dem 18.06.2013 werden die ersten *observation points* in der westlichen Elbmarsch erreicht. Dies betrifft die Gemeinde Marschacht, die Ortschaften Laßrönne und Tönnhausen, sowie Bruno Bock, als einzigen Störfallbetrieb der oK in der Elbmarsch. Das Zentrum der Gemeinde Drage ist ab dem 19.06.2013 von Überschwemmungen betroffen. Am 22.06.2013 wird die BGA Tespe, als zweiter Störfallbetrieb in der westlichen Elbmarsch, durch das Wasser des Deichbruches erreicht. Die Gemeindezentren von Adendorf, Handorf, Wittorf, Barum, Brietlingen und Tespe sowie das Zentrum des Flecken Artlenburg sind aufgrund ihrer höheren Lage nicht von den Überschwemmungen betroffen.

Die zwei Siele Fahrenholz und Laßrönne erreichen ihre Scheitelabflüsse von  $36 \text{ m}^3/\text{s}$  bzw.  $53 \text{ m}^3/\text{s}$  am 28.06.2013. Hinzu kommen die Schöpfwerke mit einer Pumpleistung von  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  in Fahrenholz und  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  in Laßrönne. Der Gesamtabfluss aus der westlichen Elbmarsch in die Ilmenau entspricht am 28.06.2013 dem Zufluss durch den Schnedegraben- und Neetzedüker. Somit bezeichnet dieser Zeitpunkt die größte Ausdehnung der Überschwemmungen in der westlichen Elbmarsch (Abbildung 28). Bei dieser wird eine Wasserspiegellage von 4,99 m NN auf einer Fläche von  $109 \text{ km}^2$  erreicht. Somit reichen die Überflutungstiefen von 0,4 m an der BGA Tespe über 1,2 m in Drage, 1,3 m in Marschacht, 1,4 m bei Bruno Bock und 1,8 m in Tönnhausen bis hin zu knapp 2,2 m in Laßrönne. Von den linienhaften Objekten in der westlichen Elbmarsch sind die B404 sowie die SInON-Bahnstrecke zu Bruno Bock und die Hochspannungsfreileitung von Handorf nach Krümmel auf voller Länge in der Elbmarsch von der Überschwemmung betroffen. Die B209 führt zwischen Brietlingen und Marienthal durch überflutetes Gebiet und die Hochspannungsfreileitung von Lüneburg nach Lauenburg ist ab Brietlingen betroffen. Zu großen Teilen ebenfalls überschwemmt ist die L217. Diese liegt allerdings auf ihrer gesamten Streckenführung am Rand des überfluteten Gebiets. Der Einstau in den Überschwemmungsgebieten entlang der Ilmenau ist durch die Gezeiten beeinflusst. Jedoch ist darüber hinaus keine Verzögerung des Abflusses am Ilmenau-Sperrwerk erkennbar.

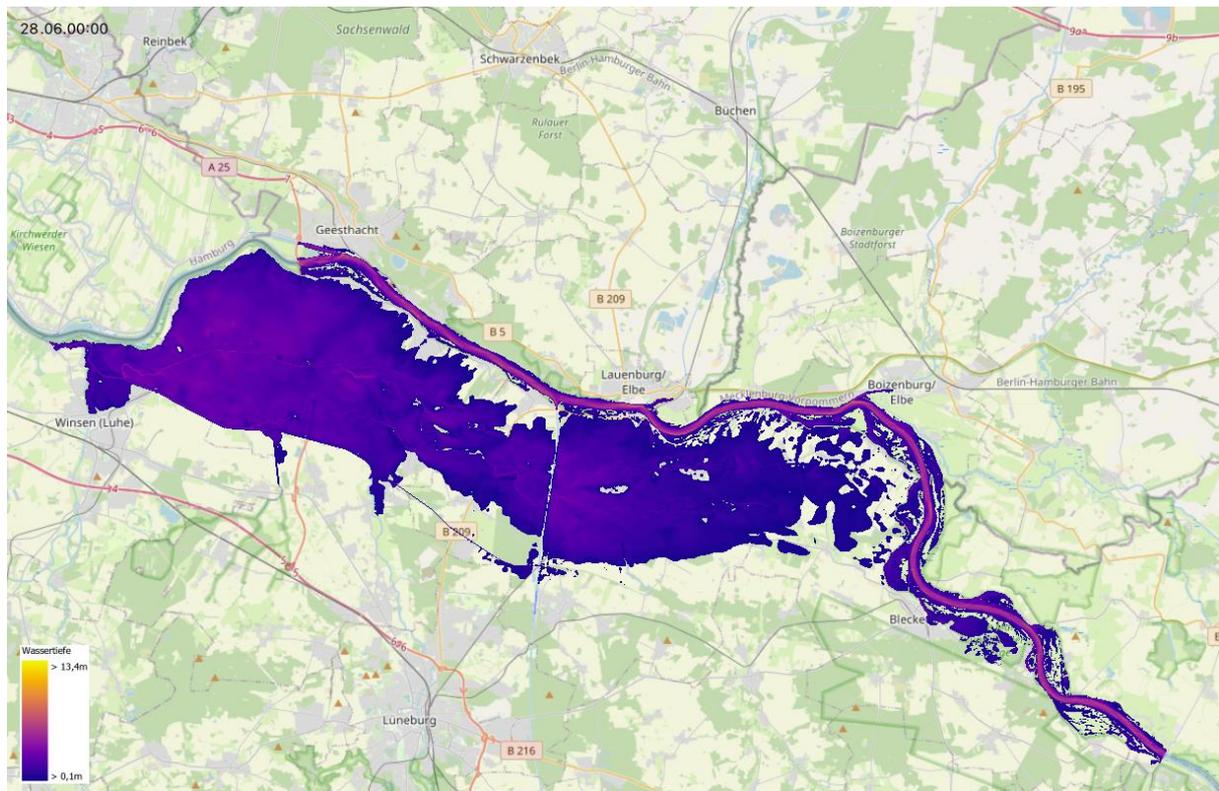


Abbildung 28: Geöffnete Drosselschütze - Maximale Ausdehnung in der westlichen Elbmarsch 28.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

Zum Ende der Simulation am 30.06.2013 um 22:00 Uhr ist östlich des ESKs zu erkennen, dass weite Teile des überschwemmten Gebiets durch den Abfluss in Richtung der Düker trockenfallen, und nur vereinzelt überflutete Flächen zurückbleiben (Abbildung 29). Über den westlichen Teil der Elbmarsch kann zu diesem Zeitpunkt keine abschließende Aussage über das Abflussverhalten gemacht werden, jedoch kann aufgrund der Überflutungstiefen größtenteils angenommen werden, dass ein Abfluss über die Siele und Schöpfwerke in Laßrönne und Fahrenholz möglich ist. Der Pumpbetrieb am Schöpfwerk Fahrenholz setzt am 15.06.2013 ein und liegt weitgehend bei der Maximalleistung von  $17 \text{ m}^3/\text{s}$ . Am Schöpfwerk Laßrönne wird die maximale Leistung von  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  am 18.06.2013 erreicht, hier ist der Betrieb jedoch an ein geschlossenes Siel gekoppelt, weshalb der Pumpbetrieb wieder eingestellt wird. Dies würde zu einem ähnlichen Abflussverhalten wie in der östlichen Elbmarsch führen. Insgesamt ist in dem gesamten Zeitraum eine Fläche von  $205 \text{ km}^2$  betroffen. Für die Vergleichbarkeit sind die Wasserstände aller relevanten Zeitpunkte der verschiedenen Varianten in Tabelle 4 dargestellt. Dabei werden *observation points*, welche in keinem Simulationslauf betroffen sind, weggelassen. Alle Daten können den relevanten Wasserstands- und Abflusskurven in Anhang A1 entnommen werden.

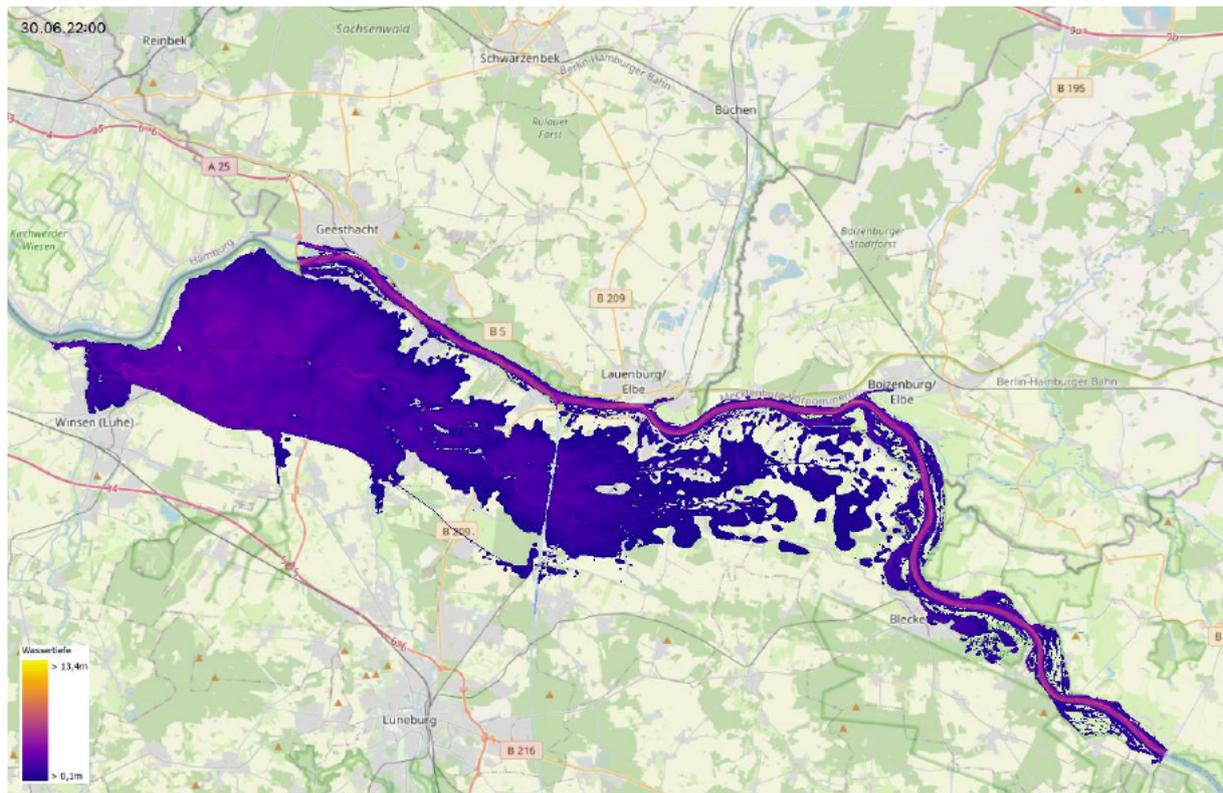


Abbildung 29: Geöffnete Drosselschütze - Modellende und Abflussgeschehen 30.06.2013 - 22:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

Tabelle 4: Relevante Wasserstände bei geöffneten Drosselschützen zu Vergleichszeitpunkten

	13.06.13 00:00	13.06.13 20:00	19.06.13 00:00	21.06.13 00:00	22.06.13 00:00	23.06.13 00:00	28.06.13 00:00	30.06.13 22:00
<b>Bleckede</b>	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
<b>Hittbergen</b>	0 m	0,1 m	1,6 m	1,45 m	1,3 m	1,1 m	0 m	0 m
<b>Hohnstorf</b>	0 m	0 m	2,3 m	2,15 m	2 m	1,8 m	0,5 m	0,1 m
<b>Lüdersburg</b>	0 m	0,6 m	2,4 m	2,25 m	2,1 m	1,9 m	0,6 m	0 m
<b>Echem</b>	0 m	0 m	1,5 m	1,35 m	1,2 m	1 m	0 m	0 m
<b>Marschacht</b>	0 m	0 m	0,1 m	0,7 m	0,85 m	1 m	1,3 m	1,2 m
<b>Drage</b>	0 m	0 m	0 m	0,6 m	0,75 m	0,9 m	1,2 m	1,1 m
<b>Tönnhausen</b>	0 m	0 m	0,55 m	1,1 m	1,3 m	1,5 m	1,8 m	1,6 m
<b>Laßrönne</b>	0 m	0 m	0,7 m	1,4 m	1,65 m	1,9 m	2,2 m	2 m
<b>BGA Scharnebeck</b>	0 m	0 m	0,5 m	0,4 m	0,2 m	0,05 m	0 m	0 m
<b>BGA Tespe</b>	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0,15 m	0,4 m	0,3 m
<b>Bruno Bock</b>	0 m	0 m	0,2 m	0,8 m	0,95 m	1,1 m	1,4 m	1,3 m

### 6.3 Geschlossene Drosselschütze

Bei geschlossenen Drosselschützen beginnt mit Erreichen der Dükerbauwerke ein Einstau in der Elbmarsch östlich des ESKs. Der Einstau entspricht einem begrenzten Wachstum. Die Entwicklung, von einem schnellen Anstieg des Wasserspiegels zu einer immer geringeren Anstiegsrate zeigt sich bei den betroffenen Ortschaften, bei denen dieser Wasserstandsanstieg mit Erreichen der Geländehöhe einsetzt. Mitte des 22.06.2013 ist die höchste Wasserspiegellage von 9,46 m NN auf einer Fläche von

111,5 km<sup>2</sup> erreicht (Abbildung 30). Somit steigt der Wasserstand in der Elbmarsch neun Tage lang an. Die Gemeinden werden an *observation points* zu unterschiedlichen Zeitpunkten erreicht. Bereits vor Erreichen der Düker sind die Gemeindezentren von Lüdersburg und Hittbergen am 13.06.2013 betroffen. Am 14.06.2013 folgen die Gemeindezentren Hohnstorf und Echem. Als einziger Störfallbetrieb östlich des ESKs ist die BGA Scharnebeck ab dem 15.06.2013 von der Überschwemmung betroffen. Gegen Ende des 18.06.2013 wird der *observation point* der Stadt Bleckede als letzter betroffener Punkt in der östlichen Elbmarsch erreicht. Die Gemeindezentren von Neetze, Rullstorf und Scharnebeck bleiben aufgrund ihrer höheren Lage nicht betroffen. Die Überschwemmungstiefen reichen von knapp 0,6 m in Bleckede über 2 m an der BGA Scharnebeck bis hin zu rund 3 m in Echem und Hittbergen sowie 3,8 m in Lüdersburg und Hohnstorf. Von den linienhaften Objekten sind vor allem die Bahnlinie zwischen Lüneburg und Lauenburg und die L219 auf ihrem kompletten Verlauf durch die Elbmarsch überschwemmt. Außerdem sind die kurzen Bereiche der B209 und der Hochspannungsfreileitung zwischen Lüneburg und Lauenburg östlich des ESKs bei Hohnstorf betroffen. In der westlichen Elbmarsch sind weder Gemeinden noch Flächen oder Infrastruktur von Überschwemmungen betroffen.

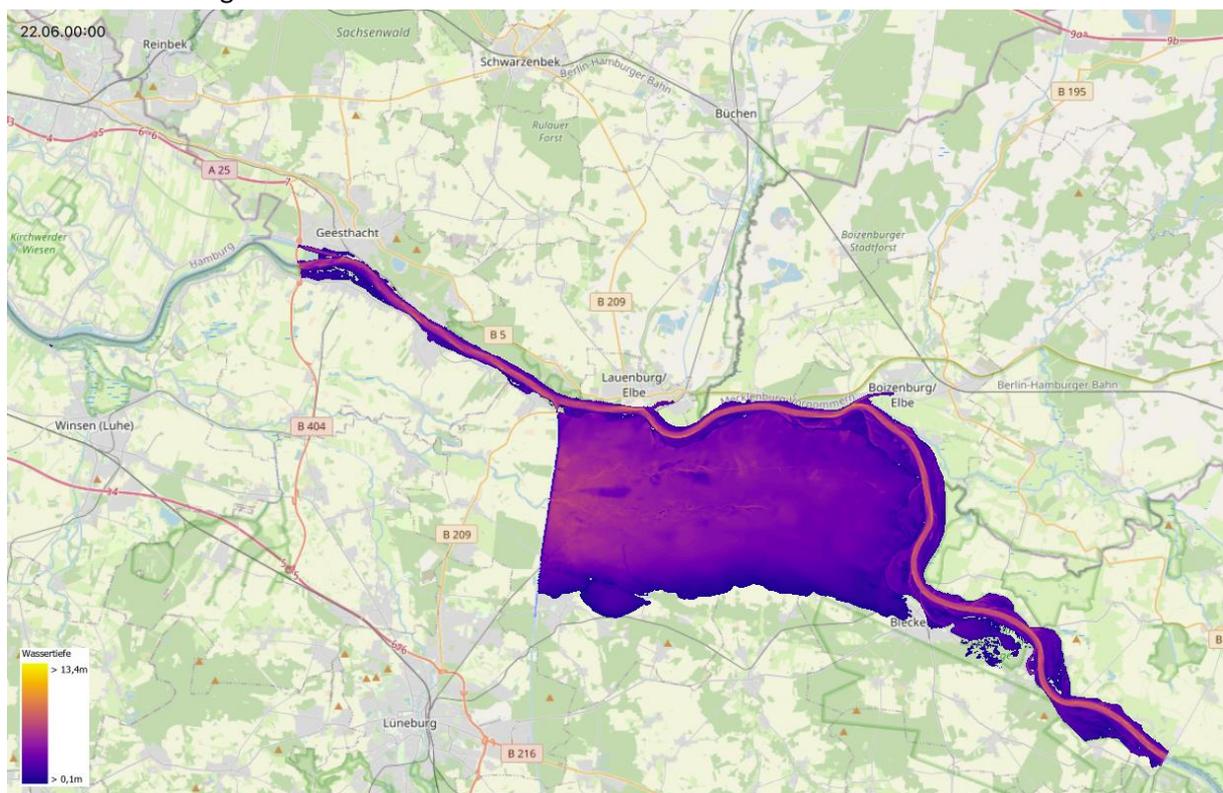


Abbildung 30: Geschlossene Drosselschütze - Maximale Ausdehnung in der östlichen Elbmarsch 22.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

Zwischen dem 22.06.2013 und dem Modellende am 30.06.2013 (Abbildung 31) ist der Abfluss im Deichbruch negativ. Es läuft somit Wasser aus der östlichen Elbmarsch durch den Deichbruch zurück in die Elbe. Somit sinkt die Wasserspiegellage in der östlichen Elbmarsch auf 9,12 m NN bis zum 30.06.2013 um 22:00 Uhr. Dies führt zu einem Rückzug der Überflutung von den höhergelegenen Randbereichen zur Elbe. Jedoch bleibt das tiefergelegene Sietland der östlichen Elbmarsch überflutet.

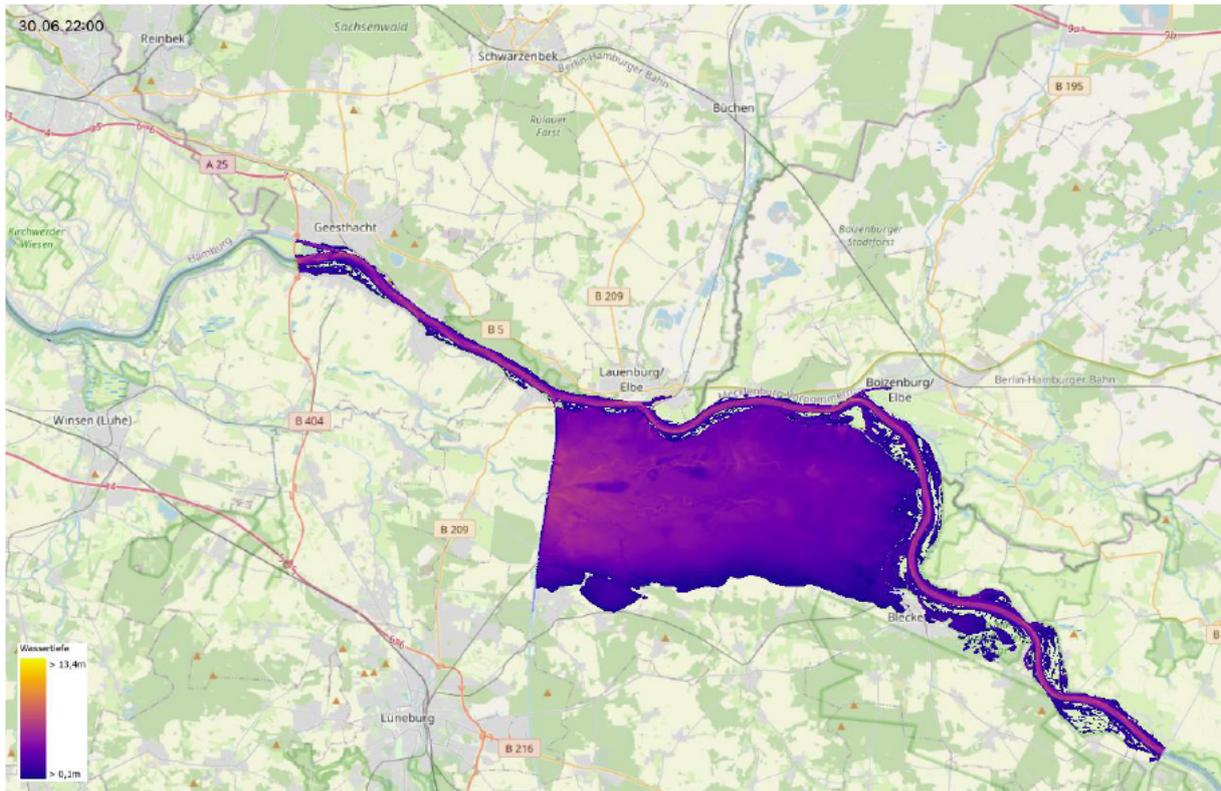


Abbildung 31: Geschlossene Drosselschütze - Modellende und Abflussgeschehen 30.06.2013 - 22:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

Gegen Ende der Simulation ist zu sehen, dass der Rücklauf des Wassers durch die Deichbruchöffnung in die Elbe signifikant abnimmt und die Bereiche um den Deichbruch trockenfallen. Dies ist auf die Höhenlage der Deichbruchsohle und des umliegenden Geländes oberhalb vieler Gebiete der Elbmarsch zurückzuführen. Ein Abfluss über die westliche Elbmarsch ist aufgrund der geschlossenen Drosselschütze nicht möglich. Diese zwei Faktoren weisen auf die fehlende Abflussmöglichkeit für das eingestaute Wasser in der östlichen Elbmarsch hin und lassen den Rückschluss zu, dass große Mengen des Wassers nach Trockenfallen des Deichbruches in der Fläche verbleiben. Um die Varianten zu vergleichen, sind die relevanten Wasserstände nach den betrachteten Zeitpunkten in Tabelle 5 aufgeführt. Die westliche Elbmarsch wird bei dieser Variante als ein Punkt zusammengefasst. Alle relevanten Wasserstands- und Abflusskurven sind in Anhang A2 dargestellt.

Tabelle 5: Relevante Wasserstände bei geschlossenen Drosselschützen zu Vergleichszeitpunkten

	13.06.13 00:00	13.06.13 20:00	19.06.13 00:00	21.06.13 00:00	22.06.13 00:00	23.06.13 00:00	28.06.13 00:00	30.06.13 22:00
<b>Bleckede</b>	0 m	0 m	0,05 m	0,45 m	0,6 m	0,4 m	0,25 m	0,15 m
<b>Hittbergen</b>	0 m	0,1 m	2,6 m	2,85 m	3 m	2,95 m	2,85 m	2,7 m
<b>Hohnstorf</b>	0 m	0 m	3,3 m	3,55 m	3,7 m	3,65 m	3,55 m	3,4 m
<b>Lüdersburg</b>	0 m	0,6 m	3,4 m	3,65 m	3,8 m	3,75 m	3,65 m	3,5 m
<b>Echem</b>	0 m	0 m	2,5 m	2,75 m	2,9 m	2,85 m	2,75 m	2,6 m
<b>BGA Scharnebeck</b>	0 m	0 m	1,6 m	1,85 m	2 m	1,95 m	1,85 m	1,7 m
<b>Elbmarsch (West)</b>	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m

## 6.4 Statisch gedrosselter Durchfluss

Ähnlich wie bei der geöffneten Variante beginnt das Wasser des Deichbruches die Düker zu durchströmen, sobald es diese am 13.06.2013 gegen 22:00 Uhr erreicht hat. Ab diesem Moment beginnt ein Einstau in der östlichen Elbmarsch, der bis zum Ausgleich zwischen Zufluss durch den Deichbruch und Abfluss durch die Düker am 21.06.2013 ansteigt. Die Abflüsse des Schnedegraben- und des Neetzedükers steigen ab Beginn des Durchflusses zunächst sehr stark an und nähern sich dann langsamer ihren Scheitelabflüssen. Diese liegen bei  $26 \text{ m}^3/\text{s}$  für den Schnedegrabendüker und  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  für den Neetzedüker. Der Neetzekanaldüker wird ab dem 15.06.2013 vom Wasser aus dem Deichbruch durchflossen. Sein Abfluss steigt gleichmäßiger an und erreicht den Scheitel bei  $21 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Während des Einstaus in der östlichen Elbmarsch werden neben den Gemeindezentren von Lüdersburg und Hittbergen, welche bereits am 13.06.2013 vor Erreichen der Düker von Überschwemmungen betroffen sind, weitere *observation points* von dem Wasser aus dem Deichbruch erreicht. So sind am 14.06.2013 in den Gemeinden Hohnstorf und Echem erste Überschwemmungen zu verzeichnen. Die BGA Scharnebeck wird ab dem Abend des 15.06.2013 überflutet. Die Gemeindezentren Neetze, Rullstorf und Scharnebeck sowie die Stadt Bleckede bleiben aufgrund ihrer Lage oberhalb der maximalen Wasserspiegellage von 8,71 m NN von Überschwemmungen unberührt. Diese Wasserspiegellage wird bei der maximalen Ausdehnung der Überflutung östlich des ESKs am 21.06.2013 auf einer Fläche von  $104,5 \text{ km}^2$  erreicht (Abbildung 32). Die höchsten Wasserstände, die dabei erreicht werden, reichen von 3,1 m in Hohnstorf und Lüdersburg über rund 2,3 m in Hittbergen

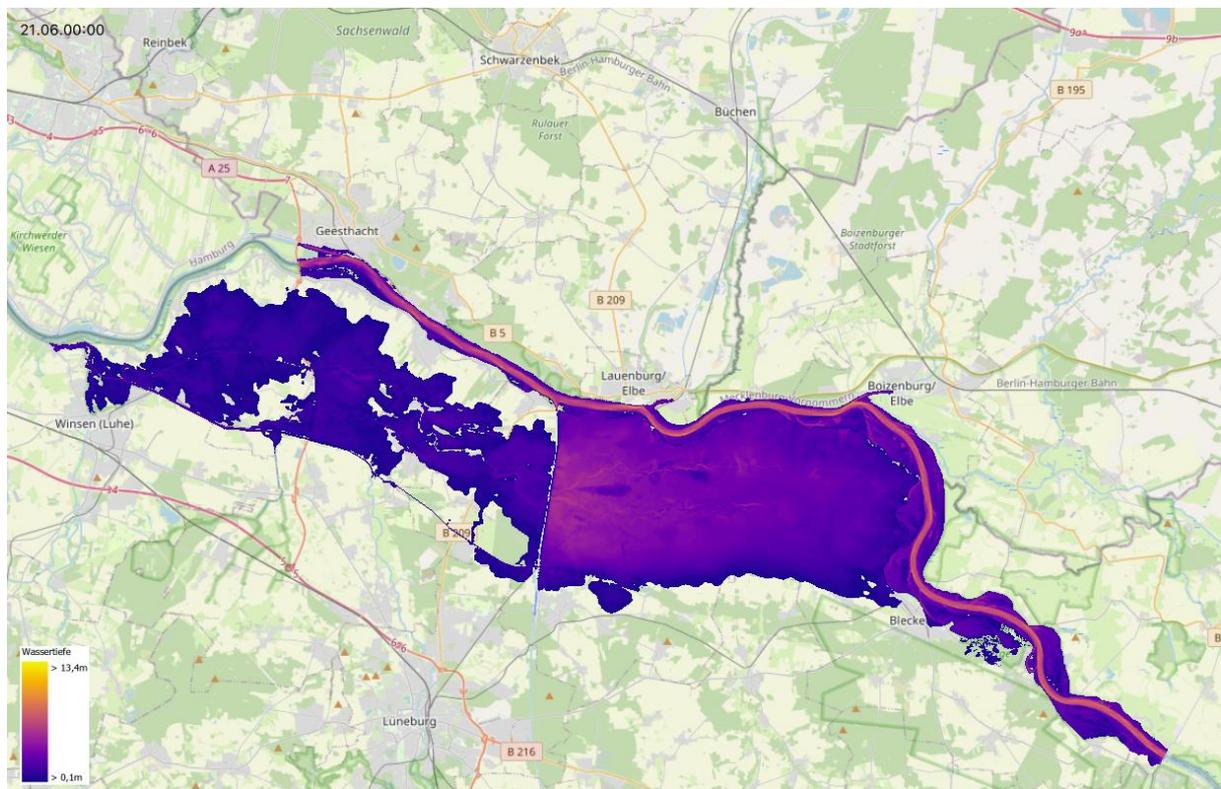


Abbildung 32: Statisch gedrosselter Durchfluss - Maximale Ausdehnung in der östlichen Elbmarsch 21.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

und Echem bis zu 1,3 m an der BGA Scharnebeck. Dabei zeigt sich, dass alle östlich des ESKs gelegenen Bereiche von Verkehrswegen oder Hochspannungsfreileitungen im überfluteten Gebiet liegen. Dies betrifft die Bahnstrecke von Lüneburg nach Lauenburg und die L219 sowie die östlich des ESKs gelegenen Bereiche der B209 und der Hochspannungsfreileitung von Lüneburg nach Lauenburg. Am 24.06.2013 endet der Zufluss durch den Deichbruch in die Elbmarsch.

Ab dem 18.06.2013 ist am Siel Fahrenholz sowie am Ilmenau-Sperrwerk ein Abfluss zu verzeichnen. Das Siel in Laßrönne folgt am 21.06.2013 mit dem ersten Abfluss. Der Zufluss durch den Schnedegraben- und den Neetzedüker übersteigt dabei den Abfluss über die Siele sowie die Schöpfwerke in Laßrönne und Fahrenholz. Dies führt zu einem Anstieg der Wasserspiegellage in der westlichen Elbmarsch. Am 21.06.2013 ist die Ortslage Tönhausen von ersten Überflutungen betroffen. Als nächstes wird die Ortslage Laßrönne am 22.06.2013 erreicht und bei Bruno Bock als Störfallbetrieb der oK können die ersten Überschwemmungen am 23.06.2013 verzeichnet werden. Die *observation points* in den Zentren der Gemeinden Marschacht und Drage sind ab dem 24.06.2013 überschwemmt. Weitere Gemeindezentren von Tespe, Barum, Wittorf, Handorf, Adendorf, Brietlingen und Artlenburg sind genauso wie die BGA Tespe innerhalb der Simulation nicht von der Überflutung westlich des ESKs betroffen. Es fällt auf, dass die maximale Wasserspiegellage von 4,18 m NN auf einer Fläche von 98 km<sup>2</sup> am Ende der Simulation auftritt. Bei dieser Wasserspiegellage resultieren Wasserstände von 1,3 m in Laßrönne, 1 m in Tönhausen, 0,6 m bei Bruno Bock, 0,5 m in Marschacht und 0,4 m in Drage. Zu diesem Zeitpunkt liegen die Abflüsse über die Siele bei ihren Maximalwerten von 12 m<sup>3</sup>/s in Fahrenholz und 45 m<sup>3</sup>/s in Laßrönne zusammen mit dem Schöpfwerk Fahrenholz mit einer Förderleistung von 17 m<sup>3</sup>/s noch unter den Zuflüssen durch die Düker. Letztere liegen zum Ende der Simulation bei 23 m<sup>3</sup>/s am Schnedegrabendüker und 87 m<sup>3</sup>/s am Neetzedüker. Das Schöpfwerk Fahrenholz beginnt den Betrieb am 15.06.2013, während das Schöpfwerk Laßrönne aufgrund des geöffneten Siels nicht in Betrieb geht. Der Abfluss aus den Gebieten westlich des ESKs, welcher unter dem Zufluss in diese liegt, deutet darauf hin, dass die maximale Ausdehnung der Überflutung in der westlichen Elbmarsch und somit auch die höchste Wasserspiegellage nicht erreicht ist. Insofern kann das Ausmaß und die Höhe der Überflutung vom tatsächlichen Maximum abweichen. Zum Stand der Ausdehnung am Ende der Simulation am 30.06.2013 um 22:00 Uhr liegen in der westlichen Elbmarsch große Teile der linienhaften Objekte in überflutetem Gebiet (Abbildung 33). So ist die SInOn Bahnstrecke zu Bruno Bock vollständig überschwemmt und auch die B404 sowie die Hochspannungsfreileitung von Handorf nach Krümmel liegen im Bereich der Überschwemmung. Die B209 und die Hochspannungsfreileitung von Lüneburg nach Lauenburg führen zwischen Brietlingen und Marienthal bzw. der Kreuzung der Freileitung mit dem ESK durch überflutete Bereiche. Partiiell überschwemmt ist die L217, die am Rand des überfluteten Gebiets entlang verläuft.

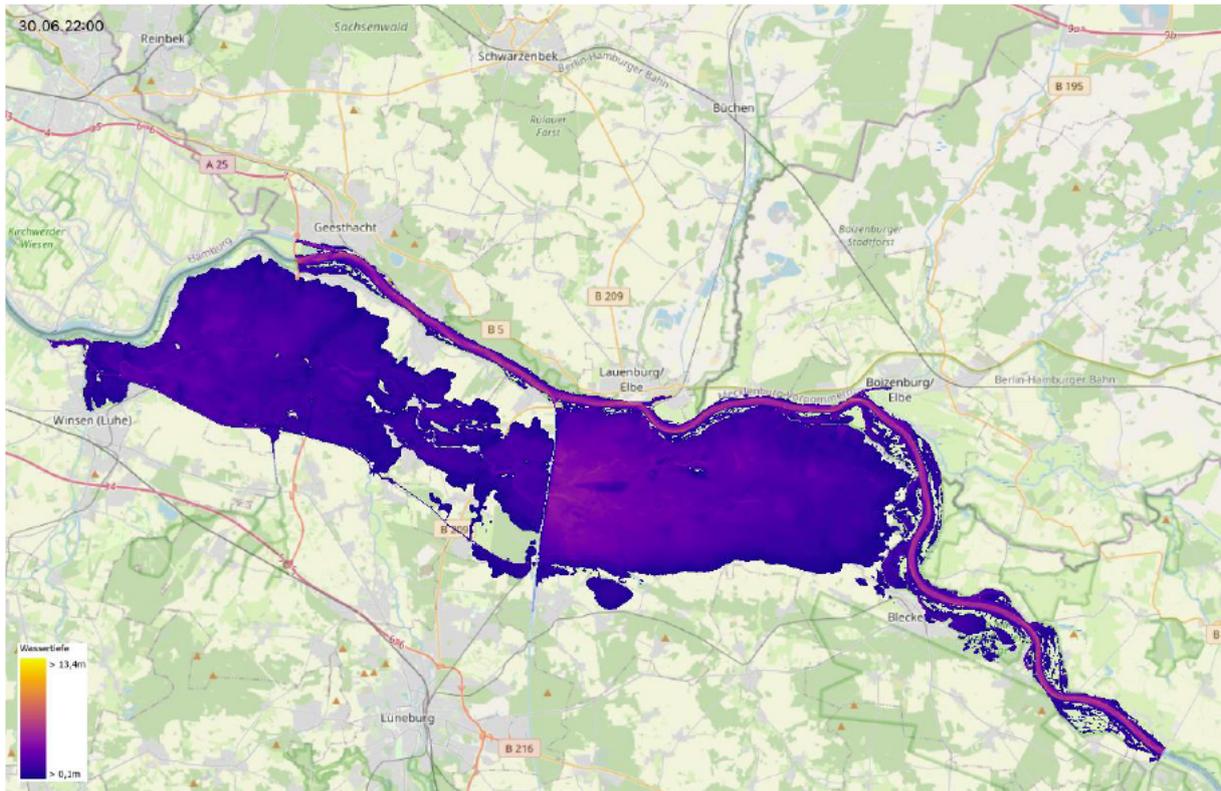


Abbildung 33: Statisch gedrosselter Durchfluss - Modellende, größte Ausdehnung in der westlichen Elbmarsch und Abflussgeschehen 30.06.2013 - 22:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

Über den Abfluss aus der Elbmarsch können aufgrund des Endes der Simulation kaum Aussagen getroffen werden. Allerdings deutet die Variante mit vollständig geöffneten Drosselschützen darauf hin, dass ein Abfluss aus der östlichen Elbmarsch über die Düker auf die Westseite des ESKs sowie von dort über die Siele und Schöpfwerke in die Ilmenau möglich ist. Dieser Abfluss erfolgt bei der statisch gedrosselten Variante jedoch langsamer. Zudem ist der Einfluss der Gezeiten auf die Siele in dieser Variante, aufgrund des höheren Abflusses über den Neetze- und Ilmenaukanal sowie des geringeren Durchflusses in den Sielen, größer als bei vollständig geöffneten Drosselschützen. Dies kann den Abfluss aus der Elbmarsch darüber hinaus verlangsamen. Über die gesamte Dauer der Simulation ist eine Gesamtfläche von 202,5 km<sup>2</sup> von Überschwemmungen betroffen. In Tabelle 6 werden für den Vergleich der Varianten die Wasserstände an den relevanten Beobachtungspunkten zu allen betrachteten Zeitpunkten aufgeführt. Die verwendeten Wasserstands- und Abflusskurven aus dem Simulationslauf sind in Anhang A3 beigefügt.

Tabelle 6: Relevante Wasserstände bei statisch geregelter Durchfluss zu Vergleichszeitpunkten

	13.06.13 00:00	13.06.13 20:00	19.06.13 00:00	21.06.13 00:00	22.06.13 00:00	23.06.13 00:00	28.06.13 00:00	30.06.13 22:00
<b>Bleckede</b>	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
<b>Hittbergen</b>	0 m	0,1 m	2,1 m	2,3 m	2,25 m	2,2 m	1,6 m	1,3 m
<b>Hohnstorf</b>	0 m	0 m	2,8 m	3,0 m	2,95 m	2,9 m	2,35 m	2 m
<b>Lüdersburg</b>	0 m	0,6 m	2,9 m	3,1 m	3,05 m	3 m	2,45 m	2,1 m
<b>Echem</b>	0 m	0 m	2 m	2,2 m	2,15 m	2,1 m	1,5 m	1,2 m
<b>Marschacht</b>	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0,35 m	0,5 m

Drage	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0,25 m	0,4 m
Tönnhausen	0 m	0 m	0 m	0 m	0,1 m	0,4 m	0,95 m	1 m
Laßrönne	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0,6 m	1,2 m	1,3 m
BGA Scharnebeck	0 m	0 m	1,1 m	1,3 m	1,25 m	1,15 m	0,6 m	0,25 m
BGA Tespe	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
Bruno Bock	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0,5 m	0,6 m

## 6.5 Dynamisch gedrosselter Durchfluss

Der erste Abfluss durch den Schnedegraben- und den Neetzedüker geht auch in dieser Variante mit dem Erreichen der Düker durch das Wasser aus dem Deichbruch am 13.06.2013 einher. Die Abflüsse steigen zunächst schnell an. Nach einem kurzen Zeitintervall, welches die Steuerung des Modells für die Anpassung der Düker benötigt, stellen sich die voreingestellten Maximalabflüsse von 5,06 m<sup>3</sup>/s am Schnedegrabendüker und 36,7 m<sup>3</sup>/s am Neetzedüker ein. Am Neetzekanaldüker setzt der erste Abfluss am 15.06.2013 ein und steigt etwas langsamer als bei den anderen zwei Dükern auf den Maximalwert von 30 m<sup>3</sup>/s an. Bei allen drei Dükern treten im Rahmen der Steuerung des Modells kurze Ausschläge mit höheren Abflüssen auf. Durch die Regelungspunkte in der jeweils ersten geschlossenen Ortschaft westlich des ESKs findet eine individuelle Abflussverringerung und Steuerung für jeden der drei Düker statt. So wird der Neetzedüker am Abend des 15.06.2013 bereits wieder komplett geschlossen und lediglich zwischen dem 16.06.2013 und dem 17.06.2013 erneut auf den eingestellten Maximalabfluss geöffnet. Der Neetzekanaldüker wird am Abend des 21.06.2013 auf einen Abfluss von knapp 5 m<sup>3</sup>/s reduziert. Es folgt eine periodische Schwankung des Durchflusses zwischen 5 m<sup>3</sup>/s und 30 m<sup>3</sup>/s mit einer Periodendauer von etwa eineinhalb Tagen bis zum Ende der Simulation am 30.06.2013. Anders als bei den übrigen Dükerbauwerken wird am Schnedegrabendüker der maximale Abfluss von 5,06 m<sup>3</sup>/s bis zum Modellende gehalten. Diese Drosselung des Durchflusses an den Dükerbauwerken führt zu einem geringeren Abfluss aus der östlichen Elbmarsch als in der geöffneten oder der statisch gedrosselten Variante. Aufgrund der dynamischen Steuerung kann rechnerisch kein exakter Zeitpunkt ermittelt werden, ab dem der Abfluss durch die Düker den Zufluss durch den Deichbruch übersteigt. Durch graphische Auswertung der maximalen Ausdehnung der Überflutung in der östlichen Elbmarsch kann dieser Zeitpunkt jedoch auf den 22.06.2013 um 8:00 Uhr datiert werden. Hinzu kommt, dass ab dem 23.06.2013 ein negativer Abfluss durch den Deichbruch erfolgt, wie schon in der Variante mit geschlossenen Drosselschützen.

Somit stellt der 23.06.2013 die maximale Ausdehnung der Überflutung in der Elbmarsch östlich des ESKs auf einer Fläche von 109,5 km<sup>2</sup> dar (Abbildung 34). Bis zu diesem Zeitpunkt werden, ab den ersten Überschwemmungen in den Zentren der Gemeinden Hittbergen und Lüdersburg vor Erreichen der Düker durch das Wasser des Deichbruches am 13.06.2013, mehrere *observation points* in der östlichen Elbmarsch überflutet. Ab dem 14.06.2013 treten in den Gemeinden Hohnstorf sowie Echem und ab dem 15.06.2013 an der BGA Scharnebeck, dem einzigen Störfallunternehmen der östlichen Elbmarsch,

Überschwemmungen auf. Das Zentrum der Stadt Bleckede wird ab dem 19.06.2013 von dem Wasser aus dem Deichbruch erreicht. In den Gemeindezentren Neetze, Rullstorf und Scharnebeck werden keine Überflutungen verzeichnet, da sie über der maximalen Wasserspiegellage von 9,28 m NN liegen. Aus dieser ergeben sich als höchste Wasserstände 3,7 m in Hohnstorf und Lüdersburg, rund 2,9 m in Hittbergen und Echem, 1,9 m an der BGA Scharnebeck sowie 0,4 m in der Stadt Bleckede. In den Gebieten der Elbmarsch östlich des ESKs liegen alle linienhaften Infrastrukturobjekte im überfluteten Bereich. Dies betrifft die Bahnstrecke von Lüneburg nach Lauenburg sowie die B219 auf der gesamten Länge durch die Elbmarsch. Außerdem führen die östlich des ESKs gelegenen Bereiche der B209 sowie der Hochspannungsfreileitung zwischen Lüneburg und Lauenburg durch das überflutete Gebiet.

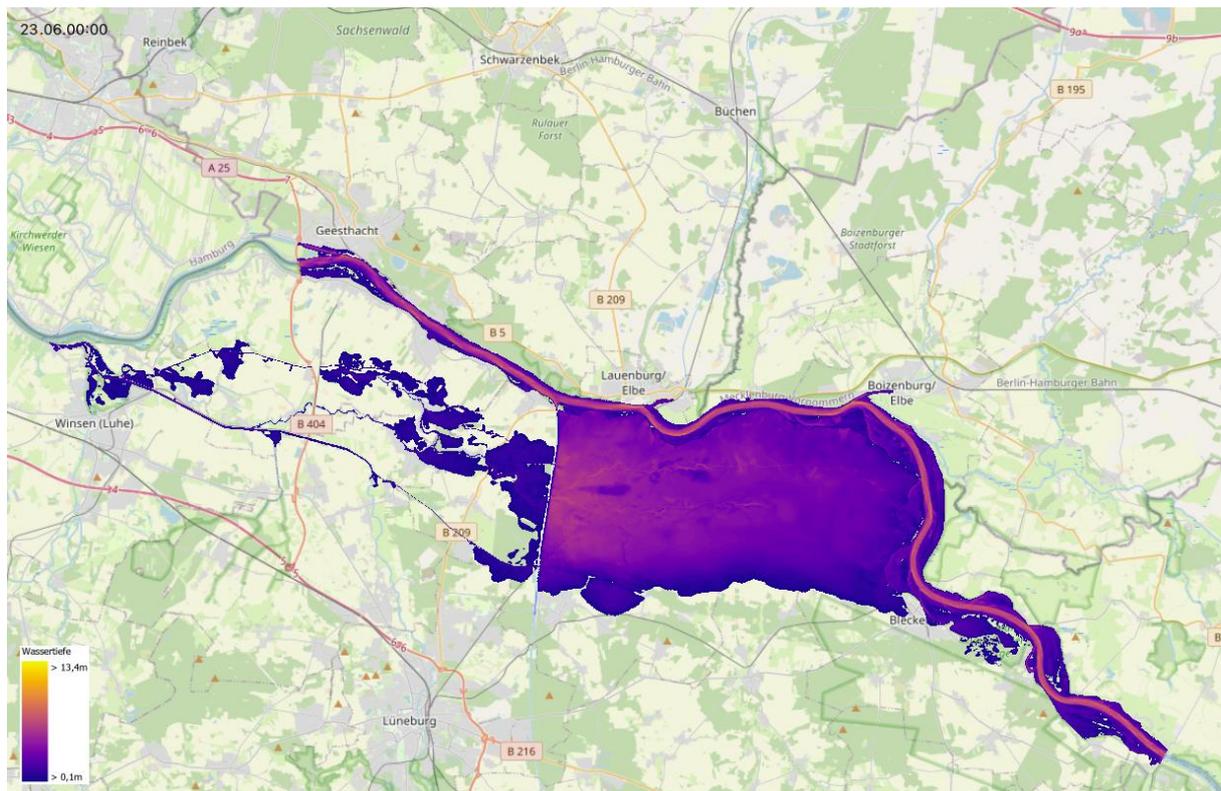


Abbildung 34: Dynamisch gedrosselter Durchfluss - maximale Ausdehnung in der östlichen Elbmarsch 23.06.2013 - 00:00 Uhr (Brößler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

In der westlichen Elbmarsch wird das Ausmaß der Überschwemmungen durch die dynamische Drosselung des Abflusses durch die Düker gering gehalten. Es sind keine Gemeinden westlich des ESKs von den Überschwemmungen betroffen und auch die Störfallbetriebe, die BGA Tespe und Bruno Bock, werden nicht überflutet. Während die B404 und die L217 nicht überschwemmt werden, ist die B209 bei Lüdershausen und die SInON-Bahnstrecke südlich von Eichholz von kleinräumigen Überschwemmungen betroffen. Auch die zwei Hochspannungsfreileitungen führen partiell durch überschwemmte Bereiche. Die Fläche der maximalen Ausdehnung der Überschwemmung in der westlichen Elbmarsch ist nicht klar zu bestimmen, da es durch die bedarfsorientierte Steuerung nicht einen Hochpunkt der Überflutung gibt. Die Ausdehnung der Überflutung oszilliert um ein gleichbleibendes Überschwemmungsausmaß, welches dem minimalen Schaden bei maximalem Abfluss durch die Düker entspricht. Aus diesem Grund wird der 30.06.2013 um 22:00 als Modellende

für die Ermittlung der betroffenen Fläche in der westlichen Elbmarsch mit einer Ausdehnung von 32,5 km<sup>2</sup> verwendet (Abbildung 35). Die überflutete Gesamtfläche liegt somit bei 142 km<sup>2</sup>. Der kontrollierte Abfluss durch die westliche Elbmarsch wird auch in der Pumpenleistung der Schöpfwerke Laßrönne und Fahrenholz deutlich. Während die Siele aufgrund der höheren Wasserstände im Ilmenaukanal geschlossen sind, setzt das Schöpfwerk Fahrenholz am 15.06.2013 und das Schöpfwerk Laßrönne am 23.06.2013 mit dem Betrieb ein. Modellbedingt wechselt die Leistung dabei oft zwischen der vollen Leistung und einer Verminderung bzw. Unterbrechung des Betriebs, jedoch kann sich der Trend einer Leistung von rund 9 m<sup>3</sup>/s am Schöpfwerk Fahrenholz und 8 m<sup>3</sup>/s am Schöpfwerk Laßrönne erkennen lassen.

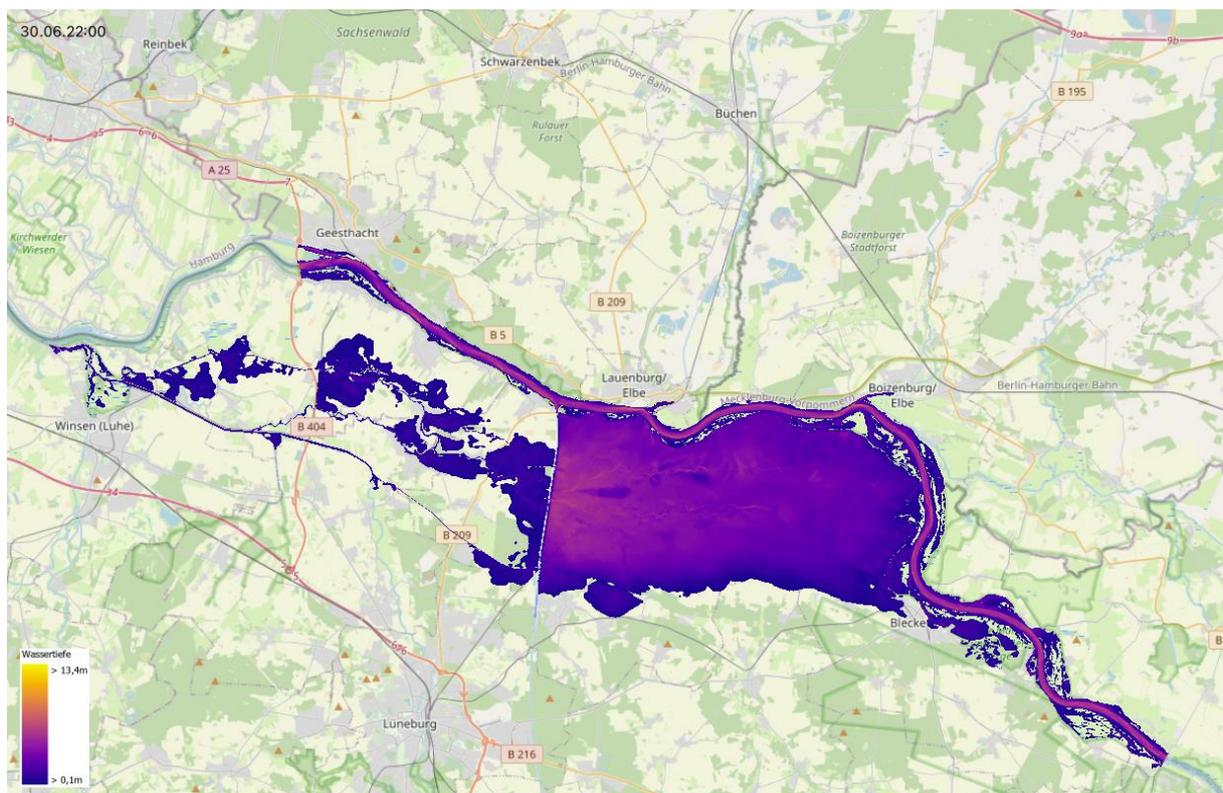


Abbildung 35: Dynamisch gedrosselter Durchfluss - Modellende, größte Ausdehnung in der westlichen Elbmarsch und Abflussgeschehen 30.06.2013 - 22:00 Uhr (Bräßler, eigene Abbildung, 2023; Hintergrundkarte © OpenStreetMap)

Über das Abflussverhalten aus der östlichen Elbmarsch kann keine finale Feststellung getroffen werden, allerdings findet ein Abfluss durch die Düker statt. Auch aus der westlichen Elbmarsch wird das Wasser der kleinräumigen Überschwemmungen über die Siele und Schöpfwerke Fahrenholz und Laßrönne abgeführt. Daher liegt nahe, dass die Gesamtfläche von 142 km<sup>2</sup> ähnlich der vollständig geöffneten und der statisch gedrosselten Variante weitgehend trockenfällt, dieser Prozess jedoch aufgrund des deutlich verringerten Abflusses aus der östlichen Elbmarsch über einen längeren Zeitraum andauert. Damit die Varianten verglichen werden können, sind in Tabelle 7 die Wasserstände der relevanten *observation points* zu allen betrachteten Zeitpunkten dargestellt. Die relevanten Wasserstands- und Abflusskurven dieses Simulationslaufes über den vollen Modellzeitraum sind in Anhang A4 beigefügt.

Tabelle 7: Relevante Wasserstände bei dynamisch gedrosseltem Durchfluss zu Vergleichszeitpunkten

	13.06.13 00:00	13.06.13 20:00	19.06.13 00:00	21.06.13 00:00	22.06.13 00:00	23.06.13 00:00	28.06.13 00:00	30.06.13 22:00
<b>Bleckede</b>	0 m	0 m	0 m	0,25 m	0,35 m	0,4 m	0,15 m	0,05 m
<b>Hittbergen</b>	0 m	0,1 m	2,4 m	2,8 m	2,85 m	2,9 m	2,6 m	2,5 m
<b>Hohnstorf</b>	0 m	0 m	3,1 m	3,5 m	3,55 m	3,6 m	3,4 m	3,2 m
<b>Lüdersburg</b>	0 m	0,6 m	3,25 m	3,6 m	3,65 m	3,7 m	3,5 m	3,3 m
<b>Echem</b>	0 m	0 m	2,25 m	2,7 m	2,75 m	2,8 m	2,5 m	2,4 m
<b>BGA Scharnebeck</b>	0 m	0 m	1,4 m	1,8 m	1,85 m	1,9 m	1,6 m	1,5 m
<b>Gemeinden &amp; Störfallbetriebe Elbmarsch (West)</b>	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m

## 7 Analyse der Ergebnisse

Die simulierten Varianten für die Einstellung bzw. Steuerung der Drosselschütze stellen vier Möglichkeiten dar, wie das Überflutungsgeschehen des Modelldiichbruches an den Dükerbauwerken des ESKs beeinflusst werden kann. Neben den zwei betrachteten gedrosselten Varianten gibt es eine Vielzahl weiterer Einstellungsmöglichkeiten für die Drosselschütze. Dabei liegen sämtliche Überschwemmungsszenarien zwischen der vollständig geöffneten und der komplett geschlossenen Variante. Bei einer Reduzierung des Durchflusses ist, wie durch die zwei verschiedenen gedrosselten Simulationsläufe gezeigt, sowohl eine statische Verringerung des Durchflussquerschnitts als auch eine bedarfsorientierte dynamische Anpassung der Drosselschütze möglich. Letztere erfordert Regelungskriterien, an denen sich der Steuerungsbedarf orientiert. Zu diesem Zweck können an bestimmten Punkten hydrologische Warn- bzw. Meldestufen verwendet werden. Des Weiteren ist es erforderlich, dass die Steuerung im Überschwemmungsfall angeordnet und umgesetzt wird. Zu diesem Zweck wird eine Meldekette vorbereitet und es werden weitere Empfehlungen im Zusammenhang mit der Verwendung der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs im Hochwasserfall gegeben.

### 7.1 Variantenbetrachtung

Für die Betrachtung der Anzahl der betroffenen Personen je Variante werden die Einwohnerzahlen pro Gemeinde verwendet, welche in Kapitel 3.5.1 aufgelistet sind. Dabei wird angenommen, dass alle Einwohner einer Gemeinde betroffen sind, sobald am *observation point* eine Überschwemmung verzeichnet wird. In den übrigen Gemeinden wird angenommen, dass die Bewohner keine direkte Berührung mit der Überflutung haben. Bei der Variante mit vollständig geöffneten Drosselschützen sind die Gemeinden Hittbergen, Hohnstorf (Elbe), Lüdersburg und Echem auf der Ostseite des ESKs betroffen. Westlich des ESKs werden die Gemeinden Drage und Marschacht sowie die Ortschaften Laßrönne und Tönnhausen der Stadt Winsen (Luhe) überschwemmt. Daraus resultieren insgesamt 14.420 betroffene Einwohner, von denen 4.822 östlich und 9.598 westlich des ESKs leben. Die maximale Überflutungshöhe ist dabei zwischen der östlichen Seite mit 2,4 m und der westlichen Seite

mit 2,2 m ausgewogen. Dieses Szenario kann angenommen werden, wenn keine Veränderung der Drosselschütze im Rahmen der Gefahrenabwehr oder des Katastrophenschutzes vorgenommen wird, da der geöffnete Zustand im Regelbetrieb gegeben ist. Sind die Drosselschütze vollständig geschlossen, werden auf der Westseite des ESKs keine Gemeinden überflutet. Auf der Ostseite wird jedoch neben den Gemeinden Hittfeld, Hohnstorf (Elbe), Lüdersburg und Echem auch die Stadt Bleckede überschwemmt. Somit ist bei der vollständig geschlossenen Variante eine Anzahl von 10.022 Einwohnern in der östlichen Elbmarsch betroffen. Dies stellt die Gesamtanzahl der betroffenen Personen dieses Simulationslaufs dar. Im Vergleich zu der vorangegangenen Variante liegt die maximale Wassertiefe auf der Ostseite des ESKs mit 3,8 m deutlich höher. In den überfluteten Gemeinden und der Anzahl der betroffenen Personen unterscheidet sich die Variante mit verringertem Durchflussquerschnitt nicht von der vollständig geöffneten. In der Überschwemmungshöhe zeigt sich jedoch ein deutlicher Unterschied, da das Maximum in der östlichen Elbmarsch mit 3,1 m deutlich über und in der westlichen Elbmarsch mit 1,3 m deutlich unter den Werten bei vollständig geöffneten Drosselschützen liegt. Durch den höheren Einstau in der östlichen Elbmarsch wird bei der Variante mit bedarfsorientierter Steuerung der Drosselschütze die Stadt Bleckede von der Überschwemmung erreicht. Somit ist die Anzahl betroffener Personen in der östlichen Elbmarsch mit 10.022 genauso hoch, wie bei vollständig geschlossenen Drosselschützen. Die maximale Wassertiefe der Überschwemmung östlich des ESKs liegt ebenfalls mit 3,7 m nur knapp unter dem Wert bei vollständig geschlossenen Drosselschützen. Auf der Westseite des ESKs sind keine Gemeinden überflutet, weshalb insgesamt mit 10.022 betroffenen Einwohnern die gleichen Werte wie bei geschlossenen Düchern erzielt werden. Die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Verteidigung einzelner Ortschaften aufgrund der abweichenden Höhe der Überschwemmungen werden nicht berücksichtigt. Deutlich wird jedoch, dass die Anzahl der betroffenen Personen durch das komplette oder anteilige Verschließen verringert wird. Der Einsatz der Drosselschütze kann somit die Gefährdung von Einwohnern der westlichen Elbmarsch vermeiden bzw. reduzieren (Tabelle 8).

Um Sachschäden und negative Einflüsse auf wirtschaftliche Tätigkeiten vergleichen zu können, wird auf das durchschnittliche Schadenspotenzial von 11,2 Mio. €/km<sup>2</sup> in der Elbmarsch zurückgegriffen. Dieses wird in Kapitel 3.5.2 beschrieben. Da die Überflutungshöhen nicht über 3,8 m liegen, kann davon ausgegangen werden, dass sich die eigentlichen Schäden auf maximal ein Drittel des Schadenspotenzials belaufen. Da jedoch keine Schadensentwicklung in Abhängigkeit vom Wasserstand vorliegt, werden lediglich die Schadenspotenziale der überschwemmten Gebiete verglichen. Bei vollständig geöffneten Drosselschützen führt die insgesamt betroffene Fläche von 205 km<sup>2</sup> zu einem Schadenspotenzial von 2,30 Mrd. €. Davon entfallen 1,08 Mrd. € auf den maximal 2,4 m tief überfluteten östlichen Teil der Elbmarsch und 1,22 Mrd. €, auf den bis zu einer Tiefe von 2,2 m überschwemmten, westlichen Teil. Wegen der ähnlichen Überflutungshöhen ist anzunehmen, dass das Verhältnis der potenziellen Schäden in etwa dem der Schadenspotenziale entspricht. Anders ist

dies bei vollständig geschlossenen Drosselschützen. Da dort das Ausmaß der Überflutung auf die östliche Elbmarsch begrenzt wird, liegt hier bei einer Fläche von 111,5 km<sup>2</sup> ein Schadenspotenzial von 1,25 Mrd. € vor. Hier wird im Überflutungsmaximum die Wassertiefe von 3,8 m erreicht, bei der ein Drittel des Schadenspotenzials als potenzieller Schaden vorliegt. Für die Variante mit teilweise geöffneten Drosselschützen liegt die betroffene Fläche mit 202,5 km<sup>2</sup> und somit auch das Schadenspotenzial auf dieser von 2,27 Mrd. € knapp unter den Werten der vollständig geöffneten Version. Dabei verschiebt sich die Verteilung der Schadenpotenziale in der betroffenen Fläche jedoch stärker zur Ostseite des ESKs mit 1,17 Mrd. € und weg von der Westseite mit 1,10 Mrd. €. Somit ist die Verteilung zwischen diesen beiden Varianten in etwa umgekehrt. Deutlicher wird dies, wenn dazu die maximalen Wassertiefen der Überschwemmung von 3,1 m östlich und 1,3 m westlich des ESKs hinzugezogen werden. Die östliche Elbmarsch ist bei dieser Variante mehr als doppelt so hoch überflutet wie die Flächen westlich des ESKs. Bei einer dynamischen Steuerung der Drosselschütze liegt auf einer Gesamtfläche von 142 km<sup>2</sup> ein Schadenspotenzial von 1,59 Mrd. € in den überfluteten Gebieten vor. Mit 1,22 Mrd.€ liegt das betroffene Schadenspotenzial in der östlichen Elbmarsch leicht unter der geschlossenen Variante. Die 0,36 Mrd. € westlich des ESKs sind hoch angesetzt, da weitgehend keine bebaute Fläche von den Überschwemmungen betroffen ist und trotzdem der Durchschnitt für das Schadenspotenzial der Elbmarsch angenommen wird. Hier ist davon auszugehen, dass die Schäden in der westlichen Elbmarsch im Verhältnis zu den überfluteten Flächen der anderen Varianten offensichtlich geringer ausfallen. Es ist deutlich zu erkennen, dass bei der Variante mit geschlossenen Dükern die Schadenspotenziale, welche im überfluteten Gebiet liegen, am geringsten sind. Die Größe des Unterschieds zu den Varianten mit geöffneten oder teilweise geöffneten Dükern würde sich bei einer tiefergehenden Betrachtung der tatsächlichen Schäden unter Einbezug der Wasserstände jedoch verringern. Auffällig ist allerdings, dass die dynamisch gedrosselte Variante nah an die Werte der geschlossenen Variante herankommt. Bei den übrigen Varianten sinkt das betroffene Schadenspotenzial mit dem Durchfluss in den Dükerbauwerken (Tabelle 8).

Von den KRITIS werden im Rahmen dieser Bachelorarbeit nur die Sektoren Energie und Verkehr betrachtet. Im Verkehrssektor wird deutlich, dass bei allen Varianten die östlich des ESKs gelegenen Verkehrswege durch das überschwemmte Gebiet führen. Dies betrifft zum einen die Bahnstrecke von Lüneburg nach Lauenburg und zum anderen die L219 sowie das kurze Stück der B209 zwischen der ESK-Mündung und der Elbebrücke bei Hohnstorf. Obwohl Erhöhungen dieser linienhaften Objekte durch die Daten aus dem DGM1 teilweise berücksichtigt sind, ist zu erkennen, dass alle genannten Verkehrswege in der östlichen Elbmarsch bei allen vier Varianten zumindest streckenweise überschwemmt sind. Bei den Verkehrswegen westlich des ESKs ist dies anders. Bei geschlossenen Drosselschützen sind die Flächen der westlichen Elbmarsch und somit auch die Verkehrswege nicht durch Überschwemmungen betroffen. Sind die Drosselschütze vollständig geöffnet, werden sowohl die SInON-Bahnstrecke zu Bruno Bock als auch die Straßen B404, B209 und L217 überschwemmt.

Durch eine statische Drosselung des Durchflusses verläuft die erhöht gelegene L217 lediglich am Rand des überschwemmten Gebiets und der betroffene Bereich der B209 reduziert sich auf die kürzere Strecke zwischen Brietlingen und Mariantal. Mit Hilfe einer bedarfsorientierten Steuerung der Drosselschütze kann darüber hinaus sichergestellt werden, dass die etwas höher gelegene B404 nicht nennenswert überflutet wird. Die SinON-Bahnstrecke bleibt in allen Fällen von Überschwemmungen betroffen. Die Ergebnisse der gedrosselten Varianten zeigen, dass durch die Steuerung der Drosselschütze die wichtigen überregionalen Verkehrswege frei von Überflutungen gehalten werden können und somit eine einsatztaktische Nutzung für den Transport von Einsatzkräften und Material oder für Evakuierungen möglich ist. Im Energiesektor werden primär die zwei Hochspannungsfreileitungen in der Elbmarsch betrachtet. Der östlich des ESKs gelegene Teil der Freileitung von Lüneburg nach Lauenburg führt bei allen Varianten durch überflutetes Gebiet. Dabei ist die Wasserspiegellage unter der Freileitung bei geschlossenen Drosselschützen am höchsten und sinkt mit zunehmender Öffnung der Düker ab. In der westlichen Elbmarsch nimmt die überschwemmte Fläche, durch die die Freileitungen führen, mit stärkerer Drosselung ab und die Wasserstände sinken. Bei geschlossenen Drosselschützen führen die Freileitungen westlich des ESKs nicht durch überschwemmtes Gebiet. Inwiefern die Überschwemmungen und die Wasserspiegellage Einfluss auf die Hochspannungsfreileitungen haben, muss separat untersucht werden. Abschließend ist für den Energiesektor anzumerken, dass die in Kapitel 3.5.3 erwähnte Ansammlung von WKAs unmittelbar nordwestlich des Schnedegrabendükers bei allen Varianten mit ganz oder teilweise geöffneten Drosselschützen von Überschwemmungen betroffen ist. Je größer dabei der Durchfluss in den Dükerbauwerken ist, desto höher sind die Wasserstände an den WKAs (Tabelle 8).

Mindestens einer der drei Störfallbetriebe in der Elbmarsch ist bei jeder Variante betroffen. Dies ist die BGA Scharnebeck. Anders als Bruno Bock und die BGA Tespe liegt sie östlich des ESKs. Selbst bei der niedrigsten Überschwemmung in der östlichen Elbmarsch bei vollständig geöffneten Drosselschützen wird an der BGA Scharnebeck ein Wasserstand von knapp 0,5 m verzeichnet. In der komplett geschlossenen Variante reicht dieser an dem Störfallbetrieb der uK bis über 2 m. Die BGA Tespe als zweiter Betrieb der uK ist hingegen nur bei vollständig geöffneten Drosselschützen von einer Überschwemmung mit einem maximalen Wasserstand von 0,4 m betroffen. Bei den zwei Varianten mit gedrosseltem Durchfluss sowie bei geschlossenen Dükern wird die BGA Tespe nicht von der Überflutung erreicht. Als einziger Störfallbetrieb der oK in der Elbmarsch stellt Bruno Bock bei einer Überflutung ein besonderes Gefahrenpotenzial dar. Sowohl bei der Variante mit vollständig geöffneten Drosselschützen als auch bei dem statisch verminderten Durchflussquerschnitt ist die chemische Fabrik von Überschwemmungen betroffen. Dabei liegen die maximalen Wassertiefen zwischen 0,6 m und 1,4 m. Bei komplett geschlossenen Drosselschützen wird die gesamte westliche Elbmarsch und somit auch Bruno Bock nicht überflutet. Einzig bei der dynamischen Drosselung des Durchflusses kann eine Überflutung der Störfallbetriebe in der westlichen Elbmarsch vermieden und

gleichzeitig ein Abfluss durch die westliche Elbmarsch ermöglicht werden. Durch keine der Varianten kann ausgeschlossen werden, dass Störfallbetriebe von der Überflutung betroffen sind. Jedoch kann zum einen beeinflusst werden, ob nur die BGA Scharnebeck oder auch die chemische Fabrik Bruno Bock und ggf. ebenso die BGA Tespe überschwemmt werden. Zum anderen kann die maximale Überflutungstiefe an den Störfallbetrieben durch die Steuerung der Drosselschütze beeinflusst werden. So kann durch eine bedarfsorientierte dynamische Steuerung des Durchflusses verhindert werden, dass Bruno Bock als Betrieb der oK und die BGA Tespe von Überflutungen betroffen sind. Gleichzeitig kann der Wasserstand an der BGA Scharnebeck jedoch unter das Niveau bei geschlossenen Drosselschützen gesenkt werden. So werden einerseits Schutzmaßnahmen vereinfacht, andererseits wird dabei der Einstau an der BGA Scharnebeck zeitlich verkürzt, da ein Abfluss über die Düker des ESKs stattfinden kann (Tabelle 8).

Ohne eine Veränderung an den Drosselschützen im Rahmen der Gefahrenabwehr oder des Katastrophenschutzes sind diese vollständig geöffnet. Somit resultiert die großflächigste Überschwemmung in der Elbmarsch mit maximalen Wassertiefen zwischen 2 m und 2,5 m zu beiden Seiten des ESKs. Durch diese großflächige Überflutung sind insgesamt 14.420 Einwohner und ein Schadenspotenzial von 2,3 Mrd. € betroffen. Außerdem werden sämtliche Verkehrswege und alle drei Störfallbetriebe der Elbmarsch überschwemmt. Des Weiteren führen beide Hochspannungsfreileitungen durch überflutetes Gebiet. Diese Werte sind die höchsten unter den vier Varianten. Das andere Extrem bildet die Variante mit vollständig geschlossenen Drosselschützen. Bei dieser treten keine Überschwemmungen in der gesamten westlichen Elbmarsch auf. Allerdings werden die Gebiete östlich des ESK mit einer Tiefe von bis zu 3,8 m überschwemmt. Mit 10.022 betroffenen Einwohnern, einem Schadenspotenzial von 1,25 Mrd. €, Überschwemmungen der BGA Scharnebeck sowie der Verkehrs- und Energieinfrastruktur in der östlichen Elbmarsch ist die Menge der betroffenen Schutzgüter in dieser Variante am geringsten. Die Anzahl der betroffenen Personen liegt bei gut zwei Dritteln der vollständig geöffneten Variante und im Vergleich zu dieser ist das betroffene Schadenspotenzial fast halbiert. Allerdings erzeugt diese Variante das Problem, dass außer einem geringen Rückfluss durch den Deichbruch in die Elbe kein Abfluss aus der östlichen Elbmarsch stattfindet, wodurch diese eingestaut bleibt. Um die Vorteile der geschlossenen Variante zu nutzen, aber einen Abfluss aus den östlich des ESKs gelegenen Gebieten zu gewährleisten, können die Drosselschütze zur gezielten Steuerung des Durchflusses eingesetzt werden. Dabei wird deutlich, dass insbesondere am Neetzedüker, aber auch am Schnedegrabendüker eine starke Drosselung erforderlich ist, damit die überschwemmten Bereiche westlich des ESKs deutlich kleiner werden. So zeigt die Variante mit der statischen Drosselung des Durchflusses nur geringe Verbesserungen gegenüber der vollständig geöffneten Variante. Im Vergleich ist die Anzahl der betroffenen Einwohner mit 14.420 gleich und auch die betroffenen Schadenspotenziale liegen mit 2,27 Mrd. € nur knapp darunter. Durch die Verschiebung der Überflutungshöhen zu maximal 3,1 m in der östlichen Elbmarsch

und nur bis zu 1,3 m westlich des ESKs wird allerdings bei der betroffenen Infrastruktur eine Veränderung deutlich. So sind mit der L217 und Teilen der B209 mehr Verkehrswege verfügbar. Außerdem ist mit der BGA Tespe ein Störfallbetrieb weniger durch die Überschwemmungen betroffen. Mit einer bedarfsorientierten Steuerung der Drosselschütze, wie in der Variante mit dynamischer Drosselung des Durchflusses dargestellt, können die negative Einflüsse auf die Schutzgüter in der westlichen Elbmarsch weitgehend reduziert werden, ohne dass ein Abfluss aus der östlichen Elbmarsch ausbleibt. Eine Optimierung der simulierten Variante ist dabei durch die Einbeziehung weiterer Regelungsfaktoren möglich. Um den Vergleich der betroffenen Schutzgüter bei den vier verschiedenen Simulationen zu veranschaulichen, werden in Tabelle 8 die relevanten Faktoren nach Varianten sortiert dargestellt. Dabei wird deutlich, dass der Einsatz der Drosselschütze zur Eindämmung einer Überschwemmung in der Elbmarsch durch eine Überlastung der Elbedeiche zwischen Bleckede und Artlenburg bei einem Extremhochwasser der Elbe sinnvoll ist. Außerdem zeigen die Ergebnisse, dass bei Gewährleistung einer Abflussmöglichkeit über die Düker aus der östlichen Elbmarsch die dynamische Drosselung mit bedarfsorientierter Steuerung der Drosselschütze die geringste Anzahl an Schutzgütern betrifft. Neben dem mechanischen Schaden gilt dies auch die von chemischer Belastung aus dem Wasser der Überschwemmungen betroffenen Flächen.

Tabelle 8: Übersicht der betroffenen Schutzgüter und relevanten Parameter

	Geöffnete Drosselschütze	Geschlossene Drosselschütze	Statisch gedrosselter Durchfluss	Dynamisch gedrosselter Durchfluss
<b>Einwohner</b>	14.420	10.022	14.420	10.022
<b>Einwohner</b> östlich/westlich	4.822/9.598	10.022/0	4.822/9.598	10.022/0
<b>Überflutete Fläche</b>	205 km <sup>2</sup>	111,5 km <sup>2</sup>	202,5 km <sup>2</sup>	142 km <sup>2</sup>
<b>Schadenspotenzial</b> (überschwemmtes Gebiet)	2,3 Mrd. €	1,25 Mrd. €	2,27 Mrd. €	1,59 Mrd. €
<b>Schadenspotenzial</b> (überschwemmtes Gebiet) östlich/westlich	1,08 Mrd. €/ 1,22 Mrd. €	1,25 Mrd. €/ 0 €	1,17 Mrd. €/ 1,10 Mrd. €	1,23 Mrd. €/ 0,36 Mrd. €
<b>Max. Wassertiefe</b> östlich/westlich	2,4 m/2,2 m	3,8 m/0 m	3,1 m/1,3 m	3,7 m/0 m
<b>Bundesstraßen</b>	2	1	2	1
<b>Landstraßen</b>	2	1	1	1
<b>Überregionale Bahnstrecken</b>	1	1	1	1
<b>Betriebliche Bahnstrecken</b>	1	0	1	1
<b>Hochspannungsfreileitungen</b>	2	1	2	2
<b>Störfallbetriebe uK</b>	2	1	1	1
<b>Störfallbetriebe oK</b>	1	0	1	0
<b>Abfluss</b>	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Möglich

## 7.2 Hydrologische Warnstufen

Für die Integration der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs in die Maßnahmen der Gefahrenabwehr bzw. des Katastrophenschutzes können hydrologische Warnstufen eine Grundlage für deren Verwendung bilden. Dabei können hydrologische Warnstufen an der Elbe das Risiko für einen Deichbruch in dem Abschnitt zwischen Bleckede und Artlenburg verdeutlichen und somit eine längere Vorlaufzeit für die Einrichtung der Steuerung für die Drosselschütze ermöglichen. Zur Vermeidung doppelter Strukturen ist eine Bündelung der erforderlichen hydrologischen Warnstufen mit vorhandenen Melde- und Alarmstufen sinnvoll. Deshalb werden die hydrologischen Warnstufen mit den Alarmstufen der DVO für das Gebiet des ADV im Landkreis Lüneburg verknüpft. Die erste hydrologische Warnstufe ist an die dritte Alarmstufe bei Wasserständen von 10,85 m am Pegel Bleckede bzw. 8,40 m am Pegel Hohnstorf gekoppelt (§ 3 DVO Landkreis Lüneburg ADV). Ist der Scheitel der Hochwasserwelle an dieser Stelle noch nicht erreicht und es werden steigende Wasserstände erwartet, so sollte der Landkreis Lüneburg zu diesem Zeitpunkt Kontakt zum Personal des Außenbezirks des WSA MLK/ESK aufnehmen, welches bei diesem Wasserstand bereits vor Ort die Kontrolle der Dammbauwerke des ESKs vornimmt. Die Kontaktaufnahme kann entweder über das WSA MLK/ESK in Uelzen oder direkt erfolgen, wobei dieses jedoch in Kenntnis über die Kontaktaufnahme gesetzt werden sollte. Mit Erreichen der zweiten hydrologischen Warnstufe, welche der vierten Alarmstufe bei 11,05 m am Pegel Bleckede bzw. 8,80 m am Pegel Hohnstorf entspricht, wird spätestens der Katastrophenfall ausgerufen (§ 3 DVO Landkreis Lüneburg ADV). Ab diesem Moment obliegt die Einsatzleitung dem Landkreis Lüneburg. Somit sollte dieser die Vorbereitung für die Steuerung der Drosselschütze anweisen. Dazu gehört explizit die Bereitstellung der mobilen Stromversorgung für die elektrische Bedienung der Drosselschütze sowie die Information und Sicherstellung der Verfügbarkeit des qualifizierten Personals. Mit Erreichen des Bemessungswasserstands von 12,07 m am Pegel Bleckede und 9,87 m am Pegel Hohnstorf (Promny et al., 2015, S. 175 f.) ist die dritte hydrologische Warnstufe erreicht. Ab dieser sollte die sofortige Einsatzbereitschaft des qualifizierten Personals mit der erforderlichen Ausrüstung, wie der mobilen Stromversorgung, am ESK-Damm sichergestellt werden, damit im Falle eines Deichbruches eine frühzeitige Anpassung des Durchflussquerschnitts an den Dükern möglich ist.

Neben der Verwendung als Kriterium für die Vorbereitung des Einsatzes der Drosselschütze, können hydrologische Warnstufen an anderer Stelle auch für die bedarfsorientierte Steuerung des Durchflusses genutzt werden. Da es an den drei betrachteten Vorflutern in der Elbmarsch keine Bezugspegel gibt (Gauglitz, E-Mail, 2023), welche sinnvoll für die Steuerung der Drosselschütze eingesetzt werden können, sollten zu diesem Zweck Beobachtungspunkte gewählt werden, an welchen die Erreichung des Steuerungsziels sichtbar wird. Gleichzeitig sollte eine zeitnahe Steuerung auf Basis von hydrologischen Warnstufen an diesen Punkten möglich sein. Ein Beispiel für solche

Beobachtungspunkte ist in der Simulationsvariante mit dynamisch gedrosseltem Durchfluss angewendet. Hier werden an jedem der Hauptvorfluter die ersten potenziell betroffenen geschlossenen Ortschaften als Beobachtungspunkte gewählt. In dieser Variante wird als Steuerungsziel gesetzt, dass der Schaden in der westlichen Elbmarsch möglichst gering gehalten werden soll. Da in der realen Umsetzung eine Messung des Wasserstands oder des Abflusses an diesen Beobachtungspunkten mit einem deutlich erhöhten Aufwand verbunden ist und bei einem Deichbruch nicht sicher gewährleistet werden kann, eignet sich für die hydrologischen Warnstufen der Einsatz von Überschwemmungscharakteristika. Da eine Einstufung auf Basis des Überschwemmungsausmaßes bereits bei den niedersächsischen Hochwassermeldestufen existiert, eignet sich die Anlehnung der hydrologischen Stufen für die bedarfsorientierte Steuerung der Drosselschütze an diese. Wird vorausgesetzt, dass die festgelegten Beobachtungspunkte vor einer Überschwemmung geschützt werden sollen, so muss einerseits eine Überflutung dieser ausgeschlossen werden. Gleichzeitig ist der maximale schadensfreie Abfluss erstrebenswert. Ein bordvoller Abfluss führt zu keinen Schäden an den umliegenden Schutzgütern. Aus diesem Grund kann das Erreichen des bordvollen Abflusses am Beobachtungspunkt unterhalb des Dükers als erste hydrologische Warnstufe verwendet werden. Wird dieser mit steigender Tendenz erreicht, sollte der Abfluss durch den Düker vermindert werden. Die zweite hydrologische Warnstufe ist somit das Ausuferndes Gewässers am Beobachtungspunkt auf unbebaute Flächen. Hier ist eine Minderung des Durchflusses erforderlich, sofern kein deutlich sinkender Trend zu erkennen ist. Ein sofortiger temporärer Verschluss des Dükers mit den Drosselschützen ist erforderlich, wenn am Beobachtungspunkt das bebaute Gebiet von den Überschwemmungen erreicht wird. Dies stellt die dritte hydrologische Warnstufe dar. Bei dieser wird vorübergehend das Schutzziel, welches der Steuerung der Drosselschütze zugrunde liegt, verfehlt. Eine Alternative zu der Orientierung an den Beschreibungen für die niedersächsischen Hochwassermeldestufen stellt die Festlegung bestimmter Steuerungswasserstände an geeigneten Beobachtungspunkten dar. Die Ermittlung dieser Wasserstände kann modellbasiert erfolgen. Für die Anwendung ist jedoch die Einrichtung von Pegeln erforderlich, welche bei einem Deichbruch einsetzbar sind. Denkbar sind hier Messungen nahe der Auslaufbauwerke, da so die Steuerung der Drosselschütze auf Basis der Daten erleichtert wird und die Zeitverluste durch die Informationsweitergabe sowie die verzögerte Wirkung einer Einstellungsänderung auf den Beobachtungspunkt verkürzt werden können.

### 7.3 Vorbereitung einer Meldekette

Bei der Steuerung der Drosselschütze im Rahmen der Gefahrenabwehr bzw. des Katastrophenschutzes bei einem Deichbruch an der Elbe zwischen Bleckede und Artlenburg sind von der Schadenslage grundsätzlich mehrere Gemeinden betroffen. Dies resultiert bereits aus der Lage der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs und der potenziell von einem Deichbruch betroffenen Elbedeiche in unterschiedlichen Gemeinden. Darüber hinaus werden durch den kompletten oder anteiligen

Verschluss der Drosselschütze bei einem Deichbruch in der östlichen Elbmarsch insbesondere die Gebiete westlich des ESKs vor großflächigen Überschwemmungen geschützt. Aus diesem Grund muss davon ausgegangen werden, dass wegen der Gemeindegrenzen übergreifenden Auswirkungen eines Deichbruches und der damit einhergehenden Steuerung der Drosselschütze zu diesem Zeitpunkt der Katastrophenfall ausgerufen oder zumindest ein Katastrophenvoralarm erfolgt ist. Durch diese Gegebenheit ist der Landkreis Lüneburg mit der Einsatzleitung betraut oder steht bereits in Kontakt zu dieser. Besteht ein erhöhtes Risiko für einen Deichbruch, ist das Ausrufen des Katastrophenfalls unumgänglich, da dieses Szenario über die Deichverteidigungsmöglichkeiten der betroffenen Gemeinden und des ADVs zum Schutz der Bevölkerung hinaus geht (§ 5 Abs. 5 DVO Landkreis Lüneburg ADV). Eine umfassende Entscheidung wie der Einsatz der Drosselschütze kann nicht von der Einsatzleitung einer Gemeinde getroffen werden. Deshalb sollte die Anweisung zu deren Steuerung durch den Landkreis Lüneburg erfolgen. Dabei sollte der ebenfalls durch den Einsatz der Drosselschütze betroffene Landkreis Harburg zumindest bei der Vorbereitung des Einsatzkonzeptes einbezogen und über die Anweisung zur Steuerung informiert werden. Auch die betroffenen Gemeinden sollten sowohl in die vorbereitende Planung zum Einsatz der Drosselschütze eingebunden als auch über den Einsatz unterrichtet werden. Die eigentliche Steuerung sollte auf Basis dieser Vorbereitungen in einem Sonderplan des Katastrophenschutzplans festgeschrieben sein. Die Anordnung der Steuerung der Drosselschütze sollte somit über den Katastrophenschutzstab des Landkreises Lüneburg unter Leitung des Landrats als Einsatzleiter erfolgen (Sachse, E-Mail, 2023). Der Entscheidung kann eine Rücksprache mit Fachberatern für den Hochwasserschutz sowie mit der WSA Außenstelle Uelzen zugrunde liegen (Pape, E-Mail, 2023; Sachse, E-Mail, 2023). Für die Umsetzung sind die Mitarbeiter des Außenbezirks der WSA MLK/ESK zuständig. Diese sind ab einer Wasserspiegellage von 6,5 m NN für die Kontrolle der Dammbauwerke des ESKs vor Ort. Die Bedienung der Drosselschütze kann entweder direkt durch die Mitarbeiter erfolgen oder wird von diesen organisiert und durch Personal des Bauhofes Scharnebeck umgesetzt (Pape, E-Mail, 2023).

Somit trifft der Katastrophenstab des Landkreises Lüneburg die Entscheidung zum Einsatz der Drosselschütze bei einem Deichbruch in der östlichen Elbmarsch auf Basis eines zuvor erstellten Sonderplans. Als Einsatzleiter ordnet der Landrat diesen Einsatz an. Diese Anordnung richtet sich an die zuständigen Mitarbeiter des WSA MLK/ESK-Außenbezirkes Uelzen, welche für die Überwachung der ESK-Dämme und die Schließung des Hochwassersperrtors in Artlenburg bei Hochwasser vor Ort sind. Über diesen Beschluss müssen die betroffenen Gemeinden in der Elbmarsch, der Landkreis Harburg, die Außenstelle der WSA in Uelzen sowie weitere Akteure, wie die TELs und die Polizei, informiert werden. Wenn keine direkten Kontaktdaten der Mitarbeiter des Außenbezirks vorliegen, kann als Notlösung die Anordnung durch die WSA Außenstelle Uelzen übermittelt werden. Sind im zuvor erstellten Sonderplan Beobachtungspunkte mit hydrologischen Warnstufen für eine bedarfsorientierte Steuerung der Drosselschütze festgelegt, muss deren Überwachung mit angeordnet

werden. Für die Gemeinden der östlichen Elbmarsch kann aus der Information über den Einsatz der Drosselschütze das Erfordernis weiterer Maßnahmen, wie z. B. die Evakuierung bestimmter Gebiete, erfolgen. Diese Maßnahmen sollten auch im Sonderplan enthalten sein. Der Ablauf der Meldekette ist in Abbildung 36 dargestellt. Diese Meldekette sollte im Rahmen der Erarbeitung des Sonderplans angepasst und um Kontaktdaten ergänzt werden.

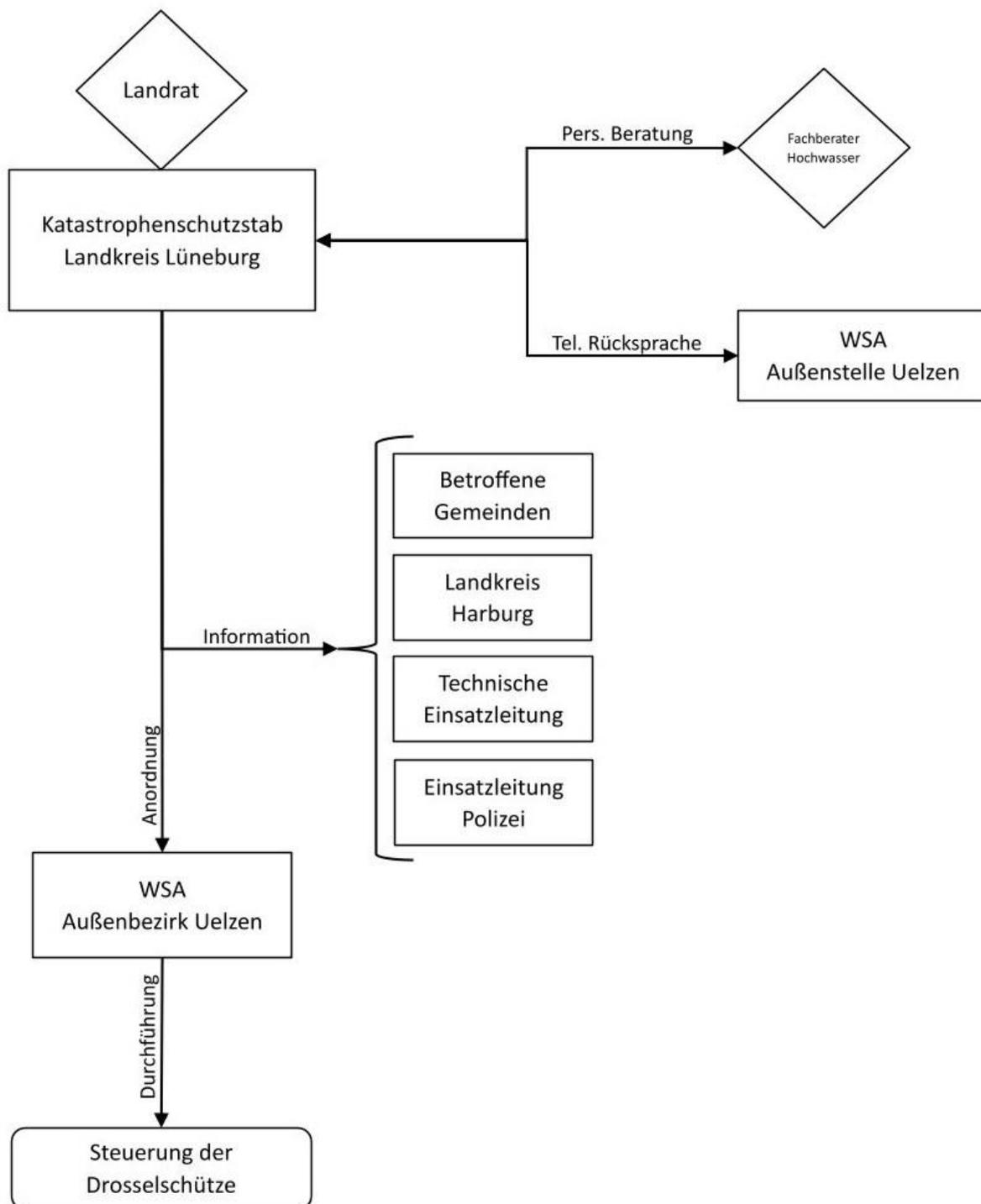


Abbildung 36: Meldekette zur Steuerung der Drosselschütze (Brößler, eigene Abbildung, 2023)

## 7.4 Handlungsempfehlungen

Auf Basis der Simulationen eines Deichbruches in der Elbmarsch mit verschiedenen Steuerungsvarianten der Drosselschütze an den Düchern des ESKs sowie dem Überblick über den aktuellen Hochwasserschutz in der Elbmarsch können mehrere Handlungsempfehlungen entwickelt werden. Ein Teil dieser Empfehlungen ist bereits in die hydrologischen Warnstufen und die Vorbereitung einer Meldekette eingeflossen. Die Handlungsempfehlungen unterteilen sich dabei in drei Bereiche mit unterschiedlicher Ausrichtung. Zunächst sind Empfehlungen zum Einsatz der Drosselschütze aufgeführt, es folgen weiterführende Maßnahmen in der Elbmarsch, welche nur indirekt im Zusammenhang mit den Drosselschütze stehen, jedoch im Rahmen der Untersuchungen aufgefallen sind. Abschließend werden ergänzende und aufbauende Untersuchungen empfohlen, welche aus zeitlichen Gründen oder in Ermangelung der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten im Rahmen dieser Bachelorarbeit nicht betrachtet werden konnten. Einige dieser Empfehlungen der ersten zwei Bereiche sind außerdem mit den weiterführenden Untersuchungen verknüpft.

Für den Einsatz der Drosselschütze sollte durch den Landkreis Lüneburg unter Beteiligung aller betroffenen Akteure ein Sonderplan für die Verwendung der Drosselschütze entwickelt werden. Alternativ können die relevanten Informationen auch in einen Sonderplan für den Bereich Hochwasser oder Deichbruch integriert werden. Dies kann im Rahmen der baldigen Aufstellung eines solchen im Landkreis Lüneburg erfolgen (Westermann, E-Mail, 2023). An der Erstellung sollten insbesondere die Gemeinden der Elbmarsch und das WSA MLK/ESK beteiligt werden. In diesem Sonderplan sollten die Steuerungsziele festgeschrieben werden. Außerdem muss der Plan die Zuständigkeiten regeln und eine Meldekette enthalten. Die hydrologischen Warnstufen, auf denen die Vorbereitung und der Einsatz der Drosselschütze basiert, sind weitere Bestandteile eines solchen Plans. Genauso gehören Details zur Steuerung, darunter etwaige Beobachtungspunkte und die Zuständigkeit für die Überwachung der hydrologischen Warnstufen an diesen, in den Sonderplan. Die Meldekette und die hydrologischen Warnstufen können sich an den Kapiteln 7.2 und 7.3 orientieren. Für eine bedarfsorientierte Steuerung kann ein mögliches Ziel sein, dass in der östlichen Elbmarsch die Wasserspiegellage ausreichend gering ist, dass die Stadt Bleckede nicht erreicht wird, gleichzeitig jedoch in der westlichen Elbmarsch Überflutungen von Ortschaften, der KRITIS sowie der Störfallbetriebe, insbesondere der Firma Bruno Bock, vermieden werden. Bei einem temporären Komplettverschluss der Düker sollte der kontrollierte Abfluss aus der östlichen Elbmarsch möglichst frühzeitig ermöglicht werden. Die Kombination aus einem Komplettverschluss der Drosselschütze über den Zeitraum des Hochwassers und eine bedarfsorientierte Steuerung der Drosselschütze zur Gewährleistung eines kontrollierten Abflusses aus der östlichen Elbmarsch ist dabei denkbar. Der WSA Außenbezirk Uelzen sollte sicherstellen, dass der Einsatz der Drosselschütze bei Bedarf entsprechend des Sonderplans durchgeführt werden kann. Dazu muss die Einsatzbereitschaft der

personellen und materiellen Ressourcen für die Bedienung der Drosselschütze gewährleistet werden. Für die Bedienung der Drosselschütze kann zudem eine Dienstweisung erstellt werden. Außerdem fällt darunter die Unterhaltung der Drosselschütze, damit diese in einwandfreiem Zustand und einsatzbereit sind. Um einen Funktionsnachweis zu erbringen, empfehlen sich regelmäßige Funktionskontrollen. Diese gewährleisten auch die Übung in der Steuerung der Drosselschütze. Es bietet sich an den Probetrieb für den Funktionsnachweis im Rahmen der gemäß § 18 NDG zweimal jährlich vorgeschriebenen Deichsauen durchzuführen. Des Weiteren ist der Bewachungsbedarf gegenüber Missbrauch und Sabotage der Drosselschütze bei deren bestimmungsgemäßen Einsatz zu prüfen und ggf. ein Bewachungskonzept zu erstellen. Für diese Maßnahmen sollte die Polizei hinzugezogen werden.

Erste Anregungen für weiterführende Maßnahmen können aus der technischen Unterlage Dambruch für die Gefahrenabwehr am ESK adaptiert werden. Die darin vorliegenden Gefährdungspunkte und Handlungsanweisungen betreffen ebenfalls Überschwemmungsszenarien in der Elbmarsch. Insbesondere für solche in der östlichen Elbmarsch sind einige erforderliche Maßnahmen vergleichbar. In diesem Zuge kann die technische Unterlage aktualisiert und im Katastrophenschutzplan vermerkt werden. Dies sollte in Zusammenarbeit des Landkreises Lüneburg und des WSA MLK/ESK erfolgen. Eine Reihe an zusätzlichen Maßnahmen sollte dabei neben dem Verschluss des Deichbruches erfolgen und im Rahmen der Katastrophenschutzplanung des Landkreises Lüneburg für eine Überschwemmung der Elbmarsch berücksichtigt werden. Diese umfassen u. a. die Evakuierung der betroffenen Gebiete. Für diese sollten zuvor durch den Landkreis Lüneburg in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Gemeinden Evakuierungspläne erstellt werden, die bei einem Deichbruchszenario aufeinander abgestimmt sind. Dies betrifft bei Einsatz der Drosselschütze vor allem die Ortschaften der östlichen Elbmarsch sowie die Ortslage Fischhausen und den Campingplatz Reihersee westlich des ESKs, da dort Überschwemmungen kaum vermieden werden können. Ortschaften, die durch die Steuerung der Drosselschütze nur von geringen Überflutungshöhen betroffen sind, können frühzeitig geschützt werden. Für die Evakuierungen sollten die Zuständigkeiten und Zeitpunkte in einem Evakuierungsplan festgelegt werden. Bei den Maßnahmen vor den Überschwemmungen in der Elbmarsch sollten darüber hinaus die landwirtschaftliche und private Tierhaltung berücksichtigt werden. Hier kann ein Ansprechpartner die Landwirtschaftskammer oder die Tierseuchenkasse sein. Um frühzeitig Evakuierungswege sowie die erforderlichen Routen für die Einsatzkräfte sicherzustellen und weitere betroffene Personen im Überflutungsgebiet zu vermeiden sollten frühzeitig die relevanten Verkehrswege gesperrt, Umleitungen eingerichtet und Verkehrsströme, z. B. durch fluchtartiges Verlassen des Gebiets oder Katastrophentourismus, koordiniert werden. Dies betrifft die zuvor betrachteten Straßen B209, B404, L217 und L219. Außerdem sollte in Erwägung gezogen werden die Autobahn GmbH als Betreiber der A39 zu informieren. Ebenfalls informiert werden sollten die Betreiber der Bahnstrecken, die DB und die

SInON. Die DB-Strecke von Lüneburg nach Lauenburg kann unter Umständen in Absprache mit der DB zur Evakuierung genutzt werden. In der westlichen Elbmarsch sollte, sofern möglich, die Durchgängigkeit der B209 und B404 für logistische Einsatzfahrten gewährleistet werden. Auch die Betreiber aus dem Energiesektor, insbesondere der Hochspannungsfreileitungen sowie den produzierenden Anlagen, wie der WKAs sollten benachrichtigt werden. Diese sollten entsprechend der Erfordernissen Abschaltungen vornehmen. Für die Betriebe des Energiesektors und weitere Industrieanlagen sollte durch die Landkreise Lüneburg und Harburg überprüft werden, inwiefern diese Standorte in der Elbmarsch haben. Dies gilt z. B. für die Propan-G, welche in den Hochwasserrisikokarten am Standort von Bruno Bock verortet ist, jedoch in weiteren Betrachtungen von Störfallbetrieben in Risikogebieten nicht genannt wird. Relevante Anlagen wie die Störfallbetriebe sollten in den Zuständigkeitsgebieten des jeweiligen Landkreises informiert und bei Bedarf zuvor bei der Erstellung von Notfallplänen unterstützt werden. Letzteres gilt insbesondere für die BGA Scharnebeck, welche bei einem Deichbruch in der östlichen Elbmarsch in allen Varianten von der Überschwemmung betroffen ist. In Hinblick auf den Ausbau der erneuerbaren Energien ist die Berücksichtigung einer möglichen Überflutung der Elbmarsch bei der Raumordnungsplanung der Landkreise sowie der Genehmigung neuer Solaranlagen, WKAs und BGAs sinnvoll. Abschließend sollten die Möglichkeiten zum Einsatz bestehender Polderflächen für ein Deichbruchszenario überprüft werden. Außerdem sollte der Ilmenauverband für den Fall einer Überflutung der Elbmarsch einen Plan für die Steuerung der Schöpfwerke und Siele entwickeln, in dem die maximale Abflussleistung aus der Elbmarsch untersucht wird und die Steuerung in einem Überschwemmungsszenario geregelt wird. Dabei sollte insbesondere die automatische sielabhängige Steuerung des Schöpfwerks Laßrönne und die Einsatzfähigkeit des Schöpfwerks Echem betrachtet werden.

Weiterführende Untersuchungen können sich zum einen auf spezielle Schutzgüter und zum anderen auf detailliertere oder ergänzende hydraulische Betrachtungen beziehen. Bei der Betrachtung von Schutzgütern ist eine Untersuchung der Auswirkungen einer Überflutung der Elbmarsch auf einzelne KRITIS sinnvoll. Als Beispiel dient hier die in Kapitel 3.5.3 erwähnte separate Analyse der Auswirkungen einer Überschwemmung in der Elbmarsch auf den KRITIS-Sektor Informationstechnik und Telekommunikation. Darunter fällt auch die Untersuchung spezieller Anlagen, wie bspw. die statischen Berechnungen der vorhandenen WKAs. In diesen Bereichen kann es sinnvoll sein, die jeweiligen Betreiber zu involvieren. Des Weiteren sollte eine detailliertere Betrachtung der potenziellen Schäden sowie der betroffenen Personen durchgeführt werden. Dabei sollten die eigentlichen potenziellen Schäden nach Überflutungshöhe anstatt der Schadenspotenziale verglichen werden. Außerdem können in diesem Zuge Angaben zur landwirtschaftlichen und privaten Tierhaltung einbezogen werden. Für die betroffenen Personen sollte eine kleinräumigere Betrachtung erfolgen, als sie in dieser Ausarbeitung angesetzt wurde. Mit weiteren hydraulischen Untersuchungen können die Steuerungsziele für die Drosselschütze festgelegt und geeignete Beobachtungspunkte für die

Steuerung gewählt werden. Diese können als Grundlage für den Sonderplan und den Evakuierungsplan dienen. Außerdem ist es sinnvoll eine Untersuchung des finalen Abflusses aus der Elbmarsch durchzuführen. Zuletzt ist eine separate Untersuchung des Einsatzes der Drosselschütze bei einer Überflutung der Elbmarsch durch einen Deichbruch im Sturmflutfall von der westlichen Seite des ESKs in die östliche Elbmarsch erforderlich. Hydraulische Untersuchungen dieser Art können möglicherweise mit weiteren Betrachtungen verknüpft werden. Solche Potenziale können in Rücksprache mit dem NLWKN ermittelt werden.

Bei einigen Maßnahmen ist die Zuordnung einzelner Akteure eine komplexe Problemstellung. Da die Katastrophenschutzplanung um die Dükerbauwerke durch den Landkreis Lüneburg als untere Katastrophenschutzbehörde erfolgt, sollten die Handlungsempfehlungen in diesem Kontext an die zuständigen Akteure verteilt werden. Die Zuordnung über den Landkreis Lüneburg ist dabei sinnvoll, damit sichergestellt wird, dass sämtliche erforderliche Aufgaben umgesetzt, jedoch keine Arbeiten doppelt durchgeführt werden. Außerdem wird so gewährleistet, dass alle verfügbaren Informationen und durchgeführten Vorsorgemaßnahmen im Katastrophenfall der Einsatzleitung vorliegen und, sofern erforderlich, Verwendung finden.

## 8 Reflexion

Für einen ersten Überblick zur Nutzung der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs sowie deren Einsatzmöglichkeiten kann die theoretische Ausarbeitung, die Modellierung und deren Auswertung als erfolgreich angesehen werden. Dabei stellt die hydraulische Modellierung ein geeignetes Mittel für die Untersuchung und Darstellung der Wirkweise der Drosselschütze dar. Bei der theoretischen Auseinandersetzung mit dem Standort konnte eine umfassende Übersicht über die Elbmarsch und ihre Besonderheiten zusammengestellt werden. In dieser wurden die relevanten Informationen zum Hochwasserschutz in der Elbmarsch mit den zugehörigen Akteuren gebündelt und die Grundlagen für die hydrologische Modellierung sowie ihre Auswertung gelegt. Auf dieser Basis konnten unterschiedliche Handlungsempfehlungen für die verschiedenen Akteure ausgearbeitet werden. Allerdings wurden sowohl die Ausarbeitung als auch die Modellierung mit zugehöriger Auswertung von einer Reihe von Schwierigkeiten begleitet. Für einige dieser Probleme wurden im Rahmen der Ausarbeitung Lösungen gefunden. Darüber hinaus müssen für weitere Anwendungen aufbauende Optimierungen erfolgen.

Die erste nennenswerte Hürde ist im Rahmen der Recherche zu den bestehenden Vorsorgemaßnahmen aufgetreten. Diese wurde durch zwei Faktoren deutlich erschwert. Zum einen ist die Zuständigkeit in vielen Fragen um die Drosselschütze nicht eindeutig geregelt. Somit wurde auf Nachfrage zumeist darauf verwiesen, die Zuständigkeit läge bei einem anderen Akteur, dieser konnte jedoch nicht benannt werden. Da diese Antwort oft von allen in Frage kommenden Institutionen kam,

war teilweise eine Zuordnung von Aufgaben um die Drosselschütze sowie die Ermittlung vorhandener Anweisungen zur Bedienung nicht uneingeschränkt möglich. In vielen Fällen haben die Nachforschungen bei den verschiedenen Institutionen über den gesamten Erarbeitungszeitraum der Bachelorarbeit gereicht. Zum anderen sind viele Dokumente und Informationen der Vorsorgeplanung auch auf Nachfrage nicht zugänglich. So sind etwa die Katastrophenschutzpläne sowie die Sonderpläne in den Landkreisen Harburg und Lüneburg vertraulich zu behandeln bzw. als Verschlussache eingestuft. Dies gilt ebenfalls für den Einsatzplan Hochwasser der Stadt Bleckede sowie die Notfallpläne und weitere Informationen zur Gefahrenabwehr in einem Überschwemmungsszenario bei Bruno Bock. In die als Verschlussache eingestuften oder vertraulichen Dokumente konnte weitgehend keine Einsicht genommen werden. Darüber hinaus ist die Verwendung von vertraulichen Informationen im Rahmen der Bachelorarbeit nicht möglich. Somit war die Zusammenstellung der vorhandenen organisatorischen Vorsorgemaßnahmen im betroffenen Gebiet erschwert und die Vollständigkeit und inhaltliche Tiefe der Informationen kann nicht durchgehend gewährleistet werden.

Außerdem war eine teils unvollständige, teils widersprüchliche Informationslage zu den Standortgegebenheiten und Präventivmaßnahmen einzelner Akteure vorhanden. Ein Beispiel für solche widersprüchlichen Informationen ist die Propan-G. Diese ist in den Hochwasserrisikokarten am Standort von Bruno Bock verortet, allerdings wird eine Adresse in Uelzen angegeben. Darüber hinaus wird sie zwar als Störfallbetrieb geführt, jedoch nicht im Risikogebiet nach § 78b WHG. Letzteres spricht gegen einen Standort in der Elbmarsch. Insbesondere in Hinblick auf die Schutzgüter ist die Informationslage in der Elbmarsch lückenhaft. So konnte bspw. auf eine Schadenspotenzialanalyse für das vor Flusshochwasser geschützte Gebiet des ADVs zurückgegriffen werden, aber es waren keine Informationen zu den Schadenspotenzialen in den vor Sturmfluten geschützten Gebieten zu finden. Diese Probleme bei der Informationsbeschaffung führen dazu, dass einige Betrachtungen nicht in abschließender Tiefe durchgeführt werden konnten und einige vereinfachende Annahmen getroffen werden mussten.

Weitere Herausforderungen hat die hydraulische Modellierung mit sich gebracht. Das zugrunde gelegte Modell und die verwendete Modellsoftware sind primär für die Abflusssimulation entlang des Flussschlauches vorgesehen. Somit sind sowohl das Modell als auch Delft3D für den Verwendungszweck zur Überprüfung der Auswirkungen der Drosselschütze und ihrer Steuerung auf die Überflutungsausbreitung nach einem Deichbruch in der östlichen Elbmarsch nur bedingt geeignet. Grundsätzlich ist die Simulation des Überschwemmungsausmaßes durch einen Deichbruch mit Delft3D möglich. Insbesondere bei geringen Abflüssen, wie sie z. B. westlich der Dükerbauwerke bei der dynamisch gedrosselten Variante auftreten, verfälscht das gröbere Gitter in der Fläche das Abflussverhalten. Während die Flussschläuche der Elbe und der Ilmenau mit einem feineren Gitter versehen sind und auch die Bereiche unmittelbar um die Düker nachträglich verfeinert wurden, konnte

dies aufgrund der deutlich erhöhten Rechenzeit nicht für die gesamte Fläche erfolgen. Auswirkungen dieser gröberen Gitterstruktur sind vor allem Probleme in der Durchgängigkeit der Vorfluter sowie kleinerer Deichlinien oder Verwallungen. Bei den ersten ist der Abfluss teilweise unterbrochen, da die tiefere Lage des Gewässers nicht durchgehend vorliegt. Dies führt auch zu kleineren Überflutungen entlang der Vorfluter. Unterbrechungen der Höhenlage in Schutzdeichen oder Verwallungen führen zu kleinräumigen Überflutungen in diesen Bereichen. Je größer die Überschwemmungshöhe und die Abflüsse über das Gebiet, desto geringer sind diese Probleme, da die betroffenen Strukturen weniger Einfluss auf das Abflussgeschehen haben. Mit der ersten Annahme eines Extremhochwassers gab es das Problem, dass es zu einer Überströmung der gesamten Elbedeiche und der ESK-Dämme sowie zu einem Rückstau an den Modellgrenzen zu Schleswig-Holstein und Hamburg kam. Durch die in Kapitel 5.2 erläuterte Plausibilitätsüberprüfung des Extremhochwassers und die damit einhergehende Anpassung des Modellhochwassers konnte dieses Problem jedoch behoben werden. Durch kleine Verfeinerungen des Gitters entlang der Neetze und des Hauptkanals Ilau-Schneegraben für die dynamisch gedrosselte Variante kann nicht das identische Gitter für alle vier Simulationsläufe gewährleistet werden. Allerdings liegen die gleichen Höhendaten zugrunde und die Auswirkungen dieser Verfeinerung treten nur bei besonders niedrigen Abflüssen in der westlichen Elbmarsch auf, wie sie nur bei dieser Variante gegeben sind. Der Simulationslauf der dynamisch gedrosselten Variante mit dem ursprünglichen Gitter wurde durch Serverprobleme bei der Erstellung beschädigt, weshalb keine Ergebnisdateien zu diesem vorlagen. Da aus zeitlichen Gründen die Berechnung der übrigen Varianten mit dem neuen Gitter nicht möglich war, wird diese kleine Abweichung zwischen den Simulationsläufen als tolerabel angesehen.

Die verwendete Version von Delft3D ist insbesondere bei der Erstellung einiger Bauwerke nur eingeschränkt geeignet bzw. erfordert gravierende Vereinfachungen. Ein besonderes Ausmaß an Vereinfachungen war bei den Dükerbauwerken nötig. Diese konnten nicht als Leitungen mit bestimmter Länge, sondern ausschließlich als Öffnungen erstellt werden. Außerdem war aufgrund der Grobheit des Gitters nur eine Öffnung pro Düker möglich. Durch diese Vereinfachungen muss davon ausgegangen werden, dass der Abfluss durch die Düker im Modell systematisch höher ist als in der Realität unter den gleichen Ausgangsbedingungen. Des Weiteren ist der Deichbruch stark vereinfacht. Dies ist besonders der Vielzahl von Faktoren geschuldet, welche Einfluss auf die Entstehung und das Ausmaß eines Deichbruches haben. Einer dieser Faktoren, der nicht betrachtet wurde, sind die Maßnahmen der Gefahrenabwehr und des Katastrophenschutzes bei einem Deichbruch, da für diesen Fall wenig Erfahrungswerte und Daten vorliegen. Da der Deichbruch jedoch als identische Ausgangsbedingung vorliegt, haben diese Vereinfachungen keinen Einfluss auf die Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten.

Aufgrund der langen Rechenzeiten von mehreren Tagen bis über eine Woche pro Simulationslauf war es nur in besonders gravierenden Fällen möglich Fehler oder Unstimmigkeiten zu beheben und den Lauf zu wiederholen. So sind bei der Steuerung untergeordneter Bauwerke wie der Schöpfwerke vereinzelte Steuerungsprobleme oder temporäre Ausfälle zu verzeichnen. Diese haben jedoch keine gravierenden Auswirkungen auf die Modellergebnisse. Außerdem war eine Optimierung der dynamischen Steuerung aus zeitlichen Gründen im Rahmen dieser Bachelorarbeit nicht möglich. Hier könnte die Wahl der Regelungspunkte optimiert werden, sodass neben den westlichen auch östlich gelegene Steuerungsfaktoren berücksichtigt werden. Insgesamt ist die Untersuchung der Auswirkungen der Drosselschütze auf Überschwemmungsszenarien in der Elbmarsch mit dieser Untersuchung eines beispielhaften Deichbruches bei einem Hochwasser der Elbe nicht abgeschlossen. Dazu wären aufbauende und ergänzende Untersuchungen nötig. Auf diese wird jedoch bereits in den Handlungsempfehlungen eingegangen.

Durch die Größe des betrachteten Gebiets und die strukturelle Vielfalt waren im Rahmen der Auswertung Vereinfachungen unumgänglich. Einige dieser Vereinfachungen ermöglichen zwar die Durchführung der Untersuchungen im Rahmen einer Bachelorarbeit, haben aber in einem gewissen Maß Auswirkungen auf die Ergebnisse. Aufgrund der geringen Differenzierung führt die Auswertung der betroffenen Einwohner nach Gemeinden bei einem unterschiedlichen Überschwemmungsausmaß bei den vollständig geöffneten Drosselschützen und dem statisch gedrosselten Durchfluss zu dem gleichen Ergebnis. Dies ist darauf zurückzuführen, dass nur ein Beobachtungspunkt pro Gemeinde betrachtet ist. Eine Überflutung einzelner Ortslagen oder anteilig betroffener Orte wird somit nicht dargestellt. Ein weiteres Problem stellen die Gemeinden dar, bei denen der Hauptort nicht in der Elbmarsch, sondern im höheren Gelände der Geest liegt. Als Beispiel dient hier die Gemeinde Neetze, deren Hauptort außerhalb des betrachteten Gebiets liegt. Die potenziell betroffenen Einwohner des Gemeindegebiets sind durch das Zusammenfassen der Gemeinde in keiner Variante erfasst. Dies betrifft allerdings nur Gemeinden mit einer geringen Anzahl potenziell betroffener Einwohner. Durch die Betrachtung der Einwohnerzahlen auf Gemeindeebene wurden Einrichtungen mit besonderem Evakuierungsbedarf, wie z. B. Altenheime, nicht berücksichtigt. Dies sollte für die Einsatzplanung jedoch erfolgen. Einzig Krankenhäuser konnten für die Elbmarsch im Rahmen der KRITIS-Betrachtung ausgeschlossen werden.

Auch bei der Betrachtung der Schadenspotenziale in der Elbmarsch mussten Vereinfachungen vorgenommen werden. Für eine differenzierte Analyse der Schadenspotenziale lagen für die Elbmarsch nicht ausreichend Daten vor. Aufgrund der Größe des Gebiets und der vielfältigen und kleinräumig verschiedenen Nutzungsarten wurde das durchschnittliche Schadenspotenzial der Fläche verwendet. Durch dieses Vorgehen konnte jedoch keine Aussage über die resultierenden Schäden aufgrund der Nutzungsart des überfluteten Gebiets gemacht werden. Eine Aussage über die

potenzielle Schadenshöhe ist darüber hinaus aufgrund der Verwendung des Schadenspotenzials des betroffenen Gebiets ohne Berücksichtigung der Überflutungshöhe nicht möglich. Durch fehlende Kenntnisse über die Zusammensetzung der Schadenspotenziale in den einzelnen Gebieten sowie der Schadensentwicklung an den Schadenspotenzialen in Abhängigkeit von der Überflutungshöhe konnten zu den potenziellen Schäden keine belastbaren Aussagen gemacht werden. Aus diesem Grund wurde auf die Betrachtung der potenziellen Schäden vollständig verzichtet. Im Rahmen der Betrachtung der Schadenspotenziale wurden die landwirtschaftlichen und privaten Tierbestände nicht berücksichtigt, da eine ausreichend differenzierte Informationsbeschaffung im Rahmen der Bachelorarbeit nicht möglich war. Auch bei den KRITIS war eine Betrachtung aller Sektoren im Rahmen der Bachelorarbeit nicht möglich, weshalb diese auf den Verkehrs- und den Energiesektor reduziert sind. Zwar konnten einige Sektoren in dem betrachteten Gebiet weitgehend ausgeschlossen werden, jedoch ist für andere Bereiche, wie den Informationstechnik- und Telekommunikationssektor, eine separate Betrachtung erforderlich. Für eine umfassende Betrachtung der Schadenspotenziale sowie für die Einsatzplanung sollten diese Untersuchungen jedoch erfolgen. Insbesondere im Bereich der Industriebetriebe erfolgt eine starke Vereinfachung, da nur die Störfallbetriebe bzw. IED-Anlagen betrachtet wurden. Zu anderen Betrieben und Anlagen wurden keine Aussagen gemacht, obwohl es in der Elbmarsch bspw. neben den zwei Störfallbetrieben der uK weitere BGAs gibt, welche nicht als Störfallbetrieb gelistet sind. Außerdem konnten keine Informationen über Überflutungswasserstände ermittelt werden, die an den Störfallbetrieben, insbesondere der Firma Bruno Bock und der BGA Scharnebeck, verteidigt werden können. Diese sollte im Rahmen der Sonderplanung zusätzlich berücksichtigt werden.

Abschließend lässt sich trotz der Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten eine positive Gesamtbilanz der Ausarbeitung ziehen. Durch die Ergebnisse der hydraulischen Modellierung konnte gezeigt werden, dass der Einsatz der Drosselschütze bei einer Überlastung der Deiche bzw. einem Deichbruch in der östlichen Elbmarsch einen Schutz der Gebiete westlich des ESKs ermöglicht und mit einer bedarfsorientierten Steuerung gleichzeitig der maximale schadensfreie Abfluss sichergestellt werden kann. Für den Einsatz und die Steuerung der Drosselschütze konnten hydrologische Warnstufen und eine Meldekette erarbeitet werden. Außerdem wurden über die gesamte Ausarbeitung Zuständigkeiten hinterfragt und weiterführende Untersuchungsbedarfe aufgezeigt. Diese werden gemeinsam mit den weiteren Handlungsempfehlungen für die verschiedenen Akteure final zusammengefasst.

## 9 Zusammenfassung und Fazit

Bei einer Überlastung der Elbedeiche bzw. einem Deichbruch in der Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe) durch ein Extremhochwasser der Elbe resultieren weiträumige Überschwemmungen. Diese betreffen die Gebiete mehrerer Gemeinden in bis zu zwei Landkreisen. Das Ausmaß eines

solchen Überschwemmungsszenarios der Elbmarsch legt die Einstufung als Katastrophe nahe. Der ESK, welcher die Elbmarsch in Dammlage von Süden nach Norden durchschneidet, stellt ein Hindernis für die Ausbreitung der Überflutung dar und kann von dem Wasser aus dem Elbedeichbruch lediglich durch die drei Dükerbauwerke an den Gewässerkreuzungen des ESKs mit den Hauptvorflutern Neetzekanal, Neetze und Hauptkanal Ilau-Schneeegraben passiert werden. An den Einlaufbauwerken dieser Düker sind Drosselschütze als Verschlussorgane angebracht, um die Ausbreitung einer Überschwemmung der Elbmarsch durch einen Deichbruch oberhalb der Mündung des ESKs bei einem Hochwasser der Elbe zu vermindern. Zu diesen Drosselschützen lagen bislang jedoch weder hydraulische Wirksamkeitsuntersuchungen noch Regelungen, Vereinbarungen oder Anweisungen für den Einsatz und die Steuerung vor. Einzig die Unterhaltung der Drosselschütze erfolgt durch das WSA MLK/ESK.

Mit der hydraulischen Modellierung im Rahmen dieser Bachelorarbeit konnte der Einfluss des Einsatzes der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs auf das Abflussverhalten eines Deichbruches bei einem Extremhochwasser der Elbe in der östlichen Elbmarsch gezeigt werden. Bei vollständig geöffneten Drosselschützen erfolgt eine flächendeckende Überflutung von großen Teilen der Elbmarsch westlich und östlich des ESKs. Durch das Schließen der Drosselschütze ist es möglich die Überschwemmung auf die östliche Elbmarsch zu beschränken. Dies ermöglicht den Schutz der westlich des ESKs gelegenen Gebiete, führt jedoch zu einem Einstau des Wassers in der östlichen Elbmarsch ohne Abflussmöglichkeit. Aus diesem Grund wurden durch zwei Ansätze zur Verminderung des Durchflusses der Düker Möglichkeiten zum Schutz der Gebiete westlich des ESKs vor gravierenden Überschwemmungen bei gleichzeitig maximalem schadensfreiem Abfluss aus der östlichen Elbmarsch aufgezeigt. Durch eine Verminderung der betroffenen Einwohnerzahl von 14.420 auf 10.022 und des betroffenen Schadenspotenzials von 2,3 Mrd. € auf 1,25 Mrd. € kann gezeigt werden, dass der Einsatz der Drosselschütze an den Dükerbauwerken des ESKs im Rahmen der Gefahrenabwehr bzw. des Katastrophenschutzes bei einem Deichbruchszenario in der Elbmarsch sinnvoll ist. Insbesondere kann die Zahl der betroffenen Störfallbetriebe von drei auf einen reduziert werden, wobei Bruno Bock als Störfallbetrieb der oK vor Überschwemmungen geschützt werden kann. Auch eine Verminderung der betroffenen KRITIS kann aufgezeigt werden. Um diese Reduktion betroffener Schutzgüter mit der Möglichkeit eines Abflusses aus der Elbmarsch zu erreichen, ist eine bedarfsorientierte Steuerung der Drosselschütze nötig. Diese muss separat erarbeitet werden.

Da bei einer Gemeindegrenzen übergreifenden Überschwemmung der Elbmarsch der Katastrophenfall nahe liegt, ist der Landkreis Lüneburg mit der Einsatzleitung um die Drosselschütze betraut. Somit obliegt es diesem ebenfalls die konzeptionellen Vorsorgemaßnahmen für den Einsatz der Drosselschütze im Rahmen des Katastrophenschutzes vorzunehmen. Es wird empfohlen, dass dies im Rahmen eines Sonderplans zu dem Katastrophenschutzplan erarbeitet oder in die Entwicklung eines

Sonderplans für den Bereich Hochwasserschutz integriert wird. Dabei sollten die übrigen betroffenen Akteure, wie z. B. die Gemeinden der Elbmarsch, der Landkreis Harburg und das WSA MLK/ESK, in die Planung involviert werden. Als erste Ansätze für den Sonderplan, der den Einsatz und die Steuerung der Drosselschütze regeln sollte, wurden erste hydrologische Warnstufen entwickelt und eine Meldekette vorbereitet. Letztere zeigt den Beschluss und die Anordnung des Einsatzes der Drosselschütze durch den Katastrophenschutzstab des Landkreises Lüneburg bis zur Ausführung durch das geschulte Personal des Außenbezirks des WSA MLK/ESK unter Einbezug relevanter Akteure. Im Rahmen von Handlungsempfehlungen für die relevanten Akteure werden für die Aufstellung eines Sonderplans zum Einsatz und zur Steuerung der Drosselschütze relevante Maßnahmen aufgeführt und begleitende Betrachtungen angeregt. Außerdem wird auf ergänzende und weiterführende Untersuchungen eingegangen, welche im Rahmen dieser Bachelorarbeit nicht betrachtet werden konnten, jedoch im Rahmen der Einsatzplanung berücksichtigt werden sollten. Dazu gehört u. a. die Wirksamkeitsuntersuchung des Einsatzes der Drosselschütze für eine Sturmflut induzierte Überlastung der Hauptdeiche in der Elbmarsch.

Abschließend kann der Einsatz der Drosselschütze im Rahmen der Gefahrenabwehr bzw. des Katastrophenschutzes bei einer Überflutung der Elbmarsch durch eine Überlastung der Deiche bzw. einen Deichbruch oberhalb der Mündung des ESKs bei einem Extremhochwasser der Elbe als wirksam betrachtet werden. Über den vollständigen Verschluss der Düker hinaus ist jedoch eine bedarfsorientierte Steuerung der Drosselschütze sinnvoll, um einen Abfluss aus der östlichen Elbmarsch zu ermöglichen. Die konkreten Anweisungen für den Einsatz und die Steuerung der Drosselschütze sollten in einem Sonderplan im Rahmen der Katastrophenschutzplanung des Landkreises Lüneburg unter Beteiligung der relevanten Akteure erarbeitet und festgeschrieben werden. Die Zuständigkeiten sollten dabei geregelt und in einer Meldekette manifestiert werden.

## Literaturverzeichnis

- Abel, J. & Breske, S. (2015). *Hochwasserschutz Band 4: Hochwassermeldedienst Niedersachsen Untere Mittelelbe*. Norden: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.).
- Anselm, R.; Grubinger, H. & Lecher, K. (2015). Gewässerregelung. In: K. Lecher & H.-P. Lühr (Hrsg.). *Taschenbuch der Wasserwirtschaft: Grundlagen, Planungen, Maßnahmen*. 9. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg Fachmedien. S. 493–562.
- Barjenbruch, M. (2015). Abwassertechnik. In: K. Lecher & H.-P. Lühr (Hrsg.). *Taschenbuch der Wasserwirtschaft: Grundlagen, Planungen, Maßnahmen*. 9. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg Fachmedien. S. 961–1112.
- Bartmann, H. (2006). *Wasserrettung: Gewässer- und Wasserbaukunde, Taktik, Technik, Hochwasser*. Landsberg: ecomed Sicherheit Verlagsgruppe.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt & Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.). (o. J.). *Länderübergreifende Hochwasserportal (LHP): Klassifizierung der Hochwasser-Situation am Pegel* [online]. Verfügbar unter <https://www.hochwasserzentralen.de/info>. [Zugriff am 10.04.2023].
- Bezirksregierung Lüneburg (Hrsg.). (1977). *Gefahrenabwehr (SOG) am Elbe-Seitenkanal (ESK): Technische Unterlage - Dambruch o. Ä. (Auslaufen des Kanals). Mappe 2 - Bereich 2 & 3*. Lüneburg. [Internes Dokument – NLWKN Betriebsstelle Lüneburg].
- Blöschl, G. & Gutknecht, D. (2015). Ingenieurhydrologie. In: K. Lecher & H.-P. Lühr (Hrsg.), *Taschenbuch der Wasserwirtschaft: Grundlagen, Planungen, Maßnahmen*. 9. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg Fachmedien. S. 383–458.
- Blum, H. (2023, 9. März). *Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen*. [E-Mail]. Aufgabenbereichsleiter NLWKN Betriebsstelle Norden. [Anhang Nr.: B5.1].
- Brombach, H.; Dillmann, R.; Patt, H.; Richwien, W. & Vogt, R. (2001). Hochwasserschutzmaßnahmen. In: H. Patt (Hrsg.). *Hochwasser-Handbuch: Auswirkungen und Schutz*. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag. S. 225–402.
- Brundiers, K. & Utecht, H. (1999). *Binnenwasserstraßen Band 6: Elbe 3 - ESK + ELK von Magdeburg bis Artlenburg - vom MLK bis Travemünde*. Hamburg: DSV-Verlag.
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.). (2013). *Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen*. [PDF]. Magdeburg: Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.lawa.de/Publikationen-363-Hochwasser-und-Niedrigwasser.html>. [Zugriff am 14.04.2023].
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.). (2018). *Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrkarten und Hochwasserrisikokarten beschlossen auf der 156. LAWA-Vollversammlung 27./28. September 2018 in Weimar*. [PDF]. Mainz: Selbstverlag. Verfügbar

- unter <https://www.lawa.de/Publikationen-363-Hochwasser-und-Niedrigwasser.html>. [Zugriff am 28.04.2023].
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.). (2019). *Empfehlungen zur Aufstellung, Überprüfung und Aktualisierung von Hochwasserrisikomanagementplänen*. [PDF]. Erfurt: Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.lawa.de/Publikationen-363-Hochwasser-und-Niedrigwasser.html>. [Zugriff am 14.04.2023].
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.). (2023). *Organigramm*. [PDF]. Berlin: Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.lawa.de/Ausschuesse-361.html>. [Zugriff am 14.04.2023].
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hrsg.). (2023a). *Kartenebene Flughäfen* [online]. © geoportal.de/BKG. Verfügbar unter [https://www.geoportal.de/map.html?map=tk\\_03-flughaefen](https://www.geoportal.de/map.html?map=tk_03-flughaefen). [Zugriff am 01.05.2023].
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hrsg.). (2023b). *Kartenebene Hochspannungsfreileitungen* [online]. © geoportal.de/BKG. Verfügbar unter [https://www.geoportal.de/map.html?map=tk\\_01-hochspannungsfreileitungen](https://www.geoportal.de/map.html?map=tk_01-hochspannungsfreileitungen). [Zugriff am 01.05.2023].
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hrsg.). (2023c). *Kartenebene Krankenhäuser* [online]. © geoportal.de/BKG. Verfügbar unter [https://www.geoportal.de/map.html?map=tk\\_05-krankenhaus](https://www.geoportal.de/map.html?map=tk_05-krankenhaus). [Zugriff am 01.05.2023].
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hrsg.). (2023d). *Kartenebene Photovoltaikfreiflächenanlagen* [online]. © geoportal.de/BKG. Verfügbar unter [https://www.geoportal.de/map.html?map=tk\\_01-photovoltaik-freiflaechenanlagen](https://www.geoportal.de/map.html?map=tk_01-photovoltaik-freiflaechenanlagen). [Zugriff am 01.05.2023].
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Hrsg.). (2023e). *Kartenebene Windkraftanlagendichte* [online]. © geoportal.de/BKG. Verfügbar unter [https://www.geoportal.de/map.html?map=tk\\_01-windkraftanlagendichte](https://www.geoportal.de/map.html?map=tk_01-windkraftanlagendichte). [Zugriff am 01.05.2023].
- Bundesanstalt für Länderkunde und Raumforschung; Meynen, E. & Schmithüsen, J. (Hrsg.). (1962). *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bad Godesberg: Selbstverlag der Bundesanstalt.
- Bundesministerium des Innern (Hrsg.). (2011). *Schutz Kritischer Infrastrukturen - Risiko- und Krisenmanagement: Leitfaden für Unternehmen und Behörden*. 2. Auflage. Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahn (Hrsg.). (2022). *Resilienz der Telekommunikationsnetze: Strategiepapier*. Bonn: Selbstverlag.
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahn (Hrsg.). (2023a). *EMF-Karte* [online]. © basemap.de/BKG. Verfügbar unter <https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Vportal/TK/Funktechnik/EMF/start.html>. [Zugriff am 01.05.2023].

- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahn (Hrsg.). (2023b). *Monitoring des Stromnetzausbaus*. Drittes Quartal 2022. Bonn: Selbstverlag.
- Büttner, H.; Schröpfer, H.; Wachsmuth, W.; Bohnsack, K.-H.; Behrens, H.-J.; Schröder, D. & Feske, D. (1976). *Elbe-Seitenkanal - Natur und Technik*. Hamburg: Hans Christians Verlag.
- Czaya, E. (1995). *DuMont-Kunst-Reiseführer: Die Elbe - Vom Riesengebirge zur Nordsee: Königgrätz, Dresden, Meissen, Wittenberg, Dessau-Wörlitz, Magdeburg, Hamburg, Cuxhaven*. Köln: DuMont Buchverlag.
- Deltares (Hrsg.). (2020). *Delft3D Flexible Mesh Suite - 1D/2D/3D Modelling suite for integral water solutions: D-Real Time Control. User Manual for Delft3D FM Suite 2021*. Delft (Niederlande): Selbstverlag.
- Deltares (Hrsg.). (2021). *Delft3D Flexible Mesh Suite - 1D/2D/3D Modelling suite for integral water solutions: D-Flow Flexible Mesh. User Manual for Delft3D FM Suite 2021*. Delft (Niederlande): Selbstverlag.
- Deutsche Bahn AG (Hrsg.). (2018). *DB Netze Infrastrukturregister: Version: 2.12.0.0* [online]. © OpenStreetMap-Mitwirkende. Service by DB Systel, © DB Netz AG. Verfügbar unter <https://geovdbn.deutschebahn.com/isr>. [Zugriff am 28.04.2023].
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (Hrsg.). (2011). *DWA-Regelwerk: Merkblatt DWA-M 507-1 - Deiche an Fließgewässern. Teil 1: Planung, Bau und Betrieb*. (DWA-Regelwerk Merkblatt DWA-M). Hennef: Selbstverlag.
- Deutscher Feuerwehrverband e.V. (Hrsg.). (2020). *Erfassung statistischer Daten*. [PDF]. Verfügbar unter <https://www.feuerwehrverband.de/presse/statistik/>. [Zugriff am 26.05.2023].
- Drachenfels, O. von (2010). Überarbeitung der Naturräumlichen Region Niedersachsens. *Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen*, 30(4), S. 249–252.
- Erdmann, B. (2023, 15. Mai). *Angaben zu den Dükerbauwerken Nr. 530, 531, 532 - Dükerbauwerke in der Elbmasch, Drosselschütze, Handlungsanweisung, Planfeststellungsbeschluss ESK*. [E-Mail]. Mitarbeiter Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal. [Anhang Nr.: B5.2].
- Europäische Union (Hrsg.). (2023). *Arten von Rechtsvorschriften* [online]. Verfügbar unter [https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation\\_de](https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_de). [Zugriff am 05.04.2023].
- Flussgebietsgemeinschaft Elbe (Hrsg.). (o. J.). *FGG Elbe: Die Flussgebietseinheiten Elbe und die fünf deutschen Koordinierungsräume (Abbildung)* [online]. Verfügbar unter [https://www.fgg-elbe.de/fgg\\_elbe.html](https://www.fgg-elbe.de/fgg_elbe.html). [Zugriff am 05.04.2023].
- Flussgebietsgemeinschaft Elbe (Hrsg.). (2021). *Hochwasserrisikomanagementplan für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe für den Zeitraum von 2021 bis 2027 gemäß § 75 WHG*. Magdeburg: Selbstverlag.

- Fuhrmann, F. & Kallweit, W. (2019, 4. April). *Dosselschütze am ESK an den Dükern Neetze, Neetzekanal und Schnedegraben*. [E-Mail]. Mitarbeiterin Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen & Leiter Fachbereich Ordnung und Umwelt Landkreis Lüneburg. [Anhang Nr.: B5.3].
- Gauglitz, D. (2023, 19. April). *Datenanfrage Neetze*. [E-Mail]. Mitarbeiter NLWKN-Betriebsstelle Lüneburg. [Anhang Nr. B5.4].
- Haselsteiner, R.; Conrad, M. & Strobl, T. (2003). Kriterien zur Ertüchtigung von Hochwasserschutzdeichen. In: R. A. Herrmann & J. Jensen (Hrsg.). *Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis*. Siegen: Universitätsverlag. S. 187–199.
- Hatz, M. & Schramm, W. (2022). *Einheitliche Grundlage für die Festlegung der Bemessungswasserspiegellagen der Elbe auf der freifließenden Strecke in Deutschland (2021): Synthesebericht über die Schlussfolgerungen und Festlegungen aus dem FGG-BfG-Projekt „Homogenisierung der langen HQ-Reihen an der Elbe“*. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG-2103. Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde.
- Heimerl, S. (2018). *Vorsorgender und nachsorgender Hochwasserschutz: Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft Band 2*. Wiesbaden: Springer Vieweg Fachmedien.
- Helbig, U. (2015). Düker- und Heberleitungen. In: H.-B. Horlacher & U. Helbig (Hrsg.). (2020). *Rohrleitungen*. Berlin; Heidelberg: Springer Vieweg Fachmedien. Kapitel 25.
- Henze, L. & Schulz, G. (2019). Die neue Schleuse Lüneburg – Stand der Planung Teil 1. In: Ingenieurverband Wasser- und Schifffahrtsverwaltung e. V. (Hrsg.). *Der Ingenieur der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung*. Ausgabe 4/2019. Bremen: Selbstverlag des Ingenieurverbands. S. 11–15.
- Hoffmann, W. (1982). *100 Jahre Wasserverband der Ilmenau-Niederung*. Lüneburg: Wasserverband der Ilmenau-Niederung.
- Horlacher, H.-B. (2003). Gestaltung und Anordnung von Deichen für einen wirkungsvollen Hochwasserschutz. In: R. A. Herrmann & J. Jensen (Hrsg.). *Sicherung von Dämmen und Deichen: Handbuch für Theorie und Praxis*. Siegen: Universitätsverlag. S. 159–169.
- Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (Hrsg.). (2015). *Die Elbe und ihr Einzugsgebiet*. [PDF]. Magdeburg: Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.ikse-mkol.org/themen/die-elbe>. [Zugriff am 25.03.2023].
- Jüpner, R. & Tzschirner, M. (2004). Risikomanagement - die zentrale Herausforderung im kommunalen Hochwasserschutz? In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hrsg.). *Risiken bei der Bemessung und Bewirtschaftung von Fließgewässern und Stauanlagen: Dresdner Wasserbauliche Mitteilung 27*. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 21–31.
- Kron, W. (2001). Versicherung von Hochwasserschäden. In: H. Patt (Hrsg.). *Hochwasser-Handbuch: Auswirkungen und Schutz*. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag. S. 461–503.

- Kuhn, R. & Soehngen, B. (2015). Binnenverkehrswasserbau. In: K. Lecher & H.-P. Lühr (Hrsg.). *Taschenbuch der Wasserwirtschaft: Grundlagen, Planungen, Maßnahmen*. 9. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg Fachmedien. S. 811–852.
- Lambrecht, H.-J.; Thorenz, F. & Blum, H. (2016). *Ermittlung von Schadenspotentialen und potentiellen Schäden für den niedersächsischen Bereich der unteren Mittelelbe*. Dienstbericht. Norden-Norderney. [Internes Dokument – NLWKN Betriebsstelle Norden-Norderney].
- Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (Hrsg.). (2015). *Digitales Geländemodell 1: Elbmarsch zwischen Bleckede und Winsen (Luhe)*. [interner Datensatz vom LGLN dem NLWKN zur Verfügung gestellt].
- Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (Hrsg.). (2021). *Höhenfestpunkte - Produktinformation*. Hannover: Selbstverlag.
- Landesamt für Statistik Niedersachsen (Hrsg.). (2020). *Bevölkerung der Gemeinden am 31. Dezember 2018: A I 2 - hj 2/2018*. Hannover: Selbstverlag.
- Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (Hrsg.). (2018). *Deichbruch Fischbek: Eine Dokumentation der Ergebnisse*. Magdeburg: Selbstverlag.
- Landesfeuerwehrverband Niedersachsen (Hrsg.). (2020). *Info Nr. 65/2020: Die Feuerwehr in Zahlen in Niedersachsen*. [PDF]. Hannover: Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.feuerwehr-heidekreis.de/aktuelles/lfv-information/2932-lfv-info-65-2020.html>. [Zugriff am 09.04.2023].
- Landkreis Harburg (Hrsg.). (2016). *Katastrophenschutz Sonderplan „Deichverteidigung“*. Winsen (Luhe). [Vertrauliches und internes Dokument – Landkreis Harburg].
- Landkreis Harburg (Hrsg.). (2019). *Katastrophenschutzplan*. Winsen (Luhe). [Vertrauliches und internes Dokument – Landkreis Harburg].
- Leprich, U.; Guss, H.; Weiler, K.; Ritzau, M.; Macharey, U.; Igel, M. & Diegler, J. (2011). *Ausbau elektrischer Netze mit Kabel oder Freileitung unter besonderer Berücksichtigung der Einspeisung Erneuerbarer Energien*. Saarbrücken: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Liedtke, H. & Marcinek, J. (Hrsg.). (2002). *Perthes Geographie Kolleg: Physische Geographie Deutschlands*. 3. Auflage. Gotha; Stuttgart: Klett-Perthes Verlag.
- Loosen, F. (2001). *Handbuch Hochwasserschutz und Deichverteidigung*. Bonn: Bundesanstalt Technisches Hilfswerk.
- Merz, B.; Kreibich, H.; Thieken, A. & Vorogushyn, S. (2021). Überraschende Hochwasserereignisse: Lehren für Risikoanalysen. *Notfallvorsorge: die Zeitschrift für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe*, 52(3), S. 19–23.
- Meurer, R. (2000). *Wasserbau und Wasserwirtschaft in Deutschland: Vergangenheit und Gegenwart*. Berlin; Wien: Parey Buchverlag im Blackwell Wissenschafts-Verlag.

- Michelazzo, G. (2014). *Breaching of river levees: analytical flow modelling and experimental hydro-morphodynamic investigations* [Dissertation]. Universität Florenz; TU Braunschweig. Verfügbar unter [https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs\\_mods\\_00056819](https://leopard.tu-braunschweig.de/receive/dbbs_mods_00056819). [Zugriff am 06.03.2023].
- Müller, T. (1962). Lüneburger Heide. In: Bundesanstalt für Länderkunde und Raumforschung, E. Meynen & J. Schmithüsen (Hrsg.). *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bad Godesberg: Selbstverlag der Bundesanstalt. S. 959–970.
- Müller-Navarra, S. H. (2009). Sturmfluten in der Elbe und deren Vorhersagen im Wandel der Zeiten. In: C. Ohlig (Hrsg.). *Schriften der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft e. V. Band. 13: Hamburg - die Elbe und das Wasser sowie weitere wasserhistorische Beiträge*. Siegburg; Norderstedt: Books on Demand. S. 77–96.
- Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (Hrsg.). (2023). *Straßenkarte Niedersachsen 2023: 1:250.000 (DLM250)*. [PDF]. Hannover: Selbstverlag. Verfügbar unter [https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/service/pdf\\_karten/pdf-karten-78690.html](https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/service/pdf_karten/pdf-karten-78690.html). [Zugriff am 28.04.2023].
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). (2007). *Küstenschutz Band 1: Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen: Festland*. Norden: Selbstverlag.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). (2015a). *Hochwasserrisiken managen: Maßnahmen im niedersächsischen Elbeeinzugsgebiet*. Norden: Selbstverlag.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). (2015b). *Kommunale, verbandliche und allgemeine Zuständigkeiten im Hochwasserrisikomanagement*. Verden: Selbstverlag.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). (2019). *Hochwassergefahrenkarten/Hochwasserrisikokarten: Erläuterungen und Lesehilfe*. Norden: Selbstverlag.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). (2020a). *Deichbestandsanalyse an der unteren Mittelelbe von Schnackenburg bis Rönne/Geesthacht*. Lüneburg: Selbstverlag.
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). (2020b). *Erhöhung und Grundinstandsetzung Ilmenau-Sperrwerk 2020-2023*. [PDF]. Lüneburg: Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/ilmenausperrwerk/ilmenau-sperrwerk-193556.html>. [Zugriff am 30.03.2023].
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). (2020c). *Küstenschutz Band 3: Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen: Schutzdeiche*. Norden: Selbstverlag.

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). (2020d). *Pegelonline: Meldestufen* [online]. Verfügbar unter <https://www.pegelonline.nlwkn.niedersachsen.de/Hinweis#Meldestufen>. [Zugriff am 10.04.2023].

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). (2022). *Hochwasserschutz Band 5: Masterplan Hochwasserschutz: Technischer Hochwasserschutz*. Norden: Selbstverlag.

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (Hrsg.). (2022a). *Umweltkarten Niedersachsen: ALKIS* [online]. Zuletzt aktualisiert am 31.03.2022. Verfügbar unter [https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/?lang=de&topic=Basisdaten&bgLayer=TopographieGrau&layers=Ortslagen,Samtgemeinden\\_ALKIS,GemeindenALKIS,LandkreiseALKIS&E=601737.16&N=5908113.34&zoom=6&layers\\_visibility=false,true,true,true](https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/?lang=de&topic=Basisdaten&bgLayer=TopographieGrau&layers=Ortslagen,Samtgemeinden_ALKIS,GemeindenALKIS,LandkreiseALKIS&E=601737.16&N=5908113.34&zoom=6&layers_visibility=false,true,true,true). [Zugriff am 01.05.2023].

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (Hrsg.). (2022b). *Umweltkarten Niedersachsen: Gewässernetz, Landnutzung - HQ Extrem* [online]. Zuletzt aktualisiert am 31.03.2022. Verfügbar unter [https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/index.html?topic=Hydrologie&lang=de&bgLayer=TopographieGrau&layers=Landnutzung\\_Risikogebiete\\_HQextrem\\_HWS,Gewaessernetz&E=604339.47&N=5908127.85&zoom=6](https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/index.html?topic=Hydrologie&lang=de&bgLayer=TopographieGrau&layers=Landnutzung_Risikogebiete_HQextrem_HWS,Gewaessernetz&E=604339.47&N=5908127.85&zoom=6). [Zugriff am 01.05.2023].

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (Hrsg.). (2022c). *Umweltkarten Niedersachsen: Hochwassergefahrenkarten - HQ Extrem* [online]. Zuletzt aktualisiert am 31.03.2022. Verfügbar unter [https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/index.html?topic=Hochwasserschutz&lang=de&bgLayer=TopographieGrau&layers=Landnutzung\\_Risikogebiete\\_HQextrem\\_HWS,Gewaessernetz,Grenzen\\_der\\_Risikogebiete\\_HQextrem\\_HWS,Wassertiefen\\_Binnenland\\_HQextrem\\_HWS,Wassertiefen\\_Kueste\\_HWextrem\\_HWS&E=602064.47&N=5912040.35&zoom=6&layers\\_visibility=false,false,true,true,true](https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/index.html?topic=Hochwasserschutz&lang=de&bgLayer=TopographieGrau&layers=Landnutzung_Risikogebiete_HQextrem_HWS,Gewaessernetz,Grenzen_der_Risikogebiete_HQextrem_HWS,Wassertiefen_Binnenland_HQextrem_HWS,Wassertiefen_Kueste_HWextrem_HWS&E=602064.47&N=5912040.35&zoom=6&layers_visibility=false,false,true,true,true). [Zugriff am 01.05.2023].

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (Hrsg.). (2022d). *Umweltkarten Niedersachsen: Hochwasserrisikokarten - HQ Extrem* [online]. Zuletzt aktualisiert am 31.03.2022. Verfügbar unter [https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/index.html?topic=Hochwasserschutz&lang=de&bgLayer=TopographieGrau&E=591801.52&N=5907950.97&zoom=6&layers=Landnutzung\\_Risikogebiete\\_HQextrem\\_HWS,Industrieanlagen\\_HWS,Einwohner\\_je\\_Gemeinde\\_1000\\_HWS,Einwohner\\_je\\_Gemeinde\\_100\\_1000\\_HWS,Einwohner\\_je\\_Gemeinde\\_100\\_HWS,Sperrwerk\\_HWRMRL\\_HWS,Deiche\\_Waende\\_HWRMRL\\_HWS,UNESCO\\_Weltkulturerbe\\_HWS,Badegewaesser\\_HWS,Gewaesserstationierung\\_HWS,Risikogewaesser\\_HWS,Schutzduenen\\_HWRMRL\\_HWS,Kuestengebiete\\_HWS,Grenzen\\_der\\_Risikogebiete\\_HQhaeufig\\_HWS,Grenzen\\_der\\_Risikogebiete\\_HQ100\\_HWS,Grenzen\\_der\\_Risikogebiete\\_HQextrem\\_HWS,Grenzen\\_der\\_nachrichtlichen\\_Gebiete\\_HQhaeufig\\_HWS,Grenzen\\_der\\_nachrichtlichen\\_Gebiete\\_HQ100\\_HWS,Grenzen\\_der\\_nachrichtlichen\\_Gebiete\\_HQextrem\\_HWS,Wassertiefe\\_Binnenland\\_HQhaeufig\\_HWS,Wassertiefen\\_Binnenland\\_HQ100\\_HWS,Wassertiefen\\_Binnenland\\_HQextrem\\_HWS,Wassertiefen\\_Kueste\\_HWextrem\\_HWS,Landnutzung\\_Risikogebiete\\_HQ100\\_HWS,Landnutzung\\_Risikogebiete\\_HQhaeufig\\_HWS,Grundwasserkoerper\\_HWS,Vogelschutzgebiet\\_HWS,FFH\\_Gebiet\\_HWS,Bearbei](https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/index.html?topic=Hochwasserschutz&lang=de&bgLayer=TopographieGrau&E=591801.52&N=5907950.97&zoom=6&layers=Landnutzung_Risikogebiete_HQextrem_HWS,Industrieanlagen_HWS,Einwohner_je_Gemeinde_1000_HWS,Einwohner_je_Gemeinde_100_1000_HWS,Einwohner_je_Gemeinde_100_HWS,Sperrwerk_HWRMRL_HWS,Deiche_Waende_HWRMRL_HWS,UNESCO_Weltkulturerbe_HWS,Badegewaesser_HWS,Gewaesserstationierung_HWS,Risikogewaesser_HWS,Schutzduenen_HWRMRL_HWS,Kuestengebiete_HWS,Grenzen_der_Risikogebiete_HQhaeufig_HWS,Grenzen_der_Risikogebiete_HQ100_HWS,Grenzen_der_Risikogebiete_HQextrem_HWS,Grenzen_der_nachrichtlichen_Gebiete_HQhaeufig_HWS,Grenzen_der_nachrichtlichen_Gebiete_HQ100_HWS,Grenzen_der_nachrichtlichen_Gebiete_HQextrem_HWS,Wassertiefe_Binnenland_HQhaeufig_HWS,Wassertiefen_Binnenland_HQ100_HWS,Wassertiefen_Binnenland_HQextrem_HWS,Wassertiefen_Kueste_HWextrem_HWS,Landnutzung_Risikogebiete_HQ100_HWS,Landnutzung_Risikogebiete_HQhaeufig_HWS,Grundwasserkoerper_HWS,Vogelschutzgebiet_HWS,FFH_Gebiet_HWS,Bearbei)



- Patt, H.; Speerli, J. & Gonsowski, P. (2021). *Wasserbau: Grundlagen, Gestaltung von wasserbaulichen Bauwerken und Anlagen*. 8. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Peters, O. (2023, 15. März). *Funktion des Schöpfwerkes Echem, der Dükerbauwerke Nr. 530, 531, 532 inkl. der jeweiligen Drosselschütze sowie allgemeine Informationen zum ESK in der Elbmarsch, zum Hochwassersperrtor Artlenburg und zu den Arbeitsabläufen im Hochwasserfall*. [Begehung und persönliches Gespräch ohne Protokoll]. Echem, Altenburg, Scharnebeck.
- Pierer's Universal-Lexikon (Hrsg.). (2020). *Band 16: Spatenrecht* [online]. Altenburg. Erstveröffentlichung 1863, S. 507. Verfügbar unter <http://www.zeno.org/nid/20010967451>. [Zugriff am 10.04.2023].
- Promny, M.; Hammer, M. & Hatz, M. (2021). *Optimierung der Nutzung der Havelpolder inkl. Begutachtung der Flutung der Havelpolder im Juni 2013*. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG-2060. Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde.
- Promny, M.; Hammer, M.; Hatz, M. & Busch, N. (2015). *2D-Modellierung an der unteren Mittelelbe zwischen Wittenberge und Geesthacht: Beschreibung der Strömungsverhältnisse und Wirkung von abflussverbessernden Maßnahmen auf Hochwasser der Elbe*. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG-1848. Koblenz: Bundesanstalt für Gewässerkunde.
- Puffahrt, O. (2007). *Deichlexikon für den Landkreis Lüchow-Dannenberg: Erläuterung der Fachbegriffe zum Hochwasserschutz für Hitzacker und die Jeetzelniederung*. Dannenberg: Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz.
- Reinstorf, E. (Hrsg.). (1929). *Elbmarschkultur: zwischen Bleckede und Winsen an der Luhe in ihrer erd- und menschengeschichtlichen Entwicklung*. Harburg-Wilhelmsburg: Selbstverlag.
- Rospunt, T. (2022). *Vermerk - Verschiebung der Grenze des Küstengebiets an der Elbe nach oberstrom der Wehranlage Rönne/Geesthacht*. Lüneburg. [Internes Dokument – NLWKN Betriebsstelle Lüneburg].
- Rother, K.-H. (2001). Hydrologische Grundlagen. In: H. Patt (Hrsg.). *Hochwasser-Handbuch: Auswirkungen und Schutz*. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag. S. 11–57.
- Rudolph, E. (2018). Sturmfluten in den Ästuaren der Elbe, Jade-Weser und Ems. In: Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.). *Die Küste 86*. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 311–320.
- Rudolph, E.; Schulte-Rentrop, A.; Schüßler, A. & Johannsen, A. (2011). Sturmfluten in der Ästuaren von Elbe, Jade-Weser und Ems - Eine Sensitivitätsstudie vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.). *KLIWAS Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland 2. Statuskonferenz Berlin*. Bonn: Selbstverlag des Bundesministeriums. S. 135–139.
- Sachse, S. (2023, 23. März). *Anfrage KatS-Plan/Alarm- und Einsatzpläne (Deichbruch)*. [E-Mail]. Leiterin Fachbereich Ordnung Landkreis Lüneburg. [Anhang Nr.: B5.6].

- Schieneninfrastruktur Ost-Niedersachsen GmbH (Hrsg.). (2021). *SinON Streckenplan Stand 01/2022*. [PDF]. Verfügbar unter <https://www.sinon-gmbh.de/>. [Zugriff am 28.04.2023].
- Schmidt, H.-H.; Buchmaier, R. F. & Vogt-Breyer, C. (2017). *Grundlagen der Geotechnik: Geotechnik nach Eurocode*. 5. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Schmithüsen, J. (1962). Einleitung: Grundsätzliches und Methodisches. In: Bundesanstalt für Länderkunde und Raumforschung, E. Meynen & J. Schmithüsen (Hrsg.). *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bad Godesberg: Selbstverlag der Bundesanstalt. S. 1–44.
- Schneider, R. (1962). Elbtalniederung. In: Bundesanstalt für Länderkunde und Raumforschung, E. Meynen & J. Schmithüsen (Hrsg.). *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands*. Bad Godesberg: Selbstverlag der Bundesanstalt. S. 1189-1197.
- Schramm, W.; Promny, M.; Gleim, A. & Hatz, M. (2022). *Untersuchung zur Verbesserung der Hochwassersituation an der unteren Mittelelbe zwischen Tangermünde und Geesthacht anhand eines 2D-Modells: Dieser Bericht wird bis zum Projektende ergänzt und ist Bestandteil des Projektberichts*. Entwurf eines Berichtes der Bundesanstalt für Gewässerkunde BfG-<Nr>. Koblenz. [Internes Dokument – NLWKN Betriebsstelle Lüneburg].
- Schulz, G. (2020). Die neue Schleuse Lüneburg - Stand der Planung Teil 2. In: Ingenieurverband Wasser- und Schifffahrtsverwaltung e. V. (Hrsg.). *Der Ingenieur der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung*. Ausgabe 1/2020. Bremen: Selbstverlag des Ingenieurverbands. S. 9-13.
- Schumacher, L. (2023, 10. Mai). *Frage zu Einsatzplan Hochwasser*. [E-Mail.] Mitarbeiterin Fachbereich Bürgerservice, Bildung und Personal Stadt Bleckede. [Anhang Nr.: B5.7].
- Schüttrumpf, H. (2021). Das Hochwasserereignis 2021 - Dokumentation und Daten für die Forschung. In: RWTH Aachen (Hrsg.). *RWTH Themen Forschungsmagazin. Hochwasser - Beiträge zu Risiken, Folgen und Vorsorge*. Aachen: Selbstverlag der Technischen Hochschule. S. 28–32.
- Seemann, W. (2021a). *EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie* [online]. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). Verfügbar unter <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/eghochwasserrisikomanagementrichtlinie/104757.html>. [Zugriff am 14.04.2023].
- Seemann, W. (2021b). *Umsetzung der EG-HWRM-RL in Niedersachsen* [online]. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). Verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/eg\\_hochwasserrisikomanagement\\_richtlinie/umsetzung\\_der\\_eg\\_hwrm\\_rl\\_in\\_niedersachsen/umsetzung-der-eg-hwrm-rl-in-niedersachsen-104795.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/wasserwirtschaft/eg_hochwasserrisikomanagement_richtlinie/umsetzung_der_eg_hwrm_rl_in_niedersachsen/umsetzung-der-eg-hwrm-rl-in-niedersachsen-104795.html). [Zugriff am 01.05.2023].
- Seemann, W. (2022). *Gefahren- und Risikokarten* [online]. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). Verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasserschutz/karten\\_zum\\_thema\\_hochwasser/gefahren\\_und\\_risikokarten\\_der\\_hwrm\\_richtlinie/gefahren-und-risikokarten-116763.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/hochwasserschutz/karten_zum_thema_hochwasser/gefahren_und_risikokarten_der_hwrm_richtlinie/gefahren-und-risikokarten-116763.html). [Zugriff am 28.04.2023].

- Siefert, W. (1998). Tiden und Sturmfluten in der Elbe und ihren Nebenflüssen. Die Entwicklung von 1950 bis 1997 und ihre Ursachen. In: Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.). *Die Küste 60*. Heide (Holstein): Westholsteinische Verlagsanstalt Boyens. S. 1-115.
- Siefert, W. & Lassen, H. (1986). Entwicklung und Ablauf von Sturmfluten in Ems, Weser und Elbe (Abschlussbericht eines KFKI-Projektes). In: Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.). *Die Küste 44*. Heide (Holstein): Westholsteinische Verlagsanstalt Boyens. S. 133-169.
- Sievers, L. (2023, 4. Mai). *Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser*. [E-Mail]. Mitarbeiterin Fachbereich Zivil- und Katastrophenschutz Landkreis Harburg. [Anhang Nr. B5.8].
- Spektrum Akademischer Verlag (Hrsg.). (2014). *Lexikon der Geographie - Einzugsgebiet* [online]. Verfügbar unter <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/einzugsgebiet/1947>. [Zugriff am 25.03.2023].
- Stadt Winsen a. d. Luhe (Hrsg.). (2022a). *Bürgerbrief Ortsteil Laßrönne*. [PDF]. Winsen (Luhe): Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.winsen.de/portal/seiten/lassroenne-2000024-20260.html?rubrik=2000020>. [Zugriff am 28.04.2023].
- Stadt Winsen a. d. Luhe (Hrsg.). (2022b). *Bürgerbrief Ortsteil Tönnhausen*. [PDF]. Winsen (Luhe): Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.winsen.de/portal/seiten/toennhausen-2000032-20260.html?rubrik=2000020> [Zugriff am 28.04.2023].
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (Hrsg.). (2019). *Transport und Verkehr - Güterverkehr* [online]. Wiesbaden. Verfügbar unter [https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Gueterverkehr/\\_inhalt.html](https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Gueterverkehr/_inhalt.html). [Zugriff 23.03.2023].
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (Hrsg.). (2022, September). *Fachserie 8 Reihe 5: Verkehr - Seeschifffahrt*. [PDF]. Artikelnummer: 2080500221094. Verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Gueterverkehr/Publikationen/Downloads-Schifffahrt/seeschifffahrt-monat-2080500221094.html>. [Zugriff am 26.05.2023].
- Strobl, T. & Zunic, F. (2006). *Wasserbau: Aktuelle Grundlagen - Neue Entwicklungen*. Berlin; Heidelberg: Springer Verlag.
- Thorenz, F. (2023, 8. März). *Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen*. [E-Mail]. Betriebsstellenleiter, Geschäftsbereichsleiter NLWKN Betriebsstelle Norden. [Anhang Nr.: B5.9]
- Thorenz, F. & Drosten, J. (2021). *Klimawandel und Küstenschutz: Ein entscheidender Meter mehr - Niedersächsischer Klimadeich und Verdopplung des Vorsorgemaßes* [online]. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (Hrsg.). Verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2021/Niedersaechsischer\\_Klimadeich/klimawandel-und-kustenschutz-ein-entscheidender-meter-mehr-niedersaechsischer-klimadeich-und-verdopplung-des-vorsorgemasses-201169.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/jb2021/Niedersaechsischer_Klimadeich/klimawandel-und-kustenschutz-ein-entscheidender-meter-mehr-niedersaechsischer-klimadeich-und-verdopplung-des-vorsorgemasses-201169.html). [Zugriff am 14.04.2023].

- Thorenz, F., Lambrecht, H.-J. & Blum, H. (2017). Untersuchungen zur Überflutungsausbreitung im Fall von Deichbrüchen. In: Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (Hrsg.). *Die Küste: Heft 85. Hochwasserrisikomanagement für den Küstenraum - HoRisk*. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 183–221.
- Turulski, A.-S. (2020). *Die längsten Flüsse Deutschlands* [online]. Zuletzt aktualisiert am 05.05.2023. Statistisches Bundesamt, zitiert nach de.statista.com. Verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/2280/umfrage/die-laengsten-fluesse-in-deutschland/>. [Zugriff am 26.05.2023].
- Urban, W. & Zimmermann, M. (2015). Wasserversorgung. In: K. Lecher & H.-P. Lühr (Hrsg.). *Taschenbuch der Wasserwirtschaft: Grundlagen, Planungen, Maßnahmen*. 9. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg Fachmedien. S. 853–960.
- Vorogushyn, S.; Merz, B.; Lindenschmidt, K.-E. & Apel, H. (2010). A new methodology for flood hazard assessment considering dike breaches. *Water Resources Research*, 46(8). S. X1-X45.
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg (Hrsg.). (1975). *Bestandszeichnung D530: Neetzekanal-Düker. Einlaufbauwerk*. Lüneburg. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal].
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauabteilung für den Bau des Elbe-Seitenkanals (Hrsg.). (1967a). *Hydraulische Berechnungen: Bauwerk: Düker 531 Neetzekanal, ESK - km 107,970*. Lüneburg. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal].
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauabteilung für den Bau des Elbe-Seitenkanals (Hrsg.). (1967b). *Planfeststellung für den Elbe-Seitenkanal im Abschnitt 11*. Lüneburg. [Dokument liegt beim Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal vor].
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauabteilung für den Bau des Elbe-Seitenkanals (Hrsg.). (1967c). *Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Elbe-Seitenkanal: Abschnitt 11.1 Erläuterungen, km 104,880 - 112,500*. Hamburg. [Dokument liegt beim Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal vor].
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauabteilung für den Bau des Elbe-Seitenkanals (Hrsg.). (1967d). *Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren Elbe-Seitenkanal: Abschnitt 11.2 Bauwerksverzeichnis, km 104,880 - 112,500*. Hamburg. [Dokument liegt beim Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal vor].
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauabteilung für den Bau des Elbe-Seitenkanals (Hrsg.). (1970). *Hydraulische Berechnungen: Bauwerk: Düker 530 Neetzekanal, ESK - km 107,970*. Hamburg. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal].
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauamt Elbe-Seitenkanal Nord (Hrsg.). (1975a). *Bestandszeichnung D531: 2 Drosselschütze am Neetzedüker, Drosselschütz 4,0 x 2,6 m*.

- Lüneburg. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal].
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauamt Elbe-Seitenkanal Nord (Hrsg.). (1975b). *Bestandszeichnung D531: 4 Drosselschütze am Neetzedüker, Führungsschienen für Schütz*. Lüneburg. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal].
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauamt Elbe-Seitenkanal Nord (Hrsg.). (1976). *Bauwerksbuch Schnedegrabendüker Nr. 532: Elbe-Seitenkanal*. Lüneburg. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal].
- Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg, Neubauamt Elbe-Seitenkanal Nord (Hrsg.). (1985). *Bestandszeichnung D531: Neetzedüker, Längsschnitt und Schnitte*. Uelzen. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal].
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal (Hrsg.). (2011). *Zusammenstellung der wichtigsten Daten des Bauwerkes: Düker Nr. 530 Neetzekanal*. Uelzen. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal]. [Anhang Nr. B1].
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal (Hrsg.). (2012a). *Zusammenstellung der wichtigsten Daten des Bauwerkes: Düker Nr. 531 Neetze*. Uelzen. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal]. [Anhang Nr.: B2].
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal (Hrsg.). (2012b). *Zusammenstellung der wichtigsten Daten des Bauwerkes: Düker Nr. 532 Schnedegraben*. Uelzen. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal]. [Anhang Nr. B3].
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal (Hrsg.). (2020a). *Der Elbe-Seitenkanal*. [PDF]. Uelzen: Selbstverlag. Verfügbar unter [https://www.wsa-mittellandkanal-elbe-seitenkanal.wsv.de/Webs/WSA/Mittellandkanal-ESK/DE/Service/Publikationen/publikationen\\_node.html;jsessionid=EF4095F47DFC547865C99A1A7D0BFB47.live11314](https://www.wsa-mittellandkanal-elbe-seitenkanal.wsv.de/Webs/WSA/Mittellandkanal-ESK/DE/Service/Publikationen/publikationen_node.html;jsessionid=EF4095F47DFC547865C99A1A7D0BFB47.live11314). [Zugriff am 15.04.2023].
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal (Hrsg.). (2020b). *Schiffshebewerk Lüneburg*. [PDF]. Uelzen: Selbstverlag. Verfügbar unter [https://www.wsa-mittellandkanal-elbe-seitenkanal.wsv.de/Webs/WSA/Mittellandkanal-ESK/DE/Service/Publikationen/publikationen\\_node.html;jsessionid=EF4095F47DFC547865C99A1A7D0BFB47.live11314](https://www.wsa-mittellandkanal-elbe-seitenkanal.wsv.de/Webs/WSA/Mittellandkanal-ESK/DE/Service/Publikationen/publikationen_node.html;jsessionid=EF4095F47DFC547865C99A1A7D0BFB47.live11314). [Zugriff am 15.04.2023].
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal (Hrsg.). (2020c). *Schleusengruppen Uelzen*. [PDF]. Uelzen: Selbstverlag. Verfügbar unter [https://www.wsa-mittellandkanal-elbe-seitenkanal.wsv.de/Webs/WSA/Mittellandkanal-ESK/DE/Service/Publikationen/publikationen\\_node.html;jsessionid=EF4095F47DFC547865C99A1A7D0BFB47.live11314](https://www.wsa-mittellandkanal-elbe-seitenkanal.wsv.de/Webs/WSA/Mittellandkanal-ESK/DE/Service/Publikationen/publikationen_node.html;jsessionid=EF4095F47DFC547865C99A1A7D0BFB47.live11314). [Zugriff am 15.04.2023].

- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen (Hrsg.). (1985a). *Bestandszeichnung D531: Neetzedüker Einlauf - Auslauf - Schnitte*. Uelzen. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal].
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen (Hrsg.). (1985b). *Bestandszeichnung D531: Neetzedüker Längsschnitt und Schnitte*. Uelzen. [Internes Dokument - Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal].
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (Hrsg.). (2022). *Verkehrsbericht 2021*. Bonn: Selbstverlag.
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes & Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.). (2022). *Bundeswasserstraßen: Klassifizierung der Binnenwasserstraßen des Bundes*. [PDF]. Verfügbar unter <https://www.gdws.wsv.bund.de/webcode/1553344>. [Zugriff am 15.04.2023].
- Wasserverband der Ilmenau-Niederung (Hrsg.). (2016). *Gewässer zweiter Ordnung & Gewässer dritter Ordnung*. Echem: Selbstverlag.
- Wasserverband der Ilmenau-Niederung (Hrsg.). (2022). *Auflistung Schöpfwerke und Siele Ilmenauverband*. Echem. [Internes Dokument – Ilmenauverband]. [Anhang Nr.: B4].
- Wasserwirtschaftsamt Lüneburg (Hrsg.). (1956). *Entwurf zum Ausbau der Neetze zwischen Barumer See und Fischhausen*. 3. Ausfertigung. Lüneburg. [Dokument liegt beim Ilmenauverband vor].
- Wasserwirtschaftsamt Lüneburg (Hrsg.). (1957). *Entwurf zum Ausbau des Neetzekanals*. 1. Ausfertigung. Lüneburg. [Dokument liegt beim Ilmenauverband vor].
- Wasserwirtschaftsamt Lüneburg (Hrsg.). (1959). *Entwurf zum Ausbau des Hauptvorfluters Graben E (Ilau-Schneegraben)*. 2. Ausfertigung. Lüneburg. [Dokument liegt beim Ilmenauverband vor].
- Wasserwirtschaftsamt Lüneburg (Hrsg.). (1960). *Prüfungsbemerkung zum allgemeinen Plan für Regelungen der Wasserwirtschaft in der Lüneburger Elbmarsch - Plan A - hier: Entwurf für den Ausbau des Grabens E (Hauptkanal) Ilau-Schneegraben*. Lüneburg. [Dokument liegt beim Ilmenauverband vor].
- Wasserwirtschaftsamt Lüneburg (Hrsg.). (1961). *Entwurf des neuen Deichsiesels am Hauptkanal km 24,920 bei Laßrönne*. 2. Ausfertigung. Lüneburg. [Dokument liegt beim Ilmenauverband vor].
- Wasserwirtschaftsamt Lüneburg (Hrsg.). (1964). *Entwurf für das Einlaßbauwerk zwischen Marschwetter und Hauptkanal*. 2. Ausfertigung. Lüneburg. [Dokument liegt beim Ilmenauverband vor].
- Wasserwirtschaftsamt Lüneburg (Hrsg.). (1970). *Entwurf zur Verlegung der Neetze im Bereich der Mühle Neetendorf*. 2. Ausfertigung. Lüneburg. [Dokument liegt beim Ilmenauverband vor].
- Wasserwirtschaftsamt Lüneburg (Hrsg.). (1977). *Bauentwurf zum Ausbau der „Unteren Neetze“*. 1. Nachtrag, 2. Ausfertigung. Lüneburg. [Dokument liegt beim Ilmenauverband vor].

- Wasserwirtschaftsamt Lüneburg (Hrsg.). (1979). *Bauentwurf für die Erhöhung des linksseitigen Ilmenaukanaldeiches in der Gemarkung Handorf - Schriftlicher Teil. 2. Ausfertigung.* Lüneburg. [Dokument liegt beim Ilmenauverband vor].
- Westermann, S. (2023, 4. Mai). *Frage zu Kats-Plan und Sonderplänen Hochwasser.* [E-Mail]. Leiter Fachbereich Brand- und Katastrophenschutz Landkreis Lüneburg. [Anhang Nr.: B5.10].
- Witt, W. (1962). Unterelbeniederung. In: Bundesanstalt für Länderkunde und Raumforschung, E. Meynen & J. Schmithüsen (Hrsg.). *Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands.* Bad Godesberg: Selbstverlag der Bundesanstalt. S. 971-980.
- Wörner, V. (2023a). *Zusammenstellung aller Änderungen und Anpassungen des 2D-Modelles der BfG.* Lüneburg. [Internes Dokument – NLWKN Betriebsstelle Lüneburg].
- Wörner, V. (2023b, 28. April). *Funktionsbezeichnung, Urlaub, Läufe, Fragen.* [E-Mail]. Mitarbeiterin GB III Betriebsstelle Lüneburg. [Anhang Nr. B5.11].
- Wörner, V. (2023c, 16. Mai). *Fragen zu Ausgangsbedingungen Ilmenau-Sperrwerk und dead band.* [E-Mail] Mitarbeiterin GB III Betriebsstelle Lüneburg. [Anhang Nr. B5.12].
- Zagonjoli, M. (2007). *Dam break modelling, risk assessment and uncertainty analysis for flood.* [Dissertation]. Delft University of Technology. Delft (Niederlande): Taylor & Francis. Verfügbar unter <https://research.tudelft.nl/en/publications/dam-break-modelling-risk-assessment-and-uncertainty-analysis-for->. [Zugriff am 06. März 2023].

## Verzeichnis für Gesetze, Vorschriften, Satzungen und Normen

12. BImSchV (2020). *Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Störfall-Verordnung* in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. März 2017 (BGBl. I S. 483) zuletzt geändert durch Artikel 107 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328).
12. BImSchV-ÜPRdErl (2022). *12. BImSchV-Überwachungsplan-Runderlass*. Überwachungsplan gemäß Artikel 20 der Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates und § 17 der 12. BImSchV. Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/c8b1e3f0-beff-3853-a68f-bb072d62a87d>. [Zugriff am 25.04.2023].
- Artlenburger Deichverband (Hrsg.). (2005). *Satzung zur 3. Änderung der Satzung des Artlenburger Deichverbandes*. [PDF]. Hohnstorf. Verfügbar unter <http://www.artlenburger-deichverband.de/fragen-und-antworten>. [Zugriff am 15.04.2023].
- Berliner Wasserbetriebe (Hrsg.). (2020). *Regelblatt 288:2020-10 - Neubau von Dükern: Norm für das Kanalnetz*. [PDF]. Berlin: Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.bwb.de/de/regelblattverzeichnis.php>. [Zugriff am 29.04.2023].
- BImSchG (2013). *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge*. Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123) zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 3 des Gesetzes vom 19. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1792).
- BinSchAufgG (2023). *Gesetz über die Aufgaben des Bundes auf dem Gebiet der Binnenschifffahrt*. Binnenschifffahrtsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 20. März 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 82).
- Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.). (2022). *Geschäftsordnung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)*. [PDF]. Berlin: Selbstverlag. Verfügbar unter <https://www.lawa.de/>. [Zugriff am 14.04.2023].
- Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.). (2004). *DIN 19700-12:2004-07, Stauanlagen - Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken*. Berlin: Beuth-Verlag.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.). (2013). *DIN 19712:2013-01, Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern*. Berlin: Beuth-Verlag.
- DVO Landkreis Harburg ADV (1981). *Verordnung des Landkreises Harburg über die Deichverteidigung im Artlenburger Deichverband in Lüneburg vom 07. September 1981 (Deichverteidigungsordnung)*. Winsen (Luhe).
- DVO Landkreis Lüneburg ADV (2007). *Verordnung des Landkreises Lüneburg über die Deichverteidigung im Artlenburger Deichverband im Bereich des Landkreises Lüneburg (Deichverteidigungsordnung)*. Lüneburg.
- DWO ADV (2007). *Deichwachordnung des Artlenburger Deichverbandes*. Hohnstorf.

- EU-Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über *die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken*. Straßburg. Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union.
- EU-Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über *Industrieemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung)*. Straßburg. Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union.
- EU-Richtlinie 2012/18/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Juli 2012 zur *Beherrschung der Gefahr schwerer Unfälle mit gefährlichen Stoffen, zur Änderung und anschließender Aufhebung der Richtlinie 96/82/EG des Rates*. Straßburg. Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union.
- Feuerwehr-Dienstvorschrift 100. (1999). *FwDV 100. Führung und Leitung im Einsatz: Führungssystem*. Dienstvorschrift wurde vom Ausschuss Feuerwehrangelegenheiten, Katastrophenschutz und zivile Verteidigung (AFKzV) genehmigt und den Ländern zur Einführung empfohlen. Beschlossene Fassung des AFKzV vom 10.03.1999. Verfügbar unter <https://www.lfs-sh.de/Inhalte/Vorschriften/Dienstvorschriften.php>. [Zugriff am 09.04.2023].
- GG (2019). Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland. In: Nomos Gesetze (Hrsg.). Gesetze für die Soziale Arbeit. 9. Auflage. Baden-Baden: Nomos Verlagsgesellschaft. S. 976-1011.
- HvFlutSTV (2008). *Havelpolder-Flutungs-Staatsvertrag*. Staatsvertrag über die Flutung der Havelpolder und die Einrichtung einer gemeinsamen Schiedsstelle vom 06. März 2008. Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/52dfe2e1-9d94-32fe-8db2-618b1eb2266b>. [Zugriff am 01.05.2023].
- HvFlutStVG (2008). *Havelpolder-Flutungs-Staatsvertragsgesetz*. Gesetz zu dem Staatsvertrag über die Flutung der Havelpolder und die Einrichtung einer gemeinsamen Schiedsstelle vom 02. Juli 2008. Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/c207f43f-86db-3ed8-9ecf-876bf4d476e3>. [Zugriff am 01.05.2023].
- NBrandSchG (2022). *Niedersächsisches Brandschutzgesetz*. Niedersächsisches Gesetz über den Brandschutz und die Hilfeleistung der Feuerwehr vom 18. Juli 2012 (Nds. GVBl. S. 269 -VORIS 21090-) zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 29. Juni 2022 (NDS. GVBl. S.405). Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/c6c1d50e-c576-3411-b297-1a2475c9bdcc>. [Zugriff am 25.04.2023].
- NDG (2022). *Niedersächsisches Deichgesetz*. In der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Februar 2004 (Nds. GVBl. S. 83 -VORIS 28200 04 00 00 000-) zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 28. Juni 2022 (Nds. GVBl. S. 388). Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/3ad4926e-8707-3e34-b0f4-3762ce92e50b>. [Zugriff am 15.04.2023].
- Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2008). *Verordnung über die Festsetzung des Überschwemmungsgebietes der Elbe oberhalb Schnackenburg bis zur Staustufe bei Geesthacht vom 09. Dezember 2008*. Lüneburg. Veröffentlicht im Niedersächsisches Ministerialblatt, Nr. 48/2008.

- NKatSG (2022). *Niedersächsisches Katastrophenschutzgesetz*. In der Fassung der Neubekanntmachung vom 26. August 2022 (Nds. GVB. S. 504). Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/ba5be0d0-a0eb-38a7-a18e-5aa1f5cecc66>. [Zugriff am 15.04.2023].
- NKomVG (2022). *Niedersächsisches Kommunalverfassungsgesetz*. Vom 17. Dezember 2010 (Nds. GVBl. S. 576 -VORIS 20300-) zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 22. September 2022 (Nds. GVBl. S. 588). Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/3c39baa1-2807-36c5-87ac-ed99466e87f7>. [Zugriff am 25.04.2023].
- NLWKNRdErl (2013). *NLWKN-Runderlass*. Gem. RdErl. d. MU, d. MI u. d. MF vom 17.12.1997 – 603-01472-0021007 – vom 17. Dezember 1997 (Nds. MBl. 1998 S. 298) zuletzt geändert durch RdErl. vom 11. Januar 2013 (Nds. MBl. S. 96) -VORIS 20110 00 00 15 004-. Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/f8e745fa-9ecf-3961-9209-835c8b5e3cc8>. [Zugriff am 20.04.2023].
- NPOG (2022). *Niedersächsisches Polizei- und Ordnungsbehördengesetz*. In der Fassung der Bekanntmachung vom 19. Januar 2005 (Nds. GVBl. S. 9 -VORIS 21011 10 00 00 000-) zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 22. September 2022 (Nds. GVBl. S. 589). Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/6397c30a-a372-35db-8e92-694ba015c7c9>. [Zugriff am 27.05.2023].
- NWG (2022). *Niedersächsisches Wassergesetz*. Vom 19. Februar 2010 (Nds. GVBl. S. 64 -VORIS 28200-) zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 22. September 2022 (Nds. GVBl. S. 578). Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/5d867f46-2f69-34af-a021-4e1c2eb8061e>. [Zugriff 15.03.2023].
- RdErl. d. MI v. 21. 12. 2011 (2011). *Runderlass des Ministeriums für Inneres und Sport vom 21.12.2011 über den Katastrophenschutzplan gemäß § 10 NKatSG*. – B 21-14602/00 – VORIS 21100 –. [Dokument liegt bei den Landkreisen Lüneburg & Harburg vor].
- StörfG (2017). *Niedersächsisches Störfallgesetz*. Vom 20. November 2001 (Nds. GVBl. S. 700 -VORIS 28500 01 00 00 000-) zuletzt geändert durch das Gesetz vom 25. September 2017 (Nds. GVBl. S. 354). Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/6bbc5776-05ae-3cf5-90f9-a5af89618e01>. [Zugriff am 25.04.2023].
- THWG (2021). *Gesetz über das Technische Hilfswerk*. THW-Gesetz vom 22. Januar 1990 (BGBl. I S. 118) zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 8 des Gesetzes vom 30. März 2021 (BGBl. I S. 402).
- Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung (Hrsg.). (2015). *Satzung des Wasserverbandes der Ilmenau-Niederung*. Lüneburg. In der Fassung der Bekanntmachung vom 17. März 1993 zuletzt geändert am 16.04.2015, tritt rückwirkend zum 01.01.2015 in Kraft.
- WaStrG (2021). *Bundeswasserstraßengesetz*. In der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Mai 2007 (BGBl. I S. 962; 2008 I S. 1980) zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 18. August 2021 (BGBl. I S. 3901).

WHG (2023). *Wasserhaushaltsgesetz*. Vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Januar 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 5).

WVG (2002). *Gesetz über Wasser- und Bodenverbände*. Wasserverbandsgesetz vom 12. Februar 1991 (BGBl. I S. 405) zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 15. Mai 2002 (BGBl. I S. 1578).

ZSKG (2020). *Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes*. Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz vom 25. März 1997 (BGBl. I S. 726) zuletzt geändert durch Artikel 144 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328).

ZustVO-Deich (2005). *Verordnung über Zuständigkeiten auf dem Gebiet des Deichrechts*. Vom 29. November 2004 (Nds. GVBl. S. 549 -VORIS 28200-). Aufgrund des § 30a Satz 2 des Niedersächsischen Deichgesetzes in der Fassung vom 23. Februar 2004 (Nds. GVBl. S. 83), geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 5. November 2004 (Nds. GVBl. S. 417). Verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/c80d409f-2986-3f51-8277-7b089a6ca88e>. [Zugriff am 01.05.2023].

# Anhangsverzeichnis

## A: Abflusskurven und Wasserspiegellagen

Nr.	Titel	Seitenzahlen
<b>A1</b>	<b>Geöffnete Drosselschütze</b>	<b>XIII</b>
A1.1	Elbepegel	XIII
A1.2	Deichbruch	XIII
A1.3	Dücker	XIV
A1.4	Sperrwerk, Siele und Schöpfwerke	XIV
A1.5	Gemeinden (Ost)	XV
A1.6	Gemeinden (West)	XVII
A1.7	Störfallbetriebe	XIX
<b>A2</b>	<b>Geschlossene Drosselschütz</b>	<b>XIX</b>
A2.1	Elbepegel	XIX
A2.2	Deichbruch	XX
A2.3	Dücker	XX
A2.4	Sperrwerk, Siele und Schöpfwerke	XXI
A2.5	Gemeinden (Ost)	XXII
A2.6	Gemeinden (West)	XXIII
A2.7	Störfallbetriebe	XXV
<b>A3</b>	<b>Statisch gedrosselter Durchfluss</b>	<b>XXVI</b>
A3.1	Elbepegel	XXVI
A3.2	Deichbruch	XXVI
A3.3	Dücker	XXVII
A3.4	Sperrwerk, Siele und Schöpfwerke	XXVII
A3.5	Gemeinden (Ost)	XXVIII
A3.6	Gemeinden (West)	XXX
A3.7	Störfallbetriebe	XXXII
<b>A4</b>	<b>Dynamisch gedrosselter Durchfluss</b>	<b>XXXII</b>
A4.1	Elbepegel	XXXII
A4.2	Deichbruch	XXXIII
A4.3	Dücker	XXXIII
A4.4	Sperrwerk, Siele und Schöpfwerke	XXXIV
A4.5	Gemeinden (Ost)	XXXV
A4.6	Gemeinden (West)	XXXVI
A4.7	Störfallbetriebe	XXXVIII

## B: Bauwerksdokumente und Mitteilungen per E-Mail

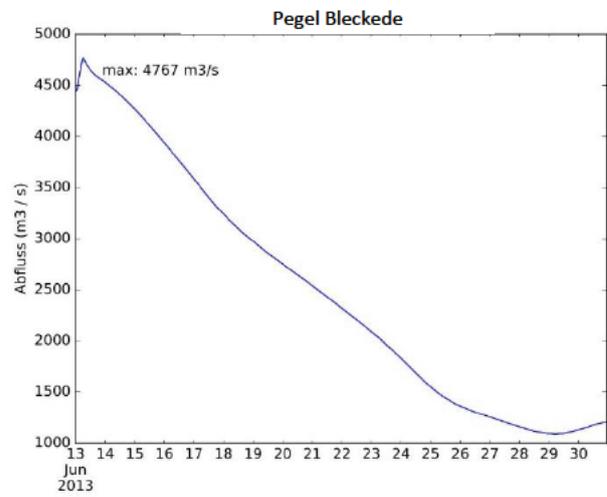
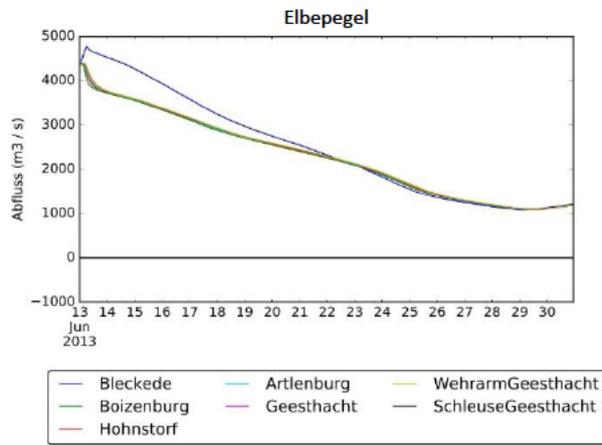
Nr.	Titel	Seitenzahlen
B1	Zusammenstellung der wichtigsten Daten des Bauwerkes: Düker Nr. 530 Neetzekanal. (Hrsg.: WSA MLK/ESK, 2011)	XXXIX
B2	Zusammenstellung der wichtigsten Daten des Bauwerkes: Düker Nr. 531 Neetze. (Hrsg.: WSA MLK/ESK, 2012a)	XLII
B3	Zusammenstellung der wichtigsten Daten des Bauwerkes: Düker Nr. 532 Schnedegraben. (Hrsg.: WSA MLK/ESK, 2012b)	XLIV
B4	Auflistung Schöpfwerke und Siele Ilmenauverband. (Hrsg.: Wasserverband der Ilmenau-Niederung, 2022)	XLVI
B5	Mitteilungen per E-Mail	XLVII
B5.1	Blum, H. (2023, 9. März): Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen.	XLVII
B5.2	Erdmann, B. (2023, 15. Mai): Angaben zu den Dükerbauwerken Nr. 530, 531, 532 - Dükerbauwerke in der Elbmasch, Drosselschütze, Handlungsanweisung, Planfeststellungsbeschluss ESK.	XLIX
B5.3	Fuhrmann, F. & Kallweit, W. (2019, 4. April): Drosselschütze am ESK an den Dükern Neetze, Neetzekanal und Schnedegraben.	L
B5.4	Gauglitz, D. (2023, 19. April): Datenanfrage Neetze.	LIII
B5.5	Pape, M. (2023, 12. April): Anfrage zu Dükerbauwerken 530, 531 und 532.	LV
B5.6	Sachse, S. (2023, 23. März): Anfrage KatS-Plan/Alarm- und Einsatzpläne (Deichbruch).	LVIII
B5.7	Schumacher, L. (2023, 10. Mai): Frage zu Einsatzplan Hochwasser.	LXI
B5.8	Sievers, L. (2023, 4. Mai): Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser.	LXIII
B5.9	Thorenz, F. (2023, 8. März): Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen.	LXVI
B5.10	Westermann, S. (2023, 4. Mai): Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser.	LXVII
B5.11	Wörner, V. (2023b, 28. April): Funktionsbezeichnung, Urlaub, Läufe, Fragen.	LXIX
B5.12	Wörner, V. (2023c, 16. Mai): Fragen zu Ausgangsbedingungen Ilmenau-Sperrwerk und dead band.	LXXI

## C: Videos der Simulationsläufe als digitaler Anhang auf CD

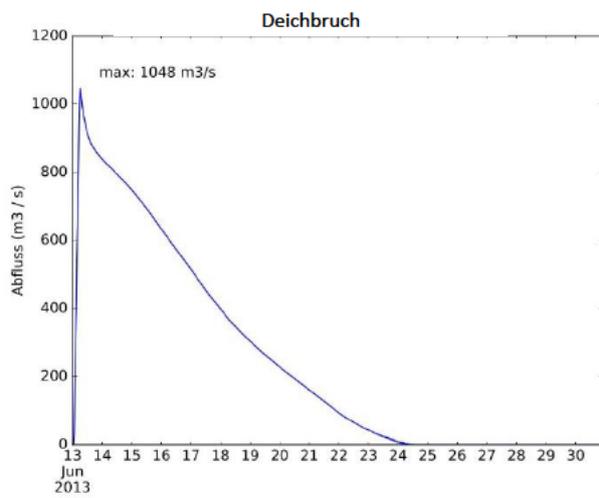
Nr.	Titel		
C1	Video geöffnete Drosselschütze	(erstellt: Wörner)	CD
C2	Video geschlossene Drosselschütze	(erstellt: Wörner)	CD
C3	Video statisch gedrosselter Durchfluss	(erstellt: Wörner)	CD
C4	Video dynamisch gedrosselter Durchfluss	(erstellt: Wörner)	CD

# A1 Geöffnete Drosselschütze

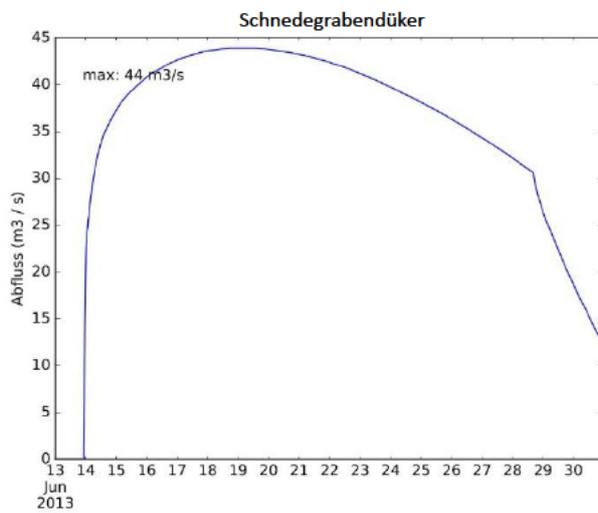
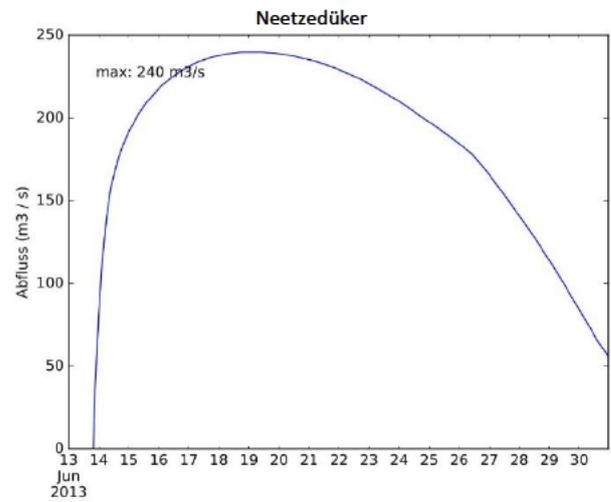
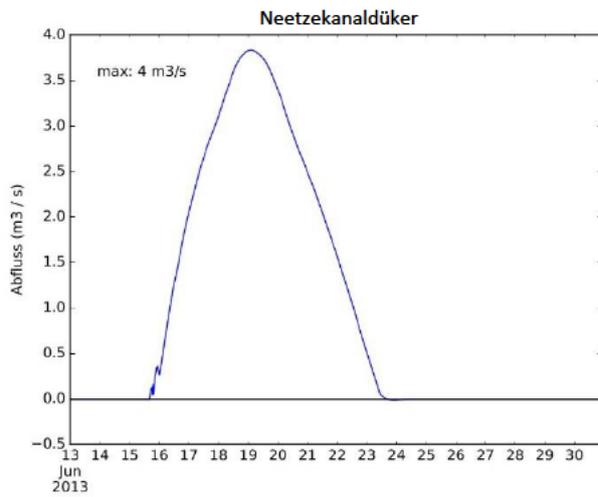
## A1.1 Elbepegel



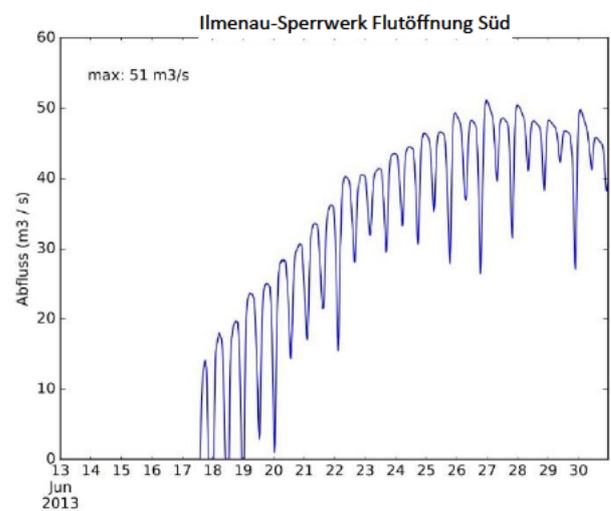
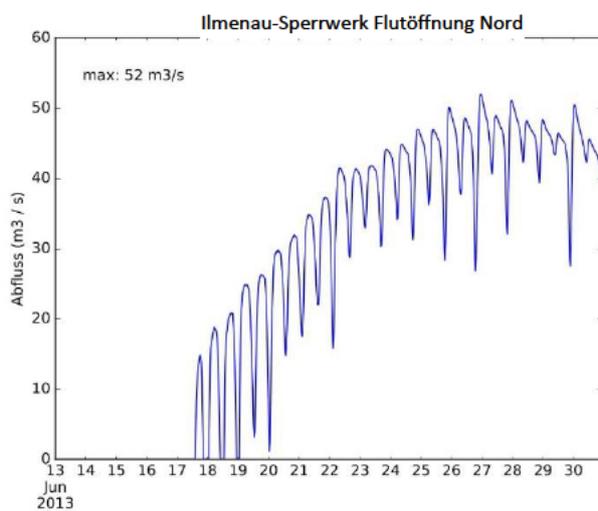
## A1.2 Deichbruch

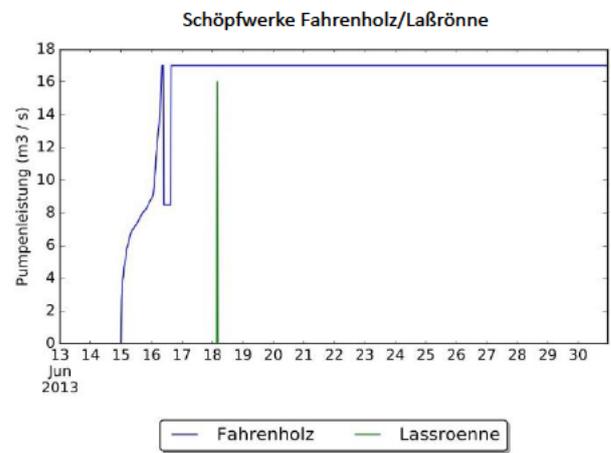
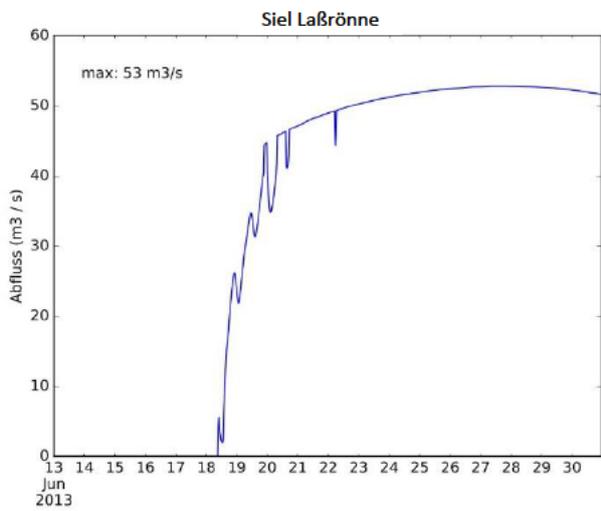
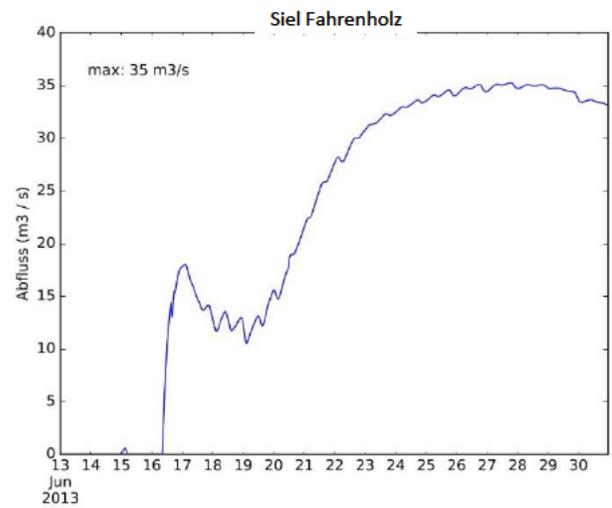
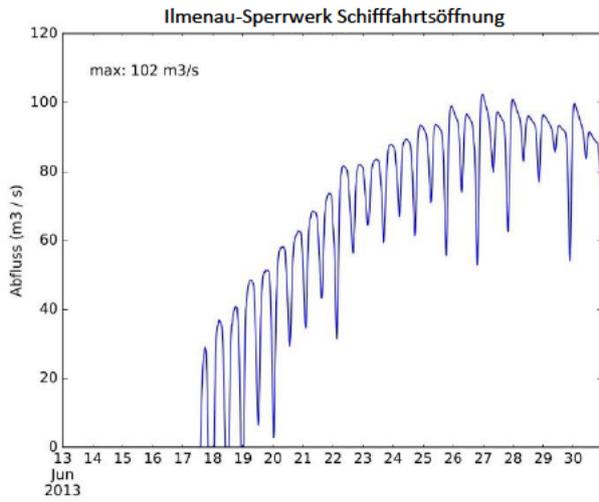


### A1.3 Düker

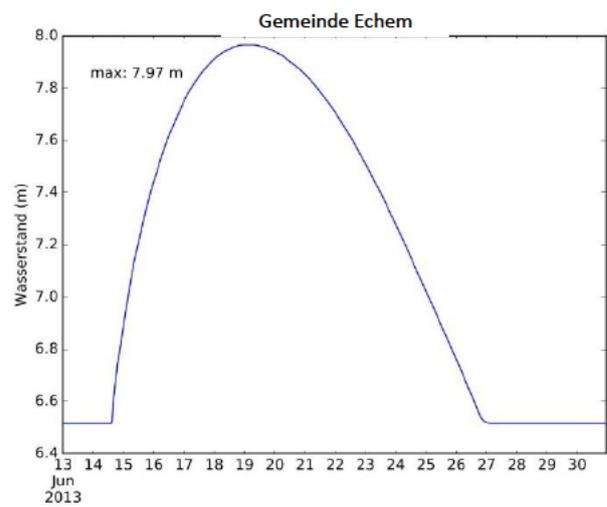
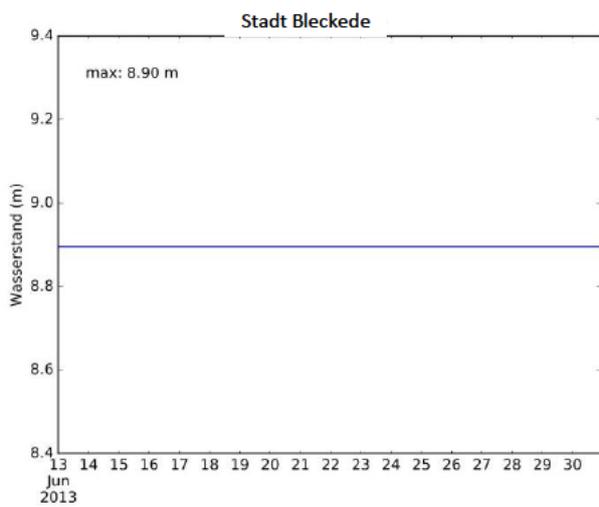


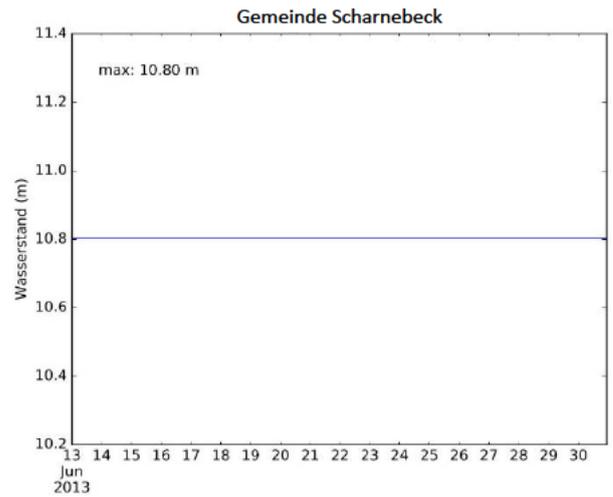
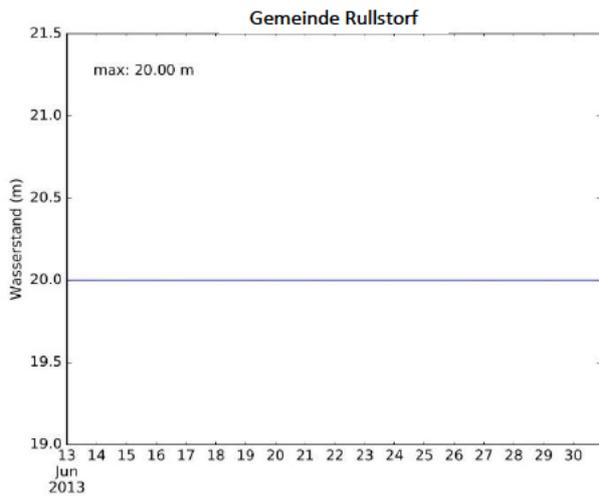
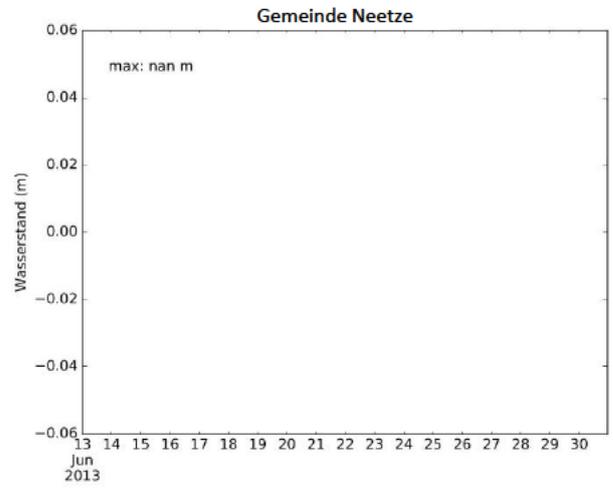
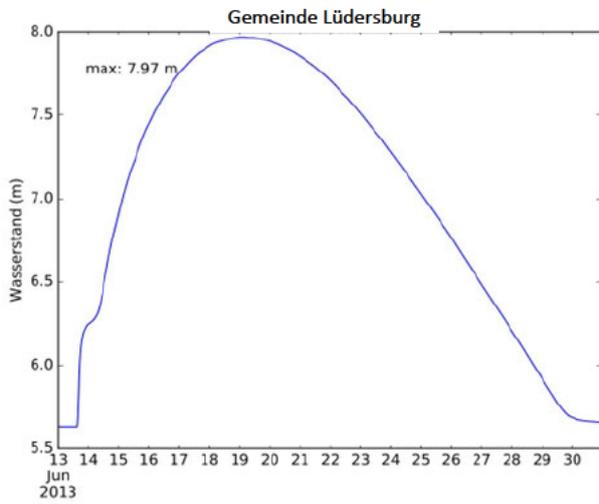
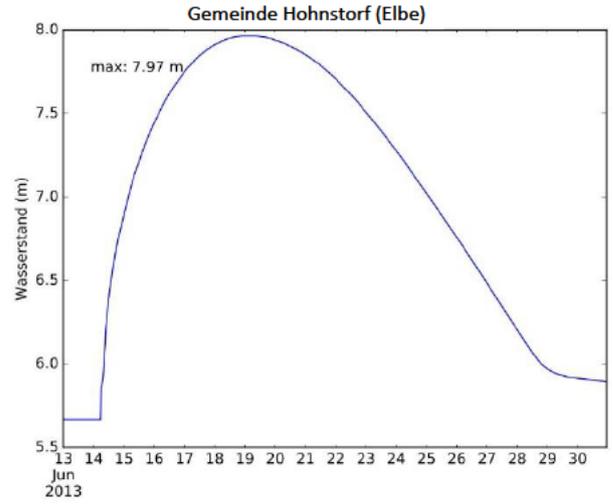
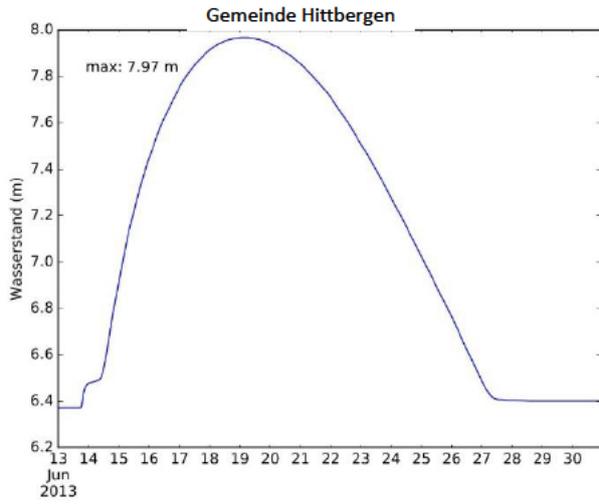
### A1.4 Sperrwerk, Siele und Schöpfwerke



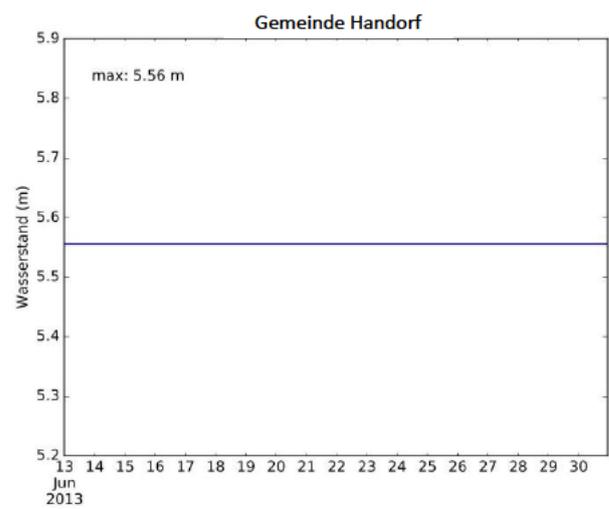
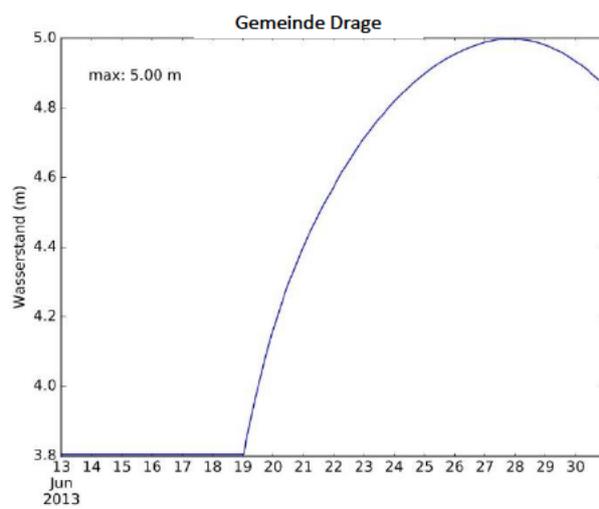
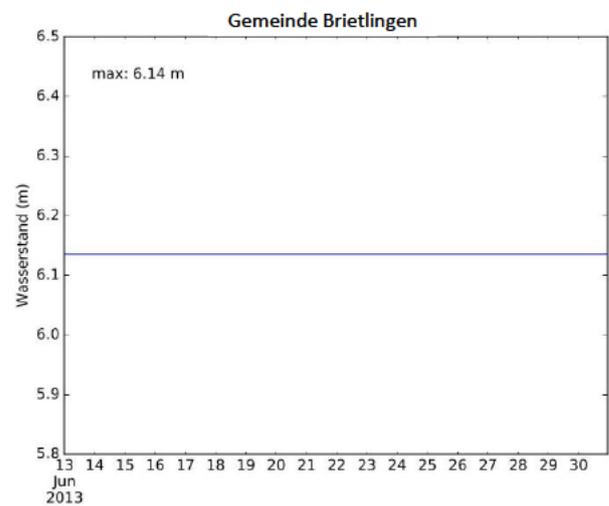
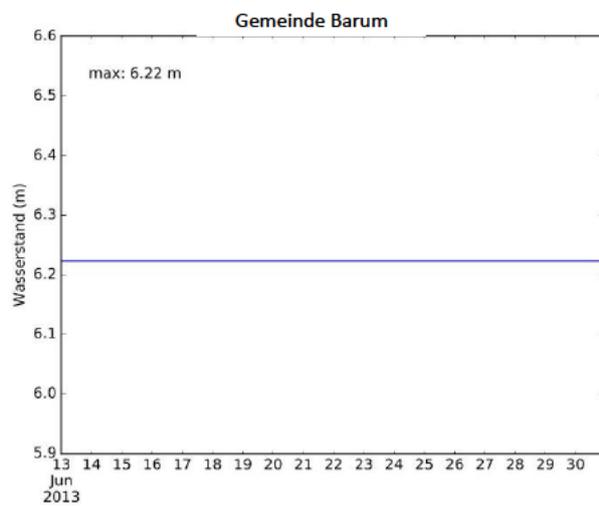
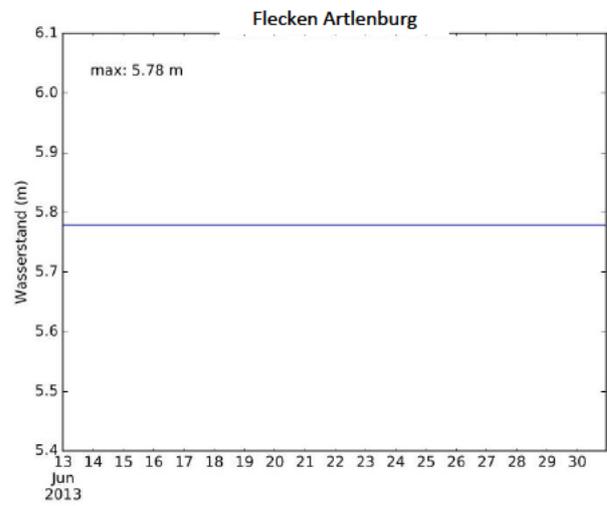
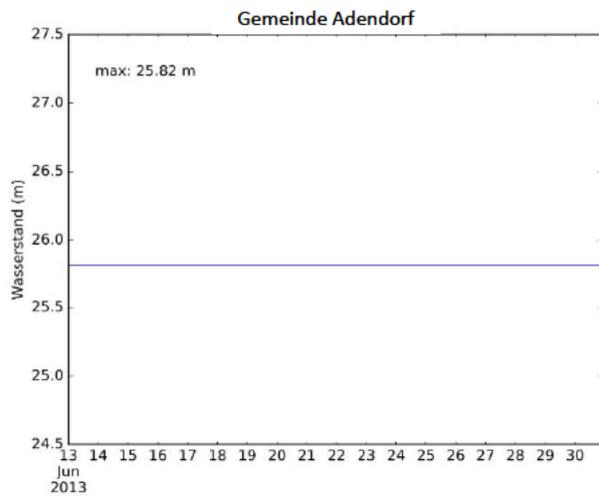


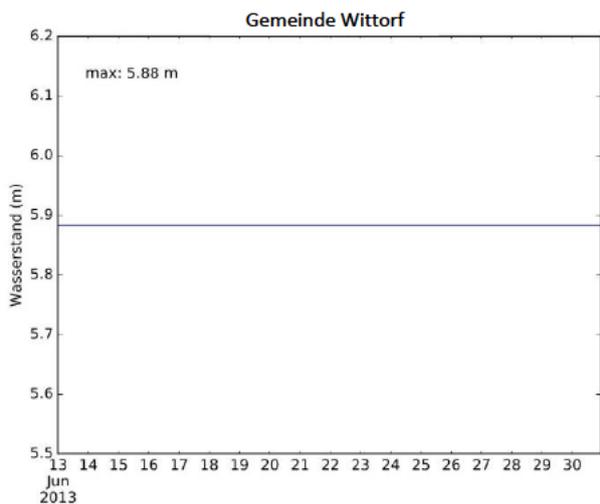
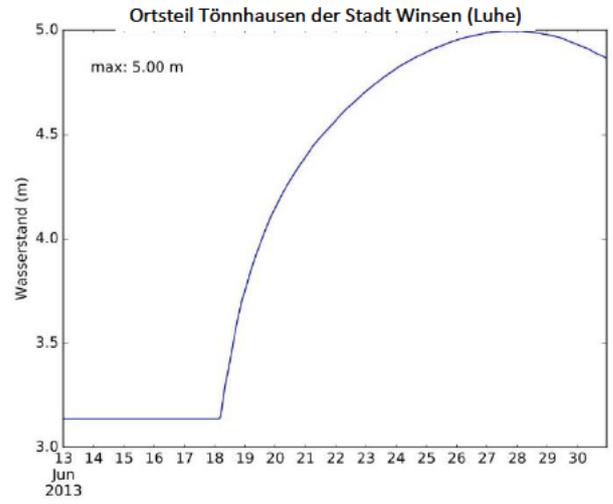
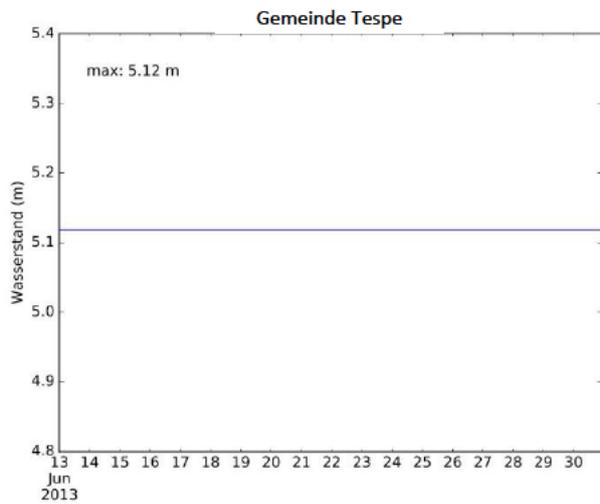
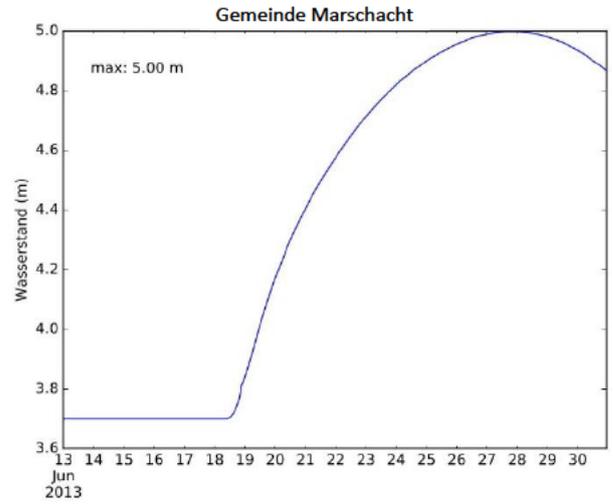
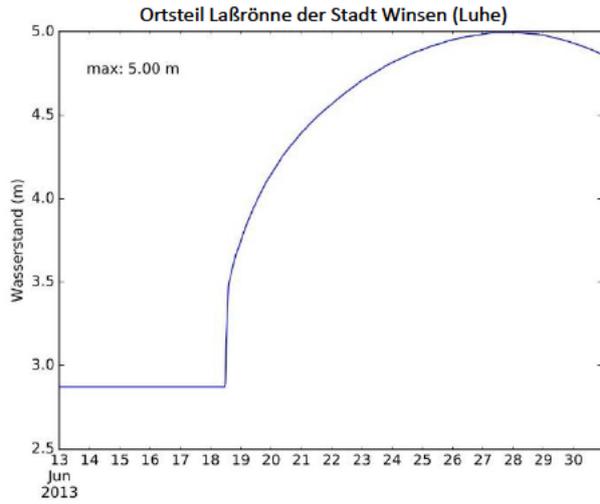
## A1.5 Gemeinden (Ost)



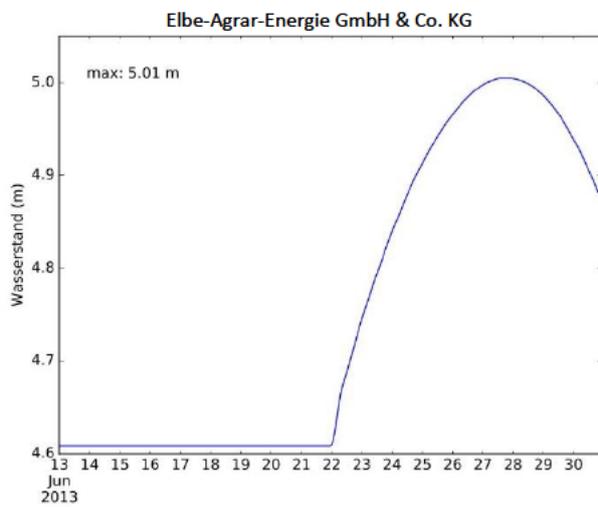
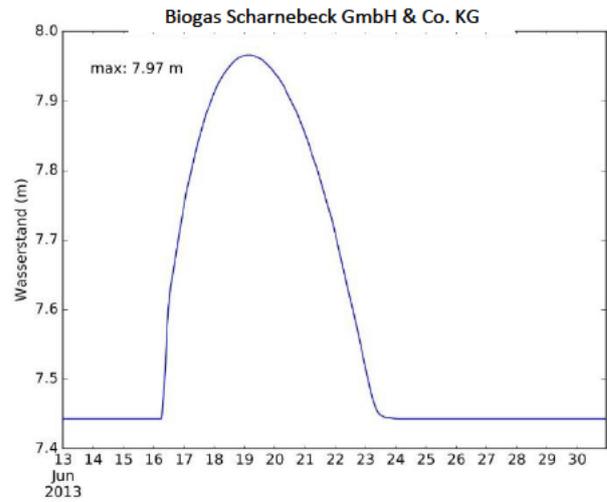
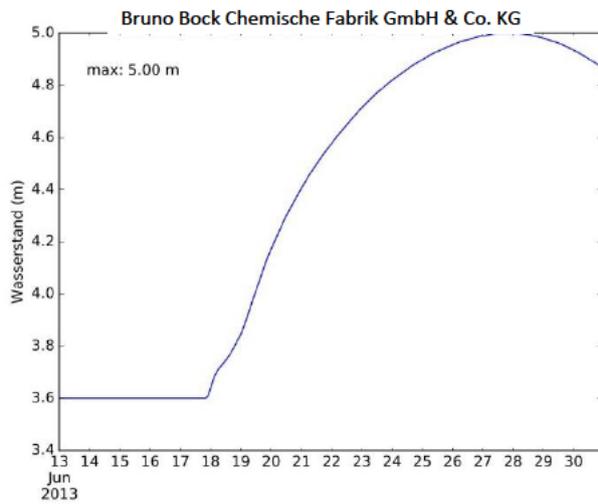


## A1.6 Gemeinden (West)



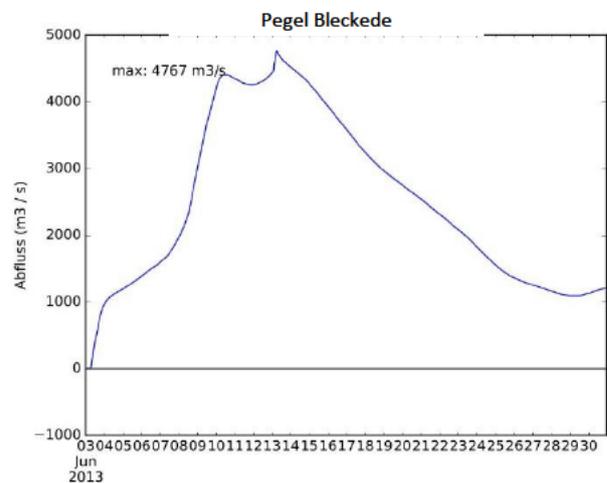
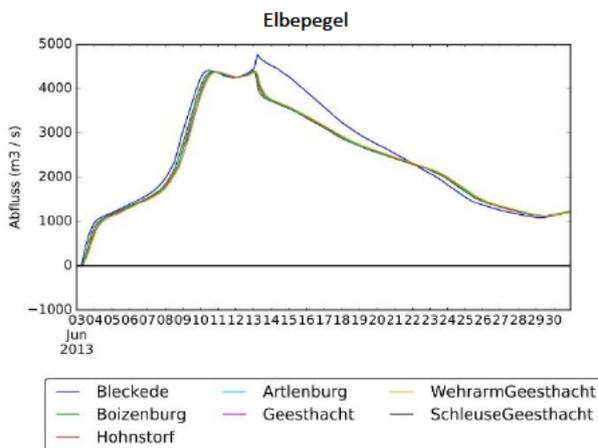


## A1.7 Störfallbetriebe

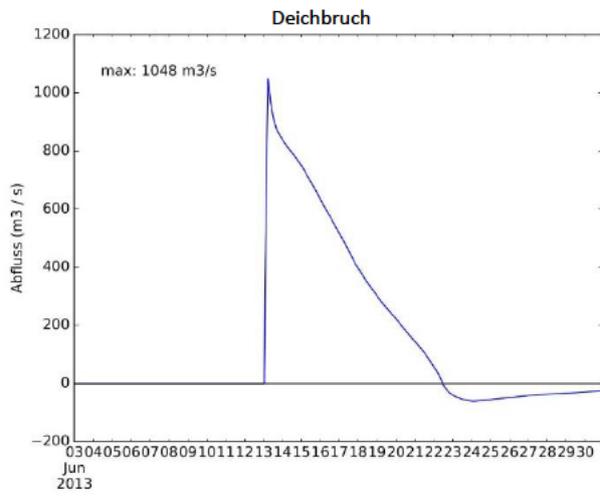


## A2 Geschlossene Drosselschütze

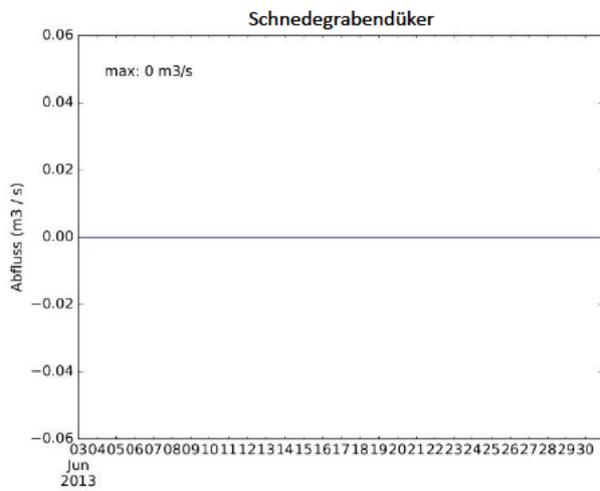
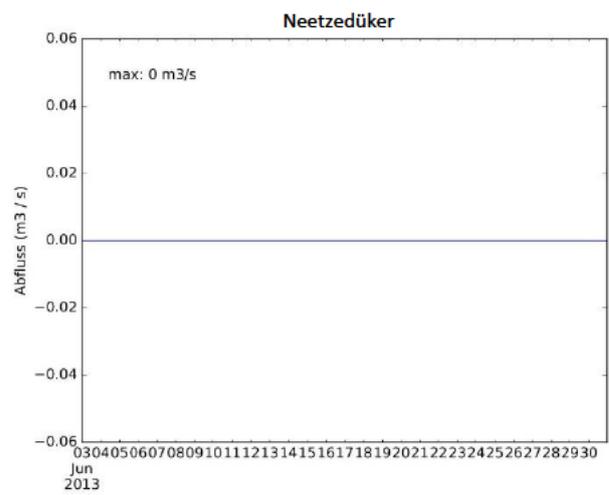
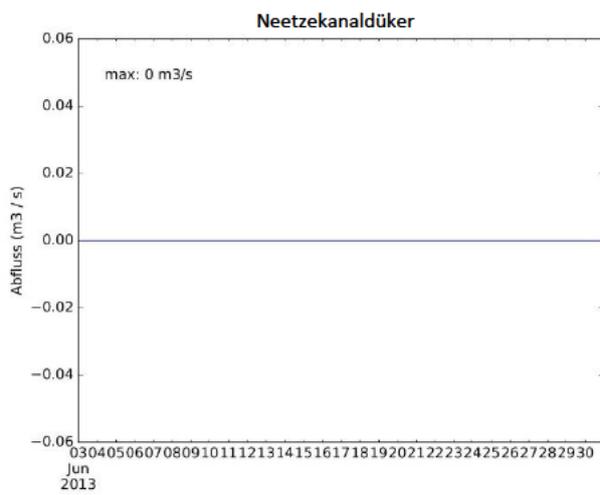
### A2.1 Elbepegel



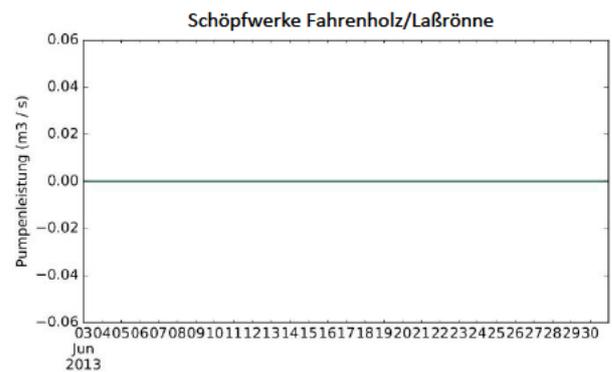
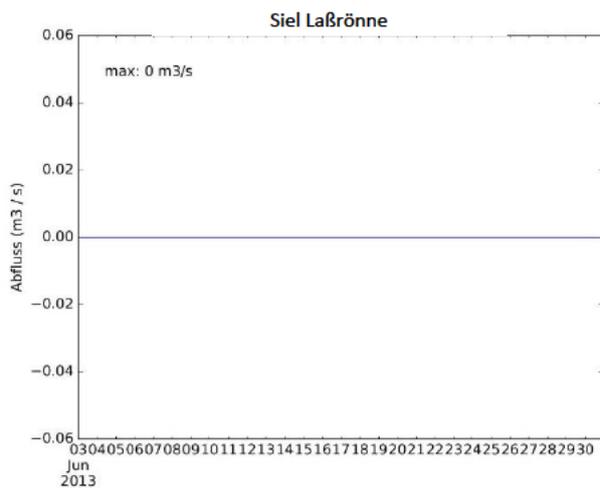
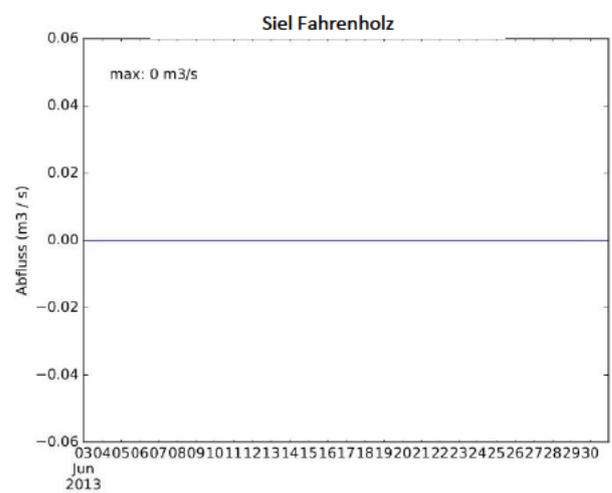
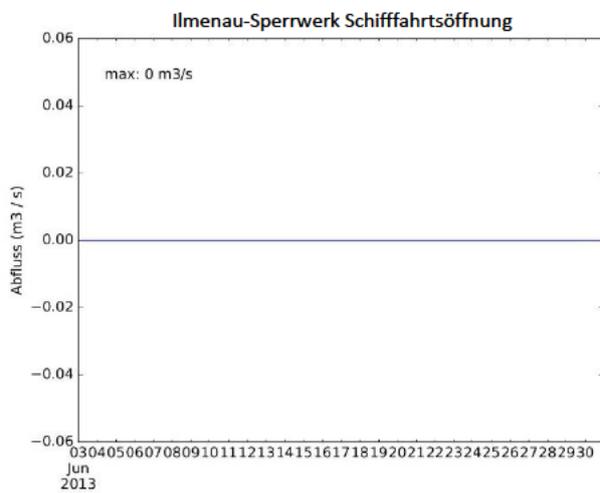
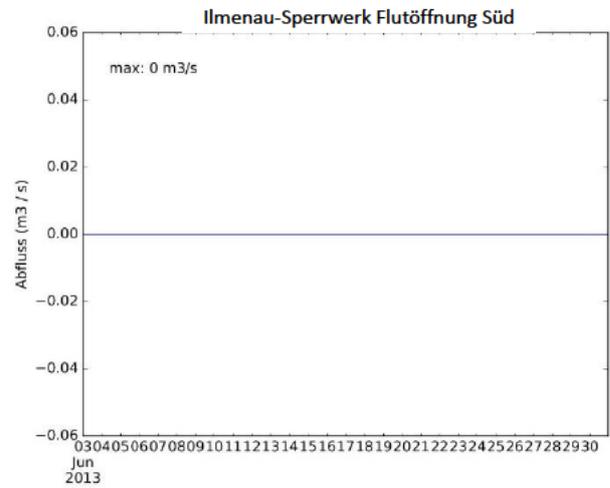
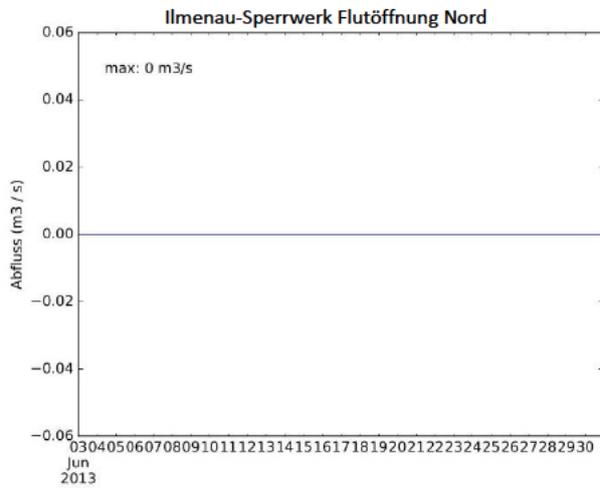
## A2.2 Deichbruch



## A2.3 Düker

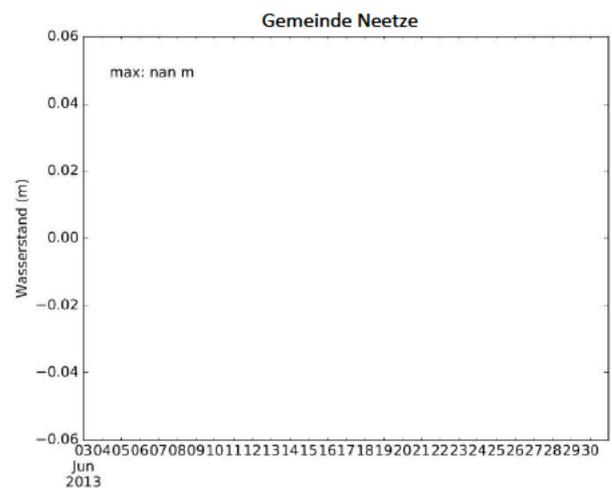
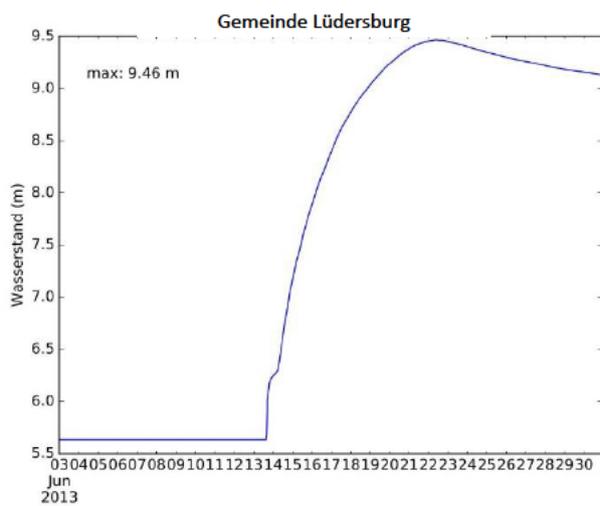
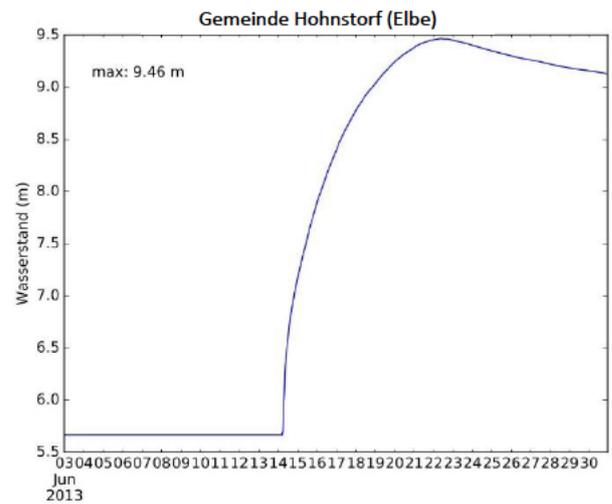
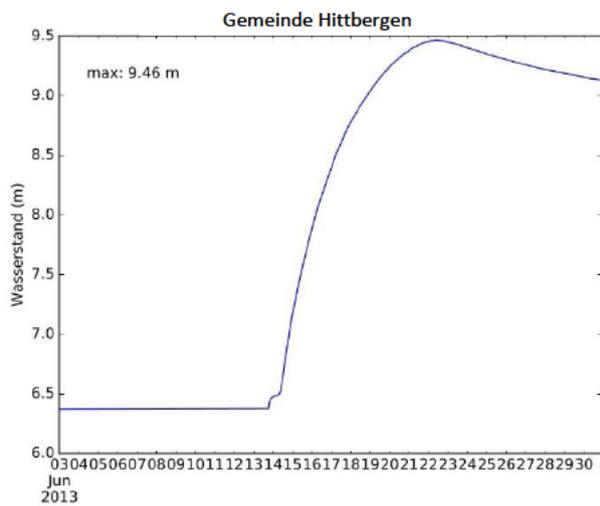
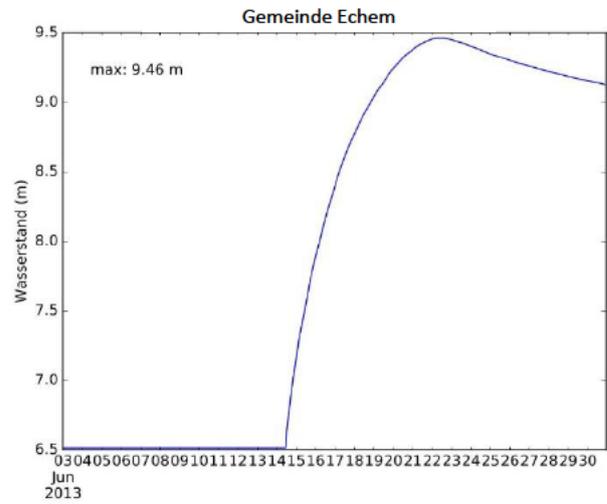
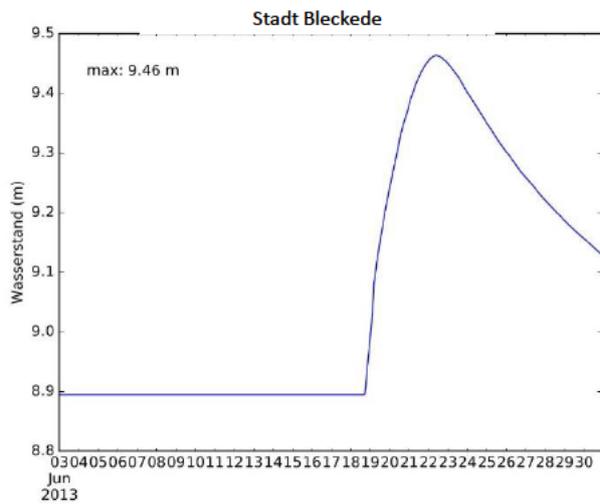


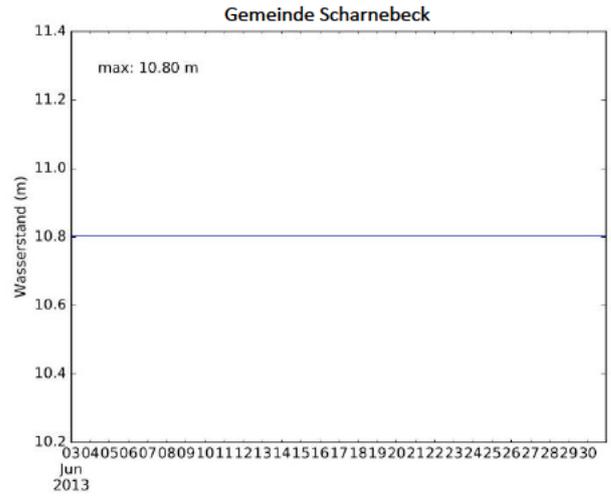
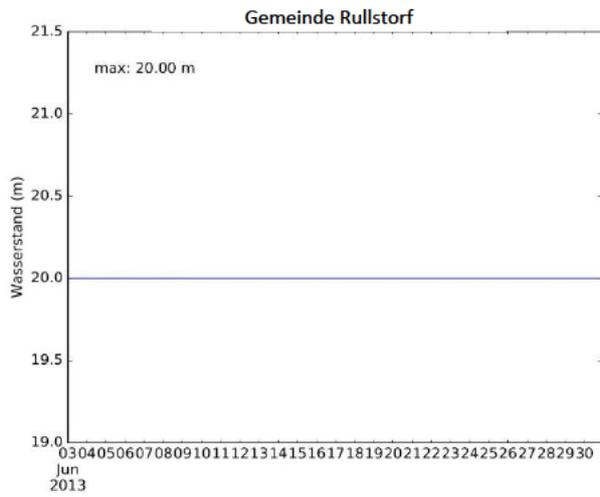
## A2.4 Sperrwerk, Siele und Schöpfwerke



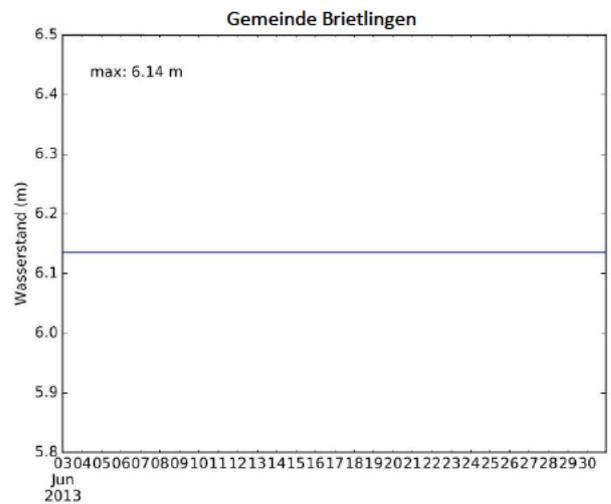
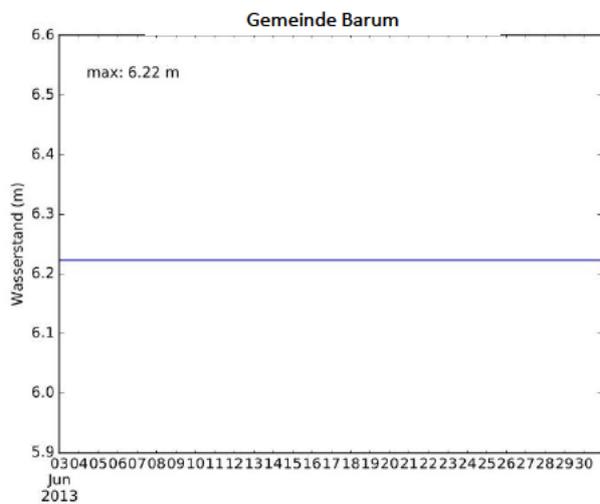
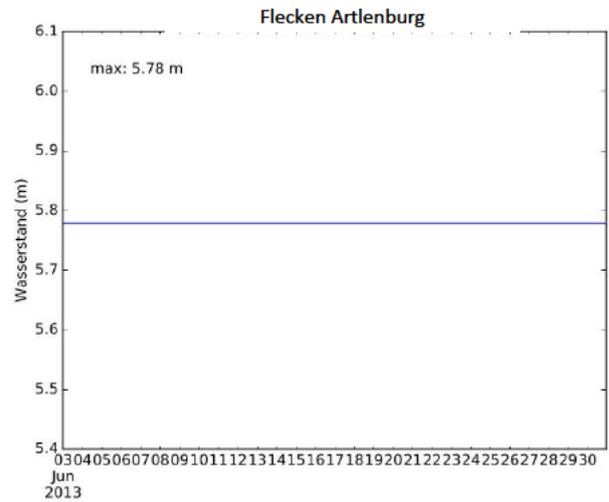
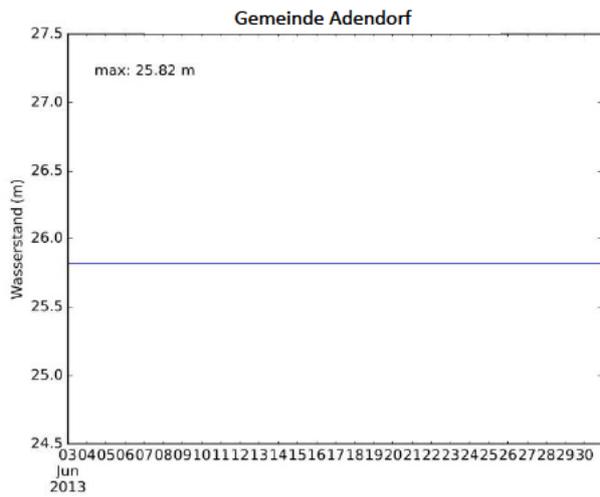
— Fahrenholz — Laßbrönne

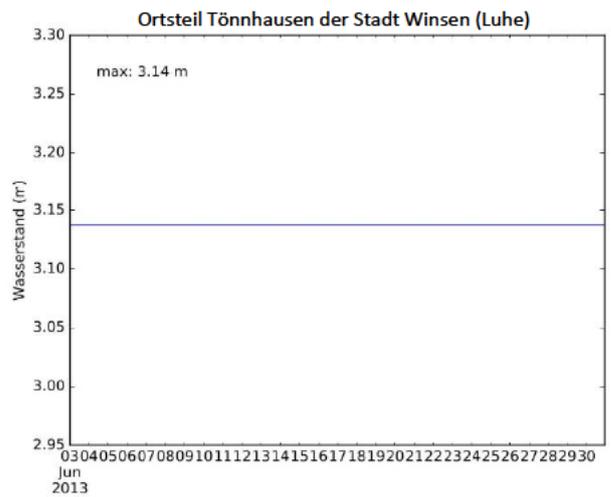
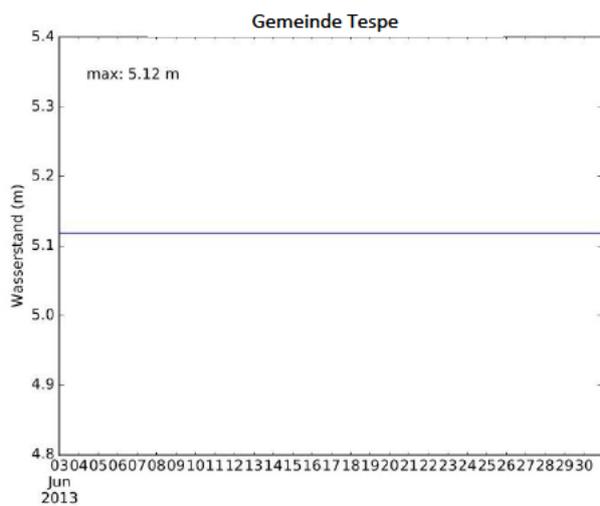
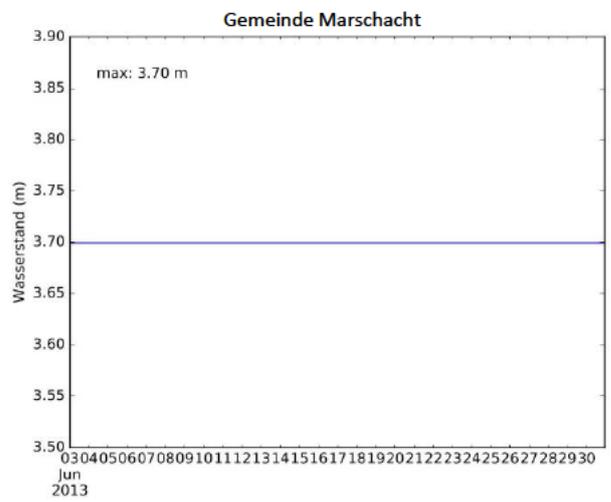
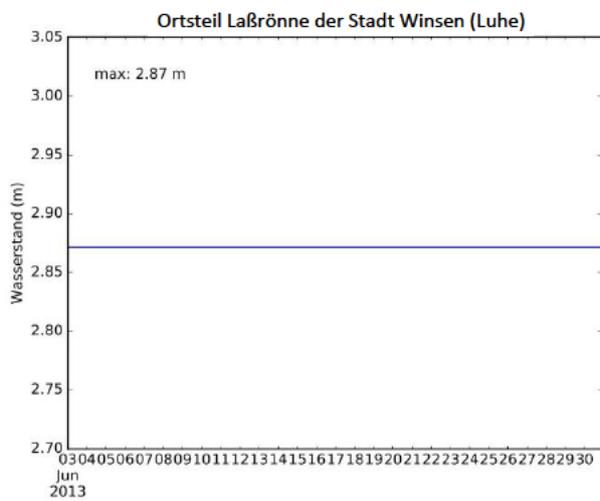
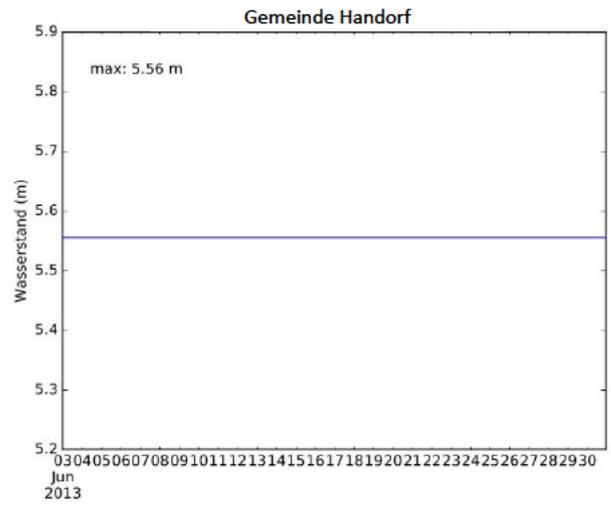
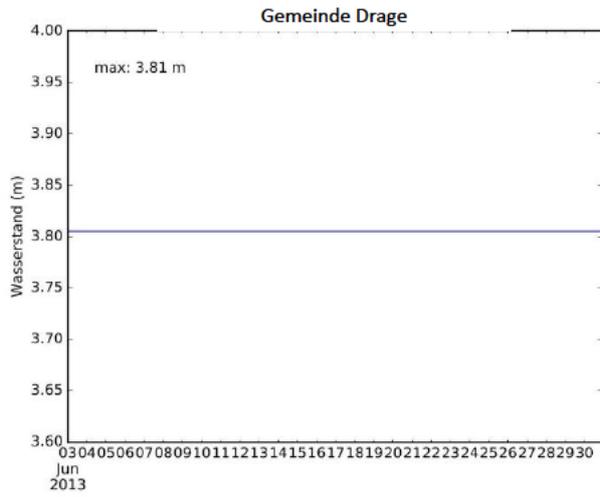
## A2.5 Gemeinden (Ost)

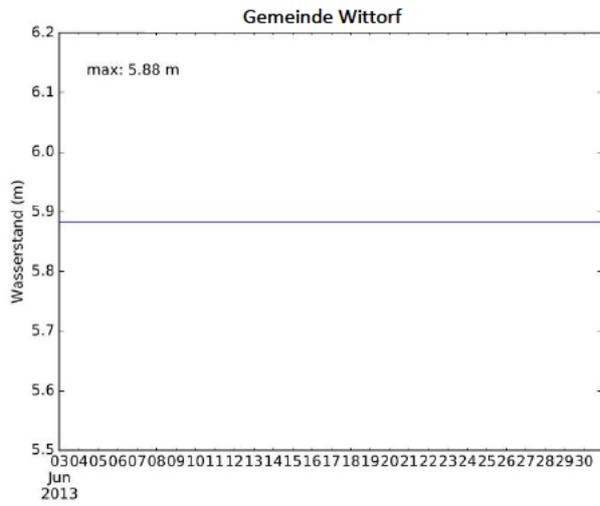




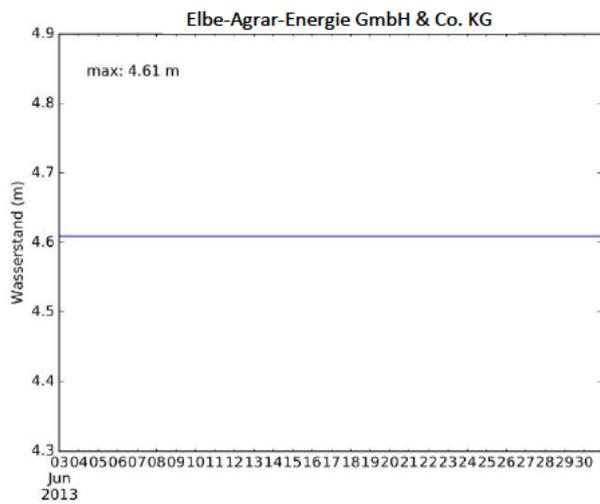
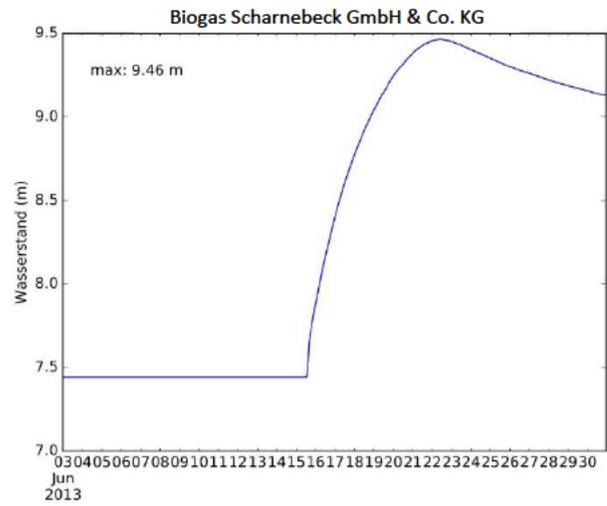
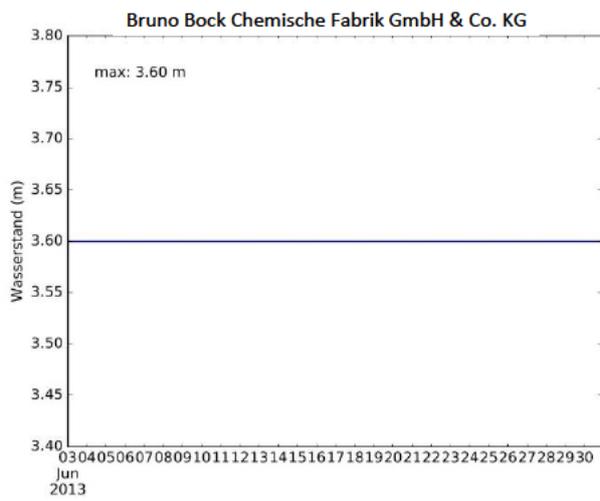
## A2.6 Gemeinden (West)





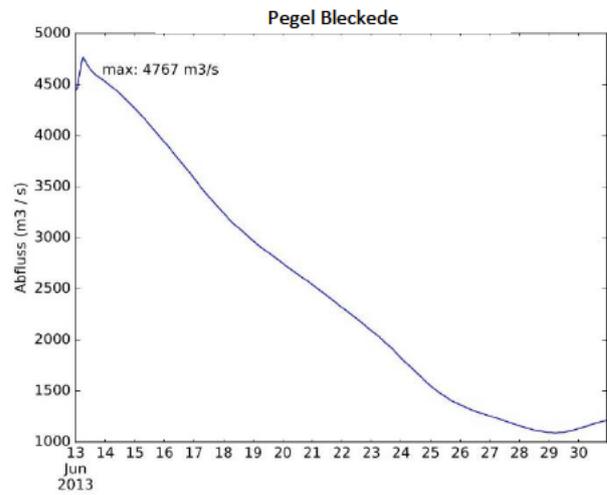
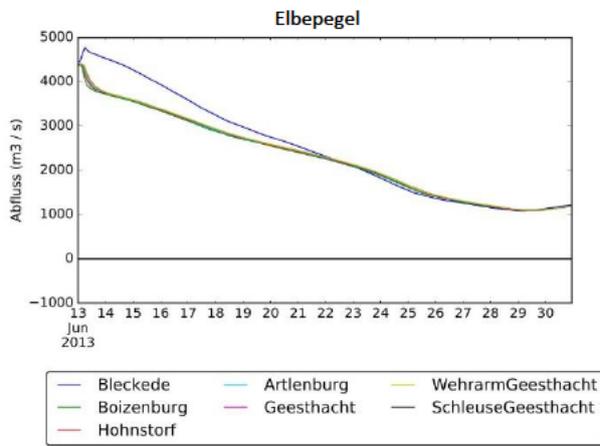


## A2.7 Störfallbetriebe

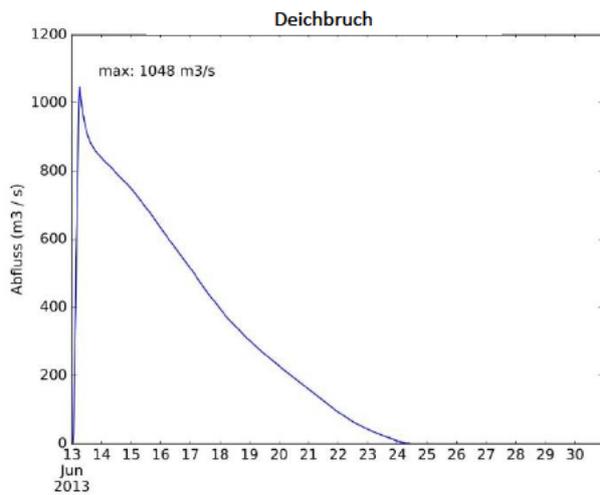


## A3 Statisch gedrosselter Durchfluss

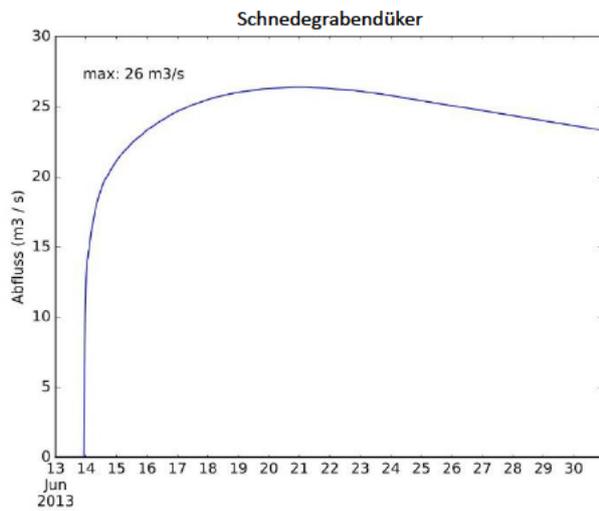
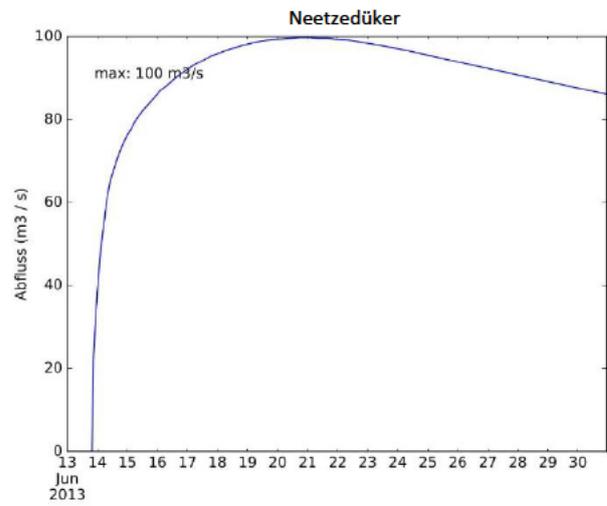
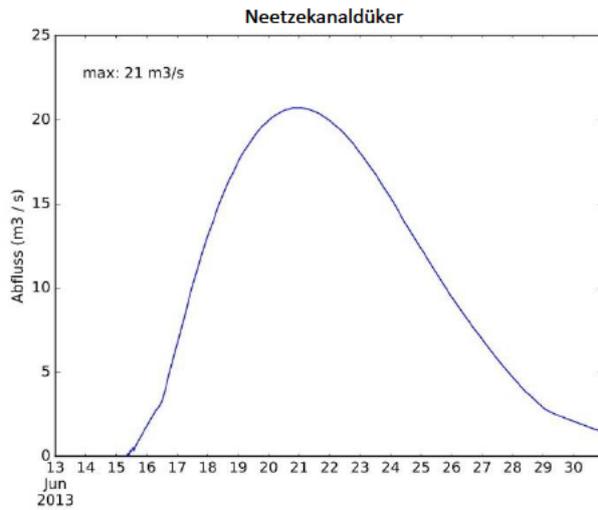
### A3.1 Elbepegel



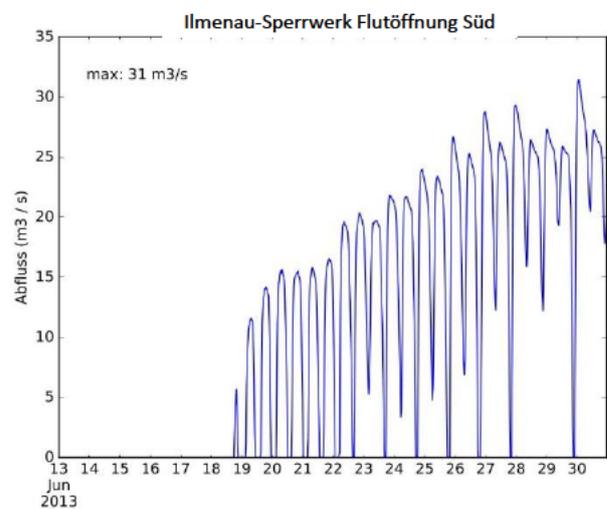
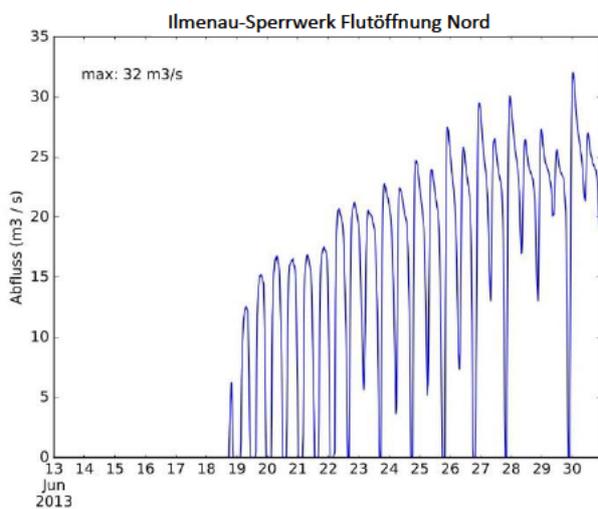
### A3.2 Deichbruch

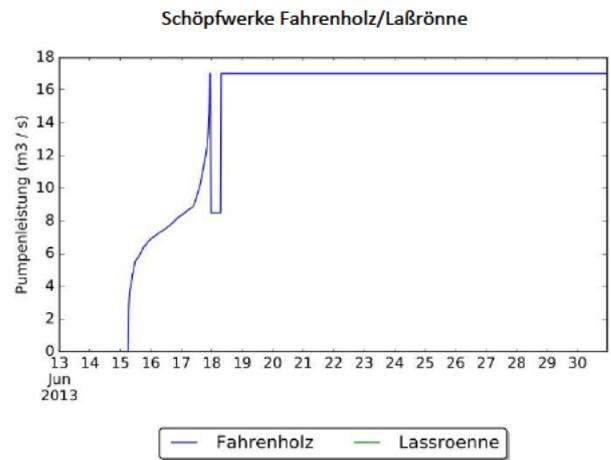
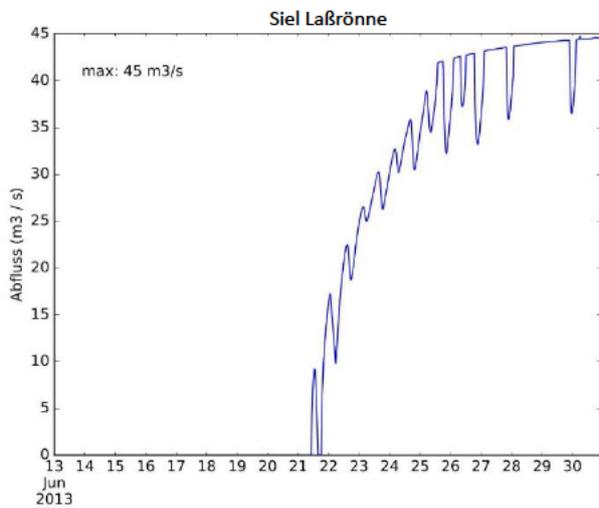
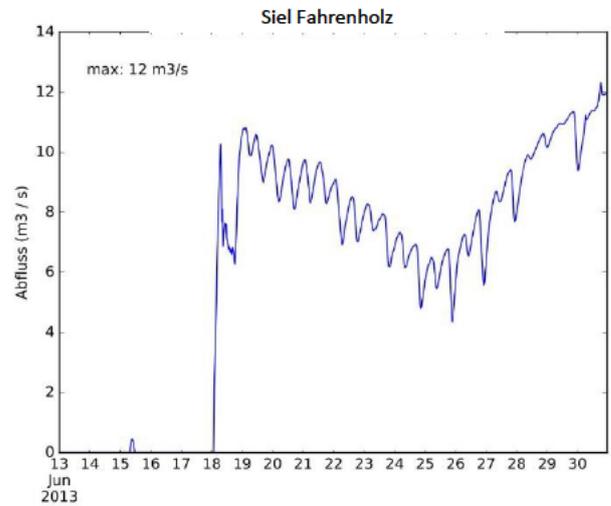
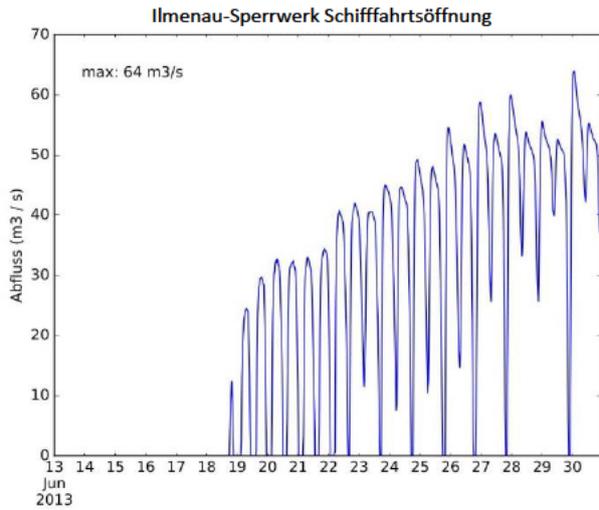


### A3.3 Dürer

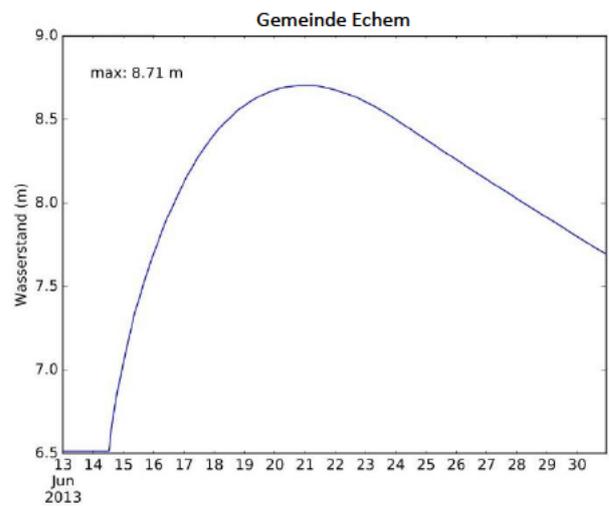
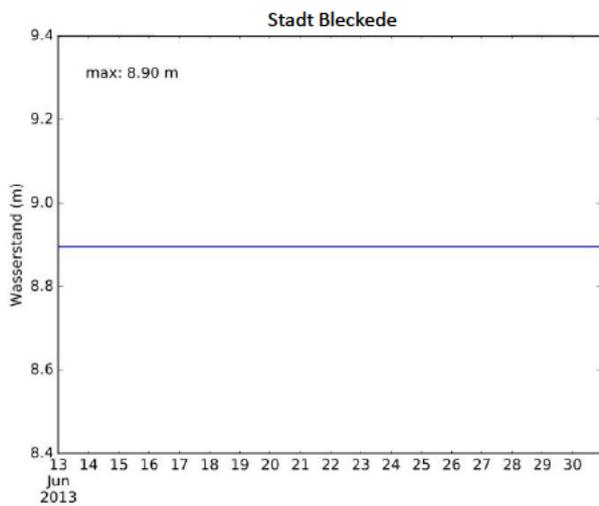


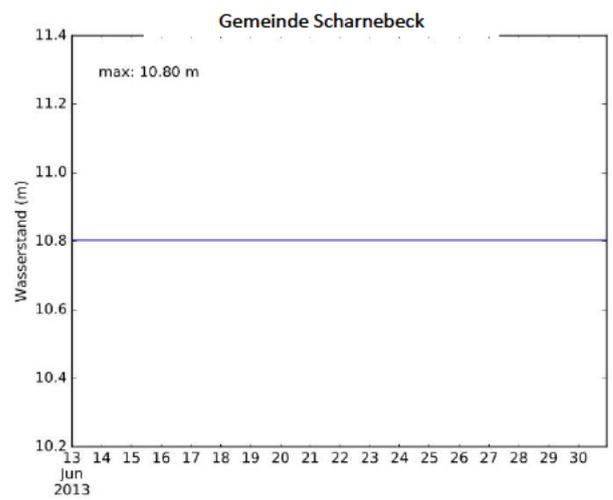
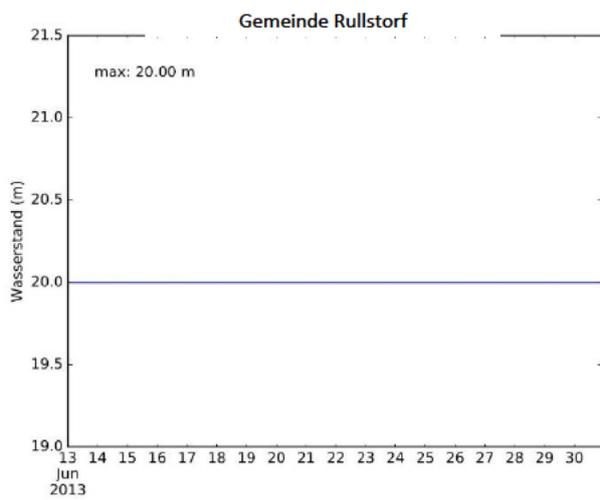
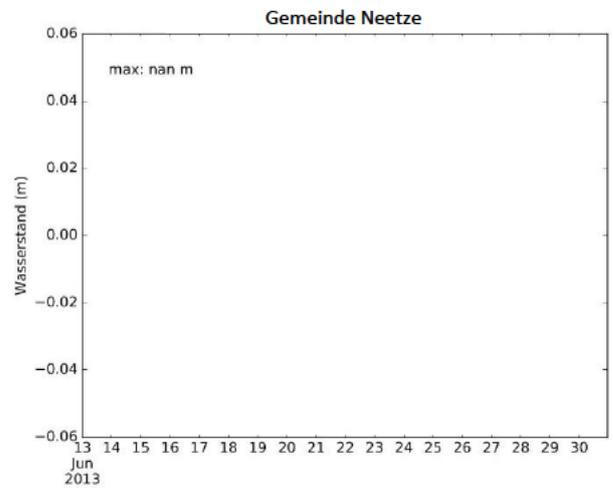
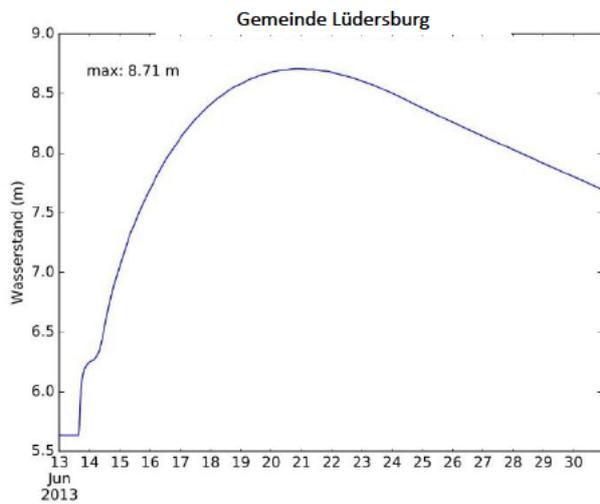
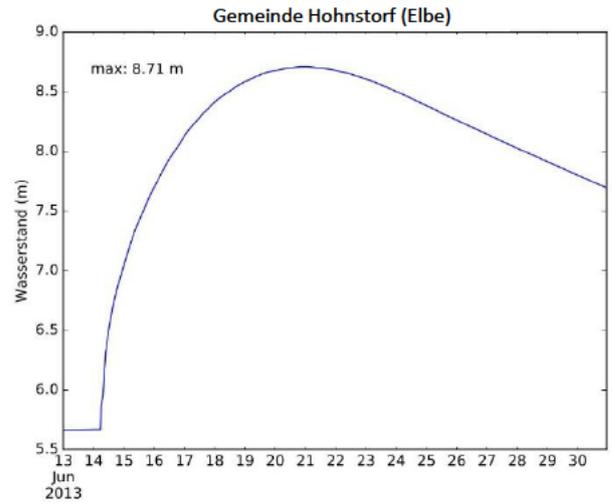
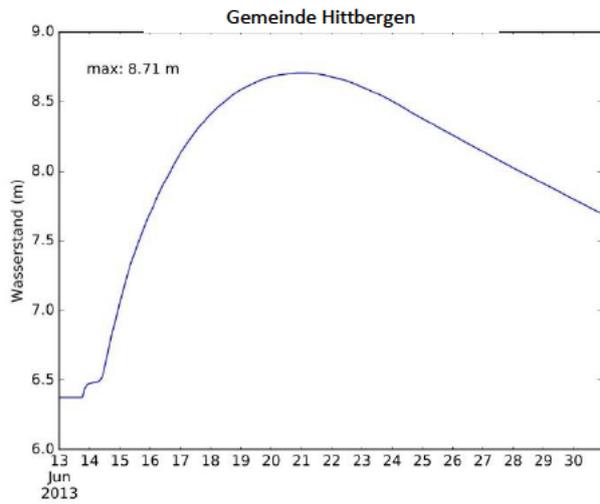
### A3.4 Sperrwerk, Siele und Schöpfwerke



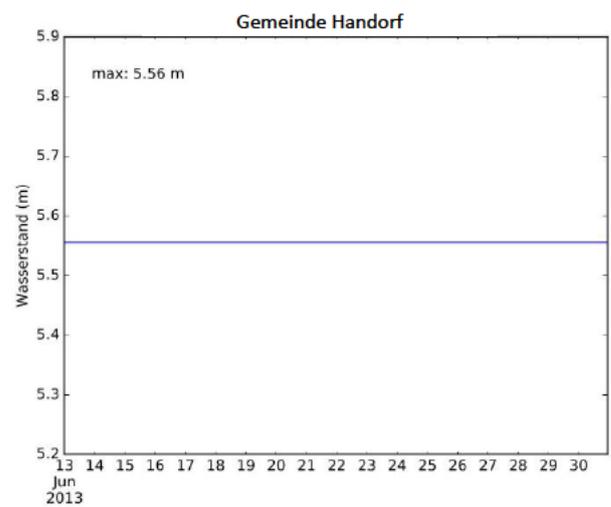
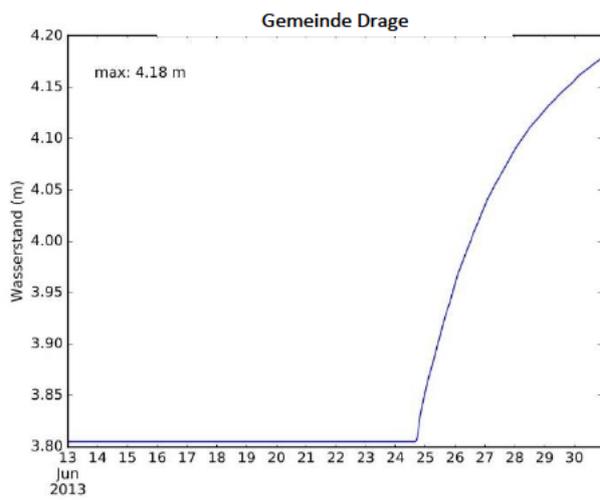
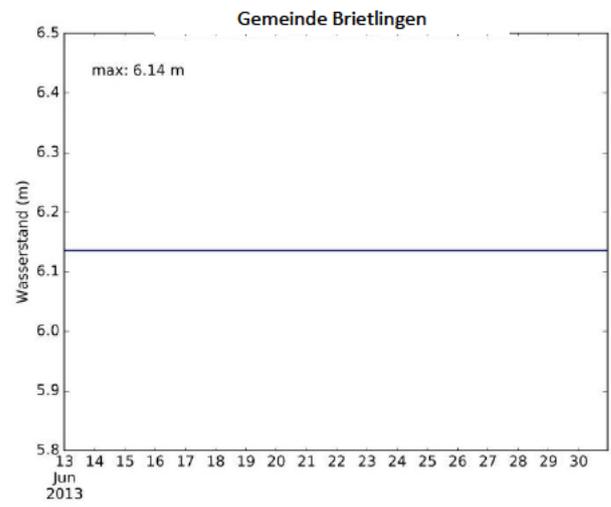
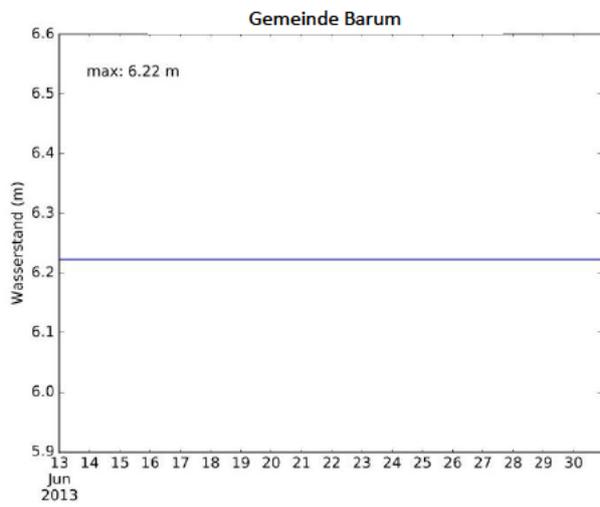
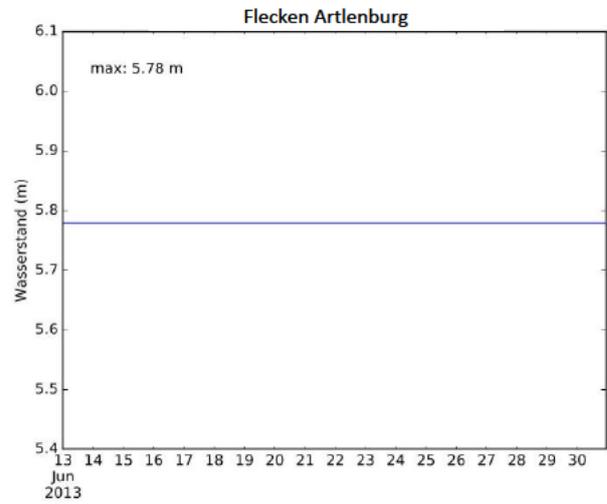
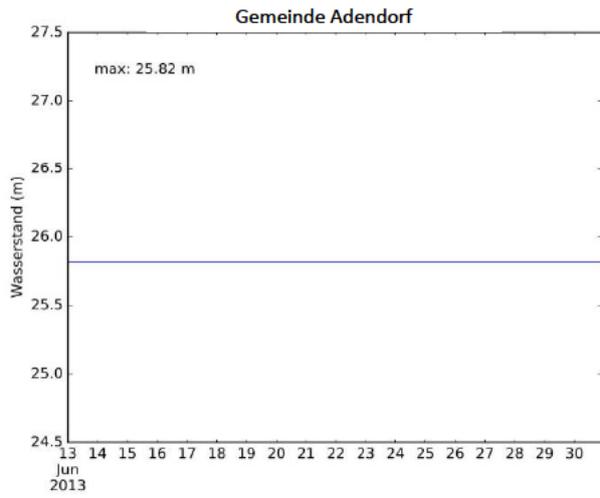


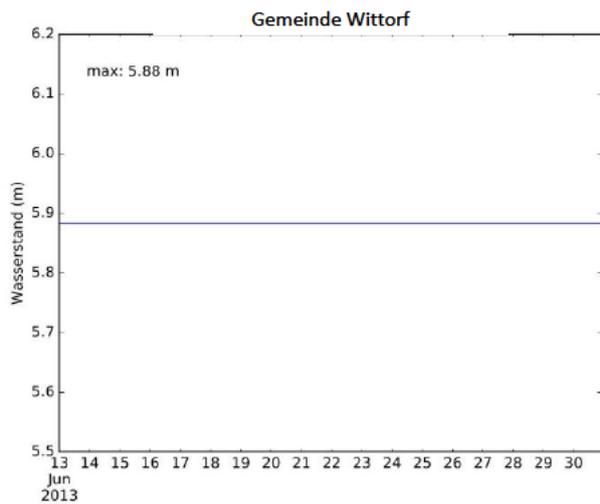
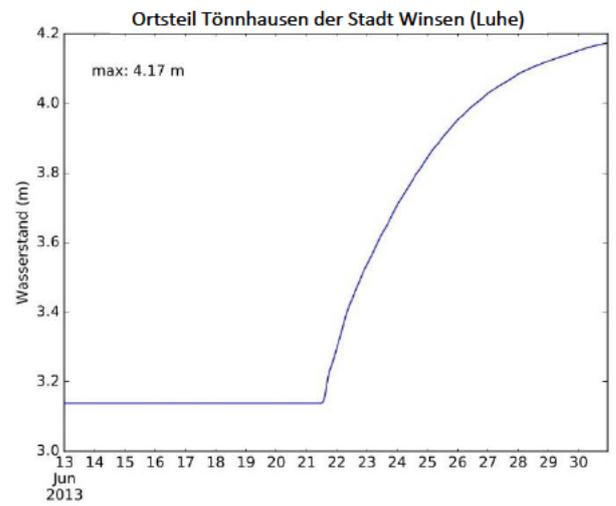
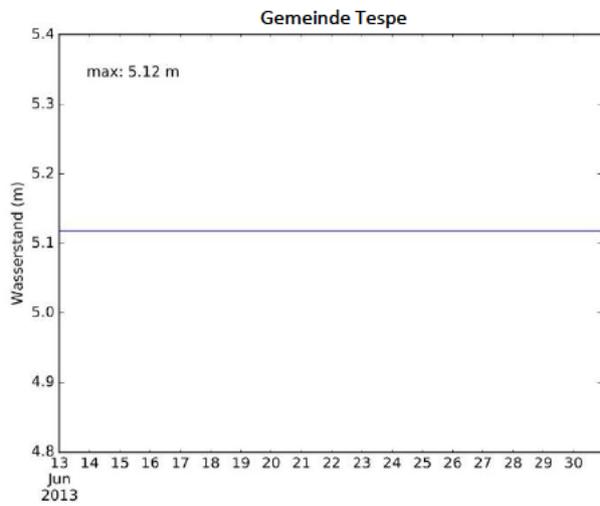
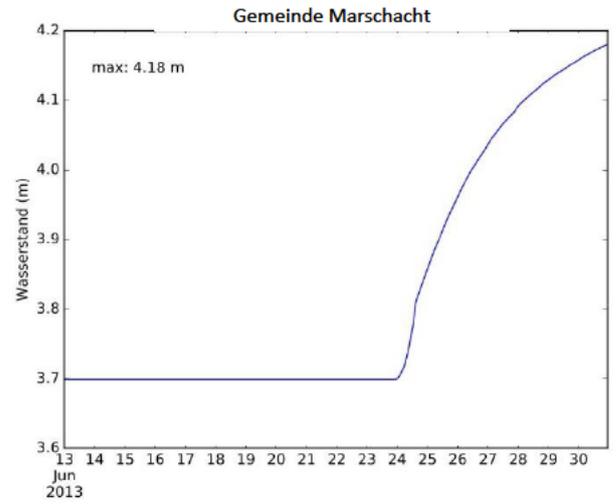
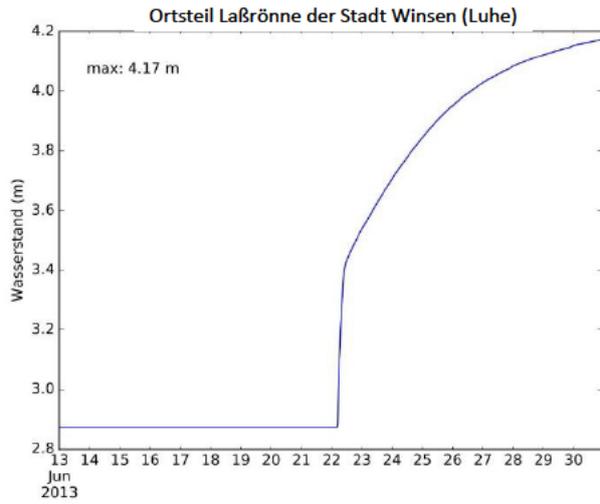
### A3.5 Gemeinden (Ost)



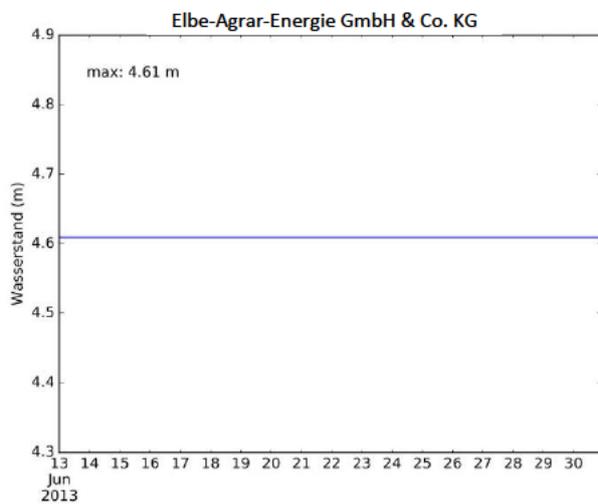
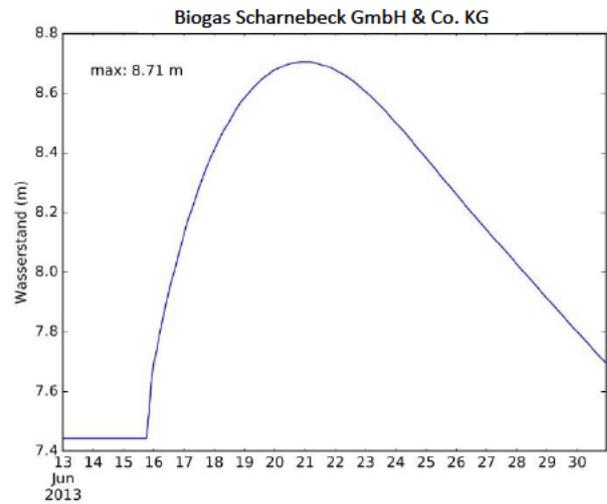
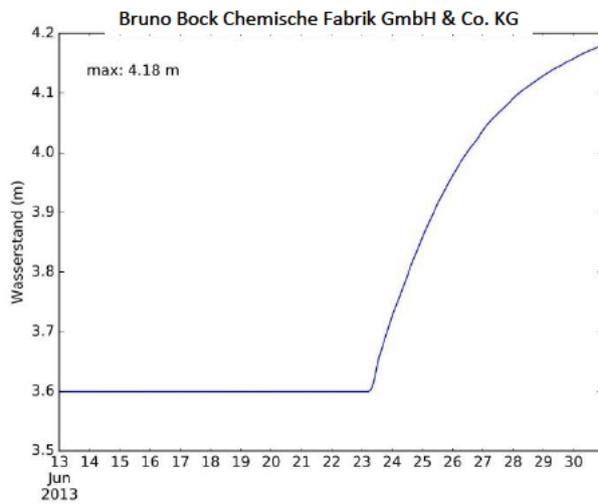


### A3.6 Gemeinden (West)



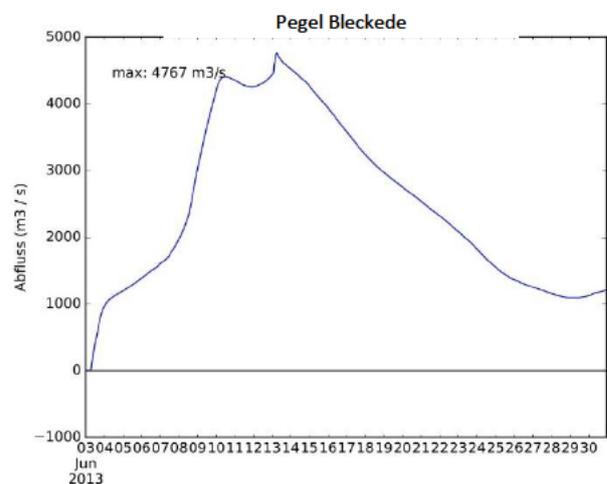
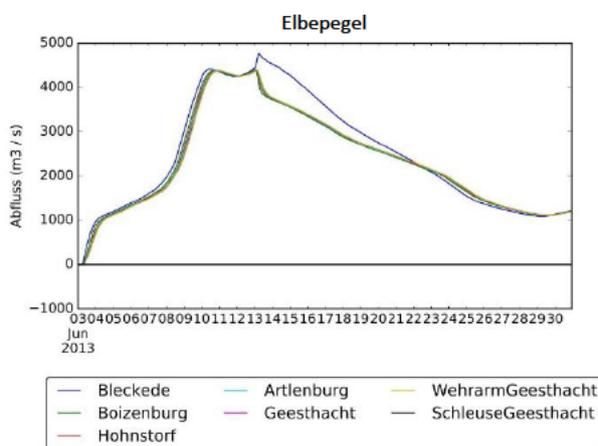


## A3.7 Störfallbetriebe

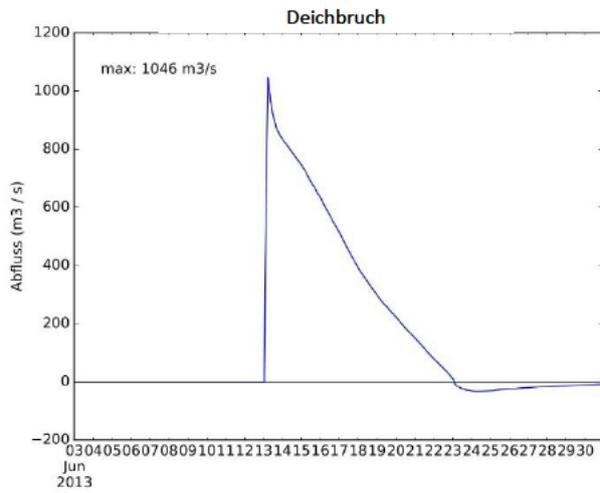


## A4 Dynamisch gedrosselter Durchfluss

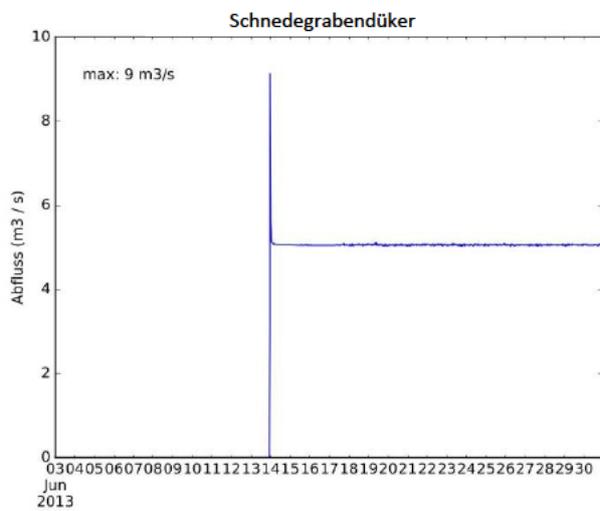
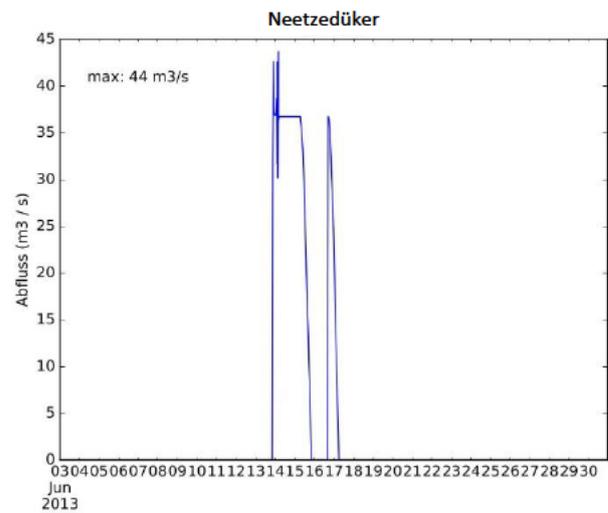
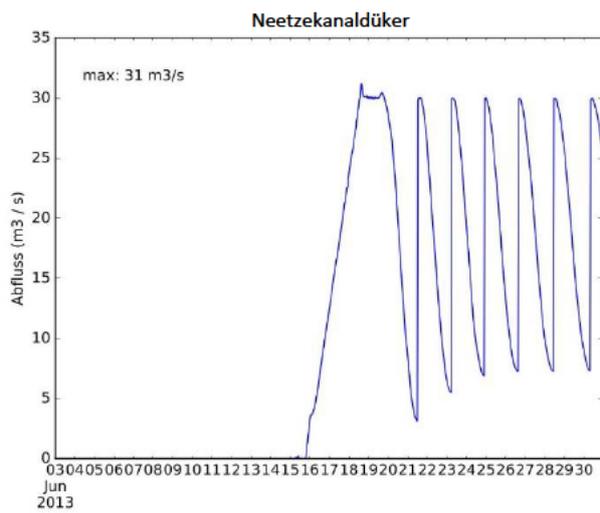
### A4.1 Elbepegel



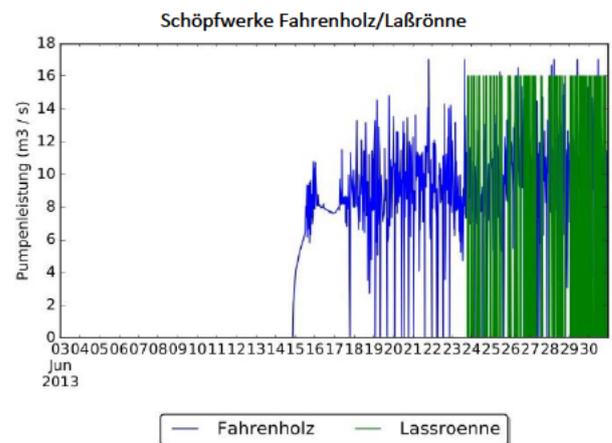
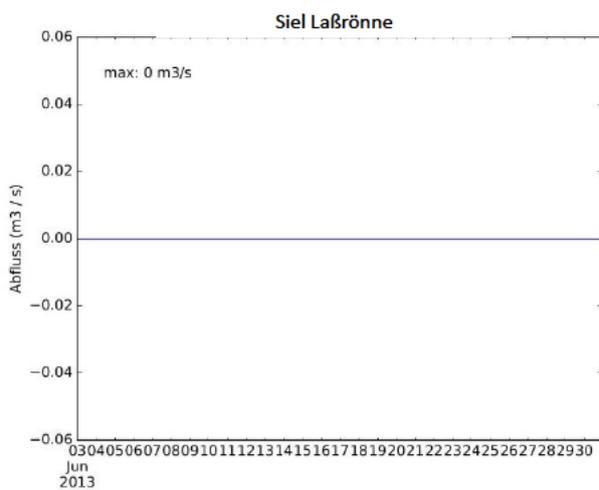
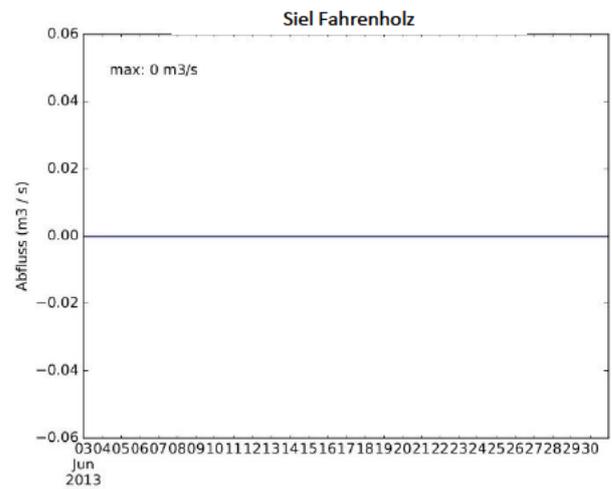
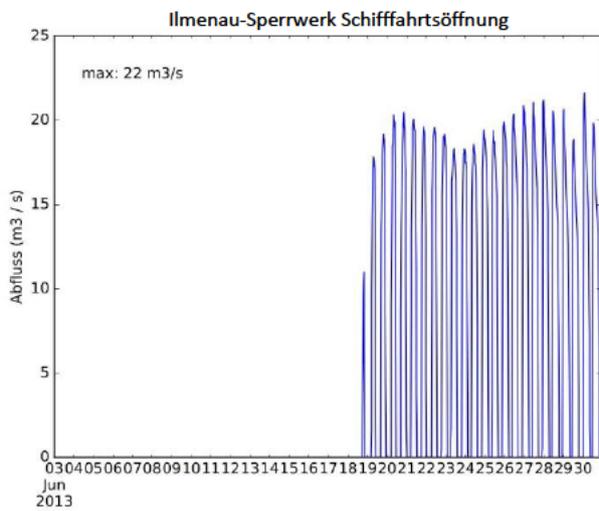
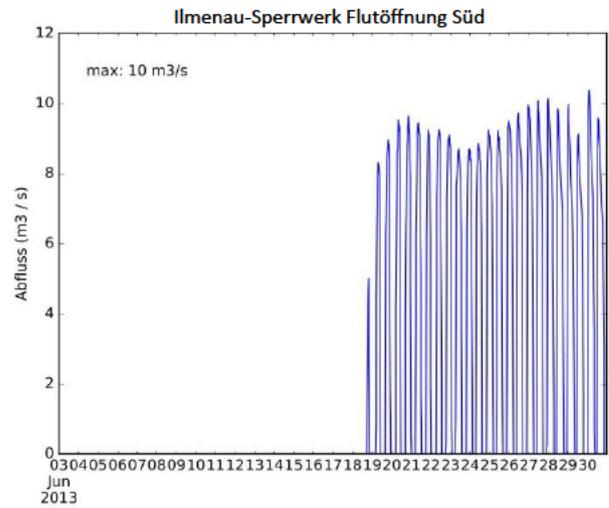
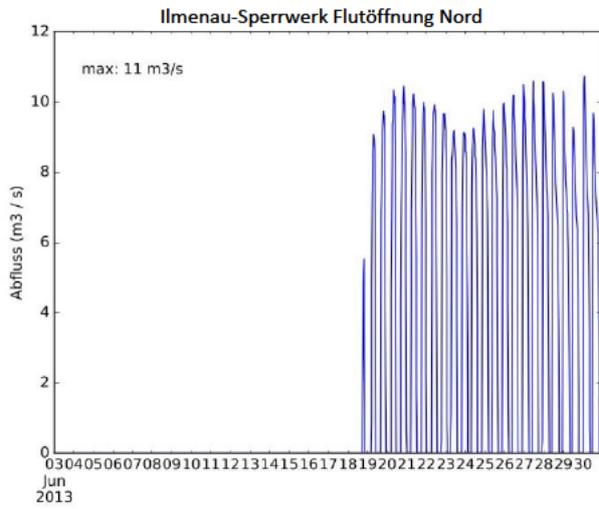
## A4.2 Deichbruch



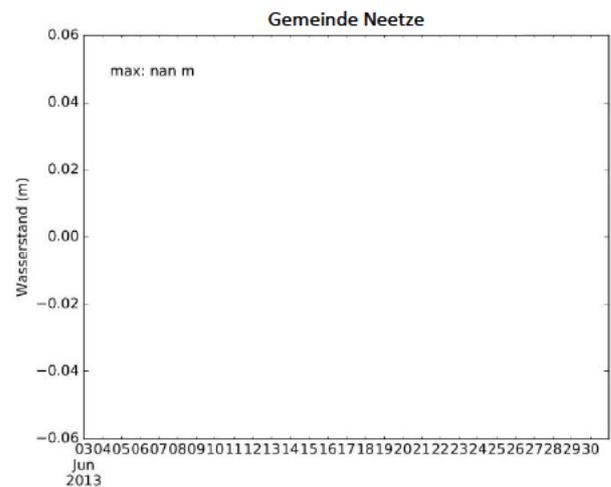
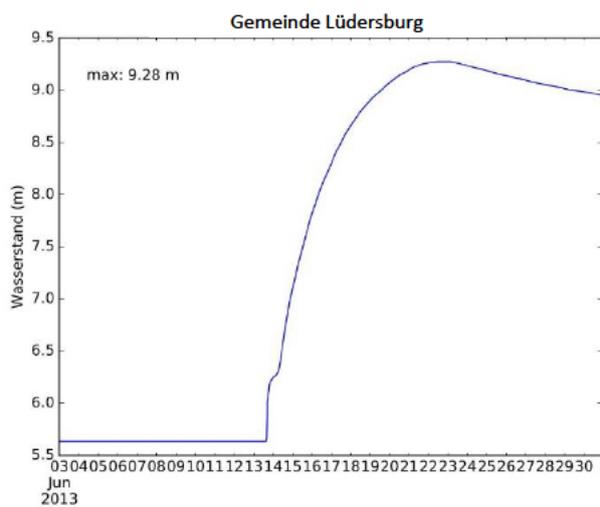
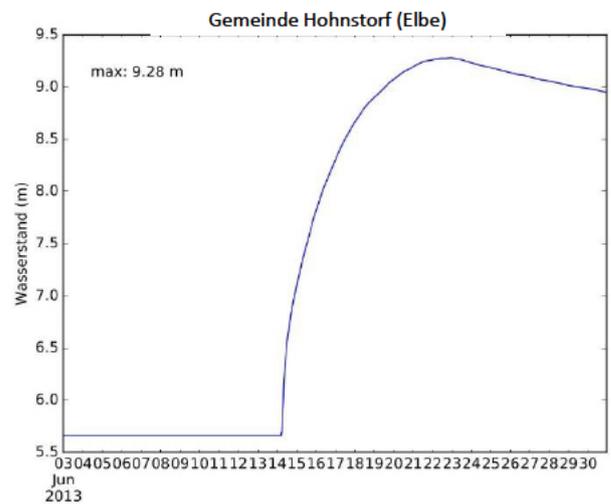
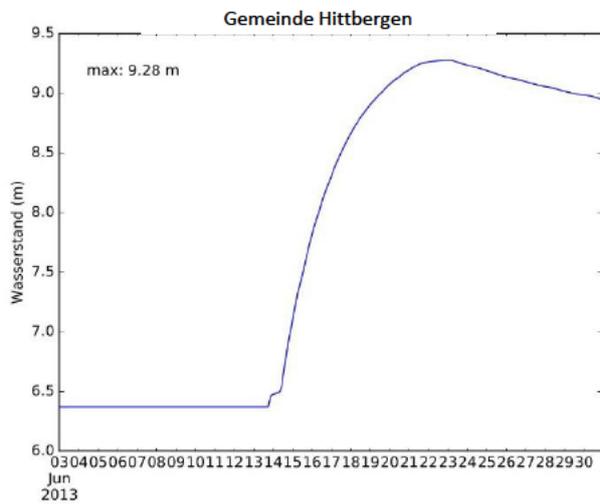
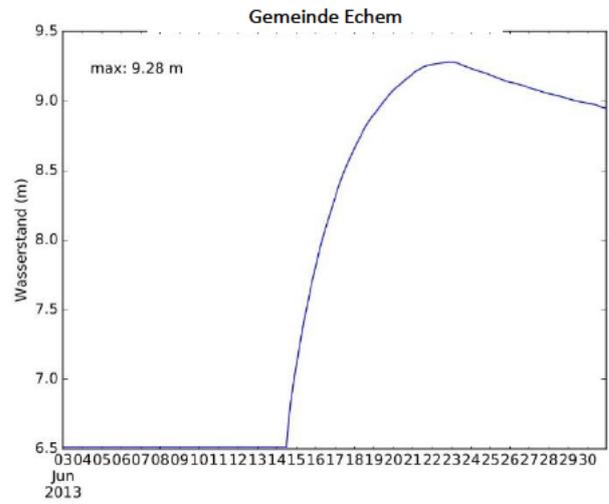
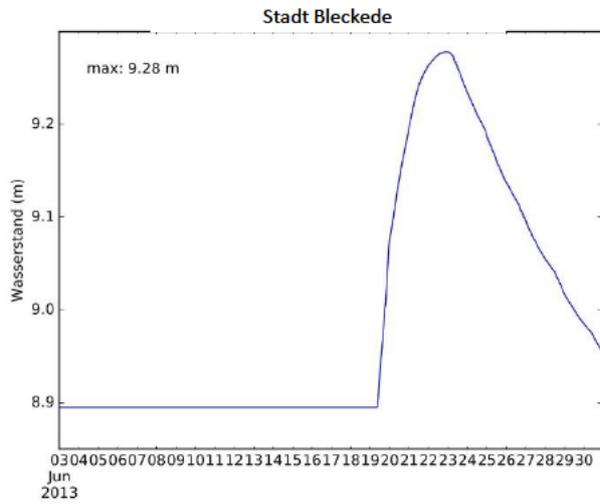
## A4.3 Düker

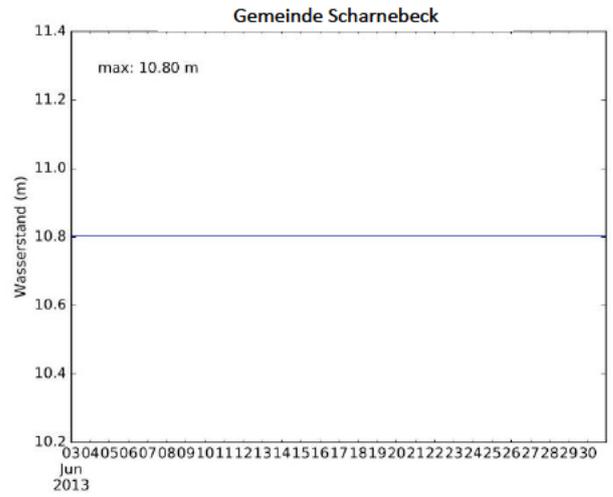
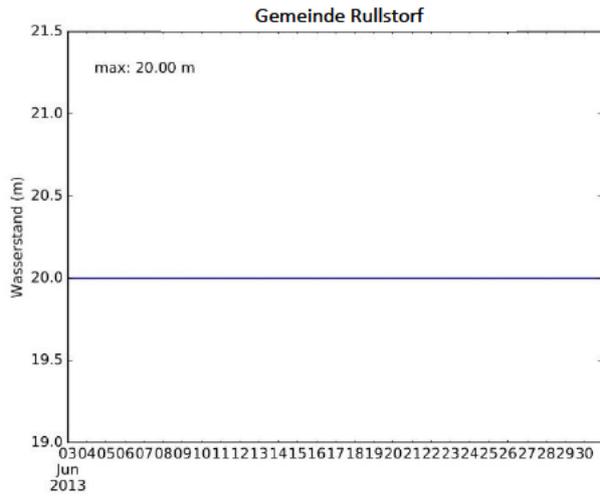


## A4.4 Sperrwerk, Siele und Schöpfwerke

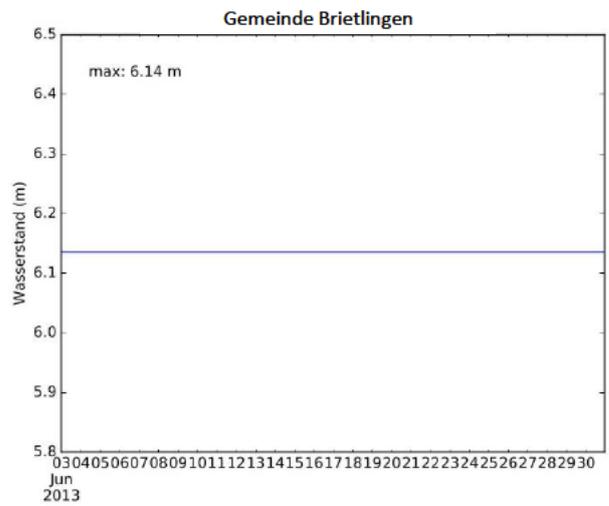
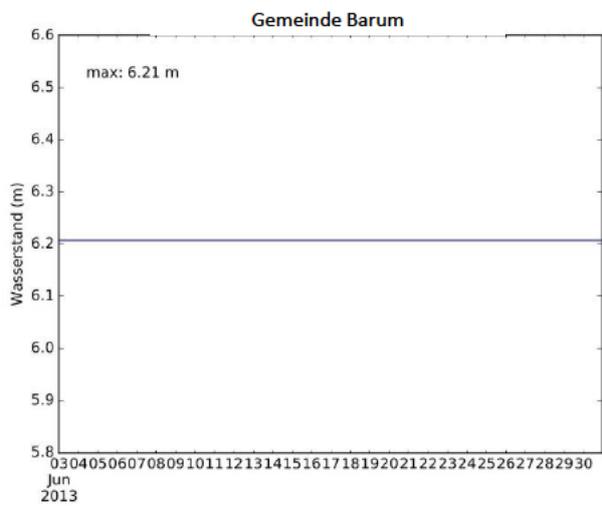
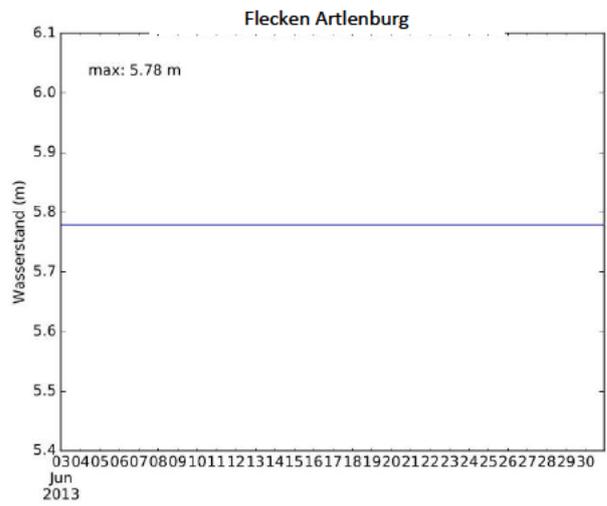
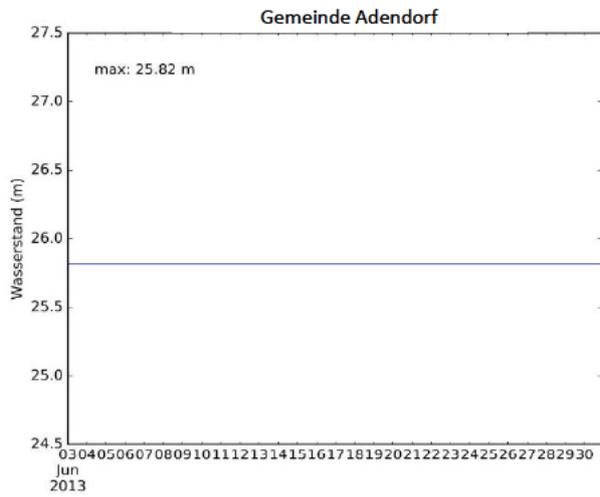


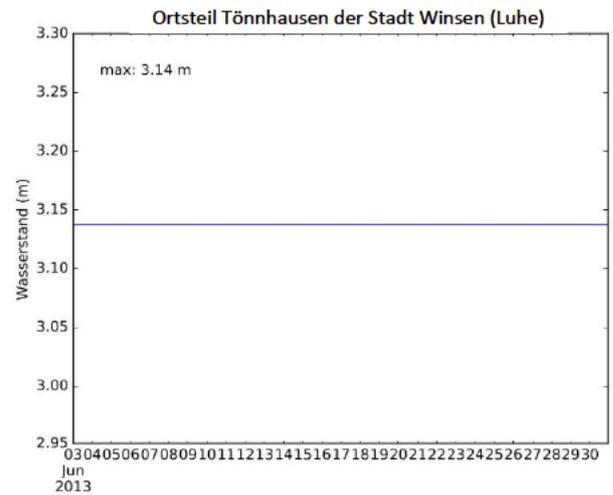
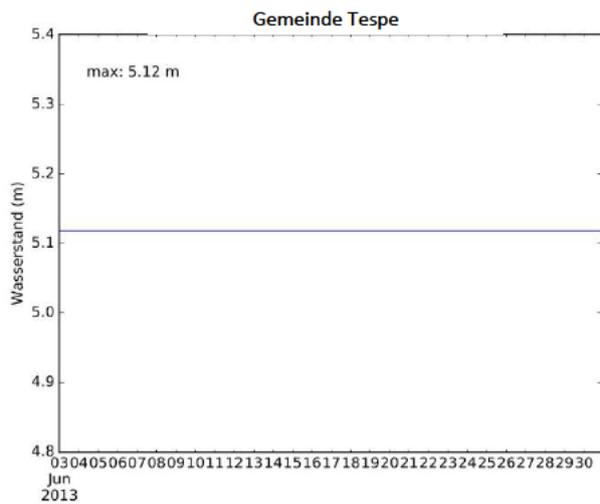
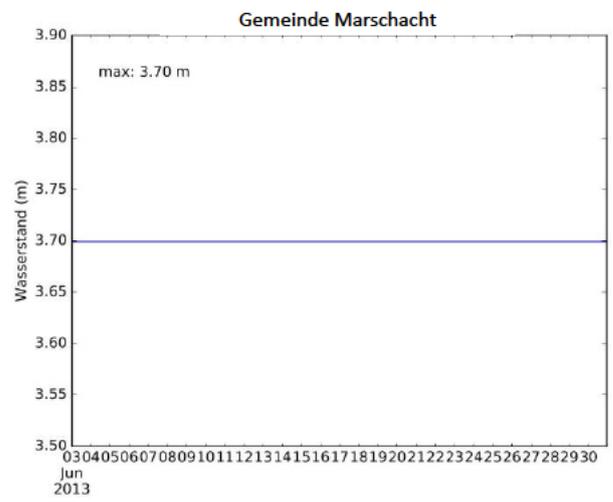
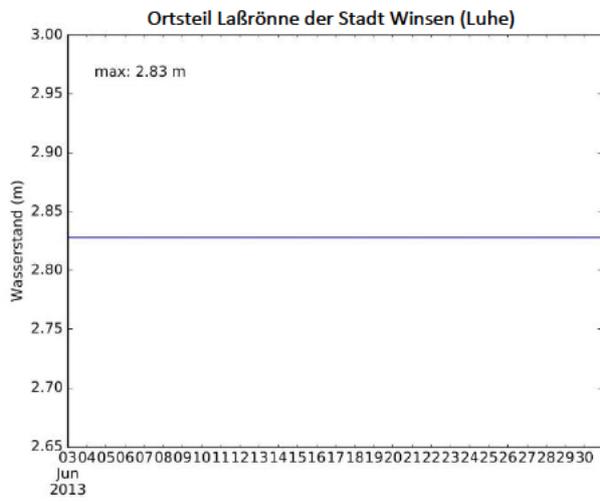
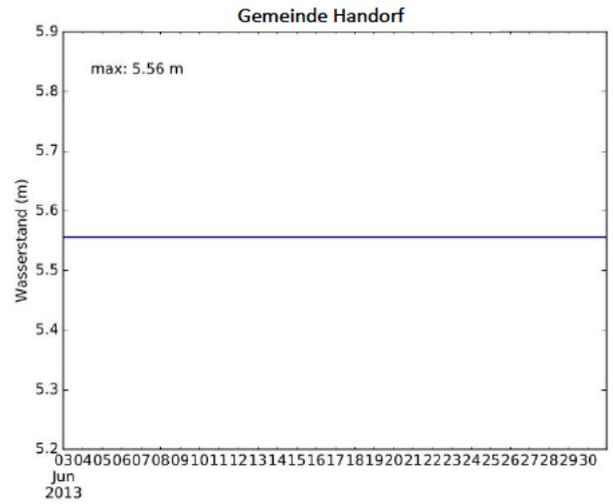
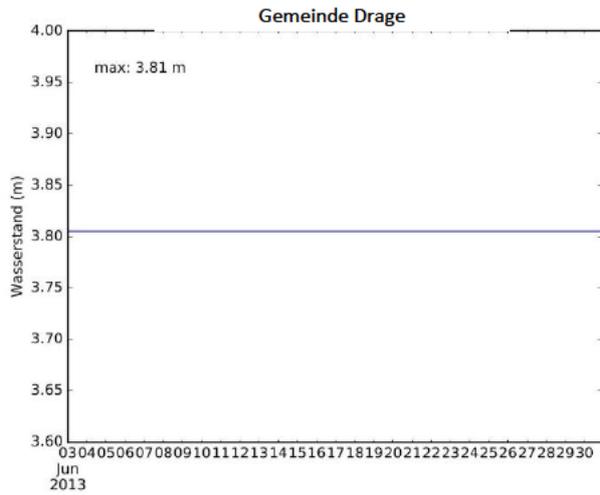
## A4.5 Gemeinden (Ost)

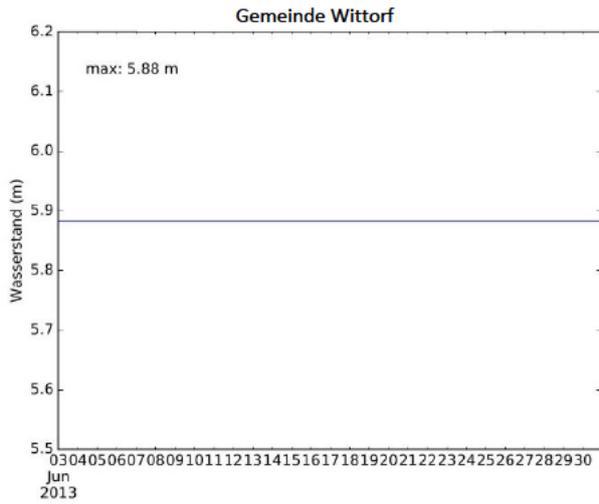




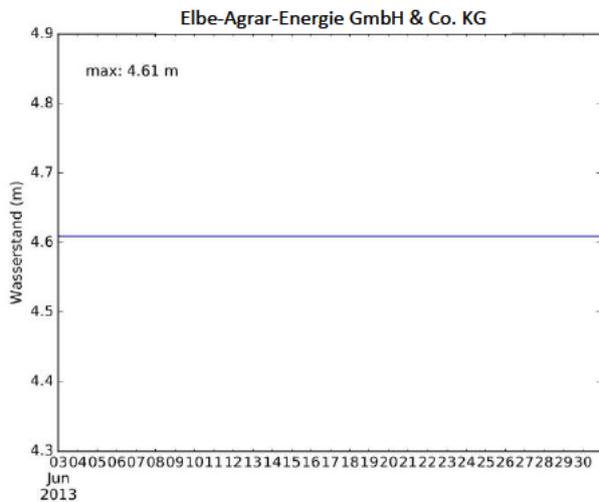
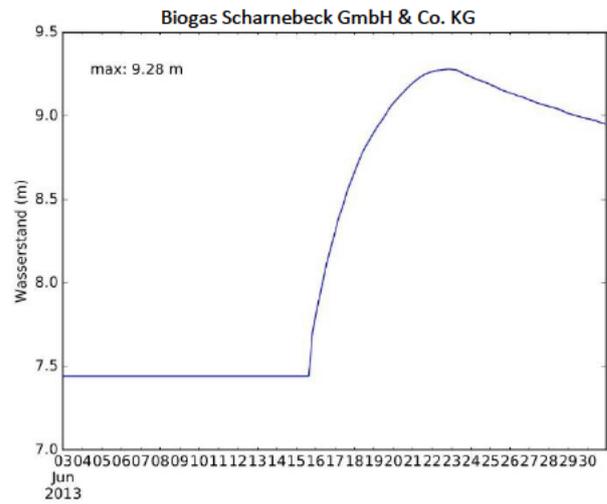
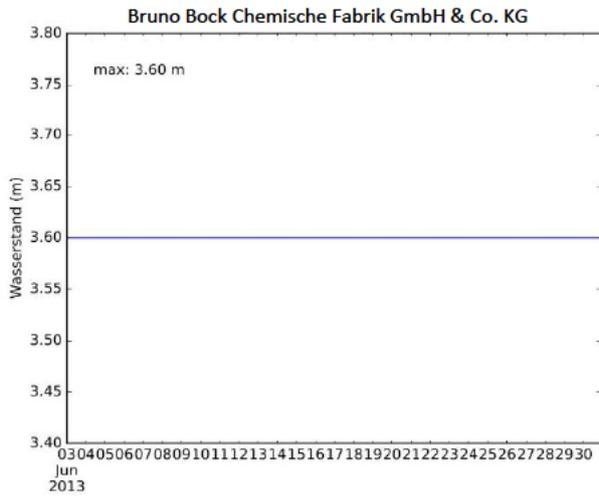
#### A4.6 Gemeinden (West)







## A4.7 Störfallbetriebe



# B1 Zusammenstellung der wichtigsten Daten des Bauwerks: Düker Nr. 530 Neetzekanal

(Hrsg.: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal)

## 1. Allgemeines:

Bezeichnung: Düker Nr. 530 Neetzekanal

Lage: ABz Uelzen Elbe – Seitenkanal ESK- km 107,970

Größe Einzugsgebiet Vorfluter: 219,04 km<sup>2</sup>

## 2. Beschreibung des Dükers:

Abmessungen	Leitung 1: HW	2,60 x 2,50 m
	Leitung 2: HW	2,60 x 2,50 m
	Leitung 3: NW	1,60 x 2,50 m
	Leitung 4: MW	2,60 x 2,50 m

Baustoff: Stahlbeton

Korrosionsschutz  
innen: ---  
außen: ---

Querschnittsfläche	Leitung 1:	6,50 m <sup>2</sup>
	Leitung 2:	6,50 m <sup>2</sup>
	Leitung 3:	4,00 m <sup>2</sup>
	Leitung 4:	6,50 m <sup>2</sup>

Größte Gesamt-Durchflussmenge:  $3 \times 8,34 + 4,98 = 30 \text{ m}^3/\text{s}$

Dükerleitung zwischen Ein- und Auslauf: 119,05 m

Geringste Überdeckung des Dükers: 1,51 m

Sandfang: ja

## 3. Notverschluss- und Reinigungseinrichtungen:

Notverschlüsse: Typ I a und IV a, ( beids. kehrende Drosselschütze)

Abmessungen: 1,75/1,50 und 2,67/0,90

Drosselschütze: 5,01 m x 2,60 m  
1,61 m x 2,60 m  
2,61 m x 2,60 m

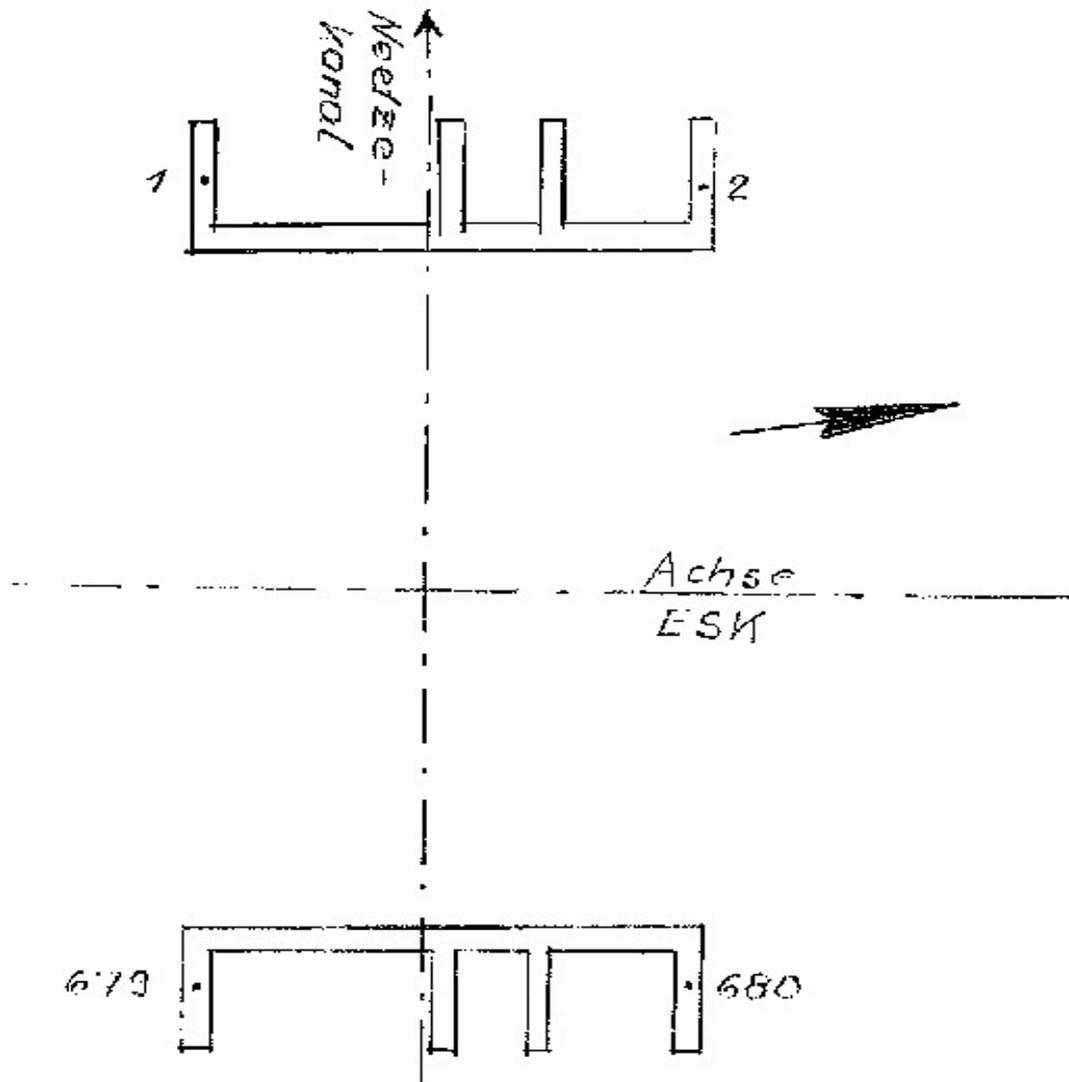
## 4. Pegel:

Einlaufbauwerk: Pegellatte

Auslaufbauwerk: Pegellatte

5. Lage und Höhe von Messpunkten (Skizze):

Lage und Höhe von Meßpunkten (Skizze)



Bezeichnung d. Meßpunktes	Höhe ü. NN [m]
1	8,503
2	8,502
679	8,601
680	8,600

## 6. Unterhaltungspflichtige:

- |                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| a) des Dükers:                       | WSV             |
| b) der Vorflut oberhalb des Dükers:  | Ilmenau Verband |
| c) der Vorflut unterhalb des Dükers: | Ilmenau Verband |

## 7. Angaben zum Bau des Dükers:

Bauzeit:	1973
Baukosten:	1.703.000,00 DM

Firma: Ludwig Freitag, Bremen

Rohrlieferant: ---

Bauvorgang: offene Baugrube

## 8. Sonstiges: ---

Aktualisiert:

Uelzen, den 23.03.2011

## B2 Zusammenstellung der wichtigsten Daten des Bauwerks: Düker Nr. 531 Neetze

(Hrsg.: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal)

### 1. Allgemeines:

Bezeichnung:	Düker Nr. 531 Neetze
Lage:	ABz. Uelzen ESK- km 110,959
Größe Einzugsgebiet Vorfluter:	130,96 km <sup>2</sup>

### 2. Beschreibung des Dükers:

Abmessungen	Leitung 1: HW	⊖ 4,00 x 2,50 m
	Leitung 2: HW	⊖ 4,00 x 2,50 m
	Leitung 3: NW	⊖ 2,00 x 2,50 m
	Leitung 4: MW	⊖ 2,50 x 2,50 m

Baustoff: Stahlbeton

Korrosionsschutz  
innen: ---  
außen: ---

Querschnittsfläche	Leitung 1:	10,00 m <sup>2</sup>
	Leitung 2:	10,00 m <sup>2</sup>
	Leitung 3:	5,00 m <sup>2</sup>
	Leitung 4:	6,25 m <sup>2</sup>

Größte Gesamt-Durchflussmenge:  $5,5+7,2+12+12 = 36,7 \text{ m}^3/\text{s}$

Dükerleitung zwischen Ein- und Auslauf: 153,86 m

Geringste Überdeckung des Dükers: 1,50 m

Sandfang: ---

### 3. Notverschluss- und Reinigungseinrichtungen:

Notverschlüsse: Typ IV und V  
Abmessungen: 2,67/0,90 und 2,20/1,50

Drosselschütze: 2 x 4,0 m x 2,6 m  
2,0 m x 2,6 m  
2,5 m x 2,6 m

### 4. Pegel:

Einlaufbauwerk: Pegellatte  
Auslaufbauwerk: Pegellatte

5. Lage und Höhe von Messpunkten (Skizze): ---

## 6. Unterhaltungspflichtige:

- |                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| a) des Dükers:                       | WSV                                 |
| b) der Vorflut oberhalb des Dükers:  | Wasserverband der Ilmenau-Niederung |
| c) der Vorflut unterhalb des Dükers: | Wasserverband der Ilmenau-Niederung |

## 7. Angaben zum Bau des Dükers:

Bauzeit:	1969
Baukosten:	1.710.000,00 DM

Firma: Carl Brandt

Rohrlieferant: ---

Bauvorgang: offene Baugrube

## 8. Sonstiges: ---

Aktualisiert:  
Uelzen, den 20.01.2012

## B3 Zusammenstellung der wichtigsten Daten des Bauwerks: Düker Nr. 532 Schnedegraben

(Hrsg.: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal/Elbe-Seitenkanal)

### 1. Allgemeines:

Bezeichnung:	Düker Nr. 532 Schnedegraben
Lage:	Abz. Uelzen ESK-km 112,376
Größe Einzugsgebiet Vorfluter:	12,00 km <sup>2</sup>

### 2. Beschreibung des Dükers:

Abmessungen	Leitung 1: MW	Ø 1,70 m
	Leitung 2: NW	Ø 0,80 m
	Leitung 3: HW	Ø 1,70 m
Baustoff:	Stahlbeton	
Korrosionsschutz	innen: ---	
	außen: ---	
Querschnittsfläche	Leitung 1: MW	2,27 m <sup>2</sup>
	Leitung 2: NW	0,50 m <sup>2</sup>
	Leitung 3: HW	2,27 m <sup>2</sup>
Größte Gesamt-Durchflussmenge:	5,06 m <sup>3</sup> /s	
Dükerleitung zwischen Ein- und Auslauf:	153,15 m	
Geringste Überdeckung des Dükers:	1,56 m	
Sandfang:	---	

### 3. Notverschluss- und Reinigungseinrichtungen:

Schütztafeln:	Typ IV und V	
Abmessungen:	2,20/1,50 und 0,95/1,50	
Drosselschütze:	2 x 2,2 m x 1,5 m	
	0,95 m x 1,5 m	

### 4. Pegel:

Einlaufbauwerk:	Pegellatte
Auslaufbauwerk:	Pegellatte

5. Lage und Höhe von Messpunkten (Skizze): ---

## 6. Unterhaltungspflichtige:

- |                                      |                                     |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| a) des Dükers:                       | WSV                                 |
| b) der Vorflut oberhalb des Dükers:  | Wasserverband der Ilmenau-Niederung |
| c) der Vorflut unterhalb des Dükers: | Wasserverband der Ilmenau-Niederung |

## 7. Angaben zum Bau des Dükers:

Bauzeit:	1969
Baukosten:	963.000,00 DM

Firma: Dany-Köthenbürger, Hamburg

Rohrlieferant: Dyckerhoff und Widmann

Bauvorgang: offene Baugrube

## 8. Sonstiges:

Bewässerungseinlass aus dem ESK in den Schnedegrabendüker Ø 800mm auf Ostseite, OK-Schacht NN +8,50m.

Aktualisiert:

Uelzen, den 29.10.2012

# B4 Auflistung Schöpfwerke und Siele Ilmenauverband

(Hrsg.: Wasserverband der Ilmenau-Niederung)

Schöpfwerke Ilmenauverband

Schöpfwerke	Koordinatensystem WGS 84	Gesamtleistung m³/s (theoretisch)	Pumpen/Teilleistung in m³/s	Förderhöhe mNN	Schwellenwert (Pumpe ein) mNN	Schwellenwert bei Sielbetrieb	Funktionsfähigkeit
Laßrönte	53°22'50,10" N 10°13'31,05" O	16	3 x 5,35	3,15 m	Pumpe ein: 6,50 mPN Pumpe aus: 6,00 mPN	Pumpen gehen bei Sielöffnung aus	kein Automatikbetrieb
Fahrenholz	53°21'42,15" N 10°18'28,58" O	17	3 x 5,7	4,6 m	Pumpe 1 ein: 2,30 Pumpe 1 aus: 2,00 Pumpe 2 ein: 2,40 Pumpe 2 aus: 2,00	Siel und Pumpen unabhängig voneinander	Automatikbetrieb
Nettelberg	53°22'29,41" N 10°14'42,04" O	3	1 x 1 und 1 x 2	1,20 m	Pumpe ein: 1,50 Pumpe aus: 0,90		kein Automatikbetrieb
Echem	53°20'05,87" N 10°29'53,95" O	8	3 x 2,7	4,15 m	Pumpe 1 ein: 3,10 Pumpe 1 aus: 2,90 Pumpe 2 ein: 3,20 Pumpe 2 aus: 3,00 Pumpe 3 ein: 3,30 Pumpe 3 aus: 3,10		Automatikbetrieb
Scharnebeck	53°20'00,18" N 10°30'17,59" O	2,5	2 x 1 und 1 x 0,5		Pumpe ein: 3,00 Pumpe aus: 2,80		kein Automatikbetrieb
Handorf	53°21'22,51" N 10°19'27,91" O	1	2 X 0,5		Pumpe 1 ein: 2,40 Pumpe 1 aus: 2,20 Pumpe 2 ein: 2,50 Pumpe 2 aus: 2,30		Automatikbetrieb, Pumpe 1 Funktion eingeschränkt

Seite 1

Siele Ilmenauverband

Siele	Koordinatensystem WGS 84	Anzahl Tore	Tiefe Sielschwelle mNN	Hubschütz/Stemmtore	Breite des Siels m	Funktionsfähigkeit
Laßrönte – Siel	53°22'50,80" N 10°13'28,54" O	2	-0,70	1 Hubschütz	6,00 m	Ja
Fahrenholz – Siel	53°21'41,60" N 10°18'25,71" O	2	0,30	1 Hubschütz	6,0 m	Ja
Nettelberg – Siel	53°22'29,41" N 10°14'42,04" O	2	-0,42	2 Hubschütz		Ja
Echem – Düker	53°20'05,87" N 10°29'53,95" O	-		Drosselschütz		Ja
Scharnebeck – Freilauf	53°20'00,18" N 10°30'17,59" O	-		Rückstauklappe		Ja
Handorf – Freilauf	53°21'22,51" N 10°19'27,91" O	-		Rückstauklappe + Drosselschütz	Breite: 2,5 m Höhe: 2,0 m	Ja

Seite 2

## B5 Mitteilungen per E-Mail

B5.1 Blum, H. (2023, 9. März): Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen.

Von: Blum, Holger  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 09.03.2023 08:49 Uhr  
Betreff: AW: Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen

Sehr geehrter Herr Brössler,

vielen Dank für Ihr Interesse an der Thematik. Ich bitte um Entschuldigung für die unterbliebene Rückmeldung auf Ihre Februar Email, dies ist der hohen Arbeitsbelastung im diesem Jahr geschuldet.

Zu Ihrer Frage:

„(...) Deichbrüche würden nicht breiter als 150 m. Ich kann mir dabei durchaus vorstellen, dass es eine maximale Breite von Deichbrüchen gibt, allerdings konnte ich bei einer Literaturrecherche keine Begründung oder Berechnung dazu finden“

Es handelt sich bei den genannten 150 m um einen Wert der in einer szenariobasierten Untersuchung im Forschungsvorhaben (HoRisk) als begründeter Wert für die Breschenbreite angesetzt wurde (Thorenz et al. 2017, siehe Link nachstehend). Da die Versagensvorgänge sehr komplex sind und neben der variierenden Belastung auch vom Bauwerks- und Baugrundzustand abhängen, lässt sich u.a. wegen der Unkenntnis der Zustandsgrößen (und deren Streuung) eine maximale Breite nicht angeben.

K85\_Textteil\_gesamt\_20200213.pdf (baw.de) Siehe dort Seite 219

Die im Szenario verwendeten Werte werden auch von Röbbke et al (2022) gestützt. Die Autoren kommen u.a. zu dem Schluss dass:

„(...) In this study, for the first time, dyke failures associated with the 1717 Christmas flood were systematically reconstructed and mapped by using historical maps and literature and by analysing the recent topography in search of typical pothole structures and sediment fans. Based on this approach, altogether 41 potential dyke failures and related sediment fans were identified in the Province of Groningen. Most of the identified pothole structures and sediment fans show similar dimensions, with widths of between 100 m and a few hundred metres. For all three fieldwork sites of this study, i.e. the villages Wierhuizen, Vierhuizen and Kohol, the topography indicates pothole structures 150 m to 200 m wide and sediment fans reaching 260 m to 300 m inland.“

(Röbbke BR, Oost A, Bungenstock F, Fischer P, Grasmeijer B, Hadler H, Obrocki L, Pagels J, Willershäuser T, and Vött A. Dyke failures in the Province of Groningen (Netherlands) associated with the 1717 Christmas flood: a reconstruction based on geoscientific field data and numerical simulations. Netherlands Journal of Geosciences, Volume 99, e15. <https://doi.org/10.1017/njg.2020.18>)

Ergänzend noch eine Literaturquelle Vorogushyn et al. (2010) im Anhang diese Email, die insbesondere für ihre Fragestellung an der Elbe herangezogen werden kann. Tabelle 2 im Anhang liefert Ihnen statistische Werte zu Breschenbreiten, die bei Flussdeichen beobachtet wurden.

Ich hoffe, Ihre Frage ausreichend beantwortet zu haben und wünsche Ihnen bei der Arbeit viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen  
Holger Blum

Aufgabenbereichsleiter

-----  
NLWKN - Betriebsstelle Norden  
Geschäftsbereich Planung und Bau wasserwirtschaftlicher Anlagen und Gewässer  
Aufgabenbereich Grundsatzplanung, Geoinformationssystem

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Donnerstag, 2. März 2023 13:29 Uhr  
An: Blum, Holger  
Betreff: Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen

Sehr geehrter Herr Blum,

ich hatte mich bereits Anfang Februar bei Ihnen mit dem gleichen Anliegen per E-Mail gemeldet. Diese E-Mail scheint untergegangen zu sein, deshalb frage ich jetzt erneut nach. Bei den Vorbereitungen für meine Bachelorarbeit in der Betriebsstelle Lüneburg bin ich auf die Aussage gestoßen, Deichbrüche würden nicht breiter als 150 m. Ich kann mir dabei durchaus vorstellen, dass es eine maximale Breite von Deichbrüchen gibt, allerdings konnte ich bei einer Literaturrecherche keine Begründung oder Berechnung dazu finden. Auf meine Nachfrage bei meinem Betreuer Heiko Warnecke habe ich die Antwort bekommen, dass Sie mir weiterhelfen könnten und diese Aussage auf Berechnungen des GB2 in Norden beruhe. Ich bitte Sie mir eine nachvollziehbare, idealerweise zitierfähige, Begründung für die maximale Breite von 150 m für Deichbrüche zur Verfügung zu stellen. Da ich einer Berechnung einen möglichst großen, jedoch realistischen Deichbruch zugrunde legen muss, würde es mir sehr helfen, wenn ich meine Annahme auf eine zitierfähige Berechnung stützen könnte. Sollte die Zitierfähigkeit nicht gegeben sein, würde es mir allerdings schon helfen mehr Hintergrundwissen für die Begründung einer eigenen Annahme zu haben.

Vielen Dank im Voraus.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

B5.2 Erdmann, B. (2023, 15. Mai): Angaben zu den Dükerbauwerken Nr. 530, 531, 532 - Dükerbauwerke in der Elbmasch, Drosselschütze, Handlungsanweisung, Planfeststellungsbeschluss ESK.

Von: Erdmann, Bodo  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 15.05.2023 16:40 Uhr  
Betreff: AW: Angaben zu den Dükerbauwerken Nr. 530, 531, 532

Hallo Herr Brößler,

gerne bestätige ich Ihnen das dieses so ist siehe Zeichnungen der Anlagen.

Mit freundlichen Grüßen  
im Auftrag  
B. Erdmann

-----  
Fachbereich W 3  
Fachgebiet Wasserstraße - Gewässerbett  
Dienstort Uelzen  
Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Mittellandkanal / Elbe-Seitenkanal

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Donnerstag, 11. Mai 2023 11:22 Uhr  
An: Erdmann, Bodo  
Betreff: Angaben zu den Dükerbauwerken Nr. 530, 531, 532

Hallo Herr Erdmann,

können Sie mir hier bitte noch einmal kurz per E-Mail bestätigen, dass der Neetzekanaldüker am Einlaufbauwerk drei und am Auslaufbauwerk vier Öffnungen hat. Sie sagten in unserem Telefonat, dass sich die breiteste 5,00 m x 2,50 m große Öffnung im Düker in zwei 2,60 m x 2,50 m große Leitungen aufspaltet und somit leicht erweitert.

In den diversen Unterlagen finde ich leider keine explizite Angabe dazu, deshalb bitte ich Sie mir dies per E-Mail zu bestätigen, damit ich mich auf Ihre E-Mail beziehen kann.

Vielen Dank.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

B5.3 Fuhrmann, F. & Kallweit, W. (2019, 4. April): Drosselschütze am ESK an den Dükern Neetze, Neetzekanal und Schnedegraben.

Von: Fuhrmann, Frauke

An: Warnecke, Heiko

Datum: 02.06.2019 11:10 Uhr

Betreff: AW: Antwort: WG: Drosselschütze am ESK an den Dükern Neetze, Neetzekanal und Schnedegraben

Hallo Herr Warnecke,

vielen Dank für die Zwischeninfo!

Mit freundlichen Grüßen

Frauke Fuhrmann

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen

Sachbereich 2 Gewässerbett

---

Von: Warnecke, Heiko

Gesendet: Dienstag, 28. Mai 2019 13:04 Uhr

An: Fuhrmann, Frauke

Betreff: WG: Antwort: WG: Drosselschütze am ESK an den Dükern Neetze, Neetzekanal und Schnedegraben

Hallo Frau Fuhrmann,

anbei schon mal einen neuen Sachstand zur Kenntnis.

Mit freundlichen Grüßen

Heiko Warnecke

-----  
Dezernent GBII

NLWKN Betriebsstelle Lüneburg

---

Von: Kallweit, Wolfram

Gesendet: Dienstag, 28. Mai 2019 12:30 Uhr

An: Warnecke, Heiko

Betreff: Antwort: WG: Drosselschütze am ESK an den Dükern Neetze, Neetzekanal und Schnedegraben

Hallo, Herr Warnecke.

So ein alter Planfeststellungsbeschluss plopt eben ab und an mal wieder hoch. Auf jeden Fall sollten die planfestgestellten Anlagen funktionstüchtig erhalten werden.

Was den Katastrophenfall betrifft, so werde ich prüfen, ob hierzu Unterlagen im Katastrophenschutzplan vorliegen. Da die zuständige Kollegin gerade urlaubt, bitte ich noch um etwas Geduld.

Nach erster Einschätzung sollten die Meldewege und Unterlagen aber auch bei der SG Scharnebeck als Gefahrenabwehrbehörde vorliegen. Dieses wäre nach der Prüfung ggf. abzustimmen.

Ich werde mich in dieser Angelegenheit wieder bei Ihnen melden.

Mit freundlichen Grüßen  
In Vertretung  
Wolfram Kallweit

--

Landkreis Lüneburg     Leiter Fachbereich Ordnung und Umwelt

---

Von:             Warnecke, Heiko  
An:              Kallweit, Wolfram  
Datum:         27.05.2019     15:00 Uhr  
Betreff:        WG: Drosselschütze am ESK an den Dükern Neetze, Neetzekanal und Schnedegraben

Hallo Herr Kallweit,

folgend erhalten Sie eine Mail aus dem WSA Uelzen, Frau Fuhrmann zur Kenntnis mit der Bitte um Beratung in Ihrem Hause. Das Thema wurde bereits bei uns, beim ADV und beim WVIN diskutiert. Alle drei Institutionen sind der Auffassung, dass diese planfestgestellten Einrichtungen erhalten bleiben sollen. Den Schriftverkehr dazu sende ich Ihnen in einer weiteren Mail zu. Die WSV hat sich daraufhin bereit erklärt, die Einrichtungen instand zu setzen und auch zukünftig weiter zu betreiben. Es geht jetzt vielmehr darum, mit welcher Meldekette zu welchen Situationen die WSV von welcher Stelle aufgefordert wird, die Schütze zu schließen. Des Weiteren geht es darum, das Vorhandensein dieser Schütze und die gedachte Wirkungsweise für die nachfolgenden Generationen zu dokumentieren. Aus unserer Sicht kommt der Schließfall nur dann zum Tragen, wenn ein Deichbruch an der Elbe eingetreten ist. Mit Eintritt dieser Situation dürfte der Kat - Fall eingetreten sein, so dass der Landkreis zuständig sein dürfte. Ist das noch nicht der Fall, wäre vielleicht die Kommune zuständig. Es wäre daher ganz gut, wenn wir uns zu diesem Thema mal austauschen könnten.

Mit freundlichen Grüßen  
Heiko Warnecke

-----  
Dezernent GBII  
NLWKN - Betriebsstelle Lüneburg

---

Von:             Fuhrmann, Frauke  
Gesendet:     Donnerstag, 4. April 2019     15:35 Uhr  
An:              Warnecke, Heiko  
Betreff:        WG: Drosselschütze am ESK an den Dükern Neetze, Neetzekanal und Schnedegraben

Sehr geehrter Herr Warnecke,

bei der letzten Bauwerksprüfung an den o.g. Dükern im Jahr 2018 habe ich einige massive Schäden an den Drosselschützen feststellen müssen. Hierbei kam die Frage auf, wer gebraucht wann diese Schütze. Auf Nachfrage an den Verband der Ilmenau-Niederung, ob sie diese Schütze für ihre Unterhaltungsarbeiten benötigen würden, wurde diese Frage verneint.

Auf Nachfrage beim Artlenburger Deichverband, Herrn Dettmer, wusste dieser auch nicht so richtig, wann die Schütze zum Einsatz kommen sollten.

Aus den Planfeststellungsunterlagen (Anlage) geht hervor, dass die Durchflussöffnungen der Düker bei einem evt. Deichbruch der Elbe oberhalb der Mündung geschlossen werden sollen. Somit sollten diese Schütze im Hochwasserfall der Elbe zum Einsatz kommen. Demnach wäre das Land Niedersachsen ggf. das NLWKN für diese Drosselschütze zuständig.

Meine Fragen zu diesen Drosselschützen wäre:

1. Ist es sinnvoll bei einem evt. Deichbruch der Elbe oberhalb der Mündung alle Düker mit Hilfe der Drosselschütze zu schließen?
2. Diese Schütze werden im Zuge der Bauwerksprüfung von Mitarbeitern des WSA Uelzen gefahren. Ob diese aber in einem Katastrophenfall noch per Hand/Gerät zu tätigen sind, ist nie geprobt worden.
3. Sollen alle Drosselschütze wieder Instand gesetzt werden und wer und wann und wie sollen sie im Deichverteidigungsfall zum Einsatz kommen?

Bei Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen

Frauke Fuhrmann

--

Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Uelzen

Sachbereich 2 Gewässerbett

B5.4 Gauglitz, D. (2023, 19. April): Datenanfrage Neetze.

Von: Gauglitz, Daniel  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 19.04.2013 14:53 Uhr  
Betreff: AW: Datenanfrage Neetze

Hallo Moritz,

der höchste gemessene Wert einer Stichtagsmessung der Bruchwetter am 08.02.2011 um 09:30 in Echem beträgt 3,83 m<sup>3</sup>/s mit einer Pegelablesung von 83cm. Ich habe mal die Abflussganglinie Süttorf dazu dargestellt, die Spitze lag hier bei 3,13m<sup>3</sup>/s.

Das Einzugsgebiet Echem ist ca. 0,5x Süttorf, aber einige „HQ“ liegen über denen in Süttorf und die NQ unter Süttorf. Eine Übertragung der Hauptwerte aus der Hydrologischen Landschaft Drawehn ist eher nicht möglich.

Den MQ in Echem würde ich nach der Lage der Messpunkte auf 800l/s schätzen etwas unter Süttorf.

Das Ereignis 02/2011 lag in Süttorf ca. zwischen HQ2 und HQ5. Mutmaßlich liegt Echem in dieser Bandbreite mit Tendenz zur geringeren Jährlichkeit für diesen Wert.

Eine eindeutige W/Q Beziehung lässt sich aus den Pegelablesungen nicht herleiten. Brauchst Du das Abflussprofil einer Messung in Echem für ggf. Berechnungen?

Mit freundlichem Gruß  
Daniel Gauglitz

-----  
Gewässerbewirtschaftung und Flussgebietsmanagement  
AB III.2 Oberirdische Gewässer  
NLWKN - Betriebsstelle Lüneburg

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Dienstag, 18. April 2023 17:49 Uhr  
An: Gauglitz, Daniel  
Betreff: AW: Datenanfrage Neetze

Hallo Daniel,

Vielen Dank erstmal für den Überblick, was es gibt. Leider ist das für meine Gewässer tatsächlich nicht besonders viel. Der Standort Echem ist als einziger relevant. Dort würde mich tatsächlich der bislang ermittelte maximale Abfluss interessieren (gerne auch mit Wasserstand, falls es eine Referenz gibt, sodass ich mit dem Wert des nicht eingemessenen Pegels was anfangen kann). Wenn es möglich ist, würde mir eine Einordnung des Abflusses, zumindest eine annähernde Abschätzung, wie dieser einzuordnen ist, weiterhelfen. Theoretisch bräuchte ich einen HHQ-Wert, allerdings ist mir selber bewusst, dass das bei einem Messstandort der regelmäßig angefahren wird, wohl kaum möglich ist, deshalb würde mir der maximale (gemessene) Abfluss mit einer Einordnung (z. B. der Jährlichkeit des HQ und einem Vergleichswert für das MQ) helfen.

Ich hoffe das ist ohne zu großen Aufwand möglich. Vielen Dank schon mal.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brössler

Von: Gauglitz, Daniel  
Gesendet: Dienstag, 18. April 2023 15:20 Uhr  
An: Brössler, Moritz  
Betreff: Datenanfrage Neetze

Hallo Moritz,

Du hattest schon länger Daten angefragt...leider sieht die Datenlage dünn aus. Die gelben Stationen sind Einzelmessungen des Abflusses, die roten sind gewässerkundliche Pegel mit permanenter Wasserstandsaufzeichnung und nachträglicher Berechnung von Abflussganglinien. Echem/Bruchwetter ist das nächstgelegene, dort wird zum Abfluss der relative Wasserstand an der nicht eingemessenen Pegellatte notiert. Falls da etwas von Interesse ist, sag gern Bescheid.



Mit freundlichem Gruß  
Daniel Gauglitz

---

B5.5 Pape, M. (2023, 12. April): Anfrage zu Dükerbauwerken 530, 531 und 532.

Von: Pape, Michael  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 12.04.2023 13:55 Uhr  
Betreff: AW: Anfrage zu Dükerbauwerken 530, 531 und 532

---

Das ist schon gar nicht so schlecht mitgeschrieben.

Ich habe Ihren Text hier und da ein bisschen verfeinert.

Zu 1. Die einzigen bekannten Personen, die die Drosselschütze an den Dükerbauwerken Nr. 530, 531 und 532 bedienen können, dürfen und zu diesen Zugang haben sind die Mitarbeiter des Bauhofs in Scharnebeck.

ANMERKUNG: in der Regel bedienen die Handwerker des BHF's die Drosselschütze. Zugang hat der ABz aber auch, allein schon weil die Anlagenverantwortung beim ABz liegt.

Zu 2. Außerhalb der normalen Dienstzeiten (Arbeitszeiten) gibt es die Rufbereitschaft in den Außenbezirken (ABz), die telefonisch erreichbar ist.

Zu 3. Im Hochwasserfall, ab einer Wasserspiegellage von 6,5 m NN im ESK, werden die Dämme des ESK durchgehend begangen. Die Begehung erfolgt durch Personal des Bauhofs in Scharnebeck durchgeführt und hat die Befähigung die Drosselschütze zu verschließen. Diese Begehungen erfolgen auch über den Verschluss des Hochwasserschutztors in Artlenburg bei einem Wasserstand von 8 m NN hinaus. Somit ist die schnelle Verfügbarkeit von geeigneten Mitarbeitern zur Bedienung der Drosselschütze im Hochwasserfall gewährleistet.

ANMERKUNG: nur die Dämme in der Elbmarsch werden rund um die Uhr begangen. Ist eigentlich logisch, präzisiert aber noch mal die Lokalität. Die Begehung erfolgt durch ABz Personal und dient primär der Kontrolle der Dämme während der Hochwasserphase. Positiver Nebeneffekt ist die schnelle Erreichbarkeit von Personal wenn es ständig vor Ort ist. Das Fahren der Drosselschütze erfolgt in der Regel wie unter 2. beschrieben.

Zu 5. Bei einem Hochwasser der Elbe steht die WSA Außenstelle Uelzen in engem Kontakt dem zuständigen (Katastrophenschutz-)Stab. Die Stellung eines Fachberaters ist jedoch nicht vorgesehen.

ANMERKUNG: das WSA MLK/ESK Standort Uelzen (ehemaliges WSA Uelzen) hat im Hochwasserfall Kontakt zum Katastrophenschutzstab. Für das Wirken vor Ort (Dammbegehung, Schließen des Sperrtores Artlenburg usw.) ist der Außenbezirk Uelzen (ABz Uelzen) Ansprechpartner für den Deichverband, Wasser- und Bodenverband, NLWKN usw.. Da im Hochwasserfall das Hauptaugenmerk beim Elbdeich liegt, verlaufen unsere Tätigkeiten eher im Hintergrund. Ab 8,00 mNN wird das Tor geschlossen (einstellen der Schifffahrt wegen zu geringer Durchfahrtshöhe). Bis 10,10 mNN wird das Sperrtor nicht überströmt.

Bei Fragen einfach anrufen.

Mit freundlichen Grüßen  
Michael Pape

---

Leiter Außenbezirk Uelzen/Wittingen  
Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt MLK/ESK

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Mittwoch, 12. April 2023 09:52 Uhr  
An: Pape, Michael  
Betreff: AW: Anfrage zu Dükerbauwerken 530, 531 und 532

Guten Tag Herr Pape,

wie in unserem heutigen Telefonat besprochen bitte ich Sie mir kurz die Aussagen zur Organisation, zu denen es keine Dokumente gibt, zu bestätigen. Sollte ich etwas falsch verstanden habe korrigieren Sie dies gerne.

1. Die einzigen bekannten Personen, die die Drosselschütze an den Dükerbauwerken Nr. 530, 531 und 532 bedienen können, dürfen und zu diesen Zugang haben sind die Mitarbeiter des Bauhofs in Scharnebeck.

2. Im Normalfall hat die Außenstelle Uelzen eine telefonische Rufbereitschaft. Diese ist durch eine Führungskraft/einen Meister besetzt. Eine Rufbereitschaft des Bauhofs Scharnebeck (Handwerker) kann durch die Führungskraft/den Meister erreicht werden und könnte die Drosselschütze bedienen.

3. Im Hochwasserfall, ab einer Wasserspiegellage von 6,5 m NN im ESK, werden die Dämme des ESK durchgehend begangen. Die Begehung erfolgt durch Personal des Bauhofs in Scharnebeck durchgeführt und hat die Befähigung die Drosselschütze zu verschließen. Diese Begehungen erfolgen auch über den Verschluss des Hochwasserschutztors in Artlenburg bei einem Wasserstand von 8 m NN hinaus. Somit ist die schnelle Verfügbarkeit von geeigneten Mitarbeitern zur Bedienung der Drosselschütze im Hochwasserfall gewährleistet.

4. Es gibt keine Dokumente oder Anweisungen, durch die die Steuerung der Drosselschütze geregelt wird. Es ist jedoch möglich diese auf Anweisung des zuständigen (Katastrophenschutz-)Stabs ganz oder teilweise zu verschließen.

5. Bei einem Hochwasser der Elbe steht die WSA Außenstelle Uelzen in engem Kontakt dem zuständigen (Katastrophenschutz-)Stab. Die Stellung eines Fachberaters ist jedoch nicht vorgesehen.

Ich hoffe ich habe die Zuständigkeiten der Außenstelle Uelzen und die von anderen Stellen des WSA MLK/ESK richtig behalten. Sonst korrigieren Sie dies gerne.

Vielen Dank für Ihre Mühe.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

---

Von: Pape, Michael  
Gesendet: Mittwoch, 12. April 2023 08:11 Uhr  
An: Brössler, Moritz  
Betreff: AW: Anfrage zu Dükerbauwerken 530, 531 und 532

Guten Morgen Herr Brössler,

ich habe mehrmals versucht Sie telefonisch zu erreichen, leider ohne Erfolg. Wenn noch Fragen zu den Drosselklappen bestehen, rufen Sie mich bitte unter einer der unten aufgeführten Nummern an.

Mit freundlichen Grüßen

Michael Pape

--

Leiter Außenbezirk Uelzen/Wittingen  
Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt MLK/ESK

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Mittwoch, 15. März 2023 16:53 Uhr  
An: ABz-Uelzen - WSV Bund  
Betreff: Anfrage zu Dükerbauwerken 530, 531 und 532

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich schreibe aktuell meine Bachelorarbeit beim NLWKN in Lüneburg zu der Funktion und dem Nutzen der Drosselschütze an den Dükerbauwerken Nr. 530, 531 und 532 für den Katastrophenschutz. Mit der Frage nach genaueren Informationen zu den Dükerbauwerken, den Drosselschützen und etwaigen Zuständigkeiten und Vereinbarungen für deren Bedienung haben mich Herr Bade und Herr Peters an Sie verwiesen.

Primär wäre es für mich sehr hilfreich Zugriff auf die Pläne der Dükerbauwerke sowie der Drosselschütze zu bekommen. Außerdem würde es mir sehr helfen zu erfahren, welche Regelungen, Absprachen etc. es zu diesen Dükern und den Drosselschützen gibt. Insbesondere welche Organisationen und Verbände möglicherweise neben Ihnen noch Zugriff auf die Steuerung der Drosselschütze haben, bzw. für deren Steuerung unterwiesene Personen haben und welche Regelungen, Absprachen und Zuständigkeiten es für den Betrieb der Drosselschütze und der Düker im Katastrophenfall bzw. im Hochwasserfall gibt.

Ich würde mich sehr über Ihre Unterstützung freuen. Gerne können wir Einzelheiten auch telefonisch besprechen.

Vielen Dank im Voraus.

Mit freundlichen Grüßen

Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

B5.6 Sachse, S. (2023, 23. März): Anfrage KatS-Plan/Alarm- und Einsatzpläne (Deichbruch).

Von: Sachse, Sonja  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 23.03.2023 13:18 Uhr  
Betreff: Antwort: AW: Antwort: AW: Anfrage Bachelorarbeit KatS-Plan/Alarm- und Einsatzpläne (Deichbruch)

Hallo Herr Brössler,

ich war die letzten Tage nicht im Dienst und habe darüber hinaus eine so große Anzahl an Mails jeden Tag, dass ich leider nicht immer dazu komme, noch am gleichen Tag zu antworten.

Ihre Feststellung sind korrekt.

Als feste Fachberatung im Katastrophenfall Hochwasser ist immer das NLWKN involviert. Darüber hinaus verfügt unser hauseigenes Umweltamt über Experten für den Bereich Hochwasserschutz und Deichbau. Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes war bisher nicht als Fachberatung vertreten, sicherlich würde man aber im Falle eines ESK-Bruches Kontakt aufnehmen. Der Artlenburger Deichverband (und auch der Neuhäuser Deichverband) ist bei Hochwasser immer in den Krisenstabssitzungen vertreten und arbeitet eng mit dem Krisenstab zusammen, weil im Katastrophenfall die Deichverteidigung als Aufgabe der Deichverbände eine große Rolle spielt. Der Ilmenauverband ist nicht im Krisenstab vertreten.

Ich wünsche Ihnen noch einen schönen Tag.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag

Sonja Sachse

--

Landkreis Lüneburg · Leiterin Ordnung

---

Von: Brössler, Moritz  
An: Sachse, Sonja  
Datum: 23.03.2023 08:54 Uhr  
Betreff: AW: Antwort: AW: Anfrage Bachelorarbeit KatS-Plan/Alarm- und Einsatzpläne (Deichbruch)

Sehr geehrte Frau Sachse,

Falls die E-Mail nicht bei Ihnen angekommen ist (Spam-Ordner o. Ä.) sende ich Ihnen diese nochmal zu.

Ich bitte Sie die Aussagen, wie telefonisch besprochen zu bestätigen, falls ich etwas falsch verstanden habe natürlich gerne mit Korrektur, und die letzte Frage zu beantworten.

Vielen Dank.

Mit freundlichen Grüßen

Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Montag, 20. März 2023 11:29 Uhr  
An: Sachse, Sonja  
Betreff: AW: Antwort: AW: Anfrage Bachelorarbeit KatS-Plan/Alarm- und Einsatzpläne (Deichbruch)

Sehr geehrte Frau Sachse,

wie wir gerade telefonisch besprochen hatten, habe ich im Folgenden eine kurze Liste mit Aussagen aus unserem Telefonat zusammengetragen, bei denen ich Sie bitte mir die Richtigkeit dieser Aussagen zu bestätigen, damit ich mich im Rahmen meiner Bachelorarbeit darauf beziehen kann.

1. Es gibt allgemeine und spezifische Maßnahmenpläne nach denen der Katastrophenschutz im Falle eines Deichbruchs im Landkreis Lüneburg handelt. Diese sind allerdings als Verschlussache zu behandeln, weshalb Sie mir keinen Zugang zu diesen Dokumenten ermöglichen können.
2. Für den genannten Bereich der Elbmarsch zwischen Beckede und dem Elbe-Seitenkanal existiert kein spezifischer Evakuierungsplan, der über Sammelplätze und Ähnliches hinausgeht. Solche Pläne existieren jedoch für andere Bereiche, z. B. im Amt Neuhaus, die notfalls als Vorbild bzw. Orientierung dienen können. Auch diese Evakuierungspläne sind als Verschlussache zu behandeln, weshalb es Ihnen nicht möglich ist mir Zugriff auf diese Dokumente zu gewähren.
3. Der Katastrophenschutzbehörde liegen keine Dokumente, Anweisungen oder Pläne, mit denen die Steuerung der Drosselschütze für die drei Dükerbauwerke unter dem Elbe-Seitenkanal nördlich von Scharnebeck im Katastrophenfall geregelt wird, vor. Diese Informationen würden im Katastrophenfall durch den zuständigen Fachberater eingebracht werden.
4. Im Katastrophenfall würde der Katastrophenschutzstab auf Anraten des zuständigen Fachberaters nötige Maßnahmen zur Steuerung der oben genannten Drosselschütze anweisen und die Ausführung in die Wege leiten.
5. Der zuständige Fachberater gehört im Hochwasserfall dem NLWKN an. Bitte nennen Sie mir weitere Fachberater, die bei einem Deichbruch im Bereich zwischen Bleckede und dem Elbe-Seitenkanal in Hinblick auf Hydrologie und/oder Wasserwirtschaft hinzugezogen werden würden. Dabei würde mich insbesondere interessieren, ob ein Fachberater der WSV hinzugezogen werden würde, wenn der Elbe-Seitenkanal als aufstauendes Bauwerk betroffen ist. Außerdem würde ich Sie bitten mir noch kurz die Beteiligung des Artlenburger Deichverbands und des Ilmenauverbands (Entwässerungsverband) in die Stabsarbeit einzuordnen.

Der letzte Punkt enthält noch zwei Fragen, die mir beim Erstellen der Auflistung eingefallen sind. Ich hoffe es ist Ihnen möglich diese zu beantworten.

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brössler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Freitag, 3. März 2023 13:11 Uhr  
An: Sachse, Sonja  
Betreff: Anfrage Bachelorarbeit KatS-Plan/Alarm- und Einsatzpläne (Deichbruch)

Sehr geehrte Frau Sachse,

ich bin aktuell im Rahmen meiner Bachelorarbeit im Studiengang Rettungsingenieurwesen beim NLWKN in Lüneburg. In meiner Bachelorarbeit beschäftige ich mich mit dem Einsatz von Drosselschützen für den Hochwasserschutz in den Dükerbauwerken des Elbe-Seitenkanals (ESK) nördlich von Scharnebeck, konkret also im Hauptkanal Ilau-Schneeegraben, der Neetze und dem Neetzekanal. Dem zu Grunde liegt das Einsatzszenario eine Deichbruchs bei einem Extremhochwasser zwischen der Mündung des ESK und Bleckede. Da in diesem Fall der Einsatz der Drosselschütze nach dem Planfeststellungsbeschluss des ESK vorgesehen ist. Ein E-Mail-Verkehr zwischen der WSV, dem NLWKN und dem Landkreis Lüneburg aus dem Jahr 2019 zeigte jedoch die Problematik, dass aktuell keine Informationen über den Nutzen dieser Maßnahme oder die Zuständigkeit der Durchführung solcher Maßnahmen vorliegen. Aus diesem Grund bereite ich dieses Thema im Rahmen meiner Bachelorarbeit auf.

Ich schreibe Ihnen, da ich Sie fragen möchte, ob und inwieweit diese Drosselschütze in der Gefahrenabwehrplanung/im Katastrophenschutzplan des Landkreises Lüneburg berücksichtigt sind. Außerdem würde ich gerne wissen, ob es Alarm- und Einsatzpläne oder Ähnliches für ein vergleichbares Deichbruchszenario gibt. Wenn dies der Fall ist würden mir diese Informationen deutlich weiterhelfen, um einen Überblick über die entsprechenden Maßnahmen zu bekommen. Ich freue mich sehr über Ihre Unterstützung.

Vielen Dank im Voraus.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

B5.7 Schumacher, L. (2023, 10. Mai): Frage zu Einsatzplan Hochwasser.

Von: Schumacher, Lena  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 10.05.2023 13:39 Uhr  
Betreff: AW: Frage zu Einsatzplan Hochwasser

Hallo Herr Brößler,

leider muss ich Ihnen mitteilen, dass es bei uns nicht möglich ist Einsicht in die Einsatzpläne zu erhalten.

Vielleicht kann Ihnen der Landkreis Lüneburg (KLL) weiterhelfen.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag  
Lena Schumacher

--

Stadt Bleckede  
Fachbereich Bürgerservice, Bildung und Personal

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Montag, 8. Mai 2023 11:34 Uhr  
An: Schumacher, Lena  
Betreff: AW: Frage zu Einsatzplan Hochwasser

Sehr geehrte Frau Schumacher,

Da für die Erarbeitung meiner Bachelorarbeit inzwischen die Zeit drängt, wollte ich nochmal nachfragen, ob es möglich ist, dass Sie mir einige Informationen über den Einsatzplan Hochwasser geben können. Die Landkreise Lüneburg und Harburg haben mir für meine Nachfragen zum Katastrophenschutz die Inhaltsverzeichnisse von den relevanten Sonderplänen zur Verfügung gestellt, damit ich mir einen Überblick verschaffen kann. Vielleicht kann dies auch bei Ihnen eine Lösung sein, mit der Sie mich bei meiner Bachelorarbeit unterstützen können, ohne dass sensible Informationen weitergegeben werden.

Vielen Dank im Voraus.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Donnerstag, 27. April 2023 16:13 Uhr  
An: Schumacher, Lena  
Betreff: Frage zu Einsatzplan Hochwasser

Sehr geehrte Frau Schumacher,

da ich mir nicht sicher bin wer von Ihnen für mein Anliegen zuständig ist, schreibe ich Ihnen allen. Ich würde mich sehr freuen, wenn der oder die Zuständige mir bezüglich meines Anliegens antwortet.

Ich schreibe aktuell beim NLWKN in der Betriebsstelle Lüneburg meine Bachelorarbeit im Studiengang Rettungsingenieurwesen. Dabei beschäftige ich mich mit Einflussfaktoren auf Überflutungsszenarien in der Elbmarsch bei einem Extremhochwasser der Elbe, wie es z. B. auch in den Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten zugrunde gelegt ist. Bei meinen Recherchen bin ich darauf gestoßen, dass im Rahmen der Maßnahmen des HWRM-Plans zum ersten HWRM-Zyklus die Stadt Bleckede einen Einsatzplan Hochwasser neu aufstellen sollte/wollte (NLWKN, 2015, Hochwasserrisiken managen: Maßnahmen im niedersächsischen Elbeeinzugsgebiet, Anlage 1, S. 27). Da mich besonders die Maßnahmen im Hochwasserfall interessieren, die im Rahmen der Gefahrenabwehr vor Ausrufen des Katastrophenfalls getroffen werden, würde ich Sie bitten, mir Auskunft zu geben inwiefern es möglich ist, Einsicht in diesen Einsatzplan Hochwasser oder Informationen über diesen zu bekommen. Natürlich bin ich gerne bereit mich an eventuelle Vorgaben, welche Informationen vertraulich behandelt werden sollen, zu halten.

Vielen Dank im Voraus.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

B5.8 Sievers, L. (2023, 4. Mai): Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser.

Von: Sievers, Leonie  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 04.05.2023 11:08 Uhr  
Betreff: AW: Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser

Sehr geehrter Herr Brössler,

bitte entschuldigen Sie meine späte Antwort. Gerne versuche ich jedoch, die von Ihnen gestellten Fragen zu beantworten.

Grundsätzliches zum Katastrophenschutzplan: Das Land Niedersachsen hat einen verbindlichen Kennziffernplan für den Aufbau der Katastrophenschutzpläne in Niedersachsen per Erlass vorgegeben an diesem orientiert sich auch der Katastrophenschutzplan des Landkreis Harburg. Den Erlass habe ich Ihnen in den Anhang gelegt.

1. Hochwasserschutz:

- Die Kennziffer 8 umfasst „Besondere Schadenslagen“ und beinhaltet unter der Kennziffer 8.01.01.05 Maßnahmen zur Sturmflut und unter 8.01.01.07 zu Hochwassern. Unter der Kennziffer 8.10 sind „Sonderpläne für andere Gefahrenlagen“ aufgeführt. Dort wird dann der Deichverteidigungsplan als Sonderplan aufgeführt.
- Als Übersicht für entsprechende Inhalte habe ich Ihnen das Inhaltsverzeichnis des Deichverteidigungsplanes in den Anhang gelegt. Ich denke, dass Sie etwaige Inhalte daraus gut ableiten können.
- Darüber hinaus werden Maßnahmen für Hochwasserlagen an mehreren Stellen eingebunden. So gilt es bei Hochwasserlagen natürlich zum Beispiel, eine frühzeitige Warnung der Bürger vor Hochwassern oder Sturmfluten sicherzustellen. Außerdem sind in diesem Zusammenhang im Katastrophenschutzplan verbindliche Meldekettten aufgeführt.

2. Sonderpläne zu Störfallbetrieben der oberen Kategorie

- Nach § 10a NKatsG sind die unteren Katastrophenschutzbehörden gesetzlich verpflichtet, externe Notfallpläne für Störfallbetriebe der oberen Kategorie vorzuhalten. Insofern besteht auch ein aktueller Sonderplan u.a. für den Betrieb Bruno Bock GmbH, der ebenfalls Teil des Katastrophenschutzplanes ist.

Ich hoffe, dass Ihnen meine Ausführungen zumindest ein wenig helfen konnten und wünsche Ihnen viel Erfolg bei Ihrer Bachelor-Arbeit.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag

L. Sievers

---

Landkreis Harburg

Zivil- und Katastrophenschutz

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Donnerstag, 4. Mai 2023 15:42 Uhr  
An: Sievers, Leonie  
Betreff: AW: Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser

Sehr geehrte Frau Sievers,

Falls meine Fragen aus der vorangegangenen E-Mail vielleicht etwas unübersichtlich waren, würde ich Sie bitten mir als Antwort per Mail mitzuteilen, inwiefern der allgemeine KatS-Plan des LK Harburg den Hochwasserfall berücksichtigt und welche Hochwasserrelevanten Sonderpläne es gibt. Darüber hinaus wäre aufgrund meiner Betrachtung in der Bachelorarbeit relevant, ob es zu den Störfallbetrieben der oberen Kategorie (in dem betrachteten gebiet Bruno Bock GmbH) Sonderpläne gibt.

In Hinblick auf Sonderpläne im Bereich Hochwasserschutz/Deichverteidigung würde ich Sie bitten im Rahmen Ihrer Möglichkeiten kurz zu umreißen, was dieser Sonderplan behandelt/enthält, ohne dabei zwangsläufig auf konkrete Maßnahmen einzugehen.

Bitte entschuldigen Sie meine Nachfrage mit der Präzisierung, jedoch habe ich das Problem, dass sich meine Abgabe nähert und ich einen Weg finden muss Informationen zur Katastrophenschutzplanung des LK Harburg berücksichtigen zu können.

Vielen Dank im Voraus.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brössler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Dienstag, 2. Mai 2023 11:29 Uhr  
An: Sievers, Leonie  
Betreff: Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser

Sehr geehrte Frau Sievers,

mir wurde mitgeteilt, dass ich mich mit Fragen zum Katastrophenschutz bzw. der Katastrophenschutzplanung im LK Harburg am besten an Sie wende. Ich betrachte im Rahmen meiner Bachelorarbeit bei der NLWKN Betriebsstelle Lüneburg in meinem Studiengang Rettungsingenieurwesen Überschwemmungen im deichgeschützten Gebiet des ADV (nördlich der Ilmenau) durch ein Extremhochwasser der Elbe. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass es sich um eine KatS-Lage handeln dürfte. Deshalb ist die Betrachtung der vorgesehenen KatS-Pläne der Landkreise Lüneburg und Harburg für mich unumgänglich. Dabei ist mir bewusst, dass die Details der KatS- und Sonderpläne, wie konkrete Maßnahmen, natürlich vertraulich sind. Deshalb wollte ich Sie fragen, ob es Ihnen möglich ist mir Auskunft über die grobe Struktur des KatS-Plan, insbesondere der für den Hochwasserschutz bzw. Deichbruch-/Überschwemmungsfall relevanten Teile, zu geben? Außerdem wollte ich fragen, ob Sie mir mitteilen können, welche Sonderpläne es für den Bereich Hochwasser gibt.

Es würde mir sehr helfen, wenn Sie mir diese Anfragen entweder per E-Mail geben könnten, sodass ich mich auf den E-Mail-Verkehr beziehen kann oder als separates Dokument, welches ich zitieren kann. Möglicherweise gibt es ja ein informatives Dokument über den KatS-Plan und die Sonderpläne oder vielleicht können sie mir das Inhaltsverzeichnis, falls dort die nötigen aber keine vertraulichen Informationen enthalten sind, zusammen mit den Informationen zum Zitieren (Ort, Jahr, Herausgeber/Autor etc.) zukommen lassen.

Vielen Dank im Voraus für Ihre Unterstützung, ich hoffe es besteht im Rahmen Ihrer Möglichkeiten eine Lösung, die mir weiterhilft.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

B5.9 Thorenz, F. (2023, 8. März): Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen.

Von: Thorenz, Frank  
An: Brössler, Moritz" <Moritz.Broessler@nlwkn.niedersachsen.de>  
Datum: 08.03.2023 8:30 Uhr  
Betreff: AW: Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen

Guten Tag Herr Brössler,

leider kann ich Ihnen auf Ihre Frage keine abschließende Antwort geben. Das Bruchgeschehen von Deichen hängt u.a. von den hydrologischen, hydraulischen und gentechnischen Verhältnissen ab. Deshalb haben wir im Forschungsvorhaben HoRisk mit Deichbruchszenarien gearbeitet. Eines dieser Szenarien berücksichtigt eine Bruchbreite von 150 m. Weiteres finden Sie unter K085\_2017\_PDFa.pdf (baw.de) z.B. auf S. 219. Ich wünsche Ihnen viel Erfolg für Ihre Arbeit.

Mit freundlichen Grüßen  
Prof. Frank Thorenz  
Betriebsstellenleiter - Geschäftsbereichsleiter

-----  
Prof. Frank Thorenz  
NLWKN-Betriebsstelle Norden  
Geschäftsbereich Planung und Bau

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Donnerstag, 2. März 2023 13:30 Uhr  
An: Thorenz, Frank  
Betreff: Nachfrage maximale Breite von Deichbrüchen

Sehr geehrter Herr Prof. Thorenz,

ich hatte mich bereits Anfang Februar bei Ihnen mit dem gleichen Anliegen per E-Mail gemeldet. Diese E-Mail scheint untergegangen zu sein, deshalb frage ich jetzt erneut nach. Bei den Vorbereitungen für meine Bachelorarbeit in der Betriebsstelle Lüneburg bin ich auf die Aussage gestoßen, Deichbrüche würden nicht breiter als 150 m. Ich kann mir dabei durchaus vorstellen, dass es eine maximale Breite von Deichbrüchen gibt, allerdings konnte ich bei einer Literaturrecherche keine Begründung oder Berechnung dazu finden. Auf meine Nachfrage bei meinem Betreuer Heiko Warnecke habe ich die Antwort bekommen, dass Sie mir weiterhelfen könnten und diese Aussage auf Berechnungen des GB2 in Norden beruhe. Ich bitte Sie mir eine nachvollziehbare, idealerweise zitierfähige, Begründung für die maximale Breite von 150 m für Deichbrüche zur Verfügung zu stellen. Da ich einer Berechnung einen möglichst großen, jedoch realistischen Deichbruch zugrunde legen muss, würde es mir sehr helfen, wenn ich meine Annahme auf eine zitierfähige Berechnung stützen könnte. Sollte die Zitierfähigkeit nicht gegeben sein, würde es mir allerdings schon helfen mehr Hintergrundwissen für die Begründung einer eigenen Annahme zu haben.

Vielen Dank im Voraus.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler  
Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

B5.10 Westermann, S. (2023, 4. Mai): Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser.

Von: Westermann, Sascha  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 04.05.2023 18:19 Uhr  
Subject: Antwort: Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser

Sehr geehrter Herr Brößler,

wie telefonisch vorbesprochen erhalten Sie hier meine schriftlichen Antworten.

Im Landkreis Lüneburg existiert derzeit kein spezieller Sonderplan für Hochwasserereignisse. Jedoch ist dieser in Planung und soll zeitnah in meinem Fachgebiet hergestellt werden. Kürzlich war ich dazu auf dem Gewässerforum vom NLWKN in Hannover. Diese Veranstaltung hat meine Planungen nochmals untermauert. Ein solcher Plan ist zwingend für das Elbegebiet erforderlich.

Im allgemeinen Katastrophenschutzplan gibt es bezüglich Hochwasser keine konkreten Verfahrensanweisungen. Ein solcher Plan ist eher eine Art "großes Telefonbuch". Die Gliederung eines solchen Katastrophenschutzplan ist in Niedersachsen per Erlass geregelt. Diesen habe ich Ihnen mal beigefügt. Der Erlass ist zwar 2019 abgelaufen jedoch noch weiterhin gültig.

Die Gliederung von Sonderplänen ist nicht einheitlich geregelt. Jede Katastrophenschutzbehörde kann diese frei nach eigenem Ermessen gestalten.

Zum Schluss möchte ich Ihnen noch mitteilen, dass ich Ihre Idee der Bachelorarbeit gut finde und sehr begrüße. Vielleicht kommen wir nach Abschluss Ihrer Arbeiten noch einmal zusammen und Sie können mir Ihre Ergebnisse mal aufzeigen.

Sollten Sie weitere Fragen haben, melden Sie sich gerne.

Mit freundlichen Grüßen

Im Auftrag  
Sascha Westermann

--

Landkreis Lüneburg · Leiter Brand- und Katastrophenschutz

---

Von: Brössler, Moritz  
An: Westermann, Sascha  
Datum: 02.05.2023 11:34 Uhr  
Betreff: Frage zu KatS-Plan und Sonderplänen Hochwasser

Sehr geehrter Herr Westermann,

mir wurde mitgeteilt, dass Sie seit neustem für Fragen zum Katastrophenschutz bzw. der Katastrophenschutzplanung im LK Lüneburg zuständig sind. Ich betrachte im Rahmen meiner Bachelorarbeit bei der NLWKN Betriebsstelle Lüneburg in meinem Studiengang Rettungsingenieurwesen Überschwemmungen im deichgeschützten Gebiet des ADV (nördlich der Ilmenau) durch ein Extremhochwasser der Elbe. In diesem Fall ist davon auszugehen, dass es sich um eine KatS-Lage handeln dürfte. Deshalb ist die Betrachtung der vorgesehenen KatS-Pläne der Landkreise Lüneburg und Harburg für mich unumgänglich. Dabei ist mir bewusst, dass die Details der KatS- und Sonderpläne, wie konkrete Maßnahmen, natürlich vertraulich sind, dies hat mir auch Frau Sachse bereits bestätigt. Deshalb wollte ich Sie fragen, ob es Ihnen möglich ist mir Auskunft über die

grobe Struktur des KatS-Plan, insbesondere der für den Hochwasserschutz bzw. Deichbruch-/Überschwemmungsfall relevanten Teile, zu geben? Außerdem wollte ich fragen, ob Sie mir mitteilen können, welche Sonderpläne es für den Bereich Hochwasser gibt. Bei diesen Fragen geht es nicht um inhaltliche Informationen, sondern lediglich darum einen Überblick über die für das Gebiet vorliegenden Pläne zu ermöglichen.

Es würde mir sehr helfen, wenn Sie mir diese Anfragen entweder per E-Mail geben könnten, sodass ich mich auf den E-Mail-Verkehr beziehen kann oder als separates Dokument, welches ich zitieren kann. Möglicherweise gibt es ja ein informatives Dokument über den KatS-Plan und die Sonderpläne oder vielleicht können sie mir das Inhaltsverzeichnis, falls dort die nötigen aber keine vertraulichen Informationen enthalten sind, zusammen mit den Informationen zum Zitieren (Ort, Jahr, Herausgeber/Autor etc.) zukommen lassen.

Vielen Dank im Voraus für Ihre Unterstützung, ich hoffe es besteht im Rahmen Ihrer Möglichkeiten eine Lösung, die mir weiterhilft.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

B5.11 Wörner, V. (2023b, 28. April): Funktionsbezeichnung, Urlaub, Läufe, Fragen.

Von: Wörner, Vanessa  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 28.04.2023 13:12 Uhr  
Betreff: Funktionsbezeichnung, Urlaub, Läufe, Fragen

Hallo Moritz,

Ich würde einfach „Mitarbeiterin im Aufgabenbereich 32, Oberirdische Gewässer, in der Betriebsstelle Lüneburg“ schreiben. Eine genauere Bezeichnung für meine Funktion habe ich nicht ;).

[...]

Aktuell läuft noch „Lauf14“, der wird heute auch nicht mehr fertig. Ich kopiere aber, kurz vor Feierabend noch die Ausgabe- und Auswertedateien bis dahin auf das Laufwerk.

Die letzten Tage habe ich nochmal an einer Verbesserung des Gitters gebastelt, da ich auch nicht zufrieden war mit der Simulation insbesondere der Ilau. Ich habe das Gitter im Bereich der Ilau, der Neetze und des Neetzkanals noch etwas verfeinert. Parallel zu „Lauf14“ versuche ich, bevor ich heute aufhöre, noch 2 Läufe mit dem neuen Gitter starten: einer mit geöffneten Düker und einer mit der der Steuerung aus Lauf 14. Ob Du diese Läufe verwenden willst, kannst du dir ja überlegen. Westlich des ESK habe ich nichts am Gitter verändert, d.h. der Lauf mit geschlossenen Dükern wäre immer noch kompatibel.

Ich versuche noch die Fragen aus einer der vorherigen Mails zu beantworten:

1. Was wurde an dem 2D-Modell der BfG für die zusätzliche Verwendung in der Betriebsstelle Lüneburg ergänzt.
  - Das Modell wurde räumlich erweitert um Bereiche hinter den Deichen. Dies umfasst die Erstellung eines Berechnungsgitters sowie die Zuweisung von Höheninformationen und Rauigkeitsklassen zu diesem Gitter. Ergänzt wurden außerdem einige Siele, Schöpfwerk, Düker und das Ilmenau-Sperrwerk. Linienhafte Strukturen wie Deiche, Bahndämme und Straßen wurden zusätzlich als „fixed weir“, d.h. linienhafte Hindernisse mit vorgegebener Höhe, implementiert.
2. In wessen Namen wurden diese Anpassungen vorgenommen/Wer bzw. welcher Geschäfts- oder Aufgabenbereich ist dafür „verantwortlich“.
  - Verantwortlich für die Erweiterungen bin ich bzw. der Aufgabenbereich 32 der Betriebsstelle Lüneburg.
3. Für welche Verwendungszwecke ist das Modell so in der Betriebsstelle Lüneburg vorgesehen ist?
  - Das Modell inkl. Der Erweiterung ist für die Bearbeitung eigener Fragestellungen des NLWKN erstellt worden. Dies umfasst v.a. die Simulation extremer Hochwasserszenarien (> HQ100), bei welchen das Deich-Hinterland von Überschwemmungen betroffen sein könnte.
4. Könntest du mir außerdem kurz die Untersuchung der verschiedenen Deichbrüche zusammenfassen und zumindest das für mich relevante Ergebnis nennen, dass mein Deichbruch die Auswirkungen der übrigen Deichbrüche auf dem Deichabschnitt einschließt und sozusagen „überdeckt“.
  - Es wurden verschiedene Deichbruchszenarien für verschiedene Bereiche des Deich-Hinterlandes in Niedersachsen simuliert. Entlang der gesamten niedersächsischen Elbe wurden Deichbrüche mit der selben oberen Randbedingung (Abfluss ca. HQ 200)

simuliert. Dabei wurde festgestellt, dass Deichbrüche an unterschiedlichen Stellen zu unterschiedlich starken Überschwemmungen des Deich-Hinterlandes führen. Im Bereich zwischen Bleckede und Artlenburg östlich des Elbe-Seitenkanals ist diesen Auswertungen zufolge der simulierte Deichbruch nördlich von Bleckede derjenige, der zu der größten Überschwemmung führen würde. Dies betrifft sowohl die Menge an ins Hinterland ausgeträumten Wassermenge als auch die Größe der überschwemmten Fläche.

Ich hoffe, das hilft weiter J

Viele Grüße,  
Vanessa

--

NLWKN Betriebsstelle Lüneburg \* Adolph-Kolping-Str. 6 \* 21337 Lüneburg  
GB III Wasserwirtschaft und Strahlenschutz  
Aufgabenbereich Oberirdische Gewässer

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Donnerstag, 27. April 2023 16:21 Uhr  
An: Wörner, Vanessa  
Betreff: Deine Funktionsbezeichnung

Hallo Vanessa,

das ist sicherlich eine seltsame Frage, aber wie soll ich in meiner Bachelorarbeit auf dich in deiner Funktion als Person, die in der Bst. Lüneburg das Modell der BfG betreut Bezug nehmen?

Also, damit das ganze etwas verständlicher wird ein Beispiel:

„Das Modell der BfG wurde von (...) um das deichgeschützte Gebiet des ADV sowie das Ilmenausperrwerk ergänzt.“

Wie würdest du dich dann offiziell an der Stelle (...) erwähnen?

Danke dir.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

B5.12 Wörner, V. (2023c, 16. Mai): Fragen zu Ausgangsbedingungen Ilmenau-Sperrwerk und dead band.

Von: Wörner, Vanessa  
An: Brössler, Moritz  
Datum: 16.05.2023 14:50 Uhr  
Betreff: AW: Fragen zu Ausgangsbedingung Ilmenau-Sperrwerk und dead band

Hallo Moritz,

Die Wasserstandsdaten am Pegel Zollenspieker liegen im Zeitraum 01.06. bis 30.06.2013 mit einer zeitlichen Auflösung von 15 Minuten vor. Die selbe Auflösung liegt auch für andere Hochwasserereignisse (2002, 2006, 2011) vor.

Außerhalb der Zeiträume der Hochwasserereignisse liegen die Daten im Zeitraum 2000 bis 2013 mit einer Auflösung von 6 Stunden vor.

Zur Frage mit der Wirkungsweise der dead bands siehe das Benutzerhandbuch zu den Real Time Control- Funktionalitäten.

Viele Grüße,  
Vanessa

--

NLWKN Betriebsstelle Lüneburg \* Adolph-Kolping-Str. 6 \* 21337 Lüneburg  
GB III Wasserwirtschaft und Strahlenschutz  
Aufgabenbereich Oberirdische Gewässer

---

Von: Brössler, Moritz  
Gesendet: Donnerstag, 11. Mai 2023 11:57 Uhr  
An: Wörner, Vanessa  
Betreff: Fragen zu Ausgangsbedingung Ilmenau-Sperrwerk und dead band

Hallo Vanessa,

wie angekündigt nochmal zwei Fragen mit der bitte um zitierfähige Antworten.

Wie groß ist das zeitliche Intervall zwischen den vorliegenden Daten für die Pegel in der Tideelbe (z. B. Zollenspieker für das Ilmenau-Sperrwerk) im Regelfall und während eines Hochwasserereignisses (z. B. 2013)? Inwiefern hat die Dichte dieser Daten Einfluss auf den Modellzeitraum?

Könntest du kurz zusammenfassen, was ein dead band bewirkt. Eine zitierfähige Erklärung dazu habe ich leider (auch in der Betriebsanweisung) nicht gefunden und du hattest es mir persönlich Erklärt.

Vielen Dank für deine Antworten.

Mit freundlichen Grüßen  
Moritz Brößler

Bachelorpraktikant - Rettungsingenieurwesen

-----  
NLWKN – Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2 - Planung und Bau

## Eidesstattliche Erklärung

Ich, Moritz Brößler, versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Thema „Einsatz von Drosselschützen für den Hochwasserschutz in den Dükerbauwerken des Elbe-Seitenkanals nördlich von Scharnebeck“ ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Hamburg, den 31. Mai 2023

