



**NLWKN.**  
Für Mensch und Umwelt.  
Für Niedersachsen.

## Rahmenentwurf

Zur Nacherhöhung der Hauptdeiche im Artlenburger Deichverband  
von der Staustufe Rönne/Geesthacht bis zum Elbe-Seitenkanal



**Niedersachsen**



## Abstract

Die bei bestimmten Windrichtungen erzeugten Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste haben Auswirkungen auf die Elbe und deren Hochwasserschutzanlagen, im wesentlichen Deiche. Die Sturmflutbemessungsgrenze wurde kürzlich von der Wehranlage Rönne/Geesthacht in den Mündungsbereich des Elbe-Seitenkanals in die Elbe verlegt. Durch den menschengemachten Klimawandel kommt es zu einem globalen Meeresspiegelanstieg. Bei den Sturmfluten sind Veränderungen in ihrer Dynamik zu erwarten. Neue Berechnungen zu den Wasserspiegellagen für Hochwasser und Sturmfluten wurden von BAW und BfG durchgeführt. Diese Berechnungen zeigen, dass die Wasserstände aus dem Bemessungssturmflutszenario auch oberhalb vom Wehr maßgebend sind. Daher ist es notwendig, die Hochwasserdeiche zwischen Rönne und Artlenburg in Hauptdeiche umzuwidmen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, den Anpassungsbedarf des Hochwasserdeiches zu ermitteln und darzustellen. Dazu wurden zuerst die Grundlagen des Deichbaus sowie die regionalen Voraussetzungen recherchiert. Anschließend wurde der Wellenauflauf für drei Detailbereiche berechnet. Daraufhin wurde die Deichsollhöhe durch die Addition der Sturmflutwasserstände und dem maßgebenden Wellenauflauf ermittelt. Daraufhin konnte das Ausbauprofil an drei Querprofilen festgelegt werden. Nach dem, durch ein Unternehmen, die Kleistärken auf der Deichstrecke durch Kleinrammbohrungen ermittelt wurden, konnten die Massen für die Bodenarten Klei und Sand abgeschätzt werden. Nach dem die Massen für die Detailabschnitte bestimmt wurden, konnten die Massen für den Gesamtabschnitt hochgerechnet werden. Anhand der Planung und aktuellen Baumaßnahmen wurden anschließend die Kosten der Detailabschnitte und für den gesamten Abschnitt überschlägig ermittelt. Die Berechnungen zeigen, dass der Deich am Wehr Rönne zu niedrig ist und eine Deichnacherhöhung vorgenommen werden muss. Im weiteren Verlauf hat der Deich nur noch eine geringe Erhöhung nötig. Ab dem Hafen in Tespe hat der Deich seine Ausbauhöhe erreicht. Dennoch müssen z.B. die Höhe und Breite des Deichverteidigungsweges, sowie die breitere Binnen- und Außenberme angepasst werden, denn diese Parameter sind ebenfalls wichtig für die Deichsicherheit. Des Weiteren ist zu nennen, dass ab Artlenburg (Deich-km 31,600) die Bemessungshochwasserstände plus 1 m Freibord maßgebend sind. In Artlenburg hat der Deich dennoch seine Ausbauhöhe erreicht und muss östlich des Elbe-Seitenkanals angepasst werden. Der Teil östlich des Elbe-Seitenkanals wurde in dieser Arbeit nicht betrachtet.

# Inhaltsverzeichnis

Abstract .....	3	4. Auswirkungen der Umwidmung der Deiche .....	29
Abbildungsverzeichnis.....	5	4.1 Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL).....	29
Tabellenverzeichnis.....	6	5. Technisches Maßnahmenkonzept zur erforderlichen Anpassung des Deiches .....	30
Abkürzungsverzeichnis.....	6	5.1 Bestandsdaten-Ausgangssituation .....	30
Glossar .....	7	5.1.1 Planungsabschnitt ADV 1.....	31
1. Einleitung.....	8	5.1.2 Planungsabschnitt ADV 2.....	31
1.1 Ausgangslage .....	8	5.1.3 Planungsabschnitt ADV 3.....	32
1.2 Aufgabenstellung.....	9	5.1.4 Planungsabschnitt ADV 4.....	33
1.3 Zielsetzung.....	11	5.1.5 Planungsabschnitt ADV 5 - Hoch- wasserschutzwand Artlenburg .....	33
2. Grundlagen der Planung .....	11	5.2 Problemlösung – Vorgehensweise .....	34
2.1 Das Planungsgebiet.....	11	5.3 Konstruktion des Deiches.....	34
2.2 Infrastruktur und Siedlungen.....	12	6. Umsetzung des Maßnahmenkonzeptes für den Bereich ADV 1 – Deich-km 39,900 bis 38,900.....	36
2.3 Artlenburger Deichverband .....	13	6.1 Berechnung des Wellenaufbaus.....	36
2.4 Die Elbe .....	14	6.2 Festlegung der Deichsollhöhe.....	38
2.5 Entstehung von Sturmfluten und Sturmflutereignissen .....	15	6.3 Festlegung des Ausbauprofils .....	39
2.6 Eisthematik .....	16	6.4 Ermittlung der Massen .....	40
2.7 Vorhandene Bauwerke .....	16	6.5 Ermittlung der Kosten .....	41
2.7.1 Wehranlage Rönne/Geesthacht.....	16	7. Umsetzung des Maßnahmenkonzeptes für den Bereich ADV 2 – Deich-km 37,4 bis 36,5.....	42
2.7.2 Sportboothafen Marschacht.....	16	7.1 Berechnung des Wellenaufbaus.....	42
2.7.3 Motorboothafen Tespe .....	17	7.2 Festlegung der Deichsollhöhe.....	43
2.7.4 Sportboothafen Artlenburg.....	17	7.3 Festlegung des Ausbauprofils .....	43
2.7.5 Hochwasserschutzwand Artlenburg.....	17	7.4 Ermittlung der Massen .....	44
2.8 Schutzgebiete .....	17	7.5 Ermittlung der Kosten .....	44
2.8.1 Naturschutzgebiet - NSG LÜ 00369 - Elbeniederung von Averdorf bis Rönne .....	18	8. Umsetzung des Maßnahmenkonzeptes für den Bereich ADV 3 – Deich-km 33,2 bis 32,3.....	45
2.8.2 Naturschutzgebiet - NSG LÜ 00357 - Elbeniederung von Hohnstorf bis Artlenburg .....	19	8.1 Berechnung des Wellenaufbaus.....	45
2.8.3 Natura 2000 - FFH-Gebiet 074 „Elbeniederung zwischen Schnackenburg und Geesthacht“, EU-Kennziffer DE 2528-331 .....	20	8.2 Festlegung der Deichsollhöhe.....	46
2.8.4 Überschwemmungsgebiet ÜSG 306 - Elbe (Schnackenburg – Geesthacht).....	21	8.3 Festlegung des Ausbauprofils .....	46
2.9 Schadenspotenziale.....	22	8.4 Ermittlung der Massen .....	47
3. Deichbemessung – gesetzliche Vorgaben und Richtlinien .....	23	8.5 Ermittlung der Kosten .....	47
3.1 Historie der Deichbemessung an der Elbe ....	23	9. Naturschutzfachliche Betrachtung.....	48
3.2 Aktuelle Anforderungen von Hochwasser- schutzanlagen in Niedersachsen .....	23	10. Massenermittlung - Gesamt.....	52
3.2.1 Hochwasserschutzplan untere Mittelbe .....	24	11. Kostenermittlung - Gesamt.....	52
3.2.2 Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen, Festland ....	24	12. Empfehlung.....	53
3.2.3 Deichbestandsanalyse untere Mittelbe, 2020 .....	25	13. Zusammenfassung.....	54
3.2.4 Niedersächsische Küstenschutzstrategie.....	26	Literaturverzeichnis .....	55
3.3 Vergleich der Hochwasser- und Küstenbereiche .....	27	Anlagen.....	58
3.4 Widmung der Deiche .....	28		
3.5 Ermittlung der Deichsollhöhen – Bestick .....	28		

# Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Markierung des Planungsgebiets in Niedersachsen, Quelle: www.niedersachsen.de, Ergänzung durch T. Wilhelms, 17.02.2023 .....	8
<b>Abbildung 2:</b> Wasserspiegellagen aus Sturmflut- (SFA2021OF, BAW 2021, blau) und Hochwasserszenario (BHQ 2DTG, BfG 2021, rot) zwischen Bleckede und Geesthacht sowie Deichhöhen (grün); Quelle: Darstellung NLWKN.....	9
<b>Abbildung 3:</b> Lageplan, aktuelle und neue Sturmflutbemessungsgrenze; Quelle: LGLN, Ausschnitt aus der digitalen topografischen Karte 1:50.000 .....	10
<b>Abbildung 4:</b> Planungsgebiet vom Wehr Rönne/Geesthacht bis zum ESK Artlenburg; Quelle: LGLN Ausschnitt aus den digitalen Orthofotos.....	11
<b>Abbildung 5:</b> Verbandsgebiet des ADV; Quelle: Hochwasserschutzplan Nds., Untere Mittelelde, verändert durch T.Wilhelms.....	13
<b>Abbildung 6:</b> Verbandsgebiet des ADV; Quelle: Hochwasserschutzplan Nds., Untere Mittelelbe, verändert durch T. Wilhelms .....	14
<b>Abbildung 7:</b> Hochwasser 11.06.2013; Quelle: Peter Niemann ABz Geesthacht, WSA Elbe.....	15
<b>Abbildung 8:</b> Eisschäden durch Treibeis am Deich im ADV (Januar Hochwasser 2003); Quelle: Hochwasserschutzplan Niedersachsen, Untere Mittelelbe 2006.....	16
<b>Abbildung 9:</b> NSG LÜ 00369 „Elbeniederung von Avendorf bis Rönne; Quelle: Umweltkarten-Niedersachsen, 01.02.2023.....	18
<b>Abbildung 10:</b> NSG LÜ 00357 Elbeniederung von Hohnstorf bis Artlenburg; Quelle: Umweltkarten-Niedersachsen, 01.02.2023.....	19
<b>Abbildung 11:</b> Auszug FFH-Gebiet 074 „Elbeniederung zwischen Schnackenburg und Geesthacht“; Quelle: Umweltkarten-Niedersachsen, 01.02.2023 .....	20
<b>Abbildung 12:</b> Auszug Überschwemmungsgebiet ÜSG 306 – Elbe; Quelle: Umweltkarten-Niedersachsen, 01.02.2023.....	21
<b>Abbildung 13:</b> Schadenspotenzial, Quelle: Masterplan Hochwasserschutz (S.59).....	22
<b>Abbildung 14:</b> Darstellung der Gesetze und Regelwerke im Deichbau in Niedersachsen, Quelle: T. Wilhelms, 17.02.2023.....	23
<b>Abbildung 15:</b> Aufbau Neudeich Typ B; Quelle: Hochwasserschutzplan, untere Mittelelbe (Seite 25) ....	24
<b>Abbildung 16:</b> Einzelwertverfahren; Quelle: Skript Küsteningenieurwesen, Herr Albers.....	25
<b>Abbildung 17:</b> aktuelle Hochwassergefahrenkarte bei einem HQextrem; Quelle: www.geoportal.bafg.de .....	29
<b>Abbildung 18:</b> Deichkrone und Deichunterhaltungsweg Rönne, Quelle: T. Wilhelms, 24.02.2023 .....	31
<b>Abbildung 19:</b> vorhandenes Deckwerk im Planungsgebiet ADV 2; Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023.....	31
<b>Abbildung 20:</b> Schüttsteindeckwerk im Planungsgebiet ADV 2; Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023.....	32
<b>Abbildung 21:</b> Deich stromauf (Deich-km 32,700) im ADV 3, Quelle: T. Wilhelms; 24.02.2023 .....	32
<b>Abbildung 22:</b> vorhandenes Deckwerk im Planungsgebiet ADV 4; Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023.....	33
<b>Abbildung 23:</b> HWSW Artlenburg, Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023 .....	33
<b>Abbildung 24:</b> Schüttsteindeckwerk, Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023 .....	34
<b>Abbildung 25:</b> Regelquerschnitt Hochwasserdeich, Quelle: NLWKN LG GB 2 .....	34
<b>Abbildung 26:</b> Regelquerschnitt Hauptdeich, Quelle: NLWKN LG GB 2 .....	35
<b>Abbildung 27:</b> Regelquerschnitt Kombinationsbauwerk, Quelle: NLWKN LG GB 2 .....	35
<b>Abbildung 28:</b> Definition der Wellenauflaufparameter, Quelle: T. Wilhelms, 14.03.2023 .....	36
<b>Abbildung 29:</b> Konstruktion des Wellenangriffswinkels Querprofil 2, Quelle: T. Wilhelms, 14.03.2023.....	37
<b>Abbildung 30:</b> Darstellung der Deichsollhöhen, Quelle: NLWKN Lüneburg plus Ergänzung von T. Wilhelms, 16.03.2023 .....	38
<b>Abbildung 31:</b> Bohrkern der Kleinrammbohrung in Tespe; Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023 .....	40
<b>Abbildung 32:</b> Konstruktion des Wellenangriffswinkels Querprofil 3, Quelle: T. Wilhelms, 14.03.2023.....	42
<b>Abbildung 33:</b> Konstruktion des Wellenangriffswinkels Querprofil 5, Quelle: T. Wilhelms, 14.03.2023.....	45

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b>	Einwohneranzahl vom 31.12.2022 .....	12
<b>Tabelle 2:</b>	Bauwerke im Verbandsgebiet.....	13
<b>Tabelle 3:</b>	Schutzgebiete .....	17
<b>Tabelle 4:</b>	Anforderungen an den Hauptdeich und den Hochwasserdeich .....	27
<b>Tabelle 5:</b>	Deichtypen und deren Hauptaufgabe .....	28
<b>Tabelle 6:</b>	Bestand .....	30
<b>Tabelle 7:</b>	berechnete Deichsollhöhen Detailabschnitt ADV 1 .....	39
<b>Tabelle 8:</b>	Mittelwerte Kleischichtdicken der gesamten Deichstrecke .....	40
<b>Tabelle 9:</b>	Kosten Detailabschnitt ADV 1 .....	41
<b>Tabelle 10:</b>	berechnete Deichsollhöhen Detailabschnitt ADV 2 .....	43
<b>Tabelle 11:</b>	Kosten Detailabschnitt ADV 2 .....	44
<b>Tabelle 12:</b>	berechnete Deichsollhöhen Detailabschnitt ADV 3 .....	46
<b>Tabelle 13:</b>	Kosten Detailabschnitt ADV 3 .....	47
<b>Tabelle 14:</b>	Betroffene Biotoptypen im potenziellen Deichkorridor (Inula 2014) .....	48
<b>Tabelle 15:</b>	Betroffene FFH-Lebensraumtypen im potenziellen Deichkorridor (Inula 2014)...	49
<b>Tabelle 16:</b>	Erhaltungszustände der betroffenen FFH-Lebensraumtypen (BfN 2019, NLWKN 2011a &b und NLWKN 2021).....	49
<b>Tabelle 17:</b>	Erhaltungszustände der vorkommenden FFH-Arten des Anhang II (BfN 2019, NLWKN 2011a &b und NLWKN 2021).....	51
<b>Tabelle 18:</b>	Kleimengen - Gesamt .....	52
<b>Tabelle 19:</b>	Kosten - Gesamt.....	52

## Abkürzungsverzeichnis

ADV	Artlenburger Deichverband
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BHQ	Bemessungsabfluss
BHW	Bemessungshochwasser
DBWK	Digitale Bundeswasserstraßenkarte
DUW	Deichunterhaltungsweg
DVW	Deichverteidigungsweg
ESK	Elbe-Seitenkanal
FFH	Flora-Fauna-Habitat
HHThw	höchstes eingetretene Tidehochwasser
HQ	Hochwasserabfluss
HSpThw	Springtidehochwasser
HWRM-RL	Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie
HWSW	Hochwasserschutzwand
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
MThw	mittleres Tidehochwasser
MU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
NDG	Niedersächsisches Deichgesetz
NHN	Normalhöhennull
NLWKN	Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
NSG	Naturschutzgebiet
SPM	Shore Protection Manual
Thw	Tidehochwasser
ÜSG	Überschwemmungsgebiet
WaStr	Bundeswasserstraßengesetz
WSA	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WSPL	Wasserspiegellagen
WSV	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung

# Glossar

Begriff	Definition/Erklärung
Bestick	Bestick ist die Festsetzung der erforderlichen Abmessungen eines Deiches.
Freibord	Der Freibord bezeichnet den Abstand zwischen der Krone einer Hochwasserschutzanlage und dem Bemessungswasserstand. Es ist ein Maß für die Gewährleistung der Bauwerkssicherheit.
Tidegrenze	Die Tidegrenze liegt bei Normaltiden beim Wehr Rönne/Geesthacht. Somit markiert sie den Ort, wo sich die Tidescheinungen bemerkbar machen und es zu wechselnden Wasserständen durch Flut und Ebbe kommt. Oberhalb dieser künstlichen Grenze schwankt die Tide unter bestimmten Umständen bis nach Bleckede.
Sturmflutbemessungsgrenze	Die Sturmflutbemessungsgrenze ist die neue Begrenzung des Küstengebietes. Bis zu dieser Grenze resultieren die Wasserspiegellagen zur Deichbemessung aus dem Bemessungssturmflutereignis. Diese Wasserspiegellagen sind höher als die Wasserspiegellagen aus dem Bemessungshochwasserfall. Die Grenze spiegelt also den Punkt wieder wo die Sturmfluten aus der Nordsee für die Berechnung der Küstendeiche noch maßgebend sind.
Wellenauflauf	„Infolge Wind - bzw. Sturmeinwirkung, besonders bei großen offenen Wasserflächen erzeugte Wasserstandsauflhöhung, die in wellenartigen Schüben einhergeht“. (Deichlexikon)

# 1. Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Die Sturmflutbemessungsgrenze an der Elbe wurde im April / Mai 2023 mit der gemeinsamen Erklärung der Länder NI, SH, MV und HH von der Wehranlage Rönne/Geesthacht rund 13 km stromauf in den Mündungsbereich des ESK in die Elbe verlegt. Somit markiert das Wehr nur noch die Begrenzung der regelmäßigen Tide, die allerdings in Abhängigkeit der Oberwasserabflüsse und der Tidenverläufe bis in den Raum Bleckede reichen kann. Stromabwärts des ESK gelten nunmehr die Regeln und Vorgaben für Überflutungen durch eindringendes Meerwasser in die Küstengebiete und stromaufwärts des ESK weiterhin die Regeln und Vorgaben für Überflutungen des Flusses.

Das Wehr liegt ca. 35 km östlich von Hamburg. Dieser Bereich der Elbe bildet in Strommitte die Landesgrenze zwischen den Bundesländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein (siehe Abbildung 1). Laut der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) ist das Wehr als Stauwehr in den Jahren 1957 bis 1960 gebaut worden, um die wasserwirtschaftlichen Bedingungen und die Fahrwasserhältnisse zu verbessern. Durch die beweglichen Verschlüsse (Sektoren) wird der Wasserstand im Oberwasser auf NN +4,0 m gehalten.

Bei Hochwasserereignissen der Elbe werden alle Stausektoren gelegt, um den maximalen Abfluss zu gewährleisten. Bei Sturmfluten von der Nordsee wird das Stauwehr von Hamburg aus dem Unterwasser Richtung Oberstrom überströmt (WSA Elbe1 2023).



Abbildung 1: Markierung des Planungsgebiets in Niedersachsen, Quelle: [www.niedersachsen.de](http://www.niedersachsen.de), Ergänzung durch T. Wilhelms, 17.02.2023

## 1.2 Aufgabenstellung

Durch den menschengemachten Klimawandel steigt die Lufttemperatur an und u.a. werden dadurch die Ozeane wärmer, die in der Folge schmelzenden Gletscher und Eisschilde in Grönland und in der Antarktis sorgen für einen globalen Meeresspiegelanstieg. Somit werden durch den Klimawandel größere Wassertiefen und Veränderungen bei den Sturmfluten erwartet. Ein weiterer Grund für den Anstieg des Meeresspiegels in den Meeren ist wärmer werdendes Wasser, denn bei einer Temperatur über und unter vier Grad Celsius dehnt sich Wasser aus. Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) haben die Wasserspiegellagen für den Hochwasserbereich und den Sturmflutbereich für die Elbe 2021 neu berechnet. Die Berechnungen haben ergeben, dass Sturmfluten auch oberhalb der Wehranlage Auswirkungen haben. Die Bemessungshochwasserstände liegen unter dem Bemessungsturmflutszenario, somit stellt die Sturmflut z.B. zur Bemessung der Hochwasserschutzanlagen den maßgebenden Lastfall dar. In einem Abstimmungsprozess haben die Bundesländer Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern 2022 vereinbart, die Sturmflutbemessungsgrenze von der Wehranlage Rön-

ne/Geesthacht 13,1 km stromauf an die Einmündung des Elbe-Seitenkanals (ESK) in die Elbe bei Elbe-km 573 zu legen (BAW-Gutachten 2021). Die Vereinbarung hat mit einer gemeinsamen Ländererklärung im April / Mai 2023 Gültigkeit erlangt.

Der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz hat die Berechnungen der Szenarien SFA2021OF (BAW 2021) und das (BHQ)-Szenario (BfG 2021) überprüft und verschneiden lassen. In der Abbildung 2 sind beide Szenarien in Bezug zu den zurzeit aktuellen Deichhöhen von Bleckede (Deich-km 3,7) bis Geesthacht (Deich-km 42,2)<sup>1</sup> dargestellt. Der Schnittpunkt der Wasserspiegellagen von beiden Szenarien liegt bei Elbe-km 571 bei Hohnstorf. Somit stellt das Sturmflutszenario vom Wehr Geesthacht bis Elbe-km 571 den maßgeblichen Lastfall dar. Ab Elbe-km 571 stromauf ist das Bemessungshochwasserereignis maßgeblich. Am Pegel Geesthacht liegt der Wasserstand des Sturmflutszenario bei 9,09 m ü. (NHN) und die Wasserspiegellagen (WSPL) des Bemessungshochwassers aus dem Eigenhochwasser bei 7,16 m ü. NHN. Es ist zu erkennen, dass bei Elbe-km 583,4 die WSPL des Sturmflutszenarios 1,93 m über den WSPL des Bemessungshochwassers liegt.

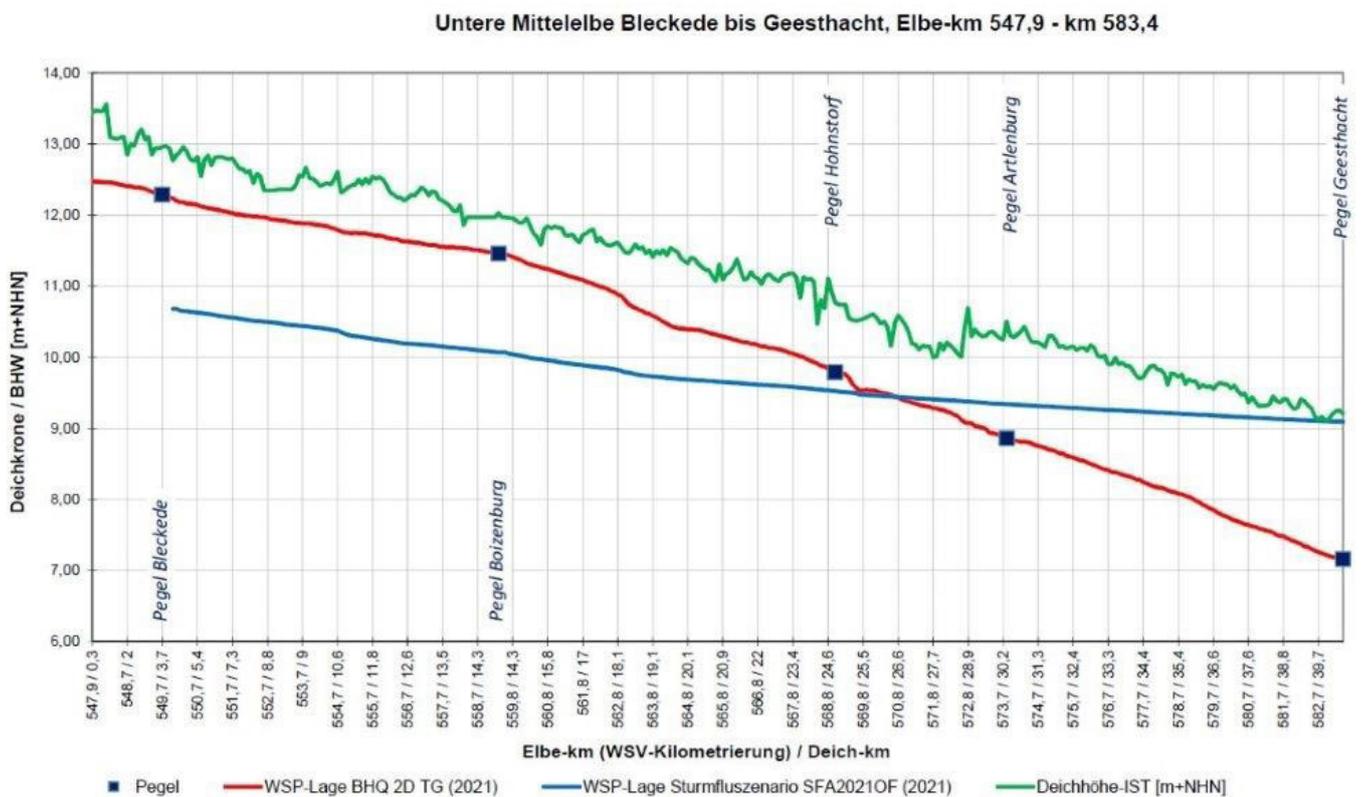


Abbildung 2: Wasserspiegellagen aus Sturmflut- (SFA2021OF, BAW 2021, blau) und Hochwasserszenario (BHQ 2DTG, BfG 2021, rot) zwischen Bleckede und Geesthacht sowie Deichhöhen (grün); Quelle: Darstellung NLWKN

<sup>1</sup> In der Arbeit wird sich auf die Deich Kilometrierung des NLWKN bezogen, sowie auf die Elbe-km der WSV.

Die Grafik zeigt weiterhin, dass sich das Freibord für Hochwasserereignisse ab Boizenburg in Richtung oberstrom (Blecke) vergrößert. Am Pegel Geesthacht ist ein Freibord beim derzeitigen Bemessungshochwasser von 2,09 m vorhanden. Bei dem Sturmflutereignis sieht das bei Deich-km 40,000 anders aus, denn hier hat der Deich eine Höhe von 9,13 m ü. NHN und das Sturmflutszenario eine prognostizierte Höhe von 9,09 m ü. NHN.

Zusätzlich wird bei der Bemessung von Hochwasserschutzanlagen ein Freibord (im Hochwasserbereich) bzw. der Wellenauflauf (im Sturmflutbereich) berücksichtigt, um die finale Deichsollhöhe zu definieren. Denn die Abbildung 2 stellt lediglich die berechneten Wasserstände dar. Laut dem Gutachten der BAW (2021) soll bei der Bemessung von Küstenschutzanlagen zukünftig ein durch den Klimawandel bezogenes Vorsorgemaß von 1,0 m verwendet werden. Im Sturmflutszenario SFA2021OF ist dieses bereits berücksichtigt.

Die Lage der bisherigen und der neuen Sturmflutbemessungsgrenze, sowie die Schnittstelle der berechneten Bemessungswasserspiegellagen für Sturmflut- und Hochwasserszenario bei Elbe-km 571 (Hohnstorf), sind in der Abbildung 3 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Sturmflutbemessungsgrenze ca. 2 km stromabwärts vom eigentlichen berechneten Schnittpunkt liegt. Diese Vorverlegung wird fachlich als unkritisch betrachtet, da der berechnete Wellenauflauf an den Sturmflutdeichen zwischen der Landesgrenze Hamburg und Geesthacht niedriger ist, als das im Hochwasserbereich angesetzte Freibord von 1 m. Die

Grenze am ESK ist somit an einem sicheren Punkt und stellt eine klar definierbare und räumlich sichtbare Struktur dar. Das Sperrtor des ESK liegt weiterhin im Hochwasserbereich.

Die Sturmflutereignisse spielen bei der Umwidmung<sup>2</sup> des Hochwasserdeiches eine wichtige Rolle, denn durch die Verlegung der Sturmflutbemessungsgrenze sind diese Deiche ebenfalls, wie die Deiche unterhalb der Stauanlage Geesthacht, zum Teil maßgebend von den Sturmfluten von der Nordsee betroffen. Die Aufgabe und Anforderungen des Deiches ändern sich. Zuvor mussten die Deiche, die als Hochwasserdeiche gewidmet waren, dem Schutz eines Gebietes vor Hochwasser dienen (Niedersächsisches Deichgesetz §2 Absatz 2). Die Aufgabe für den Hauptdeich besteht darin, das Gebiet vor Sturmfluten zu schützen (Niedersächsisches Deichgesetz §2 Absatz 1). Durch die Umwidmung können sich die baulichen Größen, wie Breite und Höhe der Wege, die Deichsollhöhe und die Breite der Bermen ändern. Das Ausbauprofil und die Deichhöhe müssen überprüft werden, ob sie die neuen Kriterien erfüllen. Da in diesem Bereich der Elbe, sowohl mit Sturmfluten, wie auch mit Hochwasserereignissen von oberstrom gerechnet werden muss, handelt es sich bei dem Deichabschnitt um ein Kombinationsbauwerk. Der Deich soll beide Gefahren abwehren, deshalb werden die Regelungen für den Küstenbereich und den Hochwasserbereich beachtet und kombiniert. Die Umwidmung des Hochwasserdeiches von der Wehranlage Rönne / Geesthacht bis in den Mündungsbereich des ESK (westlicher Anschluss des Deiches an das Gebäude des Sperrtores) erfolgte per Verordnung des NLWKN zum 31.07.2023 und ist im Nds. MBL Nr. 29/2023 erschienen.



Abbildung 3: Lageplan, aktuelle und neue Sturmflutbemessungsgrenze; Quelle: LGLN, Ausschnitt aus der digitalen topografischen Karte 1:50.000

<sup>2</sup> In Niedersachsen gibt es unterschiedliche gewidmete Deiche, die jeweils eine andere Hauptaufgabe haben (siehe Kapitel 3.4).

## 1.3 Zielsetzung

In dem Rahmenentwurf wird eine Bestandsaufnahme des Elbeabschnitts von Rönne bis Artlenburg durchgeführt. Weiterhin wird auf die Auswirkungen der Verschiebung der Sturmflutbemessungsgrenze und die dadurch umgewidmeten Deiche eingegangen. Ziel ist es, den technischen und formalen Anpassungsbedarf für den Deich im Artlenburger Deichverband zwischen Rönne und Artlenburg zu ermitteln. Die Planung für den neuen Hauptdeich wird anhand der vorherigen Erkenntnisse beschrieben und für die Strecken der Detailbetrachtung dargestellt. An drei baulich unterschiedlichen Deichabschnitten in Obermarschacht, Tespe und Aven-dorf wird diese Detailbetrachtung in Form einer Bestands-erfassung und einer Konzeption vorgenommen.

Des Weiteren gehört eine überschlägliche Ermittlung der Mengen der Hauptbodenarten (Klei und Sand) für die Detailabschnitte und hochgerechnet für den Gesamtabschnitt dazu. Zudem gibt es eine Einschätzung der zu erwartenden Kosten für die Detailabschnitte und den Gesamtabschnitt.

Dieser Deich soll als Kombinationsbauwerk dem Sturmflut-szenario und auch dem Eigenhochwasser der Elbe standhalten, sowie auch bei geringeren Überflutungen bzw. Sturm-flutereignissen die im Schutzgebiet lebenden Menschen, Flora und Fauna sowie Infrastruktur schützen.

## 2. Grundlagen der Planung

### 2.1 Das Planungsgebiet

Das Planungsgebiet liegt im Zuständigkeitsbereich des Artlenburger Deichverbandes (ADV) (Kapitel 2.3) und des Niedersächsischen Landesbetriebes für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz Lüneburgs (NLWKN). Der betrach-tete Abschnitt in dieser Ausarbeitung ist ca. 13,1 km lang und erstreckt sich auf der Niedersächsischen Elbeseite vom Straßendamm der B404 (Bundesstraße 404) bei der Wehr-anlage Rönne/Geesthacht (Deich-km 42,200) im Landkreis Harburg stromauf bis zur Einmündung des Elbe-Seitenkanales (Deich-km 29,100) in Artlenburg im Landkreis Lüneburg (siehe Abbildung 4). Im Anlage 1 ist eine Übersichtskarte des Planungsgebietes zu finden.

Die Gemeinden Marschacht, Tespe und Artlenburg liegen im Planungsgebiet. Marschacht gehört zur niedersächsischen Samtgemeinde Elbmarsch im Landkreis Harburg und liegt ca. 30 km südöstlich von Hamburg. Tespe gehört ebenfalls zur Samtgemeinde Elbmarsch. Zur Samtgemeinde Scharne-beck gehört der Flecken Artlenburg im Landkreis Lüneburg. Hier mündet der Elbe-Seitenkanal in die Elbe. Der Tabelle 1 sind die Einwohnerzahlen zu entnehmen (Samtgemeinde Elbmarsch 2023; Artlenburg 2023).



Abbildung 4: Planungsgebiet vom Wehr Rönne/Geesthacht bis zum ESK Artlenburg; Quelle: LGLN Ausschnitt aus den digitalen Orthofotos

Tabelle 1: Einwohneranzahl vom 31.12.2022

Gemeinde		Einwohnerzahl
Marschacht	OT Rönne	598
	OT Niedermarschacht	1.261
	OT Obermarschacht	1.396
	OT Eichholz	116
	OT Oldershausen	676
<b>Gesamt Marschacht</b>		<b>4.048</b>
Tespe	OT Tespe	3.634
	OT Bütlingen	837
	OT Avendorf	432
<b>Gesamt Tespe</b>		<b>4.903</b>
Artlenburg		1.782
<b>Gesamte Einwohnerzahl</b>		<b>10.769</b>

## 2.2 Infrastruktur und Siedlungen

Das Planungsgebiet beginnt im Ortsteil Rönne (Deich-km 42,200) und ist erreichbar über eine Stichstraße von der „Elbuferstraße“ gegenüber der Feuerwehr Rönne. Diese Straße führt zum Deichverteidigungsweg (DVW). Der Deich ist geprägt von einem großen Vorland und von einer dichten Besiedelung in Deichfußnähe. Bis Deich-km 38,100 befinden sich zahlreiche Gebäude unweit des landseitigen Deichfußes.

In Tespe befindet sich ein Schardeich, ein Deich mit wenig Vorland (Deich-km 38,030 - 36,500). Dieser Bereich ist ebenfalls von einer dichten Besiedelung am binnenseitigen Deichfuß geprägt. Vor dem Hafen Tespe ist das Deichvorland in Bezug auf den vorherigen Bereich größer. Ab Deich-km 36,000 verläuft der Deich um den dortigen Hafen herum. Während bei dem vorher genannten Abschnitt der Deichverteidigungsweg landseitig zwischen Deichkörper und der Bebauung verläuft, wird hier die Kreisstraße 217 für diesen

Zweck genutzt. Der Deich hinter dem Hafen ist von einem großen Vorland geprägt und auf einer Länge von ca. 500m (Deich-km 34,600 und 34,100) hört die starke Besiedelung auf. Im Ortsteil Avendorf ist die Bebauung wieder in Deichfußnähe und auch das Vorland wird schmaler, sodass hier ein Schardeich zu erkennen ist (Deich-km 33,600 – 32,150). Vor dem Hafen in Artlenburg vergrößert sich das Deichvorland und der Deichverteidigungsweg verläuft auf der Lorenz-Müller-Straße. Ab Deich-km 30,800 ändert sich der Verlauf des Deiches (Krümmung), hier liegt der Artlenburger Hafen und der Campingplatz. Ein Schardeich ist von Deich-km 30,450 bis 30,050 zu erkennen. Entlang der Deichlinie befindet sich aus Platzgründen eine ca. 130 m lange Hochwasserschutzwand (HWSW) (Deich-km 30,100). Ab der HWSW vergrößert sich das Vorland wieder, bis es zur Einmündung zum ESK weniger wird. Das Planungsgebiet endet bei Deich-km 29,100 im Artlenburg beim ESK. Im Osten des Planungsgebietes zweigt von der B209 die „Große Straße“ ab. Am Ende der Großen Straße ist der Deich über die Straße „Am Deich“ und die „Deichstraße“ zu erreichen.

## 2.3 Artlenburger Deichverband

Der Artlenburger Deichverband wurde 1889 gegründet. Die rechtliche Grundlage ist derzeit das Niedersächsische Deichgesetz von 1962. Zudem muss der Deichverband die verschiedenen Aufgaben nach dem Gesetz über Wasser- und Bodenverbände und gemäß seiner eigenen Satzung erfüllen. Im Wasserverbandsgesetz von 1991 stehen im §2 die zulässigen Aufgaben (Wasserhaushaltsgesetz WHG 2009). Der Deichverband hat die Aufgabe die Deiche im Verbandsgebiet (siehe Abbildung 5) zu erhalten, dazu gehören im ADV 83 km Deichstrecke. Davon sind bis zur Umwidmung des Deiches oberhalb der Wehranlage 47 km Hochwasserdeiche, unterhalb der Wehranlage 14 km Hauptdeiche und 22,1 km Schutzdeiche. Das geschützte Gebiet umfasst ca.

32.000 ha mit ca. 40.000 Menschen. (Artlenburger Deichverband 2023).

Es gibt in dem hier beachteten Planungsgebiet des ADV neben dem Deich in Erdbauweise noch weitere Bauwerke. Die Bauwerke sind der Tabelle 2 zu entnehmen. In dem Kapitel 2.7 wird auf die Bauwerke genauer eingegangen.

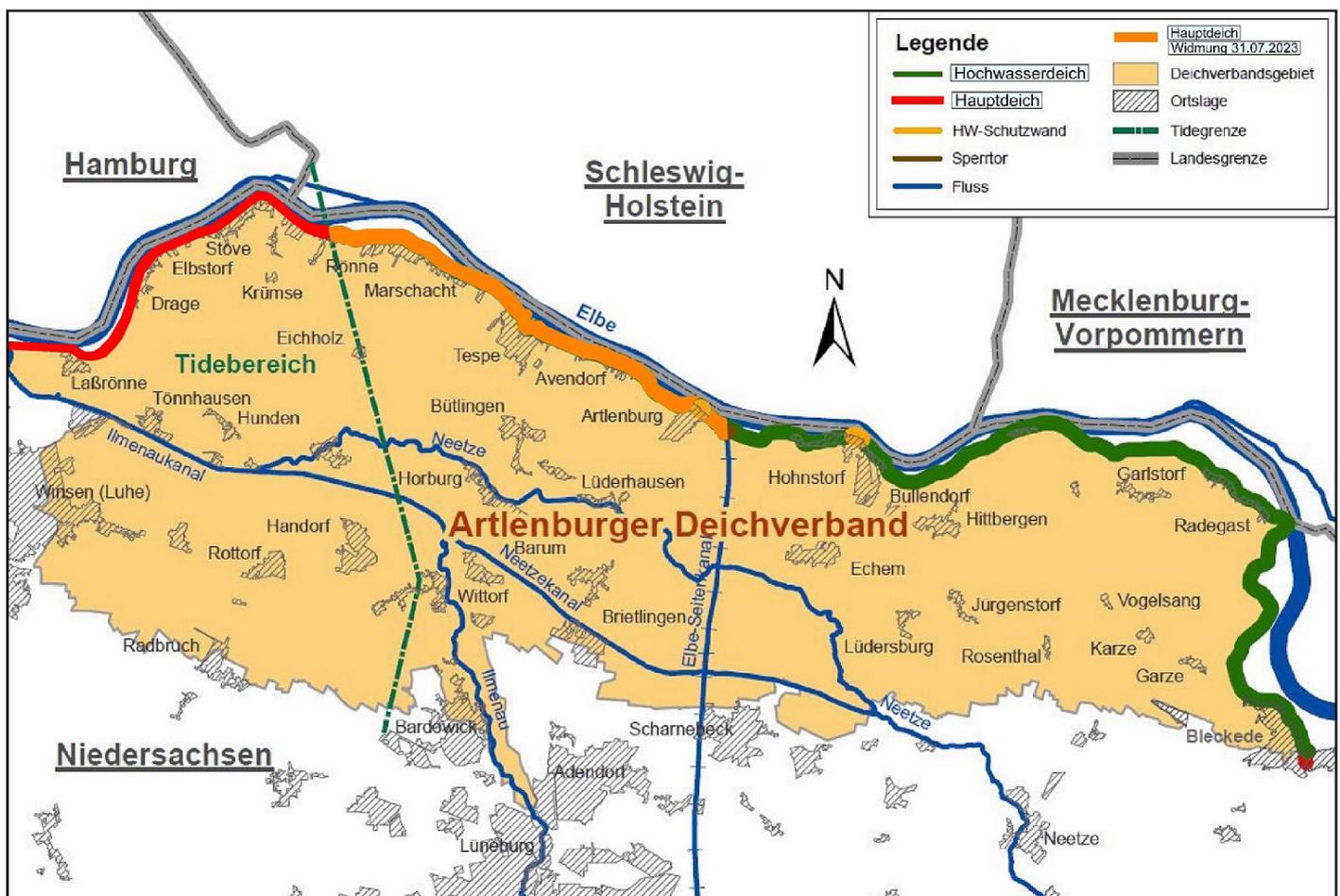


Abbildung 5: Verbandsgebiet des ADV; Quelle: Hochwasserschutzplan Nds., Untere Mittelelbe, verändert durch T.Wilhelms

Tabelle 2: Bauwerke im Verbandsgebiet

Bauwerk	Deich-km	Elbe-km
Wehr Rönne/Geesthacht	42+160	585,9
Sportboothafen Marschacht	40+100	582,9
Motorboothafen Tespe	36+100 bis 35+400	579,35 (Einfahrt)
Sportboothafen Artlenburg	31+000 bis 30+400	574,5 (Einfahrt)
HWSW Artlenburg	30,180+000 bis 30+050	573,6

## 2.4 Die Elbe

Die Elbe ist mit einer Länge von 1.094 km einer der größten Flüsse Deutschlands. In Tschechien, im Riesengebirge entspringt die Elbe und fließt durch die deutschen Städte Dresden, Magdeburg, Lauenburg und Hamburg und mündet in Cuxhaven in die Nordsee. Die Elbe hat ein Einzugsgebiet von 148.268 km<sup>2</sup> in den Ländern Deutschland, Tschechien und einen kleinen Anteil in Österreich und Polen (siehe Abbildung 6).



Abbildung 5: Verbandsgebiet des ADV; Quelle: Hochwasserschutzplan Nds., Untere Mittel-Elbe, verändert durch T.Wilhelms

Das WSA Elbe verwaltet die Elbe von der deutsch-tschechischen Grenze bei Elbe-km 0 bis Elbe-km 607,5. Diese Elbestrecke ist für die Anbindung des Hamburger Hafens an die Binnenwasserstraßen sehr wichtig. Im Bereich der Stadt Hamburg ist die Verwaltung der Elbe an die Stadt Hamburg delegiert. Wahrgenommen wird diese Aufgabe von der

Hamburg Port Authority. In dem Bereich des (WSA) zwischen Tschechien und Hamburg gibt es ca. 6.900 Buhnen und 330 Deck- und Leitwerke, sowie eine Staustufe bei Rönne / Geesthacht. Durch diese Stromregulungsbauwerke wird die Elbe in ihrem Flussbett gehalten und unkontrolliertes Ausuferndes des Flusses wird vermieden.

Für die Elbe ist eine Kilometrierung festgelegt worden, um die Bewirtschaftung zu erleichtern. Die festgelegte Kilometrierung der Elbe hat vielfältigen Nutzen:

- Bestandteil der Navigation der Schifffahrt
- Planungsgrundlage für alle Arbeiten am Strom
- Verwaltungsgrundlage der WSV, BfG, BAW
- Bestandteil eines planvollen Einsatzes z.B. im Havarie- und Katastrophenfall

1885 wurde der Nullpunkt der Elbe für Deutschland bei Schöna an der Deutsch-Tschechischen Grenze gesetzt. Die Kilometrierung verläuft stromabwärts bis zum Kilometer 727,7 bei Cuxhaven. Für Tschechien wurde eine extra Kilometrierung festgelegt, diese hat den Nullpunkt bei Melnik. 2010 wurde in Tschechien die Kilometrierung angepasst.

Um das große Gebiet der Elbe besser voneinander abzugrenzen, wurde die Elbe in folgende drei Abschnitte eingeteilt:

Obere Elbe: von der Quelle bis zum Übergang zum Norddeutschen Tiefland beim Schloss Hirschstein - Elbelänge von 463 km

Mittlere Elbe: vom Schloss Hirschstein bis zum Wehr Geesthacht – Elbelänge 489 km

Untere Elbe (Tideelbe): vom Wehr Geesthacht bis zur Einmündung in die Nordsee – Elbelänge 142 km (FFG 2021, Seite 37 & 38 und WSA Elbe2 2023).

Ob hier nunmehr eine Neugliederung erfolgt, bleibt abzuwarten.

## 2.5 Entstehung von Sturmfluten und Sturmflutereignissen

Sturmfluten werden laut DIN 4049-3 (1994-10) wie folgt definiert: „Durch starken Wind verursachtes Ansteigen des Wassers an der Meeresküste und in den Flussmündungen im Küstengebiet, wenn die Wasserstände einen bestimmten Wert überschreiten.“

Die Entstehungen von Sturmfluten sind darauf zurückzuführen, dass Sturmtiefs vom Atlantik über die Nordsee ziehen. Durch einen starken Orkan und sturmartige Winde werden Wassermassen an die Küste gedrückt. Damit diese Auswirkungen auch die ostfriesischen Küsten und das Elbegebiet betreffen, muss der Wind dieses Tiefs aus Nordwesten kommen. Es entsteht ein Trichtereffekt in der Elbeimündung. Der Winddruck behindert das Abfließen des Wassers bei Ebbe zur Nordsee, somit läuft die Flut hoch auf und die Pegel steigen stark an. Eine Sturmflut ist dann eingetreten, wenn das Hochwasser mindestens 1,50 Meter über einem mittleren Hochwasser liegt. Die Sturmfluten werden wie folgt klassifiziert:

- Leichte Sturmflut bis 2,50 m über dem mittleren Hochwasser
- Schwere Sturmflut bis 3,50 m über dem mittleren Hochwasser
- Sehr schwere Sturmflut höher als 3,50 m über dem mittleren Hochwasser

Bei Sturmfluten kommt es durch starke Winde zu einem heftigen und langanhaltenden Wellenschlag auf die Außenböschung der Deiche. Das in Folge lange am Deich stehende Wasser kann nach und nach für ein Durchweichen der Deiche sorgen. Der Druck des Wassers und der Wellenbewegung können am Deich zu erosionsbedingten Schäden führen. Die Schäden an den Deichen können durch Abflachung der Böschung oder durch Befestigung mit Deckwerksteinen verhindert bzw. minimiert werden (Otto Puffahrt (1989), Seite 145-147 & Dipl.-Ing. Klaas-Heinrich Peters, NLWKN Brake (1999), Seite 1).

### Sturmfluten und Hochwasserereignisse im Planungsgebiet

Die Orkanflut im Februar 1962 gilt als eins der größten Katastrophen Deutschlands. In Niedersachsen brach der Deich an der Elbe an 60 Stellen, über 300 Kilometer Deichstrecke wurden beschädigt, 20.000 Menschen wurden obdachlos. Eine Fläche von 370 Quadratkilometer wurde überflutet. Größere Schäden gab es im ADV zum Glück nicht. 14 Jahre später kam es, am 3. Januar 1976, wieder zu einer Sturmflut. Am Pegel Zollenspieker wurde eine 83 cm höhere Flut als 1962 gemessen. Der Orkan wehte anfangs mit Winden aus Westen. Wäre diese aus Nordwest gekommen, hätte die Sturmflut noch höher auflaufen können. Die Sturmflut brachte in Laßrönne einen Wasserstand infolge Windstau der bis zu Deichkrone hin auflief. Teilweise schwappten Wellen über den Deich. In Drennhausen und Elbstorf entstanden große Schäden an den Deichen. Das Ilmenau-Sperrwerk wurde vorher fertiggestellt und konnte so u.a. die Stadt Winsen vor der Sturmflut schützen.

Infolge starken Niederschlags kam es 2002 zur einer Jahrhundertflut. Der Katastrophenalarm musste ausgelöst werden. Aufgrund der soliden Bauweise und dem hohen Aufwand zur Deichverteidigung hielten die Deiche im ADV den Wassermassen stand.

Im April 2006 kam es erneut zu einem gefährlichen Hochwasser mit Rekordwasserständen. Es kam zu höheren Wasserständen als 2002 bei der Elbe-Jahrhundertflut. Land und Leute waren bedroht. Zu einem weiteren Hochwasser kam es Anfang des Jahres 2011. Auch dieses Hochwasser brachte neue Rekordpegel mit sich. Zwei Jahre später (2013) gab es ein Sommerhochwasser. In der Abbildung 7 ist das Wehr Geesthacht bei dem Hochwasser im Juni 2013 zu sehen. Die Sektorenverschlüsse des Wehres wurden abgesenkt, um den Wasserstand im Oberwasser nicht zu stark ansteigen zu lassen und um Schäden an der Wehranlage zu vermeiden.



Abbildung 7: Hochwasser 11.06.2013; Quelle: Peter Niemann ABz Geesthacht, WSA Elbe

Das extreme Hochwasser hat die Menschen zwei Wochen lang bedroht und ihnen Sorgen bereitet. All diese Hochwasser entstanden durch Anschwellen des Stroms in Folge von Starkregenereignissen oder Schneeschmelze im Oberlauf. Am Pegel Artlenburg (Deich-km 30,350) wurde ein Wasserstand von 8,60 m gemessen. Im Jahr 2013 kam im Dezember von der Nordsee die sogenannte „Nikolaus-Sturmflut“. Durch das Sturmtief Xaver gab es einen starken Anstieg der Wasserstände in der Elbe bis hin zur Stadt Bleckede. Am Pegel Hohnstorf +1,50 m und Bleckede noch +25 cm (Artlenburger Deichverband 1 2023).

## 2.6 Eisthematik

Turbulenzen im Abfluss führen zu einer dauerhaften Durchmischung aller Schichten im Wasser. In allen Schichten des Flusses bildet sich eine einheitliche Wassertemperatur. Erst bei einer Temperatur von unter 0°C entsteht Schwebeis. Im Wesentlichen wird Eis in drei Arten eingeteilt:

- Schweb- und Grundeis → bei einer Wassertemperatur von 0° entstehen Kristallisationskerne an der Sohle oder – frei im Wasser und diese werden zu Eiskörpern
- Randeis → entsteht bei Temperaturen unter null Grad in Ufernähe und an strömungsberuhigten Bereichen
- Treibeis → durch Schweb- und Grundeis entstehen Eisschollen, die auf dem Fluss treiben

(Carstensen 2008, Seite 43).

Die treibenden Eisschollen verkanten sich und bauen sich zu Barrieren im Fluss auf. An Engstellen kann es zu Problemen kommen, denn das Abflussprofil wird weiter eingengt und die Eisschollen setzen sich fest. Dadurch kann das Hochwasser nicht mehr ungehindert abfließen. Die Folgen sind Auf- und Rückstauerscheinungen, die weit in das Hinterland reichen. Hochwasserdeiche können von den Eismassen aufgeschlitzt und überflutet werden. Die treibenden Eisschollen üben einen großen Druck auf den Deich aus (siehe Abbildung 8), so wird u.a. die Grasnarbe und die Kleischicht abgeschält und ggf. zerstört (Otto Puffahrt 1989, Seite 154-155; NLWKN 2005, Seite 12).



Abbildung 8: Eisschäden durch Treibeis am Deich im ADV (Januar Hochwasser 2003); Quelle: Hochwasserschutzplan Niedersachsen, Untere Mittelelbe 2006

Die Eisereignisse auf der Elbe haben sich infolge der Klimaerwärmung insgesamt reduziert. In der Zukunft wird sich dieser Trend durch die Erwärmung der Erde fortsetzen, dennoch sind Temperaturen von ca. 10 Grad unter null möglich, sodass es weiterhin zu Eisbildung auf der Elbe kommen kann (Sachstandbericht des IPCC 2013/2014). Aus diesem Grund werden Belastungen, die durch Eisschollen am Deich entstehen, bei der Bemessung von Deichen und Deckwerken weiterhin berücksichtigt.

## 2.7 Vorhandene Bauwerke

In den folgenden Punkten werden die Bauwerke im Planungsgebiet beschrieben. Am Anfang des Abschnittes befindet sich die Wehranlage Rönne/Geesthacht und im Verlauf sind in den Gemeinden Marschacht, Tespe und Artlenburg Häfen zu finden.

### 2.7.1 Wehranlage Rönne/Geesthacht

Die Staustufe befindet sich in Rönne/Geesthacht in den Bundesländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein. Sie ist die einzige Staustufe der Elbe in Deutschland. Die Staustufe besteht aus zwei Schleusenammern und einem Stauwehr. Die zwei Fischaufstiegsanlagen neben dem Stauwehr sorgen für die ökologische Durchgängigkeit. Der Fischaufstieg am Nordufer gehört seit Anfang 2022 der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). Zuvor gehörte er dem Energieversorger Vattenfall. Vattenfall ließ den Fischaufstieg 2012 als Ausgleichsmaßnahme für den Bau des Kohlekraftwerks Moorburg (an der Unterelbe westlich von Hamburg) errichten. Am Südufer des Wehres befindet sich seit 1998 eine Fischaufstiegsanlage.

Die Schleuse Geesthacht wurde in den Jahren 1957 bis 1960 zuerst nur mit einer Schleusenammern errichtet. Der Bau der zweiten Schleusenammern begann 1978. Grund für den Bau der Staustufe war eine Verschlechterung der wasserwirtschaftlichen Bedingungen und der Fahrwasserhältnisse. Es konnten somit die Nachteile für die Landeskultur durch Absinken des Grundwassers beseitigt werden und der Wasserspiegel wurde angehoben, was eine Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse ergab.

Das Wehr ist als Sektorenwehr mit vier Stromöffnungen von je einer lichten Weite von 50 m gebaut worden. Mit den, in diesen Öffnungen befindlichen, Metallsektoren kann der Durchfluss und somit auch der Wasserstand im Oberwasser des Wehres reguliert werden. Der Oberwasserspiegel soll auf einer Höhe von 4,00 m über NN gehalten werden. Bei Wasserabflüssen über 1200 m<sup>3</sup>/s wird durch das Absenken aller Sektoren die Durchflussöffnung größtmöglich freigegeben. Die Staustufe Geesthacht ist bei normalen Tiden die Grenze für den Bereich von Ebbe und Flut. Bei besonderen Randbedingungen ist jedoch der Tideeinfluss bis in die Region Bleckede messbar. Durch das Stauwehr wird eine Gefällestufe erzeugt. Die Schleuse ermöglicht der Schifffahrt die Überwindung der Gefällestufe. So wird z.B. die Anbindung der Schifffahrt an den Elbe-Seitenkanal (Binnenwasserstraßen) und den Hamburger Hafen ermöglicht (WNA Hannover 2023; WSV Elbe1 2023).

### 2.7.2 Sportboothafen Marschacht

Am südlichen Ufer der Elbe bei Elbe-km 583,3, ca. 2,5 km vom Wehr Geesthacht Richtung unterstrom entfernt, liegt der Sportboothafen Marschacht des Segelclubs Elbmarsch (SCE). Der Hafen verfügt über eine Fläche von ca. 2.200 m<sup>2</sup> und ist für 25 Boote ausgelegt. (Segelclub Elbmarsch 2023)

### 2.7.3 Motorboothafen Tespe

Die Hafeneinfahrt befindet sich bei Elbe-km 579,3 (Deich-km 36,150 – 35,350) und hat eine Tiefe von ca. 1,6 m. Der Motorboothafen hat 60 Liegeplätze, dazu gehören auch die Gastplätze (Wassersportverein Tespe 2023).

### 2.7.4 Sportboothafen Artlenburg

Der Sportboothafen Artlenburg befindet sich ca. 800 m elb-abwärts von der Einfahrt des Elbe-Seitenkanals, bei Elbe-km 574 und Deich-km 31,000 bis 30,600. Diese kommunale Einrichtung ermöglicht es, Segel- und Motorbootbesitzern kurzfristig, saisonal oder ganzjährig anzulegen. Der Sportboothafen besitzt rund 150 Liegeplätze, davon sind 10 Gastplätze. In naher Umgebung des Hafens befinden sich ein Campingplatz und ein Wohnmobilstellplatz (Sportboothafen Artlenburg 2023).

### 2.7.5 Hochwasserschutzwand Artlenburg

Die Hochwasserschutzwand (HWSW) liegt bei Deich-km 30+100 und Elbe-km 573,6 in dem Ort Artlenburg. Sie hat eine Länge von 130 m und ist 10,25 m über NHN. Sie hat eine Höhe von ca. 3,9 m über wasserseitigem Gelände. In diesem Bereich ist der Platz für Deichbau beschränkt. Die HWSW ist für diese Fälle eine geeignete Lösung.

## 2.8 Schutzgebiete

Im Untersuchungsgebiet gibt es Schutzgebiete verschiedener Klassifizierungen, diese werden in diesem Kapitel aufgeführt. Es werden Naturschutzgebiete (NSG) und die Natura 2000-Gebiete, zu denen die Flora-Fauna-Habitat (FFH) Gebiete und die EU-Vogelschutzgebiete gehören, betrachtet. Durch diese Gebiete ist mit einem sehr hohen planerischen, zeitlichen und finanziellen Aufwand zu rechnen, bevor Maßnahmen umgesetzt werden können. In der Tabelle 3 sind die Schutzgebiete nach Kategorien aufgelistet.

Das Ziel der Natura 2000 Gebiete ist es die biologische Vielfalt zu erhalten. Dabei dient die FFH-Richtlinie für den Schutz von natürlichen Lebensräumen und den Schutz von wildlebenden Tieren und Pflanzen. In der FFH-Richtlinie (Fauna = Tierwelt, Flora = Pflanzenwelt, Habitat = Lebensraum) werden die Lebensraumtypen und die Arten von Tieren und Pflanzen aufgeführt. Zu den Lebensraumtypen gehören zum Beispiel Flechten-Kiefernwälder, Trockene Heiden, Salzwiesen im Binnenland und bewaldete Küstendünen. In Niedersachsen gehören zu den geschützten Arten verschiedene Säugetiere, wie Luchs und Fischotter, aber auch diverse Amphibien und Fischarten (Aal, Barsch und Zander). Die geschützten Pflanzen sind z.B. Frauenschuh, Farne und Moose. Der Schutz von Brut- und Zugvögeln soll mit der Vogelschutz-Richtlinie umgesetzt werden. In den aufgeführten Vogelschutzgebieten finden Vögel wie z.B. die Wachtelkönigin, die Flusseeschwalbe, der Mittelspecht und viele mehr einen geschützten Lebensraum (NLWKN 2021 und NLWKN 2023).

Tabelle 3: Schutzgebiete

Kategorie	Kennzeichen/ EU-Kennziffer	Name
Naturschutzgebiet	NSG LÜ 00369	Elbeniederung von Avendorf bis Rönne
Naturschutzgebiet	NSG LÜ 00357	Elbeniederung von Hohnstorf bis Artlenburg
FFH-Gebiet	DE 2528-331	Elbeniederung zwischen Schnackenburg und Geesthacht
Überschwemmungsgebiet	ÜSG 306	Elbe (Schnackenburg – Geesthacht)

## 2.8.1 Naturschutzgebiet - NSG LÜ 00369 - Elbeniederung von Avendorf bis Rönne

Das NSG LÜ 00369 „Elbeniederung von Avendorf bis Rönne“ erstreckt sich, wie in Abbildung 9 (orangener Bereich) dargestellt, außendeichs mit unterschiedlichem Abstand zum Elbedeich.

Benannt wurde die Elbniederung vor allem durch ihre in Niedersachsen einzigartige hohe Zahl an FFH-Lebensformen (FFH-LRT). FFH-LRT sind „Schlammflüsse, Nadel- und

Laubauenwälder“, „Magerniederungsrasen“, „Brenndoldeauen“, „Natürlich eutrophe Seen“ und „Feuchte Hochlandfluren“. Sie bilden einen außergewöhnlich großen und vielfältigen Biotopkomplex. Eine große Bedeutung hat die Elbeniederung für Fische und Rundmäuler, außerdem liefert es Lebensräume für die geschützten Fischotter und Biber. Der Landkreis Harburg ist als untere Naturschutzbehörde für dieses Naturschutzgebiet zuständig (NLWKN2 2023).

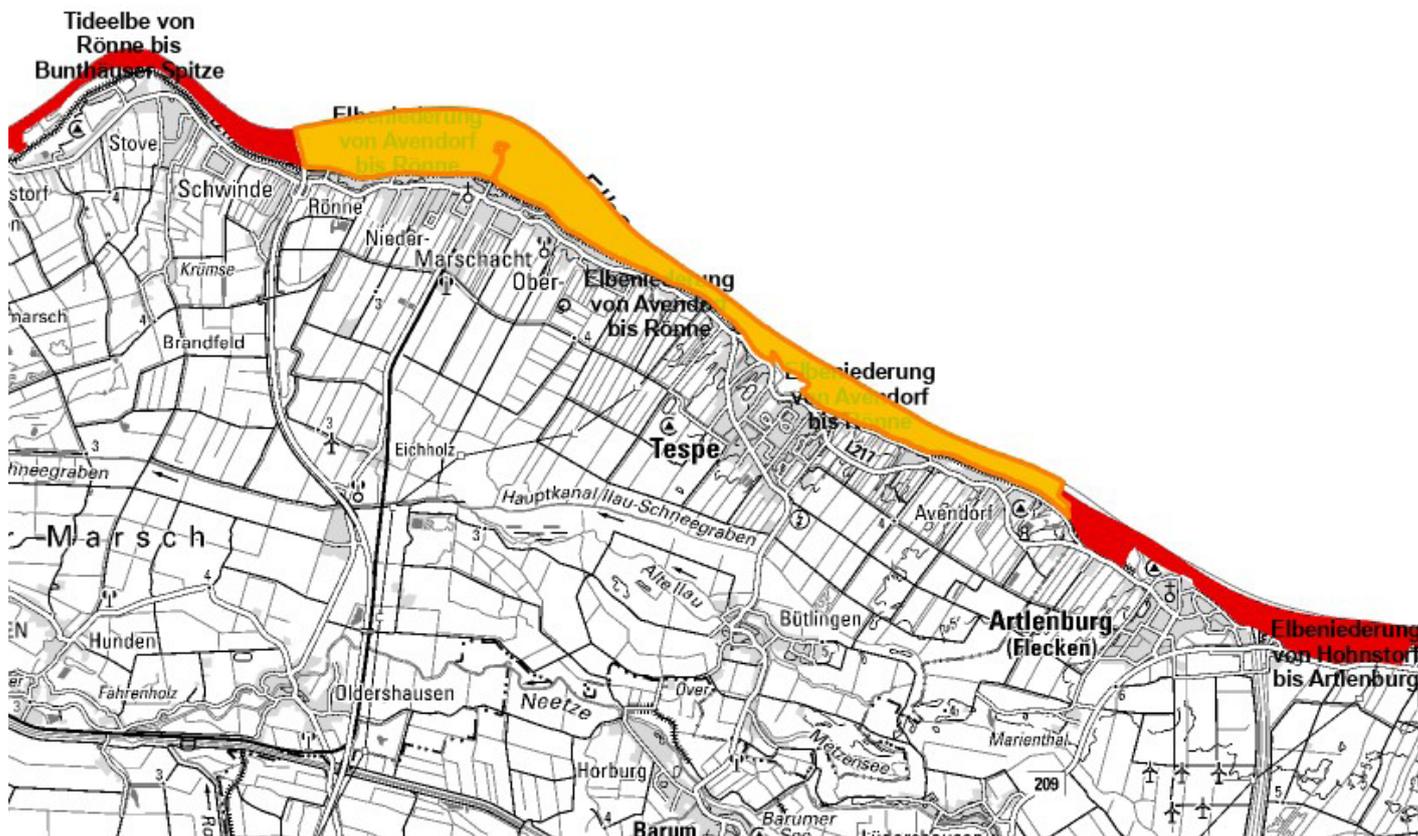


Abbildung 9: NSG LÜ 00369 „Elbeniederung von Avendorf bis Rönne“; Quelle: Umweltkarten-Niedersachsen, 01.02.2023

## 2.8.2 Naturschutzgebiet - NSG LÜ 00357 - Elbeniederung von Hohnstorf bis Artlenburg

In Abbildung 10 ist das NSG LÜ 00357 „Elbeniederung von Hohnstorf bis Artlenburg“ (orange) dargestellt. Für dieses Schutzgebiet ist der Landkreis Lüneburg als untere Natur-schutzbehörde zuständig. Das Gebiet umfasst einen Teil der

Elbe, sowie die Grünlandbereiche. Diese Bereiche sind geprägt durch Überschwemmungen, hohen Grundwasserständen und Qualmwasser. In dem Naturschutzgebiet werden u.a. die Weich- und Hartholzauenwälder, die Fischarten, Biber, Fischotter, sowie die strukturierte Niederungslandschaft geschützt (Landkreis Lüneburg 2023).

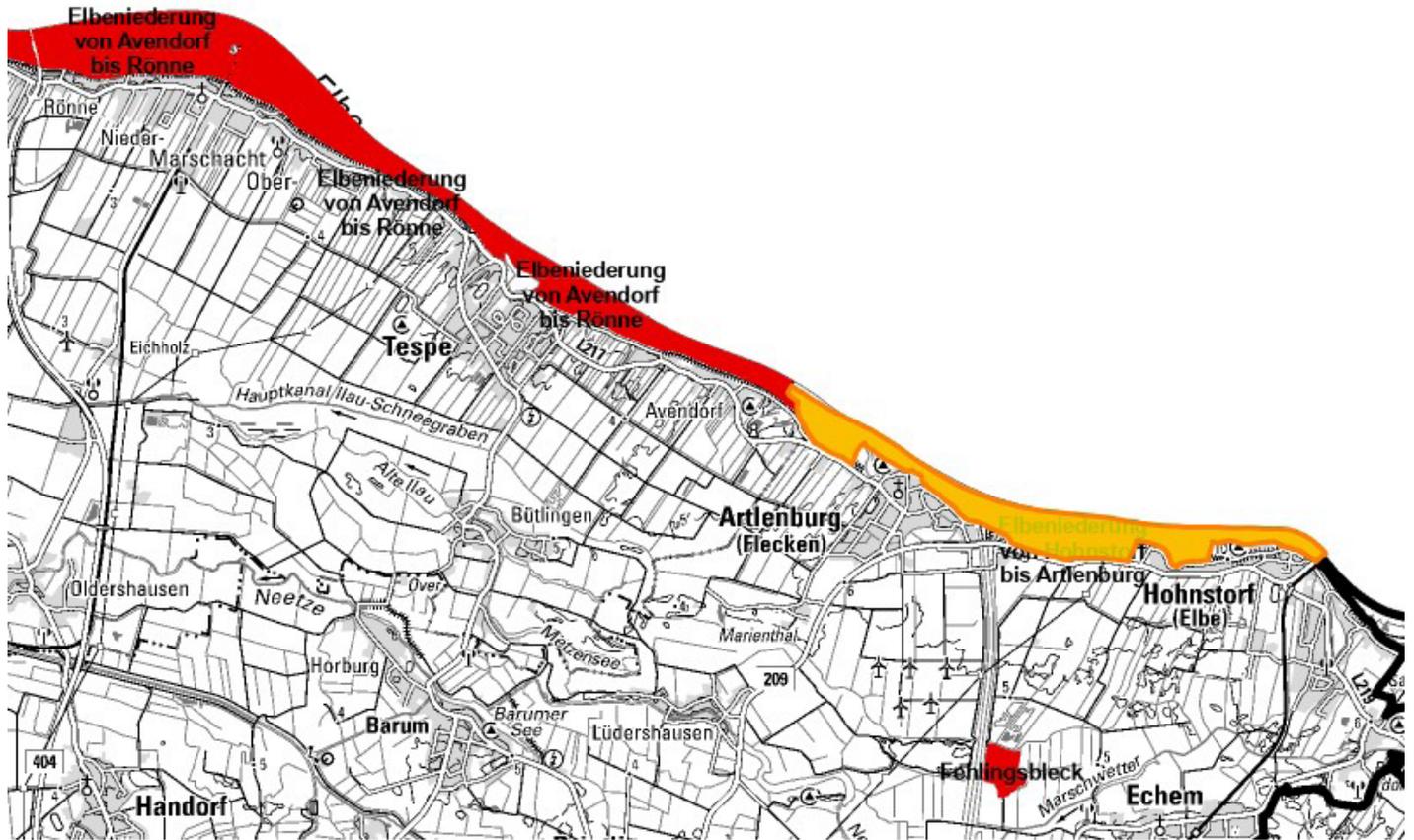


Abbildung 10: NSG LÜ 00357 Elbeniederung von Hohnstorf bis Artlenburg; Quelle: Umweltkarten-Niedersachsen, 01.02.2023

### 2.8.3 Natura 2000 - FFH-Gebiet 074 „Elbeniederung zwischen Schnackenburg und Geesthacht“, EU-Kennziffer DE 2528-331

Diese Niederung hat ein Gebiet von 22.636 ha. Die zuständige Naturschutzbehörde ist die Biosphärenreservatsverwaltung Niedersächsische Elbtalau sowie die Landkreise Harburg, Lüneburg und Lüchow-Dannenberg. (NLWKN3 2023).

Das FFH-Gebiet 074 „Elbeniederung zwischen Schnackenburg und Geesthacht“ verläuft nahezu deckungsgleich zu dem NSG LÜ 369 und NSG LÜ 357 (siehe Abbildung 11).

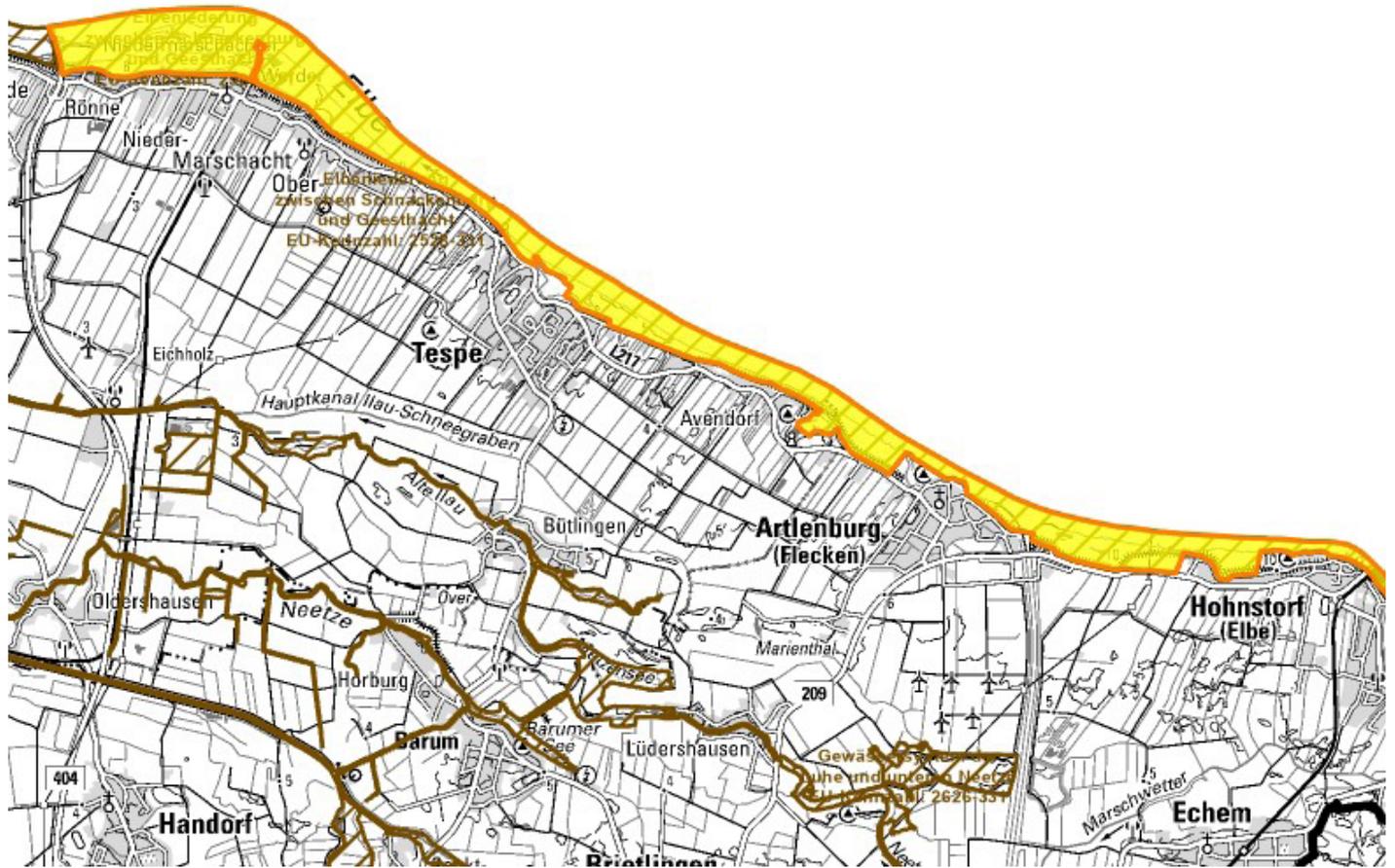


Abbildung 11: Auszug FFH-Gebiet 074 „Elbeniederung zwischen Schnackenburg und Geesthacht“; Quelle: Umweltkarten-Niedersachsen, 01.02.2023

## 2.8.4 Überschwemmungsgebiet ÜSG 306 - Elbe (Schnackenburg – Geesthacht)

Nach dem Wasserhaushaltsgesetz § 76 Abs.1 Überschwemmungsgebiete an oberirdischen Gewässern wird das Überschwemmungsgebiet wie folgt definiert: „Überschwemmungsgebiete sind Gebiete zwischen oberirdischen Gewässern und Deichen oder Hochufern und sonstige Gebiete, die bei Hochwasser eines oberirdischen Gewässers überschwemmt oder durchflossen oder die für Hochwasser-

entlastung oder Rückhaltung beansprucht werden. Dies gilt nicht für Gebiete, die überwiegend von den Gezeiten beeinflusst sind, soweit durch Landesrecht nichts anderes bestimmt ist.“

Durch das Festlegen von Überschwemmungsgebieten (Abbildung 12) wird dem Fluss der notwendige Platz in ihrer natürlichen Flussaue gesichert. So kann der Fluss sich im Hochwasserfall ausbreiten und die Menschen und Siedlungen sind geschützt (NLWKN4 2023).

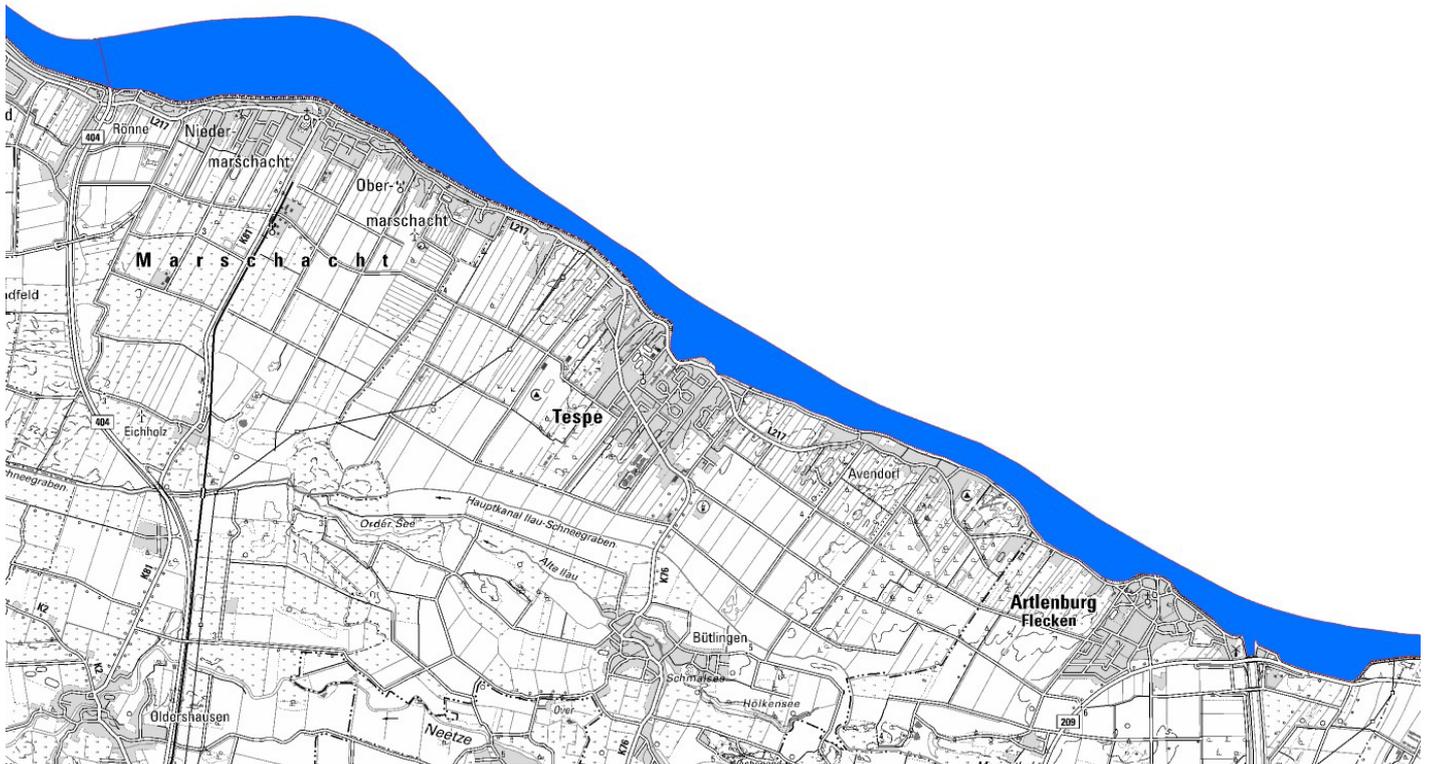


Abbildung 12: Auszug Überschwemmungsgebiet ÜSG 306 – Elbe; Quelle: Umweltkarten-Niedersachsen, 01.02.2023

## 2.9 Schadenspotenziale

Schadenspotenziale sind in einem Überflutungsgebiet betroffene Werte. Sie geben somit erste Hinweise, ob technische Hochwasserschutzmaßnahmen durchgeführt werden sollten. Durch eine Schadenspotenzialanalyse werden die Schadenspotenziale anhand von Flächennutzungs- und Statistikdaten, sowie auf Basis von GIS-Daten ermittelt. So kann eine Abschätzung getroffen werden, welche Hochwasserschutzmaßnahmen in welchem Gebiet sinnvoll sind. (NLWKN 2022, S. 35 & 36).

Für die Überschwemmungsgebietsflächen mit einem Hochwasser mittlerer Wahrscheinlichkeit (HQ100) wurden im Masterplan Hochwasserschutz vom NLWKN die Schadenspotenziale summarisch für jede Gemeinde bzw. Landkreise in Millionen Euro pro Quadratkilometer dargestellt (siehe Abbildung 13). In der Abbildung 13 ist das Untersuchungsgebiet zu sehen, in dem die Verteilung der Schadenspotenziale angegeben ist. Das Schadenspotenzial liegt bei 0-1 Mio €/km<sup>2</sup>. Somit hat das Gebiet hinter der betrachteten Deichlinie im Vergleich zu den anderen Gebieten (z.B. Stadt Hannover 500 €/km<sup>2</sup>) ein niedriges Schadenspotenzial, da die Sachwerte (Gebäude und Infrastruktur) und auch die Anzahl von Gebäuden hier geringer sind. Bei der Betrachtung muss beachtet werden, dass aufgrund des hohen Niveaus des Hochwasserschutzes die Potenziale geringer sind.

Ebenfalls im Masterplan Hochwasserschutz sind Höhen der Schadenspotenziale in Mio. € pro Landkreis und Gemeinde aufgelistet.

Für den Landkreis Harburg wird ein Schadenspotenzial von 304 Mio. € genannt, davon liegen 14,4 Mio. € in der Samtgemeinde Elbmarsch, zu der die Gemeinden Marschacht und Tespe gehören. Im Landkreis Lüneburg liegt der Wert der Schadenspotenziale bei 313,3 Mio. €, davon befinden sich 5,8 Mio. € in der Samtgemeinde Scharnebeck, zu der die Gemeinde Artlenburg gehört. (NLWKN 2022, S. 93, 94)

Bei geringerem Schadenpotenzialen, wie in dem betrachteten Gebiet, sind Hochwasserschutzmaßnahmen wichtig, denn auch hier sind die Wirtschaft und die Menschen vom Hochwasser betroffen. Schäden sind im Hochwasserfall nicht ganz zu vermeiden, aber durch technischen Hochwasserschutz können höhere Schäden vermieden werden. Um den Handlungsbedarf von Hochwasserschutzmaßnahmen einschätzen zu können, sind die Schadenspotenziale von besonderer Bedeutung. Wichtig ist auch der Aspekt, dass bei gewidmeten Deichen eine Anpassungspflicht besteht und das Schadenspotenzial evtl. für die Priorisierung von Maßnahmen verwendet wird.

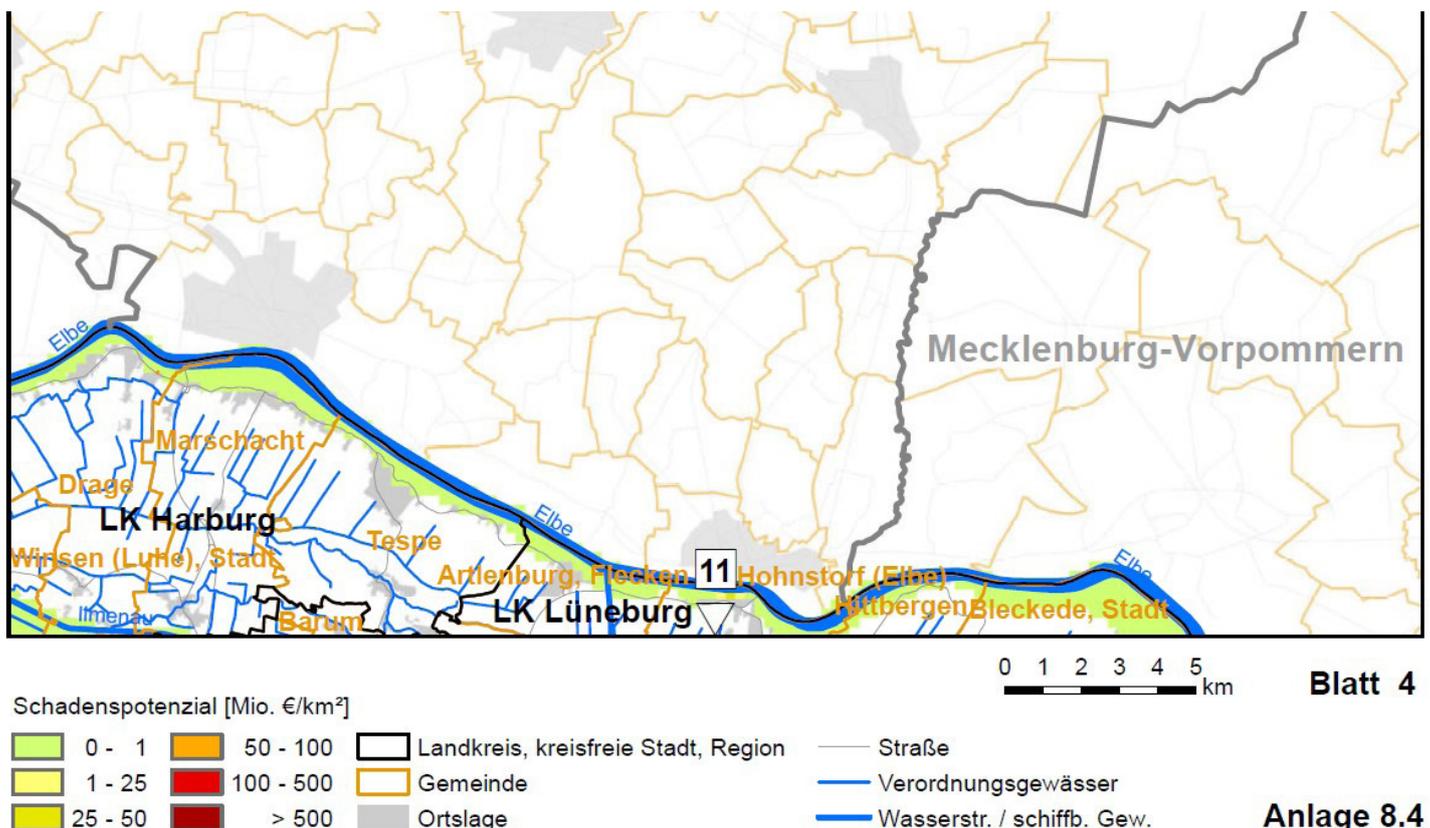


Abbildung 13: Schadenspotenzial, Quelle: Masterplan Hochwasserschutz (S.59)

### 3. Deichbemessung – gesetzliche Vorgaben und Richtlinien

#### 3.1 Historie der Deichbemessung an der Elbe

Der Schutz von Menschen und Güter ist seit dem 11. und 12. Jahrhundert von Bedeutung. Damals wurden die ersten Erdwälle errichtet. Diese Verwallungen sind heute teilweise als Sommerdeiche vorhanden. Im ADV entstanden im Jahr 1470 große Schäden durch Deichbrüche, in der Folge wurden die Deiche und deren Bauweise angepasst. Damit Deiche besser begutachtet und unterhalten werden können, wurde im Jahr 1564 die erste Deichordnung veröffentlicht, diese legte die Pflicht zur Deicherhaltung fest. Ab 1748 setzte man Deichvögte und Deichinspektoren ein, diese waren für Deichunterhaltung und Deichbegutachtung zuständig.

Das Wasserwirtschaftsamt Lüneburg hat 1979 einen weiteren Ausbau der Elbdeiche zwischen Schnackenburg und Geesthacht erarbeitet und im Anschluss den ersten Generalplan eingeführt. Dieser Generalplan war die Grundlage für einen einheitlichen Hochwasserschutz und diente der Vorbereitung für den neuen Deichbau an der Elbe. Anschließend hat 1983 eine Sitzung der Grenzkommission (BRD und DDR) stattgefunden, um eine Vereinbarung für ein gemeinsames Bemessungshochwasser und den Ausbaustandard der Deich

zu treffen. Es wurde sich für ein BHQ von 4000 m³/s am Pegel Wittenberge entschieden. Der Wasserstand betrug dort 745 cm. Nach den Hochwasserereignissen von 2002 und 2006 wurde das BHQ im Jahr 2008 angepasst und beträgt jetzt 4.545 m³/s.

Die Elbe ist ein Fluss, auf dem es zu Eisgang und Eisversatz kommt. Durch dieses Naturereignis führte es bereits zu sehr hohen Wasserständen. Diese waren mitunter höher als das Bemessungshochwasser von 1895. Somit wurde im Generalplan 1979 der Eisgang für die Bemessung von Hochwasserschutzanlagen berücksichtigt. Um die Deiche später besser zu verstärken und verteidigen zu können, wurde eine Kronenbreite von 5,00 m und eine Böschungsneigung von 1:3 bestimmt. Auch die Kleiabdeckung wurde 1979 wie folgt festgelegt: Die Außenböschung soll eine Kleiabdeckung von 0,60-1,0m und die Binnenböschung von 0,50 m aufweisen. (NLWKN 1979, S. 2; NLWKN 2020, S. 11 & 12).

#### 3.2 Aktuelle Anforderungen von Hochwasserschutzanlagen in Niedersachsen

Für die allgemeinen Anforderungen von Hochwasserschutzanlagen dient im Wesentlichen die DIN 19712 und das DWA-Merkblatt 507-1. In dem Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen, Festland, sowie in dem Hochwasserschutzplan untere Mittel Elbe und der Deichbestandsanalyse sind die grundsätzlichen Festlegungen zum Thema Bau von Küsten- und Hochwasserschutzanlagen beschrieben. In diesem Kapitel wird auf die genannten Berichte des NLWKN, sowie auf die gesetzlichen Grundlagen eingegangen. In der Abbildung 14 sind die wesentlichen Normen, Gesetze, Vorschriften und Richtlinien im Deichbau dargestellt.

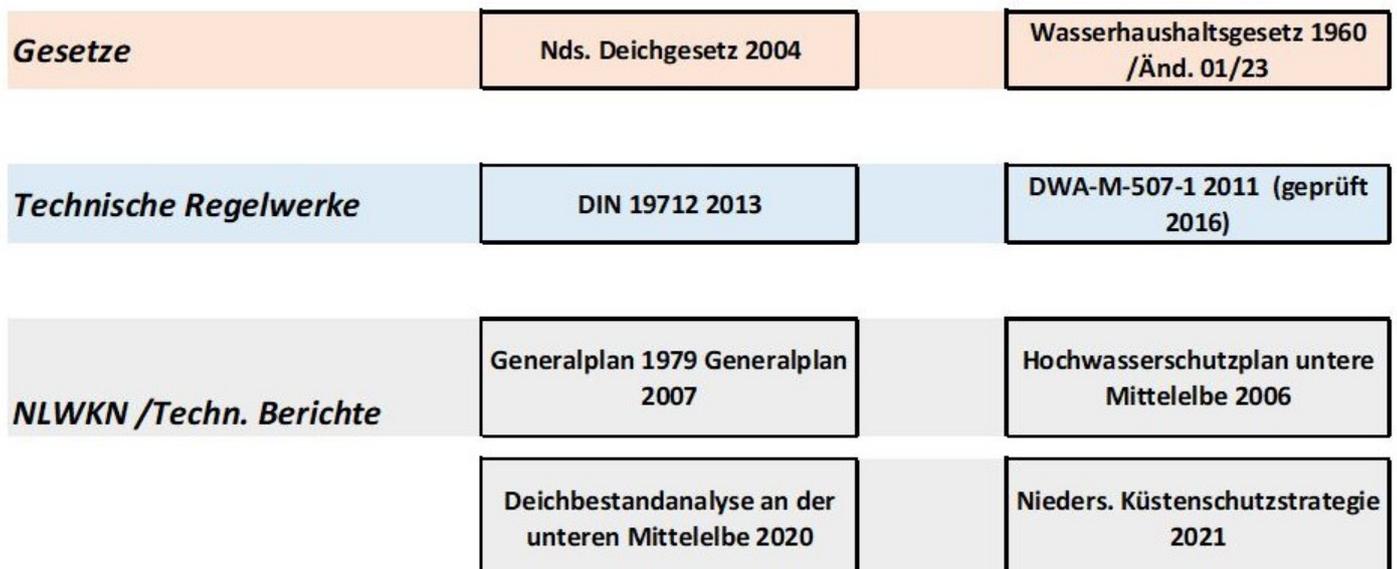


Abbildung 14: Darstellung der Gesetze und Regelwerke im Deichbau in Niedersachsen, Quelle: T. Wilhelms, 17.02.2023



Der Bemessungswasserstand setzt sich wie folgt zusammen:

Der Bemessungswellenauflauf an Deichen ist u.a abhängig von dem verursachten Seegang. Momentan werden zur Bestimmung mathematische Seegangmodelle angewendet. Berücksichtigt werden der spektrale Charakter des Seegangs, die Wellenangriffsrichtung, die Deichgeometrie und die Bauweise. Der Wellenauflauf wird von der Forschungsstelle Küste (NLWKN Norden, GB3) berechnet.

Die Bemessung von Hochwasserdeichen ist ebenfalls im § 4 Abs. 2 NDG beschrieben. Für die Höhe des Hochwasserdeiches ist das zu erwartende höchste Hochwasser (HQ 100) maßgebend und es muss ein Freibord von 1 m berücksichtigt werden.

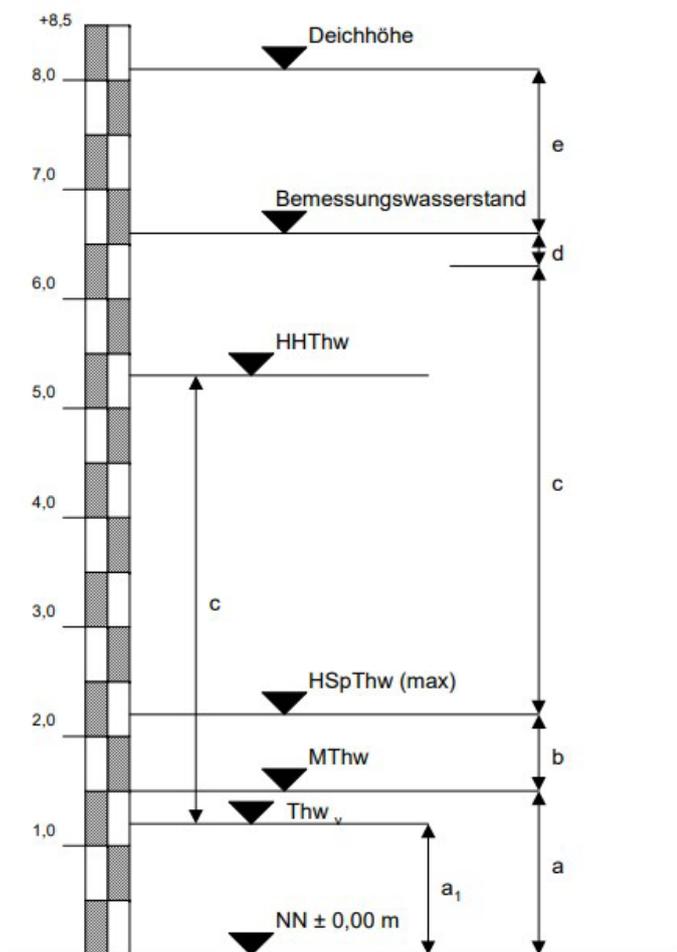


Abbildung 16: Einzelwertverfahren; Quelle: Skript Küsteningenieurwesen, Herr Albers

- a: Höhe des mittleren Tidehochwassers MThw
- b: Höhenunterschied zwischen dem höchsten Springtidehochwasser (HSpThw) und dem MThw
- c: Höhenunterschied zwischen dem höchsten eingetretenen Tidehochwasser (HHThw) und dem Thw
- d: dem Klimazuschlag (Vorsorgemaß seit 2021) in Höhe von 100 cm
- e: max. Wellenauflauf

(NLWKN 2007, S. 27)

## Planung und Bau von Deichen

Laut Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen, Festland (2007) bilden die Erkenntnisse aus den Sturmfluten von 1962 und 1976 und die neueren Forschungsergebnisse die Grundlage für die funktionale und konstruktive Gestaltung der Insel- und Küstenschutzanlagen in Niedersachsen und Bremen. Des Weiteren beschreibt der Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen, Festland (2007) den Deichquerschnitt und die Höhe der Deichkrone. Beide Punkte werden von den zu erwartenden Beanspruchungen bestimmt. Die Qualität des Deichbodens und die Tragfähigkeit des Deichuntergrundes gehen in die Bemessung mit ein. Ein Deichverteidigungsweg soll sich Binnendeichs befinden und ein Treibselabfuhrweg auf der Außenberme. Um Niederschlag und Sickerwasser, sowie Wassermengen aus dem Wellenüberlauf aufnehmen zu können, wird binnenseitig ein Deichgraben angeordnet. Um die Überquerung des Deiches zu ermöglichen, werden Deichrampen angelegt. Diese Deichrampen werden Binnendeichs an die Böschung angelegt und Außendeichs mit in die Böschung eingebunden.

Für die Logistik bei Sturmfluten und Unterhaltungsarbeiten dient der Deichverteidigungsweg. Dieser benötigt eine gute Anbindung an die öffentlichen tragfähigen Straßen. Des Weiteren ist wichtig, dass die Wege für den Schwerlastverkehr (für Einsatzfahrzeuge z.B. von Feuerwehr und Bundeswehr) geeignet sind. Damit die DVW auch bei starken Belastungen durch die Sturmflut befahrbar bleiben, müssen sie mindestens auf einer Höhe von dem mittleren Springtidehochwasser liegen (NLWKN 2007, S. 28-30).

### 3.2.3 Deichbestandsanalyse untere Mittelelbe, 2020

Im September 2020 wurde die Deichbestandsanalyse untere Mittelelbe veröffentlicht. In dieser Bestandanalyse wird der Deich zwischen Schnackenburg und Rönne hinsichtlich seines technischen Zustandes nach den diversen Hochwasserereignissen betrachtet und für die jeweiligen Deichverbände dokumentiert. Es wird auf die Technischen Grundlagen nach den allgemeinen Anforderungen nach DIN 19712, dem DWA-Merkblatt 507-1 und den spezifischen Festlegungen an der Elbe eingegangen.

#### Der Deichquerschnitt und seine Bestandteile

Der Deichquerschnitt ist abhängig von den zu erwartenden Beanspruchungen, die sich auf Grund von seiner Lage, seinem Zweck, seiner Höhe, dem verwendeten Deichbaumaterial und den Untergrundverhältnissen richten. Durch die Neigung der Böschung und die Kronenbreite, sowie die Anordnung von Bermen, ist der Querschnitt eines Deiches bestimmt (DIN 19712, 2013).

Die Elbedeiche sollen eine Kronenbreite von 5 m erhalten. Dieser Sonderfall bringt einige Vorteile mit sich. Zum einen bietet die 5 m breite Kronenbreite eine höhere Deichsicherheit, weiterhin ergibt sich eine bessere Deichnacherhöhung auf gleicher Trasse, sowie eine bessere Deichverteidigung,

insbesondere auch bei Eisgang. Der Deich hat aufgrund seiner beidseits vorhandenen Böschungsneigung von 1:3 ein breites Deichauflager und bei Hochwasser einen längeren Sickerweg.

Bermen sollen laut dem DWA-Merkblatt 507-1 (2011) frei zugänglich sein, ohne dass dort Wasser steht. Wenn der Deichfuß sehr tief liegt, kann eine Berme angelegt werden, die 50 cm über dem Mittelwasser liegt. Eine befahrbare Berme muss nach heutigen Standard 3,50 m breit sein.

Im niedersächsischen Elbegebiet hat sich eine Böschungsneigung von 1:3 bewährt. Denn so haben die Deiche eine geringere Angriffsmöglichkeit für Eisgang sowie aufschlagende Wellen, die durch Strömung oder Wind verursacht werden. Die Standsicherheit des Deiches ist u.a. abhängig von der Neigung, der hydraulischen Belastung und der Art der Unterhaltung. Gemäß der DIN 19712 und dem DWA-Merkblatt 507-1 ist eine Böschungsneigung von 1:3 Binnen- und außendeichs anzuwenden.

Suffusion und Erosion können durch Sickerwasser entstehen. Um Sickerwasser zu vermindern, ist eine Dichtungsschicht auf der Wasserseite von 1 m herzustellen. So wird auch die Standsicherheit des Deiches gestärkt. In der Deichbestandsanalyse untere Mittelelbe von 2020 sind folgende Anforderungen an die Dichtungsschicht benannt worden:

- Erosionsstabilität
- Suffusionssicherheit
- Hohe Wasserundurchlässigkeit
- Alterungs-Langzeitbeständigkeit
- Witterungsbeständigkeit

Der NLWKN hat 2011 im Rahmen der Planung von Hochwasserschutzanlagen und zur internen Qualitätssicherung zwei Handreichungen entwickelt. Kleiböden sollen vorwiegend im Tidebereich verwendet werden und bindige Böden im Hochwasserbereich. Der Grund dafür ist die regionale Verfügbarkeit. Denn im Marschgebiet ist Klei und in Geestgebieten ist Auelehmboden eher vorhanden.

Aus Erfahrungen müssen an neuralgischen Punkten zusätzlich Dränsysteme eingebaut werden, damit die Standsicherheit und die Entwässerung gewährleistet ist.

An der Außenböschung wird in scharliegenden Deichstrecken und an besonders durch Eisversatz gefährdeten Bereichen Deckwerk verlegt. Die Höhe des Deckwerks ist aufgrund der Erfahrungen des Eishochwassers von 2003 bis hin zum Bemessungswasserstand einzubauen (NLWKN 2020, S. 16-17).

### 3.2.4 Niedersächsische Küstenschutzstrategie

Vom Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) wurde 2019 der „Sonderbericht über den Ozean und die Kryosphäre in einem sich wandelndem Klima“ (Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, SROCC) veröffentlicht. Es ist davon auszugehen, dass sich der globale Meeresspiegel bis zum Ende dieses Jahrhunderts

im Vergleich zum Jahr 2000 im Durchschnitt um 84 cm, maximal 110 cm erhöhen wird. Über das Jahr 2100 zeigt sich ein weiterer Anstieg. Daraufhin hat das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) im Februar 2021 einen Erlass über die Umsetzung der Niedersächsischen Küstenschutzstrategie 2020 veröffentlicht. Der Erlass gibt vor, an der im Generalplan Küstenschutz (siehe Kapitel 3.2.2) beschriebenen niedersächsischen Küstenschutzstrategie festzuhalten. Die Funktionalität des Küstenschutzsystems in Niedersachsen zum Schutz der Küstengebiete gegen Überflutungen soll beibehalten werden. Auch die Hauptdeichlinie als sturmflutkehrendes Hauptelement ist weiterhin wichtig.

Zudem legt der Erlass folgende Fortschreibungen dieser im Generalplan Küstenschutz beschriebenen Küstenschutzstrategie fest:

- a. Das Vorsorgemaß für die Ermittlung des Bemessungswasserstandes über das Einzelwertverfahren beträgt zukünftig nicht mehr 0,5 m, sondern 1,0 m.
- b. Die Konstruktion von Hauptdeichen als technische Bauwerke in Erdbauweise stellt die Standardbauweise dar.
- c. Die Nacherhöhbarekeit von in Erdbauweise errichteten Deichen um einen weiteren Meter über die mit dem neuen Vorsorgemaß von einem Meter ermittelte erforderliche Bestickhöhe hinaus ist innerhalb der Aufstandsfläche des Deiches durch eine breitere Berme vorzusehen.
- d. Für Neubauten von sturmflutkehrenden massiven Küstenschutzbauwerken in der Hauptdeichlinie ist die Anpassbarkeit in der Höhe von bis zu einem weiteren Meter über die mit dem neuen Vorsorgemaß von einem Meter ermittelte erforderliche Höhe hinaus, in der Gründung und Tragwerksplanung unter Berücksichtigung der Funktionalität und Lebensdauer, vorzusehen (Erlass über die Umsetzung der Niedersächsischen Küstenschutzstrategie 2020, 16.02.2021, Hering, unveröffentlicht).

Der Deich soll grundsätzlich nach Binnen verstärkt werden. Deswegen ist auch die unter c. beschriebene breite Berme als Binnenberme auszuführen. Ist dieses durch Platzmangel nicht möglich, kann durch eine breitere Außenberme oder durch eine Kombination aus breiterer Außen- und Binnenberme abgewichen werden. Eine breitere ausgeführte Binnen- oder Außenberme stellen für Hauptdeiche den technischen Standard dar. Sie sind Bestandteil des Deiches als technisches Bauwerk.

Wenn bei beengten Platzverhältnissen kein Deich in Erdbauweise möglich ist, können Hilfsmittel (Fußsicherung) oder ein Hochwasserschutzbauwerk (z.B. Hochwasserschutzwände) für den Hochwasserschutz herangezogen werden. Das Ziel der niedersächsischen Küstenschutzstrategie ist es, einen hochwertigen, einheitlichen und zukunftsfähigen Küstenschutz aufzustellen.

### 3.3 Vergleich der Hochwasser- und Küstenbereiche

Anhand der vorherigen Kapitel können nun die Anforderungen für den Hochwasserdeich und den Hauptdeich verglichen und kombiniert werden. In Tabelle 4 sind die Abmessungen

der beiden Deichtypen aufgelistet. Für den Hauptdeich wurden auf das Niedersächsische Ministerialblatt Nds. MBl. Nr. 1/2020, erschienen am 15.01.2020, zurückgegriffen. Hier sind Abmessungen des Hauptdeiches an der Tideelbe vom Ilmenau-Sperrwerk bis zum Wehr Geesthacht festgelegt.

Tabelle 4: Anforderungen an den Hauptdeich und den Hochwasserdeich

	Hauptdeiche (Tideelbe) HH bis Wehr Rönne/Geesthacht	Hochwasserdeich
Deichkronenbreite	3,00 m mit einer mittigen Überhöhung von 10 cm zur ausreichenden Entwässerung	5,00 m, Dachprofil mit 6 % Gefälle
(DIN 19712: 3,00 m, Neigung 2%)	NSG LÜ 00357	Elbeniederung von Hohnstorf bis Artlenburg
Neigung der Außenböschung	1:3 oder flacher	1:3 oder flacher
Neigung der Binnenböschung	1:3 oder flacher	1:3 oder flacher
Abmessungen sind anzustreben, Abweichungen aufgrund örtlicher Gegebenheiten sind zulässig		
<b>Außenberme</b>		
Breite vor dem Deichfuß	≥ 6,00 m	5,00 m (3,50 m davor Schotterrasen bei Bedarf)
Neigung	1:10	6 %
Höhe der wasserseitigen Bermenkante	≥ 1,50 m über mittlerem Tidehochwasser	≥ 0,50 m über Mittelwasser
<b>Binnenberme</b>		
Breite vor dem Deichfuß	≥ 6,00 m	
Neigung	Entwässerung sicherstellend	Entwässerung sicherstellend
Höhe der landseitigen Bermenkante	≥ 0,50 m über mittlerem Tidehochwasser	Max. 1,50 m unterhalb des Bemessungshochwassers
Bei Bedarf sind folgende Anlagen zu bauen		
<b>Treibselräumweg/Deichunterhaltungsweg</b>		
Lage des Weges	Auf der Außenberme	Auf der Außenberme
Breite	3,50 m	3,50 m Schottertragschicht mit ggfs. Rasensaat
Quergefälle	≥ 2,5 %	Entwässerung sicherstellend
Höhenlage	≥ 2,00 m über mittlerem Tidehochwasser	0,3 - 0,5 m über Geländeoberkante
Technische Anforderungen an den Bau	Für den Schwerlastverkehr geeignet	Für den Unterhaltungsbetrieb geeignet
<b>Deichverteidigungsweg</b>		
Lage des Weges	Auf der Binnenberme	Auf der Binnenberme
Breite	3,50 m	3,50 m (2,00 m Seitenstreifen mit 8% Neigung)
Quergefälle	≥ 2,5 %	3 %
Höhenlage	≥ 0,50 m über mittlerem Tidehochwasser	Max. 1,5 m unterhalb des Bemessungshochwassers
Technische Anforderungen an den Bau	Für den Schwerlastverkehr geeignet	Für den Schwerlastverkehr geeignet
<b>Deichentwässerungsgraben</b>		
Sohlentiefe	≥ 0,80 m	Ca. 0,50 cm
Sohlenbreite	≥ 0,80 m	Ca. 0,80 cm
Böschungsneigung	1:1 oder flacher	1:2 oder 1:3

### 3.4 Widmung der Deiche

In Niedersachsen gibt es unterschiedlich gewidmete Deiche, die jeweils eine andere Hauptaufgabe haben. Im § 2 NDG werden folgende Deiche genannt und beschrieben (siehe Tabelle 5).

Die zuständige Deichbehörde (NLWKN) gibt Verordnungen raus, in dem durch eine Widmung, die Deiche ihre Eigenschaften erhalten. Die Bestimmungen im Niedersächsischen Deichgesetz gelten für gewidmete Deiche.

In einem internen Abstimmungsprozess innerhalb des NLWKN wird die umzuwidmende Deichlinie und die Abmessungen festgelegt. Eine Anhörung des Trägers der Deichhaltung erfolgt.

Der Geschäftsbereich 6 benötigt neben den hydraulischen Grundlagen und Berechnungen für die Umwidmung eine Übersichtskarte mit Anfangs- und Endpunkt. Im Anschluss kann der Deich nach dem NDG umgewidmet und per Verordnung im Niedersächsischen Ministerialblatt veröffentlicht werden.<sup>3</sup>

Tabelle 5: Deichtypen und deren Hauptaufgabe

Deichtyp	Hauptaufgabe
Hauptdeiche	Deiche, die dem Schutz eines Gebietes vor Sturmflut dienen.
Hochwasserdeiche	Deiche, die dem Schutz eines Gebietes vor Hochwasser dienen.
Schutzdeiche	Deiche oberhalb eines Sperrwerks, die dem Schutz eines Gebietes vor Wasser dienen, das wegen der Sperrung des Tidegewässers nicht abfließen kann.
Deiche der 2. Deichlinie	Deiche die beim Bruch eines Hauptdeiches oder Sperrwerkes die Überschwemmung im geschützten Gebiet einschränken.

### 3.5 Ermittlung der Deichsollhöhen – Bestick

Der NLWKN ist gemäß § 1 Nr. 2 ZustVO-Deich zuständig für die Festsetzungen der Abmessungen der Deiche nach § 4 Abs. 1 Niedersächsischen Deichgesetz (NDG) und nach dem NDG § 3 Abs. 1 zuständig für die Widmung der Deiche (NLVORIS 2023).

Stellt die für die Erhaltung des Deiches zuständige Stelle (i.d.R. Deichverband) einen lokalen Handlungsbedarf aufgrund von Deichminderhöhen größer 20 cm (NDG § 5) fest, stellt diese die erforderlichen Abmessungen des Deiches über entsprechende Baumaßnahmen wieder her.

Desweiteren kann auch das Land (NLWKN, MU) über z.B. Veröffentlichungen der IPCC, Forschungsarbeiten, hydraulische Berechnungen und Generalplanungen, globale Handlungsbedarfe erkennen. In der Folge ermittelt das Land über globale Studien und planerische Vorarbeiten aktualisierte Grundlagen zur Deichbemessung. Mit diesen Grundlagen werden dann z.B. durch die Forschungsstelle Küste, die neuen Sturmflutbemessungswasserstände und Wellenaufläufe ermittelt. Im Anschluss erfolgt die Ermittlung der Deichsoll-

höhe durch Addition der Sturmflutbemessungswasserstände und dem Wellenaufbau. Anhand der Solldeichhöhen und technischen Grundlagen wird das Bestick festgesetzt. Damit der Deich zwischen Rönne und Artlenburg zukünftig auf einer ungefähr gleichen Höhe ist und nicht abschnittsweise sichtbare Höhenunterschiede aufweist, wird eine Glättung der Deichsollhöhe im Rahmen der Bestickfestsetzung durchgeführt.

Das Bestick beschreibt die erforderlichen äußeren Abmessungen des Deiches im Profil und wird durch den Geschäftsbereich 6 des NLWKN per Verordnung festgesetzt. Die Bestickfestsetzung ist die Grundlage für die Planung und soll die Untergrenze des Deiches festsetzen. Die Pauschalisierung der Höhen erfolgt in Dezimeter Schritten. Dennoch ist drauf zu achten, dass zwischen den im Bestick festgesetzten Werten und den berechneten Werten auf eine Länge von 2 km eine Abweichung von 20 cm im Mittel nicht überschritten wird (Ergebnisse des Arbeitskreises Bestickfestsetzung der GB 2,3 & 6 NLWKN 2007)

<sup>3</sup> Telefonat mit Herrn Thilmann-Robert Heinrich aus dem Geschäftsbereich 6 NLWKN LG

## 4. Auswirkungen der Umwidmung der Deiche

Die Auswirkungen und zu beachtenden Sachverhalte sind bei der Verschiebung der Sturmflutbemessungsgrenze vom Wehr Rönne/Geesthacht in Richtung Oberstrom zum linken Ufer des Elbe-Seitenkanals folgende:<sup>4</sup>

- Die Deiche am linken Ufer der Elbe sind keine Hochwasserdeiche mehr, sondern werden nach dem Sturmflutszenario der BAW (2021) mit zusätzlicher Berücksichtigung von Wellenauflauf bemessen. Es handelt sich zukünftig um einen Übergangsbereich, somit wird der Deich auf der gesamten Strecke mit einer Kronenbreite von 5,00 m und einer Außendeichkleistärke von 1,30 m ausgeführt, um Sturmflut, Eisstau und Hochwassereinstau zu berücksichtigen.
- Wie bisher, werden die Deiche Oberstrom vom linken Ufer des ESK als Hochwasserdeiche bemessen, dabei ist ein Meter Freibord zu berücksichtigen.
- Im Niedersächsischen Deichgesetz ist die Anpassung der Anlage 1 zu § 7 NDG erforderlich. Diese ist gemäß § 7 (1) Satz 4 NDG durch Verordnung des Fachministeriums (MU) möglich.
- Der Hochwasserdeich wird aus Hochwasserschutz-Mitteln finanziert. Durch die Umwidmung zum Hauptdeich werden nun Küstenschutzmittel für die Anpassungsmaßnahmen verwendet.
- In den Gefahren- und Risikokarten der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) (siehe Kapitel 6.3) wird sich das Küstengebiet bis zum ESK erstrecken.
- Das Verbandsgebiet des ADV verändert sich nicht. Aber durch die Umwidmung wird die Hauptdeichlinie im ADV und im Land Niedersachsen um 13 km länger und die Hochwasserdeichlinie entsprechend kürzer. Innerhalb ändert sich also der Bereich für Hochwasserschutz und Küstenschutz.
- Das Überschwemmungsgebiet (ÜSG) bleibt durch die Umwidmung des Hochwasserdeiches gleich. Denn das überschwemmte Gebiet wird sich bei Hochwasser / Sturmflut durch die Änderung der Deichwidmung nicht verändern.
- Die Festlegung der Verschiebung hat keinen Einfluss bzw. Auswirkung auf die Elbe als Binnenwasserstraße nach § 1 Abs. 1 Anlage 1 (WaStr) Gesetz.

## 4.1 Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL)

Am 23. Oktober 2007 ist die Richtlinie 2007/60/EG (Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie) des europäischen Parlamentes und des Rates in Kraft getreten. Die Richtlinie bewertet das Management von Hochwasserrisiken. Ziel ist es, Hochwasserrisiken zu verdeutlichen und die Hochwasservorhersage zu verbessern. Die Risikominimierung für folgende vier Schutzgüter ist eines der obersten Ziele:

- die menschliche Gesundheit
- die Umwelt
- das Kulturerbe und
- die wirtschaftlichen Tätigkeiten

Für die Gewässer sind Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten erstellt worden, um die hochwassergefährdeten Flächen und die Risiken darzustellen. Des Weiteren wurden 2015 Hochwasserrisikomanagementpläne auf Grundlage der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten erstellt. In diesen Plänen sind die Ziele für das Hochwasserrisikomanagement beschrieben (NLWKN5 2023).

Die in Abbildung 17 dargestellte Hochwassergefahrenkarte zeigt die Wassertiefen im Küstenbereich (orange) bei einem Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit (HQ<sub>extrem</sub>). Der blau dargestellte Bereich kennzeichnet die Wassertiefen im Binnenland bei einem HQ<sub>extrem</sub>. In den Hochwassergefahren werden auch die Szenarien Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit (HQ<sub>häufig</sub>) und Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit (HQ<sub>100</sub>) dargestellt.

Die Umwidmung der Deichlinie zwischen Rönne und Artlenburg hat somit Auswirkungen auf die Hochwassergefahrenkarten bei einem HQ<sub>extrem</sub>. Durch die Umwidmung vergrößert sich der Küstenbereich, dieser erstreckt sich jetzt bis zum ESK. Somit muss der orange-gelbe Bereich auf der Abbildung 17 erweitert werden und ersetzt den blauen Bereich bis zum ESK. Bei den anderen oben genannten Szenarien verändert sich nichts und auch auf die Risikokarten hat die Umwidmung keine Auswirkung.

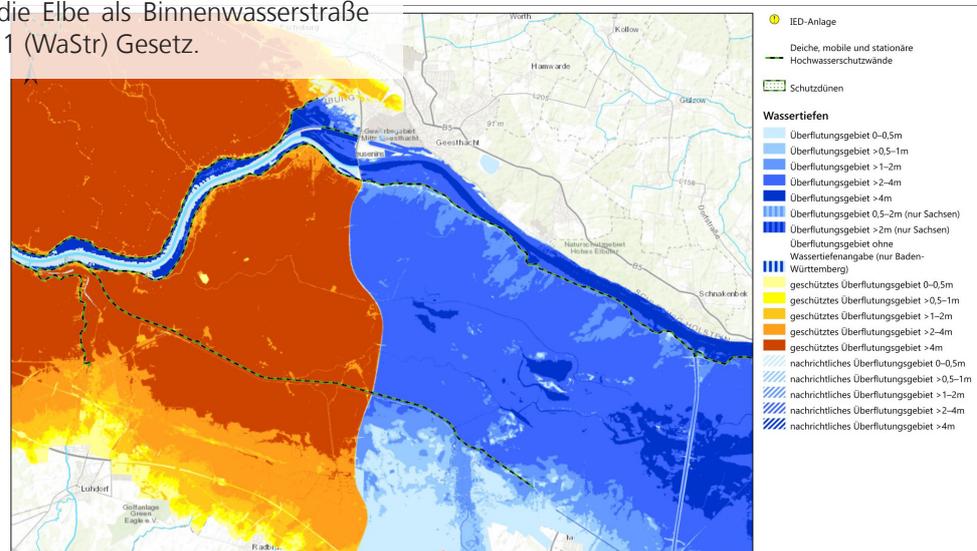


Abbildung 17: aktuelle Hochwassergefahrenkarte bei einem HQ<sub>extrem</sub>; Quelle: [www.geoportal.bafg.de](http://www.geoportal.bafg.de)

<sup>4</sup> Gespräch mit Herrn Tim Rospunt Geschäftsbereich 3 NLWKN LG

# 5. Technisches Maßnahmenkonzept zur erforderlichen Anpassung des Deiches

## 5.1 Bestandsdaten-Ausgangssituation

Im Verbandsgebiet von der B404 bei Rönne bis zum ESK haben die Deiche eine Höhe von 4-5 m über Geländeoberkante. Die Bestandhöhe der Elbdeiche ist im Mittel bei 9,69 m über NHN. Die Tabelle 6 zeigt eine Auflistung der Kronenhöhen entlang der Deichstrecken, dabei wurden die einzelnen Planungsabschnitte berücksichtigt. In den Lageplänen (Anlage 3.1-3.4) sind diese dargestellt. Der Bereich der HWSW

Tabelle 6: Bestand

	Von Deich-km	Bis Deich-km	Planungsabschnitt	Kronenhöhe Bestand (m ü. NHN)
Deich	42,200	38,000	ADV 1 (Marschacht)	9,38
Deich	38,000	34,100	ADV 2 (Tespe)	9,91
Deich	34,100	31,600	ADV 3 (Avendorf)	10,06
Deich	31,600	29,100	ADV 4 (Artlenburg)	10,31
HWSW	30,180	30,050	ADV 5 (Artlenburg)	10,29

sollte außerhalb dieser Arbeit betrachtet werden. Der Bestand wird in Kapitel 5.1.5 beschrieben.

### 5.1.1 Planungsabschnitt ADV 1

Das Planungsgebiet ADV 1 erstreckt sich vom Wehr Rönne/Geesthacht bei Deich-km 42,200 bis zum Deich-km 38,000 bei Marschacht, somit hat das Gebiet eine Länge von 4,2 km. Der Grund für die Festlegung des ersten Planungsgebietes ist das große Vorland in dem Bereich. Das Vorland wird hier als Weideflächen genutzt. Im Abstand von 25 m zum Deichfuß befindet sich ca. 6 Bracks. Ein Außendeichsgraben ist bei Deich-km 40,800 bis 40,350 und 39,450 bis 38,400 zu finden. Ein weiterer Punkt ist, dass es in dem Gebiet keine Deckwerke in der Böschung oder Berme gibt. Auch Schüttsteindeckwerke sind nicht vorhanden. Das Gebiet ist über weite Teile durch ein ähnliches Ausbauprofil gekennzeichnet (siehe Anlage 5.1 und 5.2).

In Rönne (Deich-km 42,100 bis 41,990) verläuft der befestigte Deichverteidigungsweg mit einer Breite von rund 3,0 m auf der Deichkrone (siehe Abbildung 18). Die Deichkrone ist ca. 6,40 m breit und hat eine Neigung nach außen von ca. 2,92 % und nach binnen von 9,05 %. Diese Daten wurden dem Querprofil 1 entnommen. Bei der ersten Rampe ändert sich der Verlauf, ab dort verläuft der DVW am Deichfuß entlang. Der Deichunterhaltungsweg (DUW) ist von Deich-km 42,160 bis zur Rampe (Deich-km 41,970) befestigt und hat eine Breite von ca. 2,90 m. Im weiteren Verlauf ist kein Deichunterhaltungsweg vorhanden. Der Deich ist in diesem Querprofil 8,86 m ü. NHN und besitzt eine Böschungsneigung von 1:3 (binnen) und ca. 1:3,80 (außen).

In diesem Planungsgebiet ist bei Deich-km 39,444 (Anlage 5.2) ebenfalls ein Deichprofil vermessen worden, welches für die genauere Planung genutzt wird. Aus diesem Profil gehen

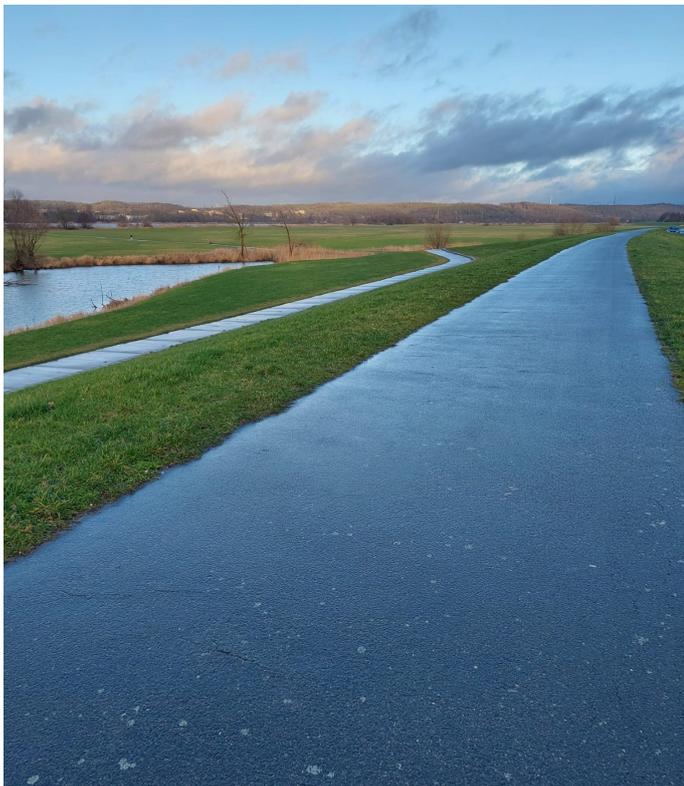


Abbildung 18: Deichkrone und Deichunterhaltungsweg Rönne, Quelle: T. Wilhelms, 24.02.2023

folgende Werte hervor:

- Die Deichhöhe beträgt 9,14 m über NHN.
- Die Deichkrone hat eine breite von 4,74 m, Neigung 3,69 % (binnen) & 6,09 % (außen)
- Die Böschungsneigung beträgt binnendeichs 1:4,08 und außendeichs 1:3,56
- Der Deichverteidigungsweg liegt am Deichfuß (mit Hochbord) und hat eine Breite von 2,76 m über NHN
- Der DUW ist 2,98 m breit und ist aus Schotterrassen

Eine Besonderheit im Planungsgebiet ADV 1 ist, dass bei Deich-km 42,110 eine Bewässerungsleitung verläuft, diese bei der genaueren Planung zu berücksichtigen ist. Des Weiteren befindet sich bei Deich-km 39,900 ein Binnentwässerungsgarben und einen Düker unter der L217. In Marschacht bei Deich-km 38,600 befindet sich ein Düker der Kläranlage Marschacht.

### 5.1.2 Planungsabschnitt ADV 2

Von Deich-km 38 bis 34,100 im Ort Tespe erstreckt sich das Planungsgebiet ADV 2. Dieses Gebiet wurde ausgewählt, da es in diesem Gebiet teilweise Schüttsteindeckwerk am Ufer der Elbe und Böschungsdeckwerk am Deich gibt.

Das Planungsgebiet hat eine Länge von 3,9 km. Am Anfang befindet sich von Deich-km 37,800 bis 36,500 Deckwerk (Abbildung 19) auf der Deichaußenböschung. Diese Information ist aus dem Deichbuch vom ADV welches vom Vermessungsbüro Kiepke im Jahr 2010 miterstellt wurde und der digitalen Bundeswasserstraßenkarte (DBWK) von dem WSA Lauenburg entnommen wurden.



Abbildung 19: vorhandenes Deckwerk im Planungsgebiet ADV 2; Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023

In dem Planungsabschnitt ADV 2 gibt es zwei Besonderheiten, die bei der genauen Planung zu berücksichtigen sind. Bei Deich-km 37,760 ist ein privates Haus auf dem Deich gebaut worden. Dieses kann zu Problemen bei baulichen Anpassungen des Deiches und während der Deichverteidigungen führen. Eine Hafenanlage befindet sich bei Deich-km 37,600.

Ab Deich-km 37,8 bis 36,5 ist der Deich scharliegend und hat kein Vorland. Um Schäden am Deich durch Erosion in Folge hoher Fließgeschwindigkeiten oder Treibgut und Eis zu verhindern bzw. zu minimieren, ist in diesem Bereich die Außenseite des Deiches durch Deckwerk geschützt. In Tespe führt ein Hafen dazu, dass der Deich in einem Bogen verläuft. Wichtig sind hier die hohe Frequentation und die regelmäßige Nutzung der Wege.

Vereinzelt liegt in diesem Bereich auch Schüttsteindeckwerk (Abbildung 20).

In dem Anlage 5.3 (Querprofil 3) ist die Deichhöhe von 9,41 m über NHN zu entnehmen. Des Weiteren ist hier eine Kronenbreite von 4,52 m vorhanden. Die Krone hat eine Neigung von 4,76 % binnen und 5,37 % außen. Die Böschungneigung beträgt außen 1:3,08 und binnen 1:3,73. Der DVW verläuft am Deichfuß entlang und hat eine breite von 2,88 m. Einen DUW gibt es in diesem Bereich nicht. Der DVW verläuft ab Deich-km 36,640 auf der Elbuferstraße und hat eine Breite von ca. 6,90 m. Vor dem Hafen Tespe ist das Vorland größer und es ist kein Deckwerk auf der Deichaußenböschung vorhanden. Der Deich (Anlage 5.4) am Hafen Tespe hat eine Höhe von ca. 9,70 m ü. NHN und eine Kronenbreite von rund 3,75 m ü. NHN. Die Neigung der Böschung beträgt ca. 1:3,3 außen und 1:3,4 binnen. In Avendorf bei Deich-km 34,350 befindet sich ein Deichpflegeplatz.



Abbildung 20: Schüttsteindeckwerk im Planungsgebiet ADV 2; Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023

### 5.1.3 Planungsabschnitt ADV 3

In Avendorf von Deich-km 34,100 bis 31,600 verläuft das Planungsgebiet ADV 3.

Im Querprofil 5 (Anlage 5.5) bei Deich-km 32,700 wurde eine Deichhöhe von 9,98 m ü. NHN vermessen. Die Krone ist 4,72 m breit und die Neigung der Deichböschung beträgt 1:3,78 binnen und 1:3,69 außen. In dem Planungsgebiet ist an zwei Stellen Schüttsteindeckwerk vorhanden. Ein DUW ist nicht vorhanden. Die Abbildung 21 zeigt den Deich des Planungsgebietes in Richtung Geesthacht.



Abbildung 21: Deich stromauf (Deich-km 32,700) im ADV 3, Quelle: T. Wilhelms; 24.02.2023

## 5.1.4 Planungsabschnitt ADV 4

Das Planungsgebiet ADV 4 erstreckt sich von Deich-km 31,600 bis 29,100 und hat eine Länge von 2,5 km. Dieses Planungsgebiet liegt im Ort Artlenburg. Das Querprofil 6 (Anlage 5.6) ist bei Deich-km 31,451 vermessen worden. Die Deichhöhe liegt dort bei 9,94 m über NHN und die Deichkrone hat eine Breite von 4,63 m, sowie eine Neigung von 6,12 % binnen und 4,88 % außen. Die Böschungsneigung beträgt auf der Binnenböschung 1:3,26 und auf der Außenböschung 1:3,14. Als DVW ist die Lorenz-Müller-Straße mit einer Breite von 6,99 m ausgebaut. Ein DUW ist nicht vorhanden. Des Weiteren befindet sich links am Pegelhaus der WSV Deich-km 30,330 und Elbe-km 573,9 Schüttsteindeckwerk, sowie Böschungsdeckwerk (Abbildung 22). Am Bootsanleger, direkt neben dem Pegelhaus, befindet sich ebenfalls Schüttsteindeckwerk (siehe Anlage 3.4, Lageplan). Vor der HWSW wurde ebenfalls ein Querprofil vermessen (Anlage 5.7). Hier hat der Deich eine Bestandshöhe von 10,12 m ü. NHN und eine Neigung von 12,07 %. Die Außendeichböschung hat eine Neigung von 1:3,63 und schließt an einen Schotterweg an, der 2,71 m breit ist. Dann folgt eine 6,42 m Berme und eine aus Kopfsteinpflaster gepflasterte Rampe. Binnendeichs hat die Böschung ein Gefälle von 1:20,37. Im Anschluss befindet sich ein Beton Poller von 1,32 m Breite und ein DVW von 2,93 m Breite.



Abbildung 22: vorhandenes Deckwerk im Planungsgebiet ADV 4;  
Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023

Bei Deich-km 30,148 befindet sich eine HWSW, die das Planungsgebiet ADV 5 darstellt.

Bei Deich-km 30,016 wurde das Deichprofil 9 (Anlage 5.9) auf gemessen. Aus diesem Deichprofil sind folgende Werte zu entnehmen:

- Deichhöhe 10,22 m über NHN
- Kronenbreite 4,23 m, Neigung 7,69 % (außen) und 7,88 % (binnen)
- Böschungsneigung binnen 1:3,29 und außen 1:4,59
- Außenberme 6,23 m breit mit einer Neigung von 4,5 %, daran schließt ein 16,57 m breiter Parkplatz aus Schotter an
- Binnenberme 2,58 m breit und 1:12,29 Neigung
- DVW ist 3,88 m breit

Ein DUW aus Schotter befindet sich zwischen Deich-km 30,400 und 29,950. Auf der restlichen Strecke ist kein DUW vorhanden.

In dem Planungsgebiet ADV 4 gibt es einige Besonderheiten, die bei der genaueren Planung zu berücksichtigen sind. Am Anfang (Deich-km 31,450) befindet sich ein Düker der Kläranlage Artlenburg und im Hafenbereich (Deich-km 31,000 bis 30,600) ist eine Spundwand (Kolkwand). Von Deich-km 30,600 bis 30,480 sind Häuser auf dem Deich gebaut worden, diese können den erforderlichen Baumaßnahmen zur Anpassung des Deiches im Wege stehen. Das Haus bei Deich-km 30,580 (Am Deich 13) steht unter Denkmalschutz. Zu berücksichtigen ist auch die Qualmwasserleitung von Deich-km 30,810 bis 30,660. Des Weiteren liegt bei Deich-km 30,350 ein Pegelhaus (Pegel Artlenburg) mit einem Höhenfestpunkt (Deich-km 30,300) und ein Bootsanleger von der WSV. Bei Deich-km 29,300 bis 29,030 befindet sich eine Spundwand des Sperrtors, diese muss bei der Planung erhöht oder erneuert werden.

## 5.1.5 Planungsabschnitt ADV 5 - Hochwasserschutzwand Artlenburg

Von Deich-km 30,180 bis 30,050 befindet sich die Hochwasserschutzwand Artlenburg. Diese stellt das Planungsgebiet ADV 5 dar. Die HWSW wurde hier gebaut, da der Platz in diesem Bereich für einen Deich in Erdbauweise nicht ausreichend war. Laut dem Querprofil 8 (Anlage 5.8) liegt die HWSW 10,25 m über NHN und hat eine Holm-Breite von 46 cm. Vor der HWSW verläuft ein Schotterrasenweg (3 m breit) und ist durch einen 0,5 m breiten Holm vom Schüttsteindeckwerk abgetrennt (siehe Abbildung 23 & 24). Binnendeichs befindet sich ein Schiffsanleger mit Rohleitung und in der Spundwand ist ein Rohauslass.



Abbildung 23: Schüttsteindeckwerk, Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023



Abbildung 24: HWSW Artlenburg, Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023

Hinter der HWSW verläuft ein gepflasterter Weg, dieser hat eine Breite von 2,70 m. Die angrenzende Böschung ist 5,48 m breit und hat ein Gefälle von 1:6,52. Anschließend an die Böschung ist eine 3-reihige Gosse zu finden. An diese Gosse schließt Anfangs eine Böschung mit einer Steigung von 1:8,34 und im Anschluss mit 1:4,72 an. Die anliegende Straße (Am Deich) ist ca. 3,60 m breit.

## 5.2 Problemlösung – Vorgehensweise

Für diesen Rahmenentwurf wurden drei exemplarische Abschnitte (Deich-km 38,900-38,900/ 37,400-36,500 / 33,200-32,200) gewählt, um den Anpassungsbedarf zu ermitteln und auf den gesamten Streckenabschnitt hochzurechnen. Für die konkrete Planung innerhalb der oben genannten Bereiche wird wie folgt vorgegangen:

- Berechnung des Wellenaufbaus als Grundlage der weiteren Planung
- Festlegung der neuen Deichsollhöhe
- Festlegung des Ausbauprofils/Anpassungsbedarfs
- Ermittlung der Massen für die verwendeten Hauptbodenarten Klei und Sand in den jeweiligen Abschnitten
- Ermittlung der überschlägigen Kosten des Ausbaus in dem jeweiligen Abschnitt

## 5.3 Konstruktion des Deiches

Der Deich ist in dem Planungsgebiet zukünftig ein Kombinationsbauwerk. Somit werden die Abmessungen des Hauptdeiches und des Hochwasserdeiches kombiniert berücksichtigt. Anhand der Grundlagenermittlung ergeben sich für den Deichabschnitt folgende zu berücksichtigende Konstruktionsparameter:

- Den Deich auf die Deichsollhöhe bringen
- Kronenbreite von 5 m und einem Dachprofil mit 6 % Neigung
- eine Außen- und Binnendeichböschung von 1:3 oder flacher
- eine Kleidicke von 1,30 m Außen und von 1,00 m Binnen
- eine Außenberme bzw. Binnenberme von mind. 6 m mit einem Gefälle von 1:10
- ein DVW anschließend an die Berme mit einer Breite von 3,50 m, Neigung  $\geq 2,5\%$
- ein DUW (anschließend an die Berme) mit einer Breite von 3,50 m, Neigung ca. 2,5 %
- der DVW muss max. 1,5 m unterhalb dem Bemessungshochwasser liegen
- der DUW muss  $\geq 2,0$  m über dem MThw liegen
- an den DUW und DVW schließt eine 2 m breite Berme an, mit einer Neigung von 8 %
- Außendeichs wird die Berme an das bestehende Gelände angeglichen
- Binnendeichs ist ein 2-3 m Breiter Deichgraben mit einer Tiefe von ca. 0,50 m vorzusehen. Die Neigung des Grabens beträgt 1:2 binnen und 1:3 außen
- Bei scharliegendem Deich, einer ungünstigen Anströmung oder einer ungünstigen Belastung durch Eisgang ist die Außenböschung mit Deckwerk zu befestigen

Nach den Erfahrungen aus den letzten Hochwasserereignissen von 2002, 2006 und 2013 wurde der Regelquerschnitt für den Hochwasserbereich vom Geschäftsbereich 2 des NLWKN weiterentwickelt und ist in Abbildung 25 dargestellt. In Anlage 5.10 ist der Regelquerschnitt ebenfalls zu finden.

Für den Tidebereich wurde der Regelquerschnitt Hauptdeich (Abbildung 26) dargestellt. Um auch für das Planungsgebiet ein Regelquerschnitt vorliegen zu haben, wurde der Regelquerschnitt Kombinationsbauwerk angefertigt (Abbildung 27). Die Regelquerschnitte sind im Anhang 5.11 und 5.12 zu finden.

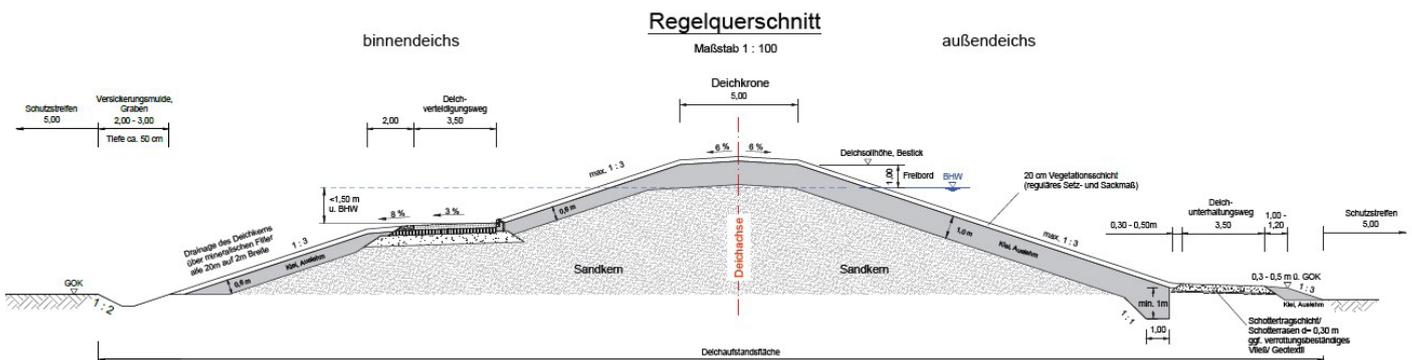


Abbildung 25: Regelquerschnitt Hochwasserdeich, Quelle: NLWKN LG GB 2



## 6. Umsetzung des Maßnahmenkonzeptes für den Bereich ADV 1 – Deich-km 39,900 bis 38,900

### 6.1 Berechnung des Wellenaufbaus

Wichtige Parameter, die den Wellenaufbau beeinflussen, sind die Windwirklänge, die Windrichtung und die Böschungsneigung des Deiches (siehe Abbildung 26 und 27).

- Windwirklänge → vom Wind bewegte Oberfläche, abhängig von der Windstärke, Dauer des Windes und Größe der Gewässeroberfläche
- Windrichtung → Richtung aus der der Wind kommt
- Böschungsneigung → Winkel der Deichböschungsneigung

Für die genaue Berechnung des Wellenaufbaus ist die Forschungsstelle Küste (Geschäftsbereich 3, Norden) zuständig. Diese hat den Wellenaufbau oberhalb des Wehres noch nicht berechnet, die Berechnung muss noch durchgeführt werden. Eine Einschätzung des zu erwartenden Wellenaufbaus konnte nicht gegeben werden. Der durch die Forschungsstelle Küste für den gesamten Bereich der Elbe, von der Mündung bis zum Wehr Rönne / Geesthacht berechnete Wellenaufbau, liegt zwischen 0,5 und 2,5 m. Dabei ist im Küstenbereich der Wellenaufbau am größten und nimmt im Verlauf der Elbe Richtung Geesthacht sukzessive ab. Somit ist der Wellenaufbau im Bereich vom Wehr Geesthacht bis zum ESK eher niedriger zu erwarten.<sup>5</sup> Nach Angaben vom Gewässerkundlichen Landesdienst Geschäftsbereich 3 (NLWKN) der Betriebsstelle Lüneburg ist hier mit einem Wellenaufbau von ca. 0,6 m zu rechnen.<sup>6</sup> Durch die Ingenieure der Betriebsstelle Lüneburg (NLWKN) wurde der Wellenaufbau auf eine Höhe von < 0,60 m eingeschätzt.<sup>7</sup>

Um nun den Wellenaufbau zu berechnen, wird die signifikante Wellenhöhe  $H_s$  benötigt. Die Wellenhöhe  $H_s$  definiert den vertikalen Abstand zwischen Wellenberg und Wellental, sie ist zudem von der Windwirklänge abhängig. Die Wellenperiode  $T_p$  ist ebenfalls ein entscheidender Faktor, da diese die Zeit zwischen zwei Wellenkämmen festlegt (siehe Abbildung 26). Für die Wellenhöhe und die Wellenperiode wurde auf den Dienstbericht 03/2002 und den Dienstbericht 01/2019 (Tideelbe) von der Forschungsstelle Küste zurückgegriffen. In diesem Bericht sind Werte für die Wellenhöhe und die Wellenperiode angegeben. Somit liegt im Bereich der Tideelbe die Wellenhöhe bei 10 cm bis 60 cm und die Wellenperiode bei ca. 1,8 s. Der Dienstbericht 03/2002 stellt die Ermittlung des Bemessungsfreibords der Sturmflutschutzmauer in Bullenhausen dar. Hier wurden bei unterschiedlichen Sturmrichtungen die signifikante Wellenhöhe und die Wellenperiode an einem vereinfachten Teilmodell ermittelt.

Für die Berechnung des Wellenaufbaus oberhalb des Wehres wurde sich an diese Berichte gehalten. Zudem wurde noch die Douglas Skala berücksichtigt, die den Seegang klassifiziert (Alberts & Fabel GmbH & Co. KG 2023). Die Wellenhöhe wurde mit 0,15 m und 0,25 m festgelegt. Die Wellenperiode wird mit einem Wert von 1,4 s und 1,8 s angenommen. Durch diese Annahmen kann mithilfe des Diagramms zur Seegangsvorhersage nach SPM für Tiefwasserbedingungen (CERC, 1984), die Windgeschwindigkeit und Windwirklänge bestimmt werden. Somit liegen im ersten Detailabschnitt folgende Ausgangsparameter vor (siehe Anlage 8):

- signifikante Wellenhöhe von 0,15 m
- Wellenperiode von 1,4 s
- Windgeschwindigkeit von 7,5 m/s
- eine Windwirklänge von 1,5 km.

Um den Wellenaufbau zu berechnen, wird in dieser Arbeit die Formel für den Wellenaufbau nach Hunt (1959) genutzt. Die Formel lautet wie folgt:

$$z_{98} = 1,6 * Y_f * Y_e * Y_b * \sqrt{\frac{g}{2 * \pi}} * \sqrt{H_s} * T_p * \tan a$$

Die Formel besitzt drei Reduktionsfaktoren, um so nicht nur den Referenzfall von einer glatten Oberfläche, einem senkrechten Wellenangriffswinkel und einer einheitlichen Strandneigung ohne Berme zu berücksichtigen. Durch die Faktoren verringert sich die Wellenaufbauhöhe.

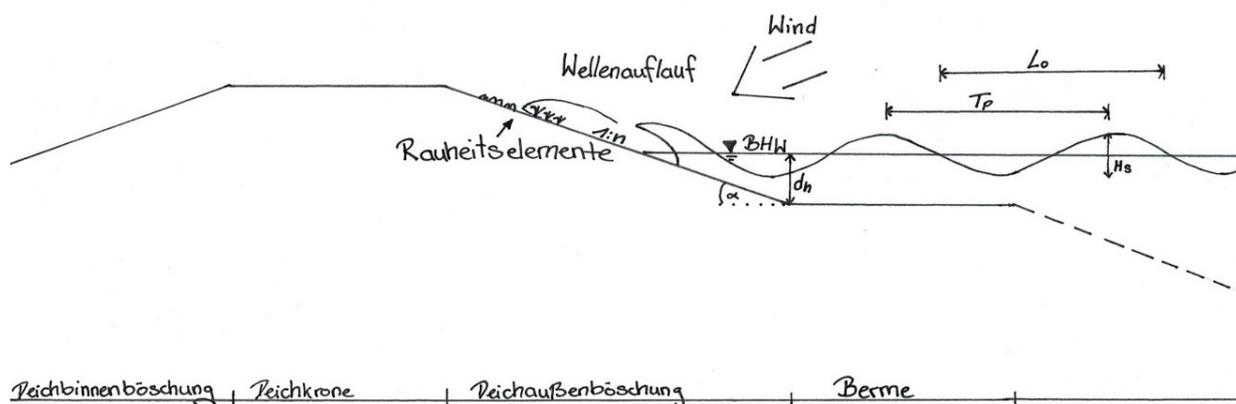


Abbildung 28: Definition der Wellenaufbauparameter, Quelle: T. Wilhelms, 14.03.2023

<sup>5</sup> Telefonische Auskunft Forschungsstelle Küste Frau Berkenbrink

<sup>6</sup> Gespräch mit Tim Rospunt (NLWKN GB 3 LG)

<sup>7</sup> Gespräch mit Stefan Löhn und Heiko Warnecke (NLWKN)

Die Reduktionsfaktoren sind folgende:

- $Y_f$  ist der Faktor für die Böschungsrauheit. Dieser ist in einer Tabelle für unterschiedliche Oberflächen wie z.B. Gras, gesetzte Steine, Betonplatten angegeben.
- $Y_e$  ist der Faktor der abhängig ist von dem Wellenangriffswinkel  $\Theta$ . Wenn der Winkel null ist, ist der Faktor  $Y_e=1$  und reduziert den Wellenauflauf nicht. Umso schräger der Wellenangriff, umso kleiner ist  $Y_e$  und so wird der Wellenauflauf verringert.
- $Y_b$  berücksichtigt den Einfluss einer Berme

(Lernplattform Küsteningenieurwesen 2023)

### Berechnung des Wellenaufbaus

Der Einfluss der Oberflächenrauheit ist nach EAK 2002 (Seite 157) anhand der Tabelle A 4.2.2 festgelegt worden. Da es sich um eine Oberfläche mit Gras handelt, ist der Reduktionsfaktor  $Y_f=1$ .

Nach eingehender Literaturrecherche wurde der Einfluss von dem schrägen Wellenangriff auf den Wellenaufbau durch folgende Formel definiert:

Um den Reduktionsfaktor  $Y_e=1-0,0022 \cdot \Theta$ .

Das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie hat 1999 ein Bericht zum Thema

Bemessung auf Seegang veröffentlicht. In diesem Bericht wird auf den schrägen Wellenangriff (Seite 7-9) und somit auf die Untersuchungen von Van der Meer und De Waal (1993) eingegangen. Die beiden haben den Effekt des langkämmigen und kurzkämmigen Seegangs untersucht und haben herausgefunden, dass sich bei langkämmigen Seegang eine Erhöhung des Wellenaufbaus bei schrägem Wellenangriff unter kleinem Winkel zeigt. Der Effekt trifft bei kurzkämmigen Seegang nicht auf und somit wird empfohlen, den Einfluss des Wellenangriffs auf den Wellenaufbau nach Van der Meer und De Waal mit der oben genannten Formel zu ermitteln. Das Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen hat 2019 das Heft 87 „Die Küste“ herausgebracht. In diesem handelt der erste Bericht über die aktuelle Bemessungspraxis für See- und Ästuardeiche in Niedersachsen, die von der Forschungsstelle Küste des NLWKN verfasst wurde. Auch in diesem Bericht wird für den schrägen Wellenangriff und kurzkämmigen Seegang auf die Formel von Van der Meer und de Waal zurückgegriffen. Von der BAW wird in der EAK 2002 3. Korrigierte Ausgabe 2020 (S. 158) ebenfalls auf den Wellenangriffswinkel eingegangen und erwähnt, dass es für Wellenangriffswinkel  $> 40^\circ$  zu empfehlen ist, eine gesonderte Modelluntersuchung durchzuführen.

In dieser Arbeit wird dennoch auf die Formel für den Wellenangriffswinkel von Van der Meer und de Waal zurückgegriffen, auch wenn diese, unter diesen Voraussetzungen nicht als mathematische exakte Lösung dienen kann. Im Rahmen der weiteren Planung erfolgt die Berechnung durch die Forschungsstelle Küste.

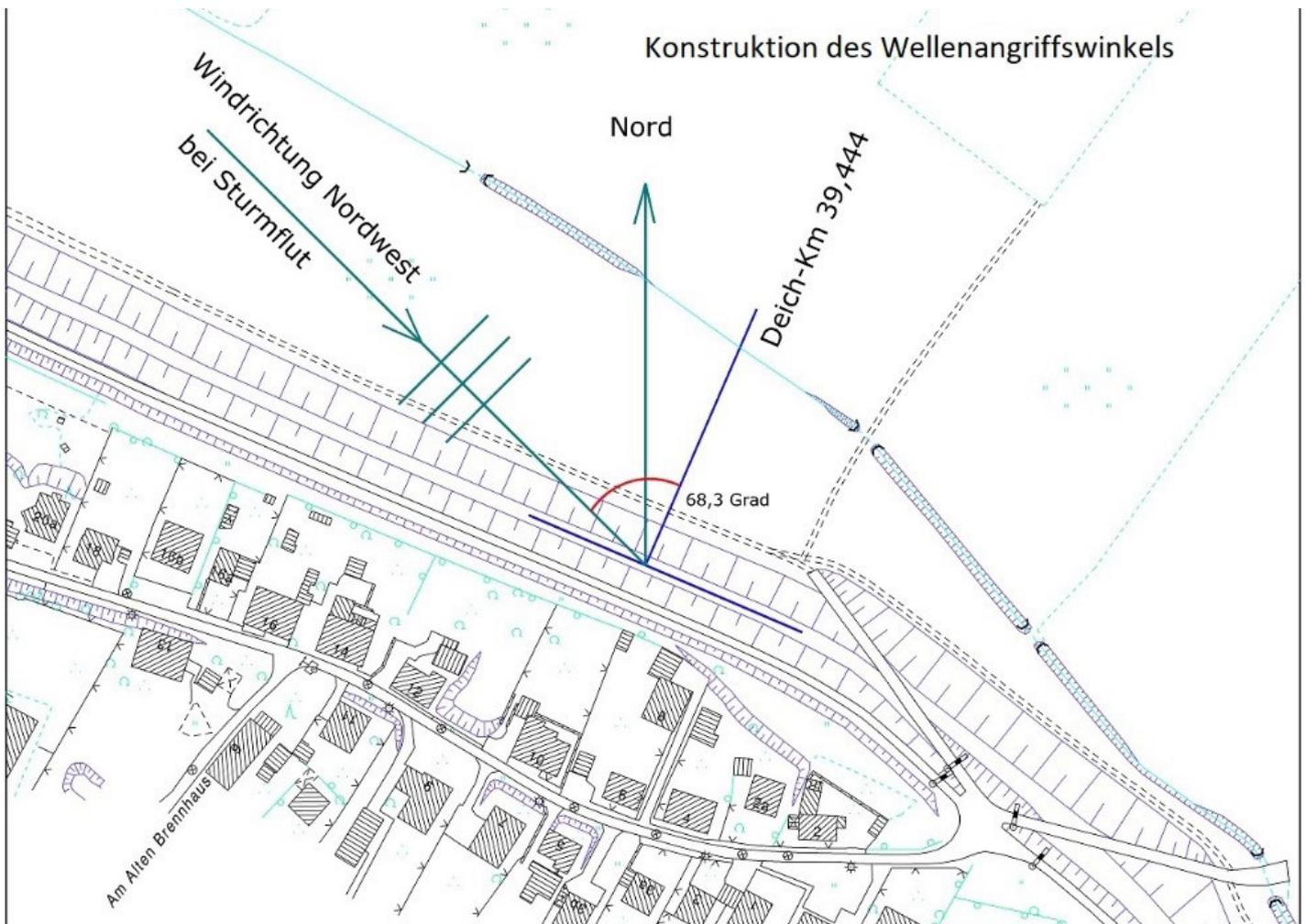


Abbildung 29: Konstruktion des Wellenangriffswinkels Querprofil 2, Quelle: T. Wilhelms, 14.03.2023

In der Abbildung 27 wurde anhand der DBWK der WSV, der Wind bei Sturmflut aus Nordwesten eingezeichnet (Seegang bei Sturm aus 315°). Der Wellenangriffswinkel  $\Theta$  konnte dann daraus abgemessen werden und beträgt  $\Theta = 68,3^\circ$ .

Somit ist  $Y_e = 1 - 0,0022 \cdot 68,3^\circ = 0,849$ .

Durch Anwendung der oben genannten Formel wurde ein Reduktionsfaktor von 0,849 berechnet, der den Wellenaufbau reduziert.

Für den Einfluss einer Berme ist die Breite und die Höhenlage der Berme zum BHW relevant. Der vertikale Abstand zwischen Berme und dem BHW wird  $d_h$  genannt. Wichtig ist auch der Abstand der zwei Punkte auf der Deichböschung, die im Abstand einer signifikanten Wellenhöhe über oder unter der Berme liegen. Dies wird als  $L_{Berme}$  bezeichnet. Eine weitere Bedingung gibt es, wenn  $d_h > 2,0 \cdot H_s$  ist, dann ist  $Y_b = 1,0$ . (Lernplattform Küsteningenieurwesen, Technische Universität Braunschweig)

Für dieses Querprofil gilt die zuletzt erwähnte Bedingung, denn  $d_h$  ist 1,8 m und  $2 \cdot H_s$  ist 0,5 m. Somit gilt  $1,8 \text{ m} > 0,5 \text{ m}$  und der Reduktionsfaktor der Berme beträgt 1,0.

Für den Bereich von Deich-km 39,9 bis 38,9 wird ein Wellenaufbau von 0,26 m berechnet (siehe Formel).

$$z_{98} = 1,6 \cdot 1,0 \cdot 0,849 \cdot 1,0 \cdot \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s}^2}{2 \cdot \pi}} \cdot \sqrt{0,25 \text{ m} \cdot 1,6 \text{ s} \cdot 0,28} = 0,26 \text{ m}$$

Die Excel – Tabelle mit der Berechnung ist im Anlage 7.1 zu finden.

## 6.2 Festlegung der Deichsollhöhe

Um die Deichsollhöhe festzulegen, wird das Sturmflutszenario SFA2021OF mit dem maßgebenden, berechneten Wellenaufbau addiert. Um nochmal aufzuzeigen, dass die Sturmflut in dem Abschnitt von Rönne bis zum ESK maßgebend ist und die Deiche nach der Berechnung von Hauptdeichen angepasst werden müssen, wurde das Diagramm auf Seite 3 (Abbildung 2) um diese Berechnung in Abbildung 28 erweitert. Hier wurden die Deichsollhöhen für den Hauptdeich und die Deichsollhöhen für den Hochwasserdeich mit dargestellt. Die Deichsollhöhe für Hochwasserdeiche lässt sich durch die Addition des Hochwasserszenario BHQ 2D TG (2021) und einem Freibord von 1m berechnen.

In der Abbildung 28 ist zu erkennen, dass die Deiche vom Wehr Geesthacht/Rönne bis zum Deich-km 36,24 bei Hafen Tespe an die berechnete Deichsollhöhe für den Sturmflutfall (hellblaue Linie) angepasst werden müssen (Anlage 7.3). Im weiteren Verlauf der Deichstrecke hat der Deich seine Ausbauhöhe erreicht und muss erst ab Deich-km 28,5 auf die Ausbauhöhe der Hochwasserdeiche angepasst werden (dunkelrote Linie). Wie bereits im Kapitel 3.5 erklärt, wird anhand von den Berechnungen das Bestick festgesetzt und somit die berechneten Werte (hellblaue Linie) geglättet. Durch die Bestickfestsetzung wird der Deich aufgrund der Rundung auf volle Dezimeter und der Glättung höher.

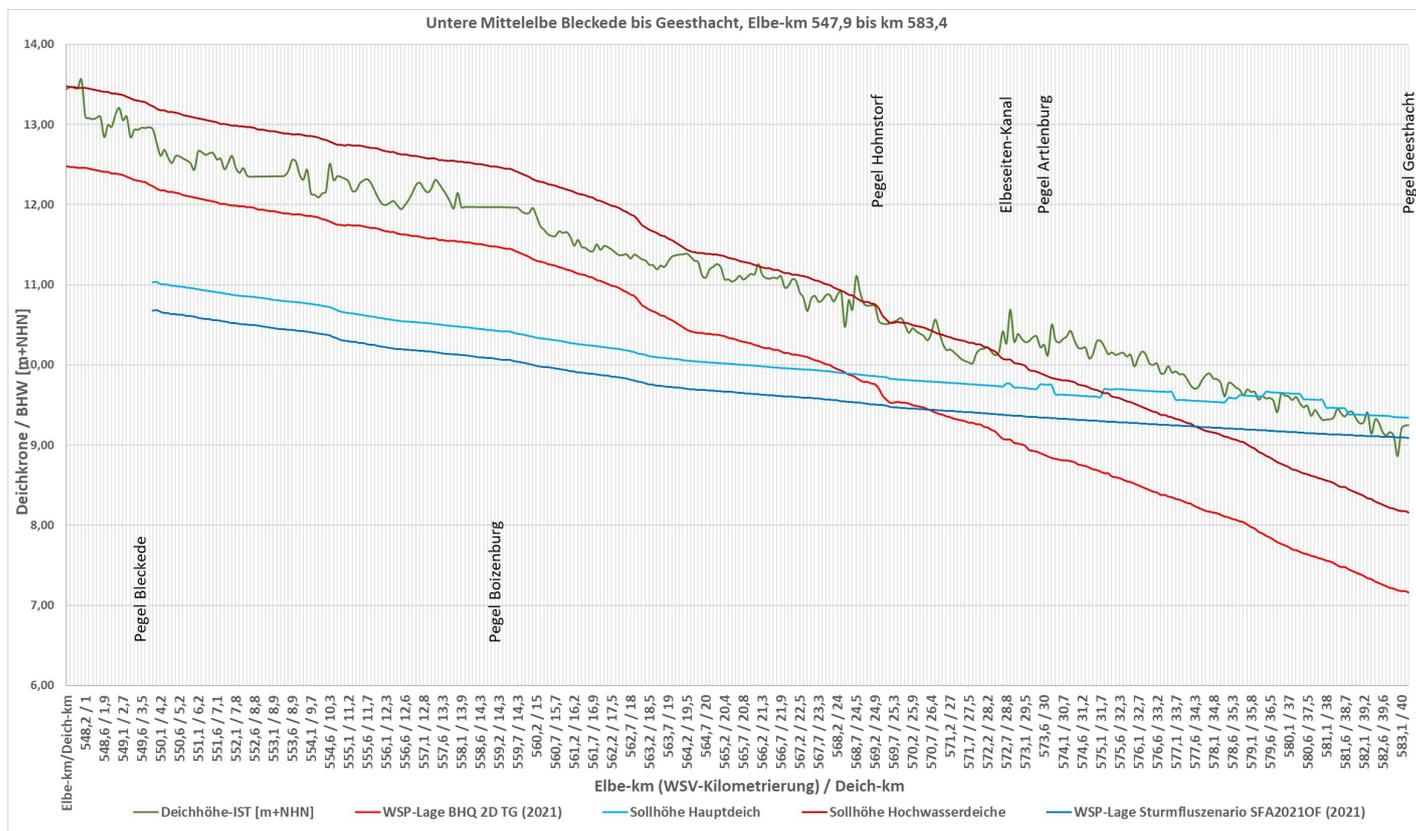


Abbildung 30: Darstellung der Deichsollhöhen, Quelle: NLWKN Lüneburg plus Ergänzung von T. Wilhelms, 16.03.2023

Für den Detailabschnitt ADV 1 sind in Tabelle 7 die Deichsollhöhen berechnet, desweiteren sind im Längsschnitt die Deichsollhöhen im Vergleich zu der Ist-Deichhöhe und dem Sturmflutszenario bzw. dem Bemessungshochwasserszenario dargestellt (Anlage 4.1). Dazu ist zu sagen, dass in dem Längsschnitt die Deich-km auf volle Kilometer gerundet wurden.

Die Vermessung hat ergeben, dass sich der Deich bei Deich-km 39,440 gesetzt hat. Das Planungsprofil im Rahmen dieser Arbeit ist farbig markiert (siehe auch Anlage 5.2). Im Anlage 7.2 sind die Deichhöhen ebenfalls für das gesamte Planungsgebiet berechnet worden.

Tabelle 7: berechnete Deichsollhöhen Detailabschnitt ADV 1

Deich-km	Sturmflutszenario (m ü. NHN)	Wellenauflauf (m)	Deichsollhöhe (m ü. NHN)
39,908	9,100	0,26	9,36
39,831	9,103	0,26	9,36
39,747	9,105	0,26	9,36
39,632	9,108	0,26	9,37
39,524	9,109	0,26	9,37
39,440	9,110	0,26	9,37
39,376	9,113	0,26	9,37
39,214	9,118	0,26	9,38
39,106	9,119	0,26	9,38
39,000	9,122	0,26	9,38
38,886	9,124	0,26	9,38

### 6.3 Festlegung des Ausbauprofils

Wie bereits im Kapitel 3.2.4 erläutert wurde, soll bei Baumaßnahmen der Deich grundsätzlich nach Binnen verbreitert werden. Um alle Varianten einmal abzubilden, wird für jeden Querschnitt eine andere Variante dargestellt.

Für den Detailabschnitt ADV 1 ist aus Platzmangel eine Verbreiterung nach binnen oder mittig nicht möglich, denn hier schließt an den DVW Bebauung an. Auf diesem 1.000 m langen Detailabschnitt kann der Deich nur außendeichs durch Realisierung einer breiteren Außenberme ausgebaut werden. Somit verschiebt sich der Deich in der Kronenachse nach außen, um die Sollhöhe zu erreichen.

Bei der Erarbeitung des neuen Deichprofils war zuerst der Bemessungswasserstand (BHW) wichtig, dieser beruht auf dem Bericht der BfG (2021). Die Binnenberme soll im Hochwasserbereich < 1,5 m unterhalb des BHW liegen, damit u.a. der DVW bei Hochwasser befahrbar bleibt. Die Außenberme soll mindestens 0,5 m über Mittelwasser liegen, damit kein Geschwemmsel- und Eis sich ablagert und ebenfalls für regelmäßige Unterhaltungsarbeiten befahrbar bleibt. Im Tidebereich sollen die Bermen 0,5 m oder mehr über dem mittleren Tidehochwasser liegen. Das mittlere Tidehochwasser wurde Anhand der Angaben von Pegelonline der WSV ermittelt. Am Pegel Geesthacht hat die Tide Einfluss, somit haben wir hier ein MThw von 781 cm (Wert 2005-2015). Um jetzt das MThw über NHN zu bekommen, wird der Pegelnullpunkt benötigt, dieser beträgt -5,02 m über NHN.

Diese beiden Werte werden addiert. Das MThw liegt bei 2,79 m über NHN. Somit konnte das BHW und das MThw in das Querprofil eingezeichnet werden. Die richtige Höhe für die Berme, den DVW und DUW wurden so festgelegt. Da der Bereich zwischen Rönne und Artlenburg weiterhin ein Übergangsbereich ist, wurden hier beide Regelungen für die Höhenlage der Berme und Wege berücksichtigt.

Bei der Konstruktion des Deichprofils war der Bordstein am DVW ein fester Punkt, da für die erforderliche Deichverstärkung nach binnen nicht ausreichend Platz aufweist. Der DVW kann dennoch von 2,76 m auf eine Breite von 3,50 m verbreitert werden. Zudem reicht der Platz binnen auch für eine 2 m Berme neben dem DVW aus. Die Höhe des DVW wurde so gelassen, dieser liegt ca. 0,76 m unter dem BHW und somit wird die Bedingung eingehalten, dass der DVW max. 1,5 m unter dem BHW liegen muss. Auch die Binnenböschung kann mit einer Neigung von 1:4,08 erhalten bleiben und muss nur auf die Deichsollhöhe angepasst werden. Die Deichsollhöhe an der Kronenschulter außen beträgt 9,37 m über NHN (Querprofil 2). Die Deichkrone hat eine Neigung von 6 % und eine Breite von 5 m. Die Außenböschung hat eine Neigung von 1:3,73. An diese schließt die 6 m breite Berme an, die mehr als 0,5 m über dem mittleren Tidehochwasser liegt. Der DUW liegt neben der Berme und ist 3,50 m breit und soll ein Gefälle von 2,5% aufweisen. An dem DUW schließt zum Anschluss an das vorhandene Gelände eine ca. 2 m breite Berme mit einer Neigung von 8 % an.

## 6.4 Ermittlung der Massen

Der Deich besteht aktuell aus einem Sandkern mit einer Kleiabdeckung und einer Mutterbodenschicht. Für den Deichabschnitt zwischen Rönne und Artlenburg wurde im Vorfeld ein Leistungsverzeichnis und Lagepläne erstellt. In einer beschränkten Ausschreibung ohne Teilnehmerwettbewerb wurde über das Vergabeportal vergabe. Niedersachsen drei Unternehmen über diese Ausschreibung informiert und aufgefordert, ein Angebot abzugeben. Nach einer fristgerechten Wartezeit von 10 Tagen fand am 13.12.2022 die Angebotsöffnung (Submission) statt. Die Angebote der drei Unternehmen wurden verglichen und das Angebot des wirtschaftlichsten Unternehmens wurde beauftragt. Die Unternehmen wurden über die Entscheidung informiert. Die Wahl fiel auf das Baugrundlabor Lüneburg GmbH. Dieses führte ab dem 24.01.2023 Baugrunduntersuchungen auf der gesamten Elbstrecke zwischen Rönne und Artlenburg durch. Dabei wurden alle 250 m in der Binnen- und Außenböschung und in der Deichkrone Kleinrammbohrungen durchgeführt, um die Mächtigkeit der Kleischicht zu ermitteln. Insgesamt waren es 156 Kleinrammbohrungen mit einer Tiefe von ca. 2 m (siehe Abbildung 29).

Zu den Aufgaben des Baugrundlabors gehörte ebenfalls das Verfüllen der Bohrlöcher mit Quellton, sowie das Einmessen aller Bohransatzpunkte in ihrer Höhe und Lage. Im Anschluss an die Kleinrammbohrungen war ein Bericht mit den Messergebnissen, den Schichtenverzeichnissen, den Protokollen der Probeentnahme und der Verfüllprotokolle durch das Unternehmen erstellt und dem Auftraggeber übergeben worden.

Die Kleistärken der Bohrprofile des gesamten Planungsgebietes sind im Anlage 6 und der Excel-Tabelle „Zusammenfassung der Bohrprofile“ (Anlage 7.4) aufgeführt. Zum Schluss wurden die Bohrprofile ausgewertet und die Mittelwerte der Kleistärken ermittelt (siehe Tabelle 8). Diese sind für die Massenberechnung der Detailabschnitte anzunehmen und im Anschluss auf die 13,1 km überschläglich hochzurechnen.



Abbildung 31: Bohrkern der Kleinrammbohrung in Tespe;  
Quelle: T. Wilhelms, 27.01.2023

Tabelle 8: Mittelwerte Kleischichtdicken der gesamten Deichstrecke

Messprofil	Mittelwert (m)
Binnen	0,51
Krone	0,68
Außen	0,98

Im Querprofil 2 (Anlage 5.2) ist die Kleischicht eingezeichnet worden, um anschließend die Massen zu ermitteln.

Es wurde für den Detailbereich der vorhandene Klei auf der Außenböschung, Binnenböschung, Deichkrone und der Kleisporn am Deichfuß außen abgeschätzt. Nach dieser durchgeführten Schätzung kann mit einer Gesamtmenge von rund 24.700 m<sup>3</sup> Klei gerechnet werden. Diese Mengen verteilen sich mit rund 12.838 m<sup>3</sup> auf die Außenböschung, mit rund 3.223 m<sup>3</sup> auf die Binnenböschung und mit rund 5.151 m<sup>3</sup> auf die Deichkrone. Der Kleisporn hat ein Volumen von rund 3.480 m<sup>3</sup>.

Das neue Ausbauprofil soll Außendeichs eine Kleistärke von 1,30 m und Binnendeichs von 1,00 m aufweisen. In Abhängigkeit von der Kleiqualität kann auch eine stärkere Kleischicht eingebaut werden. So wurde die Kleimenge für das Ausbauprofil auf 33.520 m<sup>3</sup> geschätzt. Es wird also für diesen Detailabschnitt 8.828 m<sup>3</sup> zusätzlicher Klei benötigt, um die geforderte Kleistärken herzustellen.

Das vorhandene Volumen an Sand, welches für die stärkere Kleischicht zuvor abgetragen werden muss, ist für den Detailabschnitt ADV 1 auf 6.350 m<sup>3</sup> überschläglich berechnet worden. Für das neue Ausbauprofil ist durch die kürzere Außenböschung der vorhandene Kleisporn mit Sand aufzufüllen, dafür werden rund 4.215 m<sup>3</sup> benötigt. Für die Erhöhung der Binnen- und Außenberme werden rund 4.850 m<sup>3</sup> Sand benötigt. Somit werden insgesamt 9.065 m<sup>3</sup> Sand für den Detailabschnitt gebraucht. Da in dem Abschnitt schon 6.350 m<sup>3</sup> Sand abgetragen wurden, werden zusätzlich 2.715 m<sup>3</sup> Sand benötigt.

Die hier ermittelten Massen sind überschlägliche Berechnungen. Das exakte Volumen ergibt sich bei der genaueren Planung.

Tabelle 9: Kosten Detailabschnitt ADV 1

	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten [€]</b>
100	Grundstück - Grunderwerb	
200	Herrichten und Erschließen	0
300	Bauwerk - Baukonstruktion	1.232.000
400	Bauwerk - Technische Anlagen	0
500	Außenanlagen	0
600	Ausstattung und Kunstwerke	0
700	Baunebenkosten	184.800
	<b>Gesamtkosten Brutto</b>	<b>1.827.700</b>

## 6.5 Ermittlung der Kosten

Die Kosten wurden aufgrund der Betrachtung in dem Ausbau-Querprofil Deich-km 39,444 ermittelt und auf die Länge des Abschnitts hochgerechnet. Es handelt sich um eine überschlägliche Kostenabschätzung. Zur Ermittlung wurden Preise auf Basis aktueller Auftrags-LV des NLWKN (2022) verwendet. Zudem wurde die DIN 276 berücksichtigt. Die DIN legt die Grundsätze der Kostenplanung im Bauwesen fest. Die Kosten werden in acht Kostengruppen gegliedert. In der Kostengruppe 300 sind die Positionen Baustelleneinrichtung, Abbrucharbeiten, Erdarbeiten, Wege- und Straßenbauarbeiten sowie Pflasterbauarbeiten berücksichtigt worden. Des Weiteren wurde die Kostengruppe 700 Baunebenkosten berücksichtigt. Bei der konkreten Planung kommen die Kosten für den Grunderwerb (Kostengruppe 100) hinzu. Diese Kosten können vorher nicht abgeschätzt werden.

Zu den Nettosummen wird ein Zuschlag von 10% berechnet, um Ungenauigkeiten abzufangen. Abschließend wird zu den Nettosummen noch die Mehrwertsteuer von 19 % addiert, um auf die Bruttokosten zu kommen (siehe Tabelle 9 und Anlage 7.6).

## 7. Umsetzung des Maßnahmenkonzeptes für den Bereich ADV 2 – Deich-km 37,4 bis 36,5

### 7.1 Berechnung des Wellenaufbaus

Die Erklärungen zum Wellenaufbau und zu den benötigten Reduktionsfaktoren ist dem Kapitel 6.1 zu entnehmen.

Auch für diesen Detailabschnitt kann mit Hilfe vom Diagramm zur Seegangsvorhersage nach SPM für Tiefwasserbedingungen (CERC, 1984) die Parameter Windgeschwindigkeit und Windwirklänge abgelesen werden. So beträgt bei einer Wellenhöhe von 0,25 m und einer Wellenperiode von 1,8 s, die Windgeschwindigkeit 9,65 m/s und die Windwirklänge 2,4 km.

#### Berechnung des Wellenaufbaus:

Zuerst werden die Reduktionsfaktoren für das Querprofil 3 (Deich-km 36,834) ermittelt.

Der Reduktionsfaktor, kurz gemähtes Gras, liegt bei 1,0. In der Abbildung 30 ist der Wellenangriffswinkel dargestellt. Auch hier kommt der Wind aus Nordwesten (Seegang bei Sturm aus 315°). Somit liegt der Wellenangriffswinkel bei  $\Theta = 85,9^\circ$ .

Um den Reduktionsfaktor  $Y_e$  zur Berechnung von  $Y_e$  gilt folgende Formel:  $Y_e = 1 - 0,0022 * \Theta$ . Wichtig ist, dass die Formel nur gilt, wenn  $\Theta < 80^\circ$  ist. Da der Wellenangriffswinkel hier über  $80^\circ$  liegt und es keine andere Formel gibt, wird der Winkel auf  $79^\circ$  reduziert und näherungsweise dennoch die Formel von Van der Meer und de Waal genutzt. Somit beträgt der Reduktionsfaktor 0,826. Bei weiterer Literaturrecherche ist es zu keinem Ergebnis für Winkel größer  $80^\circ$  gekommen.

Für den Einfluss einer Berme gilt die Bedingung  $d_h > 2,0 * H_s$ . Denn  $d_h = 2,8$  m und  $2 * H_s = 0,5$  m, somit ist  $Y_b = 1,0$ .

Nach dem die Reduktionsfaktoren bestimmt waren, wurde die Böschungsneigung vom vermessenen Querprofil abgelesen. Um im Anschluss durch die Wellenaufformel von Hunt, den Wellenaufbau für den Detailabschnitt zu berechnen. So wird ein Wellenaufbau von 0,48 m bestimmt.

$$z_{98} = 1,6 * 1,0 * 1,0 * 0,824 * \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s}^2}{2 * \pi}} * \sqrt{0,25 \text{ m} * 1,6 \text{ s} * 0,30} = 0,48 \text{ m}$$

Die Excel – Tabelle mit der Berechnung ist im Anlage 7.1 zu finden.

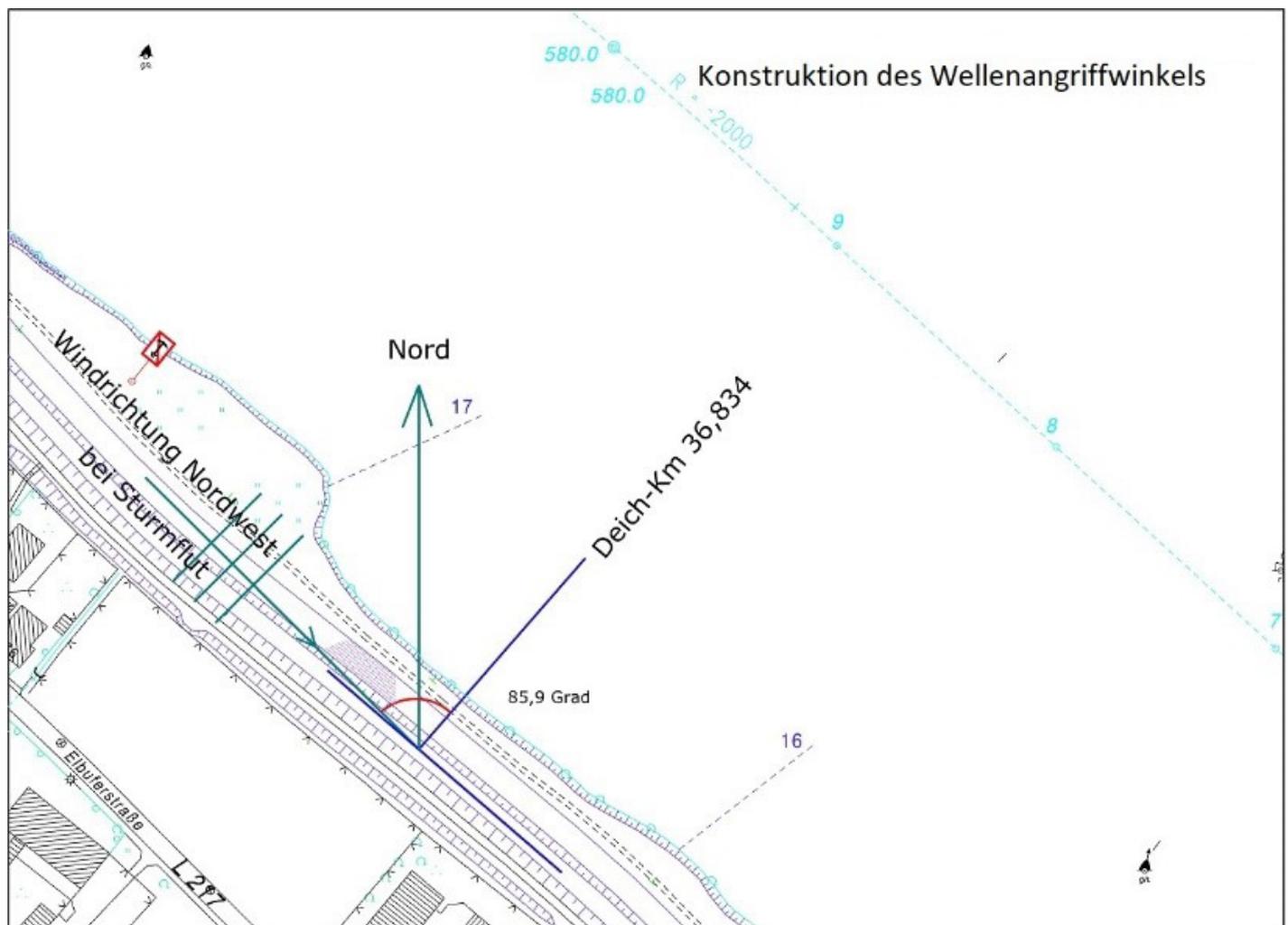


Abbildung 32: Konstruktion des Wellenangriffswinkels Querprofil 3, Quelle: T. Wilhelms, 14.03.2023

## 7.2 Festlegung der Deichsollhöhe

Für den Detailabschnitt von Deich-km 37,400 bis 36,500 wurde die Deichsollhöhe ebenfalls durch die Addition des Sturmflutszenarios und des Wellenaufbaus berechnet. Der Tabelle 10 sind die Deichsollhöhen zu entnehmen. Das Planungsprofil im Zuge dieses Rahmenentwurfes ist farbig markiert (siehe Anlage 5.3). Der im Anlage 4.2 zu findende Längsschnitt zeigt die Deich-Ist, Deich-Sollhöhe sowie die Wasserspiegellagen des Bemessungshochwassers und des Bemessungssturmflutszenarios. In diesem Bereich ist es bei Deich-km 36,830 zu einer Setzung gekommen (siehe Anlage 4.2).

Tabelle 10: berechnete Deichsollhöhen Detailabschnitt ADV 2

Deich-km	Sturmflutszenario (m ü. NHN)	Wellenaufbau (m)	Deichsollhöhe (m ü. NHN)
37,396	9,157	0,48	9,63
37,300	9,159	0,48	9,63
36,209	9,161	0,48	9,64
37,116	9,165	0,48	9,64
36,028	9,167	0,48	9,64
36,939	9,171	0,48	9,65
36,834	9,173	0,48	9,65
36,747	9,176	0,48	9,65
36,648	9,180	0,48	9,66
36,545	9,183	0,48	9,66

## 7.3 Festlegung des Ausbauprofils

Für diesen Abschnitt wurde die Variante verbreitern nach binnen gewählt, denn es handelt sich hier um einen scharliegenden Deich ohne Vorland. Somit ist die Variante nach außen oder mittig hier nur schwer und mit hohem Aufwand möglich, um das Deichprofil anzupassen (siehe Anlage 5.3).

Bei dieser Variante bleibt die Neigung der Außenböschung bei 1:3 und wird an der Außendeichschulter verlängert, um auf die berechnete Deichsollhöhe von 9,65 m ü. NHN zu kommen. Zudem wird Außendeichs der 3,50 m breite DUW auf einer Höhe von 6,00 m ü. NHN direkt an die Deichböschung angeschlossen. Durch die Anlage einer Berme verkürzt sich die Außendeichböschung um ca. 1,0 m. Auf der Deichböschung wird wieder Betonsteindeckwerk eingebaut und auf dem DUW wird Betonsteindeckwerk verlegt. An dem DUW schließt eine 2,00 m breite Berme an.

Die Deichkrone ist 5,00 m breit und hat eine mittige Neigung von 6 %. Daran schließt Binnendeichs eine Böschung mit einer Neigung von 1:3 an. Die 6 m breite Berme am Deichfuß liegt 0,34 m unter dem Bemessungshochwasser. Der DVW schließt an die Berme an und ist 3,50 m breit. An dem DVW liegt eine 2 m breite Berme, diese hat eine Neigung von 8 %. Der Entwässerungsgraben mit einer Neigung von 1:3 und einer Sohlentiefe von 0,50 m, sowie einer 0,80 m breiten Sohle liegt neben der 2 m breiten Binnenberme. Der Graben ist 3,21 m breit und hat binnen eine Neigung von 1:2.

## 7.4 Ermittlung der Massen

Für diesen Detailabschnitt werden die Mittelwerte der Kleischichtdicke der gesamten Strecke angenommen, um die Massen zu berechnen (siehe Kapitel 6.4, Tabelle 8).

Um die Massen für diesen Abschnitt zu ermitteln, ist am Querprofil 3 (Anlage 5.3) die Kleistärke eingezeichnet. So kann das vorhandene Kleivolumen für den 900 m langen Abschnitt überschlägig berechnet werden.

Es wurde für den Detailbereich der vorhandene Klei auf der Außenböschung, Binnenböschung, Deichkrone und der Kleisporn am Deichfuß außen abgeschätzt. Gemäß dieser durchgeführten Schätzung kann mit einer Gesamtmenge von rund 17.578 m<sup>3</sup> Klei gerechnet werden. Diese Mengen verteilen sich mit rund 11.599 m<sup>3</sup> auf die Außenböschung, mit rund 3.213 m<sup>3</sup> auf die Binnenböschung und mit rund 2.766 m<sup>3</sup> auf die Deichkrone. Der Kleisporn hat ein Volumen von rund 3.465 m<sup>3</sup>.

Das neue Ausbauprofil soll Außendeichs eine Kleistärke von 1,30 m und Binnendeichs von 1,00 m aufweisen. In Abhängigkeit von der Kleiqualität kann auch eine stärkere Kleischichtdicke eingebaut werden. Für das Ausbauprofil wurde die benötigte Kleimenge auf 28.746 m<sup>3</sup> geschätzt. Um die geforderte Dicke herzustellen, werden 11.169 m<sup>3</sup> Klei benötigt.

Das vorhandene Volumen an Sand, wird für die einzubauende Kleischicht zuerst abgetragen und ist für diesen Detailabschnitt auf 4.324 m<sup>3</sup> überschlägig ermittelt worden. Für das neue Ausbauprofil ist durch die verkürzte Außenböschung (vgl. 7.3) der vorhandene Kleisporn mit Sand aufzufüllen. Auch für die längere Binnenböschung und die Erhöhung der

Bermen wird Sand benötigt. Insgesamt sind ca. 13.590 m<sup>3</sup> Sand für diesen Abschnitt erforderlich. Nach dem der benötigte Sand vom vorhandenen Sand subtrahiert wurde, wird eine zusätzliche Sandmenge von 9.267 m<sup>3</sup> benötigt. Die Berechnungen sind im Anlage 7.5 zu finden.

Die hier ermittelten Massen sind überschlägliche Berechnungen. Das exakte Volumen ergibt sich bei der genauen Planung.

## 7.5 Ermittlung der Kosten

Die Kosten wurden aufgrund der Betrachtung in dem Ausbau-Querprofil Deich-km 39,444 ermittelt und auf die Länge des Abschnitts hochgerechnet. Es handelt sich um eine überschlägige Kostenabschätzung. Zur Ermittlung wurden Preise auf Basis aktueller Auftrags-LV des NLWKN verwendet, zuvor wurden die Kostengruppen anhand der DIN 276 festgelegt. In der Kostengruppe 300 sind die Positionen Baustelleneinrichtung, Abbrucharbeiten, Erdarbeiten, Wege- und Straßenbauarbeiten sowie Pflasterbauarbeiten berücksichtigt worden. Des Weiteren wurde die Kostengruppe 700 Baunebenkosten berücksichtigt. Bei der konkreten Planung kommen die Kosten für den Grunderwerb (Kostengruppe 100) hinzu. Diese Kosten können vorher nicht abgeschätzt werden.

Zu den Nettosummen wird ein Zuschlag von 10% berechnet, um Ungenauigkeiten abzufangen. Abschließend wird zu den Nettosummen noch die Mehrwertsteuer von 19 % addiert, um auf die Bruttokosten zu kommen (siehe Tabelle 11 und Anlage 7.6).

Tabelle 11: Kosten Detailabschnitt ADV 2

	<b>Kostengruppe</b>	<b>Kosten [€]</b>
100	Grundstück - Grunderwerb	
200	Herrichten und Erschließen	0
300	Bauwerk - Baukonstruktion	2.952.900
400	Bauwerk - Technische Anlagen	0
500	Außenanlagen	0
600	Ausstattung und Kunstwerke	0
700	Baunebenkosten	442.935
	<b>Gesamtkosten Brutto</b>	<b>4.380.600</b>

## 8. Umsetzung des Maßnahmenkonzeptes für den Bereich ADV 3 – Deich-km 33,2 bis 32,3

### 8.1 Berechnung des Wellenaufbaus

Die Erklärungen zum Wellenaufbau und zu den benötigten Reduktionsfaktoren ist dem Kapitel 6.1 zu entnehmen.

Für diesen Detailabschnitt ist die Windgeschwindigkeit und die Windwirklänge ebenfalls wie bei dem Detailabschnitt ADV 2, 9,65 m/s und 2,4 km.

#### Berechnung des Wellenaufbaus:

Der Reduktionsfaktor  $Y_f$  mit einer Oberfläche von durchgehender, undurchlässiger Böschungsbefestigung, kurz gemähtes Gras, liegt bei 1,0.

In der Abbildung 31 ist der Wellenangriffswinkel dargestellt. Auch hier kommt der Wind aus Nordwesten (Seegang bei Sturm aus 315°). Der Wellenangriffswinkel liegt bei  $\Theta = 68,05^\circ$ . Somit kann die Formel  $Y_e = 1 - 0,0022 * \Theta$  angewendet werden.

$$Y_e = 1 - 0,0022 * 68,05 = 0,85$$

Der Reduktionsfaktor beträgt nach Anwendung der oben genannten Formel 0,85.

Für den Einfluss einer Berme gilt die oben genannte Bedingung. Denn  $d_h = 2,8$  m und  $2 * H_s = 0,5$  m, somit ist  $Y_b = 1,0$ .

Nachdem die Reduktionsfaktoren bestimmt waren, wurde die Böschungsneigung vom vermessenen Querprofil 5 abgelesen. Um im Anschluss durch die Wellenaufbauformel von Hunt den Wellenaufbau für den Detailabschnitt zu berechnen. So wird ein Wellenaufbau von 0,41 m bestimmt.

$$z_{98} = 1,6 * 1,0 * 1,0 * 0,85 * \sqrt{\frac{9,81 \text{ m/s}^2}{2 * \pi}} * \sqrt{0,25 \text{ m} * 1,8 \text{ s} * 0,27} = 0,41 \text{ m}$$

Die Excel – Tabelle mit der Berechnung ist im Anlage 7.1 zu finden.

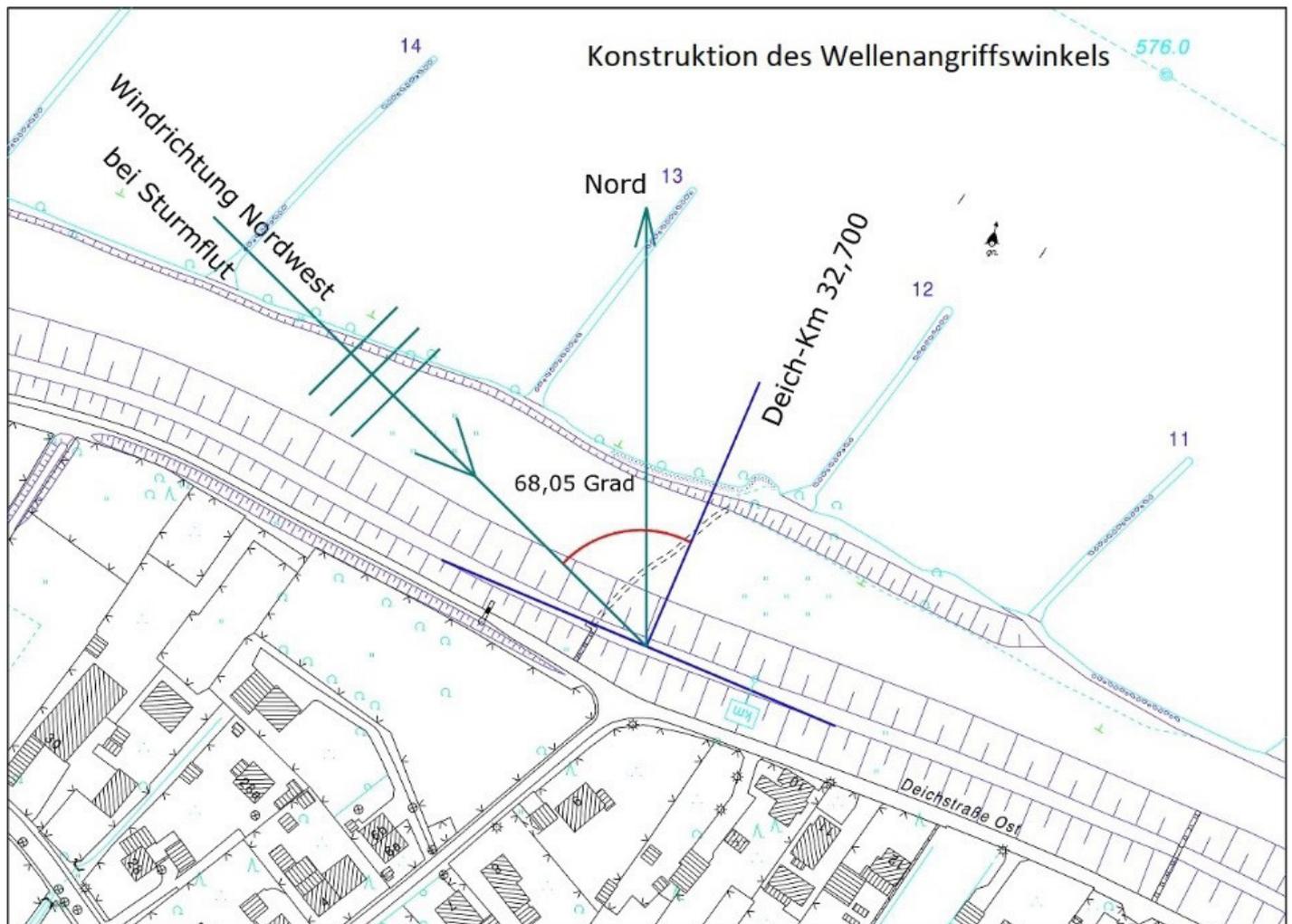


Abbildung 33: Konstruktion des Wellenangriffswinkels Querprofil 5, Quelle: T. Wilhelms, 14.03.2023

## 8.2 Festlegung der Deichsollhöhe

Die Deichsollhöhe für den Detailabschnitt Deich-km 33,300 bis 32,300 wurde bestimmt, in dem das Sturmflutszenario SFA2021OF (2021) mit dem maßgebenden Wellenauflauf addiert wurde. Der Tabelle 12 sind die berechneten Deichsollhöhen zu entnehmen. Das Planungsprofil im Rahmen dieser

Arbeit ist farbig markiert (siehe auch Anlage 5.5). Auch für diesen Abschnitt wurde ein Längsschnitt erstellt. Dieser zeigt die Deichist- und Deichsollhöhen, sowie die Wasserspiegellagen der beiden Szenarien. Im Anlage 4.3 ist der Längsschnitt zu finden. Die Vermessung hat gezeigt, dass sich der Deich bei Deich-km 32,700 lokal gesetzt hat.

Tabelle 12: berechnete Deichsollhöhen Detailabschnitt ADV 3

Deich-km	Sturmflutszenario (m ü. NHN)	Wellenauflauf (m)	Deichsollhöhe (m ü. NHN)
33,195	9,261	0,41	9,67
33,105	9,263	0,41	9,67
33,015	9,266	0,41	9,67
32,922	9,268	0,41	9,67
32,831	9,272	0,41	9,68
32,700	9,274	0,41	9,68
32,647	9,278	0,41	9,68
32,551	9,280	0,41	9,69
32,456	9,284	0,41	9,69
32,359	9,286	0,41	9,69
32,259	9,287	0,41	9,69

## 8.3 Festlegung des Ausbauprofils

Anhand des Querprofils 5 (Anlage 5.5) wird die Variante „mittig“ dargestellt. Diese Variante wurde für den Abschnitt gewählt, da es hier mehr Vorland gibt als beim Detailabschnitt ADV 2. Ein weiterer Wichtiger Punkt ist, dass der Deich in diesem Abschnitt seine Ausbauhöhe erreicht hat und somit die Variante mittig den Vorteil hat, dass die Deichkrone weitestgehend erhalten bleiben kann. Nur die Breite und Neigung der Wege und der Deichkrone müssen angepasst werden. Der Deich wird also nach binnen und außen nicht viel breiter.

Bei dieser Variante ist es auch wichtig, dass die Binnenberme >1,5 m unter dem BHW und 0,5 m über dem MThw liegt. Die Außendeichschulter bleibt bei 9,98 m ü. NHN. Die Außendeichböschung bleibt mit einer Neigung von 1:3,69 erhalten. An die Böschung schließt eine 3 m breite Berme an, sowie ein DUW und eine 2 m breite Berme. Die Deichkrone muss eine Breite von 5 m aufweisen, somit muss die Krone um ca. 28 cm verbreitert werden und eine Neigung von 6 % erhalten. Die Binnendeichböschung bleibt bei einer Neigung von 1:3,78. An dem Deichfuß schließt eine 3 m breite Berme an, mit einem Gefälle von 1:10. Der daran anliegende DVW hat ein Gefälle von 2,5 % und ist 3,50 m breit. Da sich hier eine Zufahrt zum Deich befindet, ist im Querprofil 5 kein Entwässerungsgraben eingezeichnet. Dieser muss aber auf der Strecke ebenfalls mitberücksichtigt werden.

## 8.4 Ermittlung der Massen

Auch für diesen Detailabschnitt wurden für die Massenermittlung die Mittelwerte der Kleinrammbohrung verwendet (siehe Tabelle 8 und Anlage 7.5). Die vorhandenen Kleistärken sind im Querprofil eingezeichnet worden.

Für den Detailbereich wurde der vorhandene Klei auf der Außenböschung, Binnenböschung, Deichkrone und der Kleisporn am Deichfuß außen abgeschätzt. Gemäß dieser durchgeführten Schätzung kann mit einer Gesamtmenge von rund 23.706 m<sup>3</sup> Klei gerechnet werden. Diese Mengen verteilen sich mit rund 14.023 m<sup>3</sup> auf die Außenböschung, mit rund 6.793 m<sup>3</sup> auf die Binnenböschung und mit rund 2.888 m<sup>3</sup> auf die Deichkrone. Der Kleisporn hat ein Volumen von rund 3.132 m<sup>3</sup>.

Das neue Ausbauprofil soll Außendeichs eine Kleistärke von 1,30 m und Binnendeichs von 1,00 m aufweisen. In Abhängigkeit von der Kleiqualität kann auch eine stärkere Kleischichtdicke eingebaut werden. Die Kleimenge für das neue Ausbauprofil wird auf 35.370 m<sup>3</sup> geschätzt. Für die Anpassung des Deiches werden somit rund 11.665 m<sup>3</sup> Klei benötigt.

Das vorhandene Volumen an Sand, was für die stärkere Kleischicht zuerst abgetragen werden muss, ist für den Detailabschnitt auf 8.244m<sup>3</sup> geschätzt worden. Für das neue Ausbauprofil wird durch die kürzere Binnenböschung und die etwas verkürzte Außenböschung, sowie für die Erhöhung der Bermen rund 14.220 m<sup>3</sup> Sand benötigt. Nach dem der Sandbedarf von der vorhandenen Sandmenge abgezogen wurde, ist für diesen Abschnitt eine Sandmenge von 5.976 m<sup>3</sup> erforderlich.

Die hier ermittelten Massen sind überschlägliche Berechnungen. Das exakte Volumen ergibt sich bei der genaueren Planung.

Tabelle 13: Kosten Detailabschnitt ADV

Kostengruppe		Kosten [€]
100	Grundstück - Grunderwerb	
200	Herrichten und Erschließen	0
300	Bauwerk - Baukonstruktion	910.620
400	Bauwerk - Technische Anlagen	0
500	Außenanlagen	0
600	Ausstattung und Kunstwerke	0
700	Baunebenkosten	136.593
<b>Gesamtkosten Brutto</b>		<b>1.350.900</b>

## 8.5 Ermittlung der Kosten

Die Kosten wurden aufgrund der Betrachtung in dem Ausbau-Querprofil Deich-km 39,444 ermittelt und auf die Länge des Abschnitts hochgerechnet. Es handelt sich um eine überschlägliche Kostenabschätzung. Zur Ermittlung wurden Preise auf Basis aktueller Auftrags-LV des NLWKN verwendet, zuvor wurden die Kostengruppen anhand der DIN 276 festgelegt. In der Kostengruppe 300 sind die Positionen Baustelleneinrichtung, Abbrucharbeiten, Erdarbeiten, Wege- und Straßenbauarbeiten sowie Pflasterbauarbeiten berücksichtigt worden. Des Weiteren wurde die Kostengruppe 700 Baunebenkosten berücksichtigt. Bei der konkreten Planung kommen die Kosten für den Grunderwerb (Kostengruppe 100) hinzu. Diese Kosten können vorher nicht abgeschätzt werden.

Zu den Nettosummen wird ein Zuschlag von 10% berechnet, um Ungenauigkeiten abzufangen. Abschließend wird zu den Nettosummen noch die Mehrwertsteuer von 19 % addiert, um auf die Bruttokosten zu kommen (siehe Tabelle 13 und Anlage 7.6).

## 9. Naturschutzfachliche Betrachtung

Die ausgewiesenen Naturschutzgebiete (vgl. Kap. 2.8.) bezwecken insbesondere die Erhaltung und Entwicklung der Elbe mit einer naturnahen Aue und ihrer Lebensgemeinschaften. Besonders hervorzuheben ist das typische Mosaik aus Flach- und Tiefwasserbereichen, naturnahen Uferbereichen mit Röhrichten und Uferstaudenfluren mit einer möglichst naturnahen Dynamik von Strömungs- und Transportprozessen und eines ökologisch durchgängigen Flusslaufes als (Teil-)Lebensraum. Dem Schutz und der Förderung charakteristischer Tier- und Pflanzenarten der Flussniederung,

insbesondere der Vogel-, Säugetier-, Reptilien-, Amphibien-, Fisch- und Rundmaularten sowie ihrer Lebensgemeinschaften, Lebensstätten und Wuchsstandorte kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu.

Auf Grundlage der FFH-Basiserfassung (Inula 2014) wurden in einem außendeichs liegenden Korridor mit 10 m Breite entlang des Deichfußes alle potentiell von einer Deichverstärkung betroffenen Biotoptypen und FFH-Lebensraumtypen (FFH-LRT) ermittelt. Um die Ergebnistabelle der betroffenen Typen und deren Flächenmächtigkeit im Rahmen dem Rahmen der Ausarbeitung entsprechend zu gestalten, wurden lediglich die jeweiligen Biotoptypen ohne Nebencodes betrachtet.

Tabelle 14: Betroffene Biotoptypen im potenziellen Deichkorridor (Inula 2014)

Biotoptyp	Flächenverlust
Wechselfeuchtes Weiden-Auengebüsch (BAA)	512 m <sup>2</sup>
Nährstoffreicher Graben (FGR)	16 m <sup>2</sup>
Mäßig ausgebauter Tieflandfluss mit Sandsubstrat (FVS)	1.102 m <sup>2</sup>
Artenarmes Extensivgrünland der Überschwemmungsbereiche (GEA)	7.012 m <sup>2</sup>
Sonstiger Flutrasen (GFF)	33.268 m <sup>2</sup>
Intensivgrünland der Überschwemmungsbereiche (GIA)	28.168 m <sup>2</sup>
Mageres mesophiles Grünland kalkarmer Standorte (GMA)	71 m <sup>2</sup>
Mesophiles Grünland mäßig feuchter Standorte (GMF)	13.869 m <sup>2</sup>
Sonstiges mesophiles Grünland (GMS)	5.127 m <sup>2</sup>
Sonstiger Einzelbaum/Baumgruppe (HBE)	1.048 m <sup>2</sup>
Rohrglanzgras-Landröhricht (NRG)	2.787 m <sup>2</sup>
Steinschüttung/-wurf an Fließgewässern (OQS)	2.060 m <sup>2</sup>
Parkplatz (OVP)	960 m <sup>2</sup>
Weg (OVW)	740 m <sup>2</sup>
Naturnahes Altwasser (SEF)	1.099 m <sup>2</sup>
Naturnaher, nährstoffreicher See / Weiher natürlicher Entstehung (SEN)	1.453 m <sup>2</sup>
Artenarme Landreitgrasflur (UHL)	620 m <sup>2</sup>

Die FFH-Lebensraumtypen wurden auf Grund ihres besonderen und vorzeitigen Kompensationserfordernisses separat betrachtet.

Tabelle 15: Betroffene FFH-Lebensraumtypen im potenziellen Deichkorridor (Inula 2014)

FFH-LRT	Zustand	Flächenverlust
3150 – Natürliche und naturnahe nährstoffreiche Stillgewässer mit Laichkraut- oder Froschbiss-Gesellschaften	B	817 m <sup>2</sup>
3150 – Natürliche und naturnahe nährstoffreiche Stillgewässer mit Laichkraut- oder Froschbiss-Gesellschaften	C	143 m <sup>2</sup>
3270 – Flüsse mit Gänsefuß- und Zweizahn-Gesellschaften auf Schlammbänken	C	1.101 m <sup>2</sup>
6510 – Magere Flachland-Mähwiesen	B	50.840 m <sup>2</sup>
6510 – Magere Flachland-Mähwiesen	C	12.032 m <sup>2</sup>

Tabelle 16: Erhaltungszustände der betroffenen FFH-Lebensraumtypen (BfN 2019, NLWKN 2011a &b und NLWKN 2021)

EU-Code	Erhaltungszustand in der kontinentalen biogeografischen Region Deutschlands	Flächengröße im Gebiet und bezogen auf die Gesamtfläche des FFH-Gebiets in %
3150	ungünstig-schlecht	560 ha 2,47 %
3270	ungünstig-schlecht	3.000 ha 13,25 %
6510	ungünstig-schlecht	2.237 ha 9,88 %

## Arten

### Meerneunauge (*Petromyzon marinus*)

Meeresneunaugen leben abhängig von Lebensalter und Jahreszeit in Flüssen und Küstengewässern. Ideale Bedingungen findet das Meerneunauge in sauerstoffreichen Fließgewässern mit überströmten Kiesbänken und örtlichen Feinsedimenten. Am Wehr Geesthacht werden jährlich bis zu 214 Individuen dokumentiert (Hufgard et al. 2013). Auch auf Landesebene steigt die registrierte Individuenzahl. Dennoch wird der Erhaltungszustand für das FFH-Gebiet mit schlecht beurteilt.

### Flussneunauge (*Lampetra fluviatilis*)

Während die Flussneunaugen die larvale Phase im Süßwasser verbringt, leben die adulten Tiere im Meer. Zur Fortpflanzung legen Flussneunaugen Laichgruben an. Dazu benötigen sie flach überströmte Bereiche mit kiesigem Grund. Die Bestandsentwicklung in Niedersachsen ist positiv.

### Lachs (*Salmo salar*)

Adulte Lachse kehren nach einer mehrjährigen Fress- und Wachstumsphase, die sie im Nordatlantik verbringen, zu ihren Laichgründen zurück. Diese Laichgründe sind auch in ganz Niedersachsen verbreitet. Der Lach ist bei dieser Wanderung durchaus in der Lage größere Hindernisse und Gegenströmungen zu überwinden. Laichhabitate sollten möglichst sauerstoffreiche und kiesige Gewässer mit geringem Feinsandanteil sein. Das betroffene FFH-Gebiet nach der Oste das wichtigste Gebiet für Lachse in Niedersachsen (Steinmann & Bless 2004a).

### Rapfen (*Aspius aspius*)

Rapfen kommen in rasch strömenden, größeren Fließgewässern mit Kiesgrund, aber auch in größeren Seen sowie im Brackwasser vor (Gebhardt & Ness 1997). Der Rapfen lebt oberflächenorientiert und ernährt sich als Räuber hauptsächlich von anderen Fischen, gelegentlich aber auch von Fröschen, kleinen Wasservögeln und Kleinsäugetern (Steinbach 1984; Muus & Dahlström 1993). Als Jungfisch lebt der Rapfen in kleinen Schwärmen in Ufernähe. Mit zunehmendem Alter wird er jedoch zum Einzelgänger, der sich insbesondere in der Flussmitte aufhält. Zur Laichzeit zwischen April bis Juni ziehen die Fische zu kiesigen Stellen rasch fließender Gewässer (Gebhardt & Ness 1997).

### Bitterling (*Rhodeus amarus*)

Bitterlinge bevorzugen warme oder wenig fließende Gewässer mit hohem Pflanzenreichtum und sandig-schlammigen Untergrund. Dort halten sie sich vermehrt in Flachwasserbereichen auf. Der Bitterling ist in seinem Lebenszyklus auf Großmuscheln (z.B. Große Flussmuschel, Große Teichmuschel) angewiesen. Die Eiablage der Bitterling erfolgt in den Kiemenraum der Großmuscheln. Dort wachsen die Larven vergleichsweise geschützt für 2-3 Wochen heran (Schaumburg 1989).

### Steinbeißer (*Cobitis taenia*)

Steinbeißer leben am Boden von sauerstoffreichen Fließgewässern, wo sie tagsüber in kiesigen und sandigen Substraten eingegraben leben. Der Steinbeißer ist nicht gefährdet und scheint in der Ausbreitung begriffen zu sein. Der Steinbeißer wird im Anhang II der FFH-Richtlinie geführt und ist damit europaweit geschützt (Steinmann & Bless 2004b).

### Schlammpeitzger (*Misgurnus fossilis*)

Der Schlammpeitzger lebt in nährstoff- und pflanzenreichen Gewässern mit geringer Fließgeschwindigkeit und schlammigen Grund. Schlammpeitzger sind, auf Grund eines dünnhäutigen Darmabschnitts, in der Lage auch atmosphärischen Sauerstoff aufzunehmen und temporäres Trockenfallen von Gewässern im Winter gut zu überstehen. Der Europäische Schlammpeitzger ist auf der Roten Liste als „stark gefährdet“ aufgeführt (Steinmann & Bless 2004c).

### Biber (*Castor fiber*)

Biber besiedeln ihre Reviere meist verpaart sowohl an stehenden, als auch an fließenden Gewässern. Die Reviere erstrecken sich meist über 1-5 km Uferstrecke, die im Radius von circa 100 m zur Nahrungssuche genutzt wird. Biber sind dazu auf Gehölzstrukturen in Gewässernähe angewiesen (Heidecke 1984). Zum Schutz vorhandener Populationen sind an Schifffahrtsstraßen und Kanälen Trittsteinbiotope notwendig. Bei der Gewässerunterhaltung sind die Belange des Bibers zu beachten.

### Fischotter (*Lutra lutra*)

Fischotter sind auf reich strukturierte Ufer mit wechselnd flachen und steilen Böschungen, sowie auf Kolke und Unterspülungen angewiesen. Daneben benötigen sie auch ungestörte Uferbereiche für Versteck- und Wurfplätze, sowie ausreichende Möglichkeiten zur Nahrungssuche. Fischotterreviere erstrecken sich, abhängig vom Nahrungsangebot, über 2 bis 20 km Uferstrecke. Fischotter sind insbesondere auf Grund von Habitatzerstörungen (Zerschneidung) gefährdet (Görner & Hackethal 1988). Fischotter werden im Anhang II der FFH-Richtlinie geführt und sind somit europaweit geschützt.

Tabelle 17: Erhaltungszustände der vorkommenden FFH-Arten des Anhang II (BfN 2019, NLWKN 2011a &b und NLWKN 2021)

Name	Erhaltungszustand in der kontinentalen biogeografischen Region Deutschlands	Flächengröße im Gebiet und bezogen auf die Gesamtfläche des FFH-Gebiets in %
Meeresneunauge	unbekannt	unbekannt
	unbekannt	unbekannt
Flussneunauge	schlecht	günstig
	unbekannt	günstig
Lachs	schlecht	unbekannt
	unzureichend	unbekannt
Rapfen	günstig	günstig
	günstig	günstig
Bitterling	unzureichend	günstig
	günstig	günstig
Steinbeißer	schlecht	günstig
	günstig	günstig
Schlammpeitzger	unbekannt	unbekannt
	unzureichend	günstig
Biber	unzureichend	schlecht
	günstig	günstig
Fischotter	unzureichend	günstig
	günstig	günstig

### Prognose möglicher Beeinträchtigungen der maßgeblichen Bestandteile und Erhaltungsziele der Schutzgebiete durch das Vorhaben

Um die Schäden an den Bestandteilen und Erhaltungszielen des Schutzgebietes zu minimieren oder gar zu vermeiden, müssen Maßnahmen zur Schadensbegrenzung ergriffen werden. Unter diese Maßnahmen fallen die Begrenzung der Bauflächen, die Festlegung naturschutzfachlicher Ausschlussflächen, die Entfernung von Gehölzen und Röhrichten außerhalb der artenschutzrechtlich problematischen Zeiten sowie der Schutz vor baubedingten Beeinträchtigungen durch umweltgefährdende Stoffe.

Da das Vorhaben eine Nacherhöhung der Hochwasserschutzanlage in der vorhandenen Linie vorsieht, sind insbesondere die anlagebedingten Wirkungen als erhebliche Eingriffe in die Bestandteile des FFH-Gebiets zu erwarten. Da die baulichen Veränderungen insbesondere Landlebensräume betreffen wird nicht in die fließende Welle des Wasserkörpers der Elbe eingegriffen. Dementsprechend wird die Elbe als Wanderkorridor nicht erheblich verändert und es werden keine Verschlechterungen für Wanderfischarten erwartet. Die Verträglichkeitsprüfung gem. §34 BNatSchG kann entfallen.

Bezüglich der Flächenverluste der wertgebenden FFH-Lebensraumtypen ist mit einer tiefgreifenden Veränderung der bestehenden Grundflächen zu rechnen. Je nach Intensität dieser Veränderung (Vegetationsentnahme, Bodenaus- und Bodeneinbau, Verdichtung, etc.) vermindert sich das Potenzial dieser Lebensräume oder es geht ganz verloren. Dieser Gesichtspunkt bedarf einer Verträglichkeitsprüfung nach §34 BNatSchG.

### Fazit

Insgesamt handelt es sich bei der Elbe mit ihrer Aue um einen naturschutzfachlichen und -rechtlich sehr wertvollen Komplex. Entsprechend sind Vorhaben, die in diesen Komplex eingreifen, in der Regel einer Prüfung gem. § 34 BNatSchG (FFH-Verträglichkeitsprüfung) zu unterziehen. Auf Grund der potenziell wertvollen beeinflussten und in Anspruch genommenen Biotop- und FFH-Lebensraumtypen ist mit umfangreichen Ausgleichs- und Ersatz- bzw. Kohärenzmaßnahmen zu rechnen.

## 10. Massenermittlung - Gesamt

In den Kapiteln der Detailschnitte wurden die Kleimächtigkeiten für die Länge des Abschnitts abgeschätzt. Um die Massen für die gesamte Deichstrecke abzuschätzen, werden die Mengen auf die gesamte Deichstrecke hochgerechnet. In der Tabelle 18 sind die Klei- und Sandmengen angegeben.

In der Tabelle 18 ist zu sehen, dass für die Deichlinie zwischen Rönne und Artlenburg rund 150.000 m<sup>3</sup> Klei und 84.000 m<sup>3</sup> Sand benötigt werden. Es handelt sich um eine Schätzung und eine Mittelwertbildung der Kleimengen. Es kann Abschnittsweise mehr oder weniger Klei und Sand benötigt werden.

Tabelle 18: Kleimengen - Gesamt

Detailabschnitte	Klei Abtrag	Klei Auftrag	Benötigter Klei	Sand Abtrag	SandAuftrag	benötigter Sand
ADV 1	24.692	33.520	8.828	6.350	9065	2.715
ADV 2	17.578	28.746	11.168	4.324	13.590	9.266
ADV 3	23.706	35.370	11.664	8.244	14.220	5.976
Gesamtmenge für Detailabschnitt	65.976	97.636	31.660	18.918	36.875	17.957
Gesamtes Planungsgebiet	308.671 m <sup>3</sup>	456.797 m <sup>3</sup>	148.126 m <sup>3</sup>	88.507 m <sup>3</sup>	172.522 m <sup>3</sup>	84.015 m <sup>3</sup>

## 11. Kostenermittlung - Gesamt

Für die Detailabschnitte wurden die Kosten in den vorherigen Kapiteln abgeschätzt und beschrieben. Um die gesamte Strecke zwischen dem Wehr Rönne und dem ESK hinsichtlich der Kosten einschätzen zu können, werden die berechneten Abschnitte auf die 13,1 km hochgerechnet. Dabei ist anzumerken, dass die Kosten davon abhängig sind, ob Deckwerk

vorgesehen ist oder nicht. Des Weiteren sind die Kosten für Deichtreppen, Bänke, die Anpassungen von Rampen und die Berücksichtigung von Besonderheiten hier als Pauschalsummen angenommen worden. Bei einer Deichtreppe ist mit Kosten von ca. 36.000 € zu rechnen. In der genaueren Planung werden die Anzahl und der genaue Ort der Rampen, Bänke und Treppen festgelegt. Die Kosten sind der Tabelle 19 und Anlage 7.6 zu entnehmen.

Tabelle 19: Kosten - Gesamt

Abschnitt	Maßnahme	Kosten [€] brutto
1	Planungsabschnitt ADV 1 Deich-km 42,200-38,000	7.675.920
2	Planungsabschnitt ADV 2 Deich-km 38,000-34,100	17.084.730
3	Planungsabschnitt ADV 3 Deich-km 34,100-31,600	3.200.250
4	Planungsabschnitt ADV 4 Deich-km 31,600-29,100	3.302.500
5	Planungsabschnitt ADV 5 Deich-km 30,180-30,050	385.700
6	Treppen, Rampen, Bänke	3.200.000
<b>Gesamtkosten für 13,1 km:</b>		<b>34.849.100</b>

## 12. Empfehlung

Auf Basis der Berechnungen und der Festlegung der Ausbauprofile wird hier eine Empfehlung für die Deichlinie zwischen Rönne und Artlenburg formuliert.

Um den Hochwasserdeich durch die Umwidmung in einen Hauptdeich anzupassen, muss sich an die technischen und gesetzlichen Grundlagen für Küsten- und Hochwasserschutzanlagen gehalten werden. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass der 13,1 km lange Abschnitt zwischen Rönne und Artlenburg von Hochwasser und Sturmfluten betroffen ist. Daraus resultiert ein Kombinationsbauwerk, denn die Deiche müssen den Sturmflutwasserständen, den lang am Deich stehenden Hochwasserständen und der Belastung aus Eis standhalten. Somit wurde bereits im Vorwege von den Bundesländern Niedersachsen und Schleswig-Holstein unter Beteiligung von Mecklenburg-Vorpommern und Hamburg festgelegt, dass der Deich eine 5 m breite Krone beibehalten soll. Diese ist typisch für Hochwasserdeiche. Auch eine Außendeichkleistärke von 1,30 m wurde festgelegt, um Wellenschlag, Eisstau und Hochwassereinstau zu berücksichtigen.

Die Berechnungsergebnisse der Deichsollhöhe zeigen, dass der Deich am Anfang des Planungsgebietes ADV 1 in der Ortslage Rönne zwischen 10 und 36 cm zu niedrig ist. Auch im ersten Detailabschnitt ist der Deich zu niedrig und muss im Durchschnitt um 15 cm erhöht werden. Im nächsten Planungsgebiet im Ort Tespe ist der Deich am Anfang um ca. 11 cm zu niedrig. Ab Deich-km 36,423 (vor dem Hafen Tespe) hat der Deich seine Ausbauhöhe erreicht und muss nicht erhöht werden. Das gilt auch für die Planungsabschnitte ADV 3 und ADV 4. Anhand der Berechnungstabelle ist zu sehen, dass der Deich im Planungsabschnitt ADV 4 rechnerisch sogar um bis zu 65 cm zu hoch ist.

Somit wird empfohlen, den Deich im Planungsgebiet ADV 1 so zu erhöhen, dass er seine Ausbauhöhe erreicht. Dabei sind die ersten 3 km zu priorisieren, da hier der größte Ausbaubedarf vorliegt. Der Deich muss in dem Abschnitt auf eine Höhe von ca. 9,33 m ü. NHN gebracht werden, damit er den Sturmflutwasserständen standhalten kann. Für den Detailabschnitt ADV 1 ist zu empfehlen, den Deich nach außen zu verstärken, da aus Platzmangel die Verstärkung nach binnen nicht möglich ist. Im nächsten Detailabschnitt des Planungsgebietes ADV 2 muss der Deich auf eine Höhe von 9,66 m ü. NHN erhöht werden. In diesem Gebiet handelt es sich um einen scharliegenden Deich, somit ist hier eine Anpassung nur nach binnen möglich. Um den Deich vor Eis und langanhaltendem Hochwasser zu schützen, wird an der Außenböschung ein Deckwerk empfohlen. Der Deich im letzten Detailabschnitt hat seine Ausbauhöhe erreicht. Für diesen Abschnitt wurde die Variante mittig gewählt, somit kann die Kronenhöhe erhalten bleiben. Damit der Deich den technischen Anforderungen entspricht, müssen in allen Detailabschnitten die weiteren Parameter wie z.B. die Höhen und Breiten der Bermen, des Deichunterhaltungsweges, des Deichverteidigungsweges und der Deichgraben angepasst werden.

Für den Erddeich zwischen Rönne und dem ESK in Artlenburg sind somit folgende Anpassungen zu empfehlen:

- Den Deich auf die errechnete Deichsollhöhe bringen
- Kronenbreite von 5 m und einer mittigen Kronenneigung von 6% einhalten
- Eine Außen- und Binnendeichböschung von 1:3 oder flacher
- Eine Kleidicke von 1,30 m Außen und von 1,00 m Binnen
- eine Außenberme bzw. Binnenberme von mind. 6 m mit einem Gefälle von 1:10
- ein DVW anschließend an die Berme mit einer Breite von 3,50 m, Neigung  $\geq 2,5\%$
- ein DUW anschließend an die Berme mit einer Breite von 3,50 m, Neigung ca. 8 % (Entwässerung sicherstellend)
- der DVW muss  $< 1,5$  m unterhalb dem Bemessungshochwasser liegen
- der DUW muss  $\geq 2,0$  m über dem MThw liegen
- an den DUW und DVW schließt eine 2 m breite Berme an, mit einer Neigung von 8 %
- Außendeichs wird die Berme an das bestehende Gelände angeglichen
- Binnendeichs ist ein Deichgraben vorzusehen
- Bei scharliegendem Deich, Belastung durch Eis oder einer ungünstigen Anströmung ist die Außenböschung mit Deckwerk zu befestigen

Des Weiteren ist es wichtig, die Bermen und DUW/DVW auf der gesamten Strecke auf ungefähr der gleichen Höhe zu planen, damit keine großen Höhenunterschiede entstehen und die Wege gut befahrbar sind.

Für die weitere Planung ist zu empfehlen, die vorhandenen Deckwerke zu erfassen, da sich in diesem Rahmenentwurf auf die Angaben des Deichbuches vom ADV und auf die digitale Bundeswasserstraßenkarte der WSV (2013) bezogen wurde.

Im gesamten Planungsgebiet befindet sich ein Deichpflegeplatz, dieser kann Vergrößert werden und zu einem Materialumschlagsplatz (MUP) werden. Dennoch sind weitere Materialumschlagsplätze festzulegen.

## 13. Zusammenfassung

Der Klimawandel sorgt durch höhere Temperaturen für das Schmelzen von Gletschern und Eisschilde. Das hat zur Folge, dass der Meeresspiegel ansteigt, die Energie in der Atmosphäre sich erhöht und zu erwarten ist, dass sich Sturmfluten verändern. Die BAW und BfG haben die Wasserspiegellagen für Hochwasserbereiche und Sturmflutbereiche neu berechnet. Beim Verschneiden der beiden Bemessungswasserspiegellagen kam es im Ergebnis dazu, dass die Sturmflutwasserstände zwischen Rönne und dem ESK höher auflaufen als die Bemessungshochwasserstände. Der Deich in dem Bereich wurde daher zum Hauptdeich umgewidmet, damit er den Sturmfluten standhalten kann. Da mit einem Eigenhochwasser der Elbe weiterhin gerechnet werden muss, ist der Deich als Kombinationsbauwerk auszubauen.

In dem vorliegenden Rahmenentwurf ist die Ermittlung des Anpassungsbedarfes des Hochwasserdeiches im Artlenburger Deichverband zwischen Rönne und Artlenburg durch die Umwidmung in einen Hauptdeich thematisiert. Dazu wurde zuerst das Planungsgebiet dargestellt und beschrieben. Anschließend wurde eine intensive Recherche für die Grundlagen der Deichbemessung, die Wellenauflaufsberechnung und eine Berechnung der Deichsollhöhen durchgeführt. Die Berechnungen der Deichsollhöhen hat ergeben, dass in dem Planungsgebiet die Deiche auf die Deichsollhöhe für den Sturmflutfall erhöht, werden müssen.

Es wurde festgestellt, dass der Deich lediglich auf einer Länge von ca. 5,8 km erhöht werden muss, um den Sturmfluten aus der Nordsee standzuhalten. Der Vergleich des Bestandprofils mit dem zurzeit gültigen Regelprofil führt zu weiteren baulichen Maßnahmen. Das Deichprofil ist in Deichhöhe, Kronenbreite und Neigung, Böschungsneigungen und die Höhen und Breiten der Bermen anzupassen. Damit der Deich die notwendigen Abmessungen und Regeln eines Kombinationsbauwerkes entspricht, sind Deichunterhaltungswege, Deichverteidigungswege und der Deichgraben ebenfalls baulich anzupassen.

Die Grundlage der Deichbemessung ist die Wellenauflaufberechnung. Da die wissenschaftliche Formel zur Ermittlung dieser nur mit Wellenangriffswinkel  $< 40^\circ$  anzuwenden ist, sollen die Ergebnisse dieses Rahmenentwurfes durch eine Modelluntersuchung überprüft werden.

Die Massenermittlung und Kostenermittlung basieren auf überschläglichen Berechnungen. Die Gesamtkosten für die bauliche Anpassung des 13,1 km langen Deichabschnittes von Rönne bis Artlenburg in einen Hauptdeich als Kombinationsbauwerk sind mit 34.849.100 € ermittelt worden.

# Literaturverzeichnis

## Gesetze, Normen und Richtlinien

DIN 4049-3 (1994-10): Hydrologie Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. Deutsches Institut für Normung e.V.

DIN 19712 (2013): Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern. Deutsches Institut für Normung e.V.

DWA-M 507-1 (2011): Deiche an Fließgewässern, Teil 1: Planung, Bau und Betrieb. Merkblatt. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

Niedersächsisches Vorschrifteninformationssystem (NI-VO-RIS): Niedersächsisches Deichgesetz. Online verfügbar unter <https://voris.wolterskluwer-online.de/browse/document/dual/3ad4926e-8707-3e34-b0f4-3762ce92e50b/3d01d3da-91ac-39f5-acf3-c5489e92d480>, zuletzt geprüft am 14.03.2022

Wasserhaushaltsgesetz WHG (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. Online verfügbar unter <https://dejure.org/gesetze/WHG>, zuletzt geprüft am 30.03.2023

## Veröffentlichte Literatur

CARSTENSEN, D. (2008): Eis im Wasserbau – Theorie, Erscheinungen, Bemessungsgrößen. Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 37. Technische Universität Dresden. Dresden

Dipl.-Ing. Klaas-Heinrich Peters, NLWKN Brake (1999): BWK-Küstenschutz Analyse, Probleme, Lösungen – Artikel: „Wie entstehen Sturmfluten?“

DOLCH, D. & HEIDECKE, D. (2004): Castor fiber Linnaeus, 1758. – In: PETERSEN, B., ELLWANGER, G., BIEWALD, G., HAUKE, U., LUDWIG, G., PRETSCHER, P., SCHRÖDER, E. & SSYMANK, A. (Bearb.): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 2: Wirbeltiere. – Bonn (Bundesamt für Naturschutz). – Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 69/2: 370-377.

EBHARD, H. & NESS, A.: Fische. – 3., durchges. Neuauflage. – München; Wien; Zürich: BLV Verlagsgesellschaft mbH., 1997

FFG (2021): Hochwasserrisikomanagementplan für den deutschen Teil der Flussgebietseinheit Elbe für den Zeitraum 2021 bis 2027. Online verfügbar unter <https://www.fgg-elbe.de/hwrm-rl/hwrm-plan.html>, zuletzt geprüft am 22.02.2023

GÖRNER, M. & HACKETHAL, H. (1988): Säugetiere Europas. – Neumann Verlag Leipzig, Radebeul: 371 S.

HEIDECKE, D. (1984): Untersuchungen zur Ökologie und Populationsentwicklung des Elbebibers, *Castor fiber albus* Matschie, 1907. – Zool. Jb. Syst. 111: 1-41.

Kuratorium für Forschung und Küsteningenieurwesen (2019): Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. Online verfügbar unter <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107432>, zuletzt geprüft am 23.03.2023

Kuratorium für Forschung und Küsteningenieurwesen (2020): Die Küste, EAK 2002 Empfehlungen für Küstenschutzwerke 3. Korrigierte Ausgabe 2020. Online verfügbar unter [https://izw.baw.de/publikationen/die-kueste/0/k88\\_2020.pdf](https://izw.baw.de/publikationen/die-kueste/0/k88_2020.pdf), zuletzt geprüft am 20.03.2023

NLWKN (1979): Generalplan für den Ausbau der Elbedeiche zwischen Schnackenburg und der Staustufe Geestacht, zuletzt geprüft am 08.03.2023

NLWKN (2005): Oberirdische Gewässer Band 23. Online verfügbar unter [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&src=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewj1zumlpdv9AhWYjaQKHfrCCM4QFn0ECAU-QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.nlwkn.niedersachsen.de%2Fdownload%2F22289%2FBroschuere\\_Hochwasserschutz\\_in\\_Niedersachsen\\_nicht\\_vollstaendig\\_barrierefrei\\_.pdf&usg=AOvVaw3xOkzocMRmO-UBdWH7tkml](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&src=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewj1zumlpdv9AhWYjaQKHfrCCM4QFn0ECAU-QAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.nlwkn.niedersachsen.de%2Fdownload%2F22289%2FBroschuere_Hochwasserschutz_in_Niedersachsen_nicht_vollstaendig_barrierefrei_.pdf&usg=AOvVaw3xOkzocMRmO-UBdWH7tkml), zuletzt geprüft am 01.03.2023

NLWKN (2006): Hochwasserschutzplan Niedersachsen, Untere Mittelelbe. Online verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser\\_kustenschutz/hochwasserschutz/karten\\_zum\\_thema\\_hochwasser/hochwasserschutzplane/hochwasserschutzplan\\_untere\\_mittelelbe/hochwasserschutzplan-untere-mittelelbe-43651.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser_kustenschutz/hochwasserschutz/karten_zum_thema_hochwasser/hochwasserschutzplane/hochwasserschutzplan_untere_mittelelbe/hochwasserschutzplan-untere-mittelelbe-43651.html), zuletzt geprüft am 06.03.2023

NLWKN (2007): Generalplan Küstenschutz Niedersachsen/Bremen-Festland-. Online verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser\\_kustenschutz/kustenschutz/generalplane\\_fur\\_insel\\_und\\_kustenschutz/generalplan-kuestenschutz-45183.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser_kustenschutz/kustenschutz/generalplane_fur_insel_und_kustenschutz/generalplan-kuestenschutz-45183.html), zuletzt geprüft am 14.03.2023

NLWKN (2020): Deichbestandsanalyse untere Mittelelbe. Online verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presse\\_und\\_offentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/analyse-der-deiche-an-der-unteren-mittelbe-zeigt-handlungsbedarf-auf-202327.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presse_und_offentlichkeitsarbeit/pressemitteilungen/analyse-der-deiche-an-der-unteren-mittelbe-zeigt-handlungsbedarf-auf-202327.html), zuletzt geprüft am 09.03.2023

NLWKN (2022): Masterplan Hochwasserschutz. Online verfügbar unter <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/MasterplanHWS/https-nlwkn-niedersachsen-de-masterplan-hws-215314.html>, zuletzt geprüft 10.03.2023

Otto Puffahrt (1989): 100 Jahre Artlenburger Deichverband 1889-1989, Lüneburg

SCHAUMBURG, J.: Zur Ökologie von Stichling *Gasterosteus aculatus* L., Bitterling *Rhodeus sericeus amarus* Bloch, 1782 und Moderlieschen *Leucaspis delineatus* (Heckei, 1843) – drei bestandsbedrohten, einheimischen Kleinfischarten, Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL), Ber. ANL Dez. 1989

STEINBACH, G. (Hrsg.): Süßwasserfische. – München: Mo-  
saik Verl., 1984

Steinmann, I. und Bless, R. (2004) a: *Salmo salar* (Linnaeus, 1758). In: Petersen, B., Ellwanger, G., Bless, R., Boye, P., Schröder, E., und Ssymank, A. (Bearb.): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 2: Wirbeltiere. - Bonn-Bad Godesberg (Landwirtschaftsverlag) - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 69(2): 314-319.

Steinmann, I. und Bless, R. (2004) b: *Cobitis taenia* Linnaeus, 1758. In: Petersen, B., Ellwanger, G., Bless, R., Boye, P., Schröder, E., und Ssymank, A. (Bearb.): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 2: Wirbeltiere. - Bonn-Bad Godesberg (Landwirtschaftsverlag) - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 69(2): 239-243.

Steinmann, I. und Bless, R. (2004) c: *Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758). In: Petersen, B., Ellwanger, G., Bless, R., Boye, P., Schröder, E., und Ssymank, A. (Bearb.): Das europäische Schutzgebietssystem Natura 2000. Ökologie und Verbreitung von Arten der FFH-Richtlinie in Deutschland. Band 2: Wirbeltiere. - Bonn-Bad Godesberg (Landwirtschaftsverlag) - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 69(2): 291-295.

UUS, B. J. & DAHLSTRÖM, P.: Süßwasserfische Europas: Biologie, Fang, wirtschaftliche Bedeutung. – 7. Aufl. – München: BLV Verlagsgesell. mbH, 1993

## Internetquellen

Alberts & Fabel GmbH & Co. KG (2023): Wellen und Seegang. Online verfügbar unter <https://www.alberts-fabel.com/index.php/de/logbuch/item/55-wellen>, zuletzt geprüft 04.04.2023

Artlenburg (2023): Artlenburg Basisdaten. Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Artlenburg>, zuletzt geprüft am 27.01.2023

Artlenburger Deichverband1 (2023): Historie. Online verfügbar unter <http://www.artlenburger-deichverband.de/das-ist-der-adv/historie>, zuletzt geprüft am 06.02.2023

Artlenburger Deichverband2 (2023): Informationen über den ADV. Online verfügbar unter <http://www.artlenburger-deichverband.de/>, zuletzt geprüft am 06.02.2023

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (1999): Forschungsvorhaben Bemessung auf Seegang, Hanz Dieter Niemeyer. Online verfügbar unter [https://izw.baw.de/publikationen/kfki-projekte-berichte/0/045\\_2\\_1\\_e33281.pdf](https://izw.baw.de/publikationen/kfki-projekte-berichte/0/045_2_1_e33281.pdf). Zuletzt geprüft am 20.03.2023

Landkreis Lüneburg (2023): Naturschutzgebiet Elbeniederung von Hohnstorf bis Artlenburg. Online verfügbar unter <https://www.landkreis-lueneburg.de/fuer-unsere-buergerinnen-und-buerger/umwelt-und-klimaschutz/naturschutz-und-wald/naturschutzgebiete/elbeniederung-von-hohnstorf-bis-artlenburg-vielfalt-an-der-elbe.html>, zuletzt geprüft am 11.02.2023

Lernplattform Küsteningenieurwesen (Technische Universität Braunschweig) (2023): Wellenauflauf und Wellenüberlauf. Online verfügbar unter [http://coastal.lwi.tu-bs.de/doku.php?id=de:22-bauwerksbelastungen:22-4-wellenaufueberlauf:22-41-lehrvideo\\_belastung4\\_wellenaufueberlauf#lehrvideo\\_belastungen\\_von\\_bauwerken\\_iv\\_-\\_wellenauflauf\\_und\\_wellenueberlauf](http://coastal.lwi.tu-bs.de/doku.php?id=de:22-bauwerksbelastungen:22-4-wellenaufueberlauf:22-41-lehrvideo_belastung4_wellenaufueberlauf#lehrvideo_belastungen_von_bauwerken_iv_-_wellenauflauf_und_wellenueberlauf), zuletzt geprüft 18.03.2023

NLWKN (2021): Natura 2000 in Niedersachsen. Online verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/natura2000/natura\\_2000\\_in\\_niedersachsen/natura-2000-in-niedersachsen-46063.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/natura2000/natura_2000_in_niedersachsen/natura-2000-in-niedersachsen-46063.html), zuletzt geprüft 30.01.2023

NLWKN (Hrsg.) (2022): Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen – Magere Flachland-Mähwiesen. – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, 18 S.

NLWKN1 (2023): FFH-Gebiete in Niedersachsen. Online verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/natura2000/ffh\\_richtlinie\\_und\\_ffh\\_gebiete/ffh\\_gebiete\\_in\\_niedersachsen/ffh-gebiete-in-niedersachsen-139142.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/natura2000/ffh_richtlinie_und_ffh_gebiete/ffh_gebiete_in_niedersachsen/ffh-gebiete-in-niedersachsen-139142.html), zuletzt geprüft am 10.02.2023

NLWKN2 (2023): Naturschutzgebiet „Elbeniederung von Avendorf bis Rönne“. Online verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/schutzgebiete/die\\_einzelnen\\_naturschutzgebiete/naturschutzgebiet-elbeniederung-von-avendorf-bis-ronne-202695.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/naturschutz/schutzgebiete/die_einzelnen_naturschutzgebiete/naturschutzgebiet-elbeniederung-von-avendorf-bis-ronne-202695.html), zuletzt geprüft am 10.02.2023

NLWKN3 (2023). FFH-Gebiet 074 Elbeniederung zwischen Schnackenburg und Geesthacht. Online verfügbar unter <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/ffh-gebiete/ffh-gebiet-074-elbeniederung-zwischen-schnackenburg-und-geesthacht-197299.html>, zuletzt geprüft am 10.02.2023

NLWKN4 (2023): Den Flüssen mehr Platz in ihrer natürlichen Flussaue einräumen. Online verfügbar unter [https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser\\_kustenschutz/hochwasserschutz/uberschwemmungsgebiete/den-fluessen-mehr-platz-in-ihrer-natuerlichen-flussaue-einraeumen-44736.html](https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser_kustenschutz/hochwasserschutz/uberschwemmungsgebiete/den-fluessen-mehr-platz-in-ihrer-natuerlichen-flussaue-einraeumen-44736.html), zuletzt geprüft am 10.02.2023

NLWKN5 (2023): EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie. Online verfügbar unter <https://www.nlwkn.niedersachsen.de/wasserwirtschaft/eghochwasserrisikomanagementrichtlinie/EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie-104757.html>, zuletzt geprüft am 10.03.2020

Niedersächsisches Ministerialblatt (2020): Nds. MBl. Nr. 1/2020 vom 15.01.2020. Online verfügbar unter [https://www.niedersachsen.de/politik\\_staat/gesetze\\_verordnungen\\_und\\_sonstige\\_vorschriften/verkundungsblätter\\_vorjahre/verkundungsblätter\\_vorjahre/niedersächsisches-ministerialblatt-2020-195983.html](https://www.niedersachsen.de/politik_staat/gesetze_verordnungen_und_sonstige_vorschriften/verkundungsblätter_vorjahre/verkundungsblätter_vorjahre/niedersächsisches-ministerialblatt-2020-195983.html), zuletzt geprüft am 20.03.2023

Samtgemeinde Elbmarsch (2023): Einwohnerzahlen. Online unter <https://www.samtgemeinde-elbmarsch.de/portal/seiten/die-samtgemeindevverwaltung-4000002-20120.html?rubrik=4000007>, zuletzt geprüft am 07.02.2023

Segelclub Elbmarsch (2023): Unser Hafen. Online verfügbar unter <https://www.sce-marschacht.de/unser-hafen>, zuletzt geprüft am 03.02.2023

Sportboothafen Artlenburg: Yachthafen Artlenburg. Online verfügbar unter <https://www.lueneburger-heide.de/service/sehenswuerdigkeit/1174/artlenburg-sportboothafen.html>, zuletzt geprüft am 03.02.2023

Umweltkarten Niedersachsen (2023): Umweltkarten Niedersachsen. Online verfügbar unter <https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten/>, zuletzt geprüft am 10.02.2023

WNA Hannover (2023): Grundinstandsetzung Elbewehr Geesthacht. Online verfügbar unter [https://www.wna-hannover.wsv.de/Webs/WNA/NBA-Hannover/DE/Projekte/aktuelle/Wehr-Geesthacht/wehr-geesthacht\\_node.html](https://www.wna-hannover.wsv.de/Webs/WNA/NBA-Hannover/DE/Projekte/aktuelle/Wehr-Geesthacht/wehr-geesthacht_node.html), zuletzt geprüft am 15.02.2023

Wassersportverein Tespe (2023): Hafeninfor. Online verfügbar unter <https://www.wsv-tespe.de/hafeninfor/>, zuletzt geprüft am 03.02.2023

WSA Elbe1 (2023): Stauwehr Geesthacht. Online verfügbar unter [https://www.wsa-elbe.wsv.de/Webs/WSA/Elbe/DE/Wasserstrassen/03\\_Elbe/01\\_StaustufeGeesthacht/StaustufeGeesthacht\\_node.html](https://www.wsa-elbe.wsv.de/Webs/WSA/Elbe/DE/Wasserstrassen/03_Elbe/01_StaustufeGeesthacht/StaustufeGeesthacht_node.html), zuletzt geprüft am 15.02.2023

WSA Elbe2 (2023): Elbe. Online verfügbar unter [https://www.wsa-elbe.wsv.de/Webs/WSA/Elbe/DE/Wasserstrassen/03\\_Elbe/elbe.html](https://www.wsa-elbe.wsv.de/Webs/WSA/Elbe/DE/Wasserstrassen/03_Elbe/elbe.html), zuletzt geprüft am 20.02.2023

WSV (2023): PEGELONLINE. Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Online verfügbar unter <https://www.pegelonline.wsv.de/gast/start>, zuletzt geprüft am 08.03.2023

## Unveröffentlichte Quellen und Aktenbestände

BAW-Gutachten (2021): Modellierung von Sturmflutwasserständen in der Tideelbe für die Sturmflutszenarien SFA2017MF, SFA2021OF und SFA2021MF

BfG-2103 (2021): Einheitliche Grundlage für die Festlegung der Bemessungswasserspiegellagen der Elbe auf der freifließenden Strecke in Deutschland vom 29.04.2022.

Ergebnisse des Arbeitskreises Bestickfestsetzung der GB 2,3 und 6 NLWKN 2007

Erlas über die Umsetzung der Niedersächsischen Küstenschutzstrategie 2020, 16.02.2021, Hering, unveröffentlicht

Forschungsstelle Küste, Dienstbericht 01/2019: Berechnung der Deichhöhen für die niedersächsischen Hauptdeiche an der Tideelbe

Forschungsstelle Küste, Dienstbericht 03/2002: Ermittlung des Bemessungsfreibords der Sturmflutschutzmauer in Bullenhausen

Inula – Ingenieurbüro für Natur und Landschaft (2014): Basiserfassung Biotoptypen FFH 074

NLWKN (Hrsg.) (2011) b: Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen. – FFH-Lebensraumtypen und Biotoptypen mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Flüsse mit Gänsefuß- und Zweizahn-Gesellschaften auf Schlammbänken. – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, 15 S., unveröff.

NLWKN (2010): Deichbuch vom Vermessungsbüro Kiepke

NLWKN (Hrsg.) (2011) a: Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen. – FFH-Lebensraumtypen und Biotoptypen mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen – Natürliche und naturnahe nährstoffreiche Stillgewässer mit Laichkraut- oder Froschbissgesellschaften. – Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover, 16 S., unveröff.

Skript Küsteningenieurwesen (2021), Herr Albers: Studienunterlage Ostfalia Suderburg

WSV Lauenburg: digitale Bundeswasserstraßenkarte 2 (DBWK) 2013

# Anlagen

Anlage 1: Übersichtskarte

Anlage 3: Lagepläne

Anlage 4: Längsschnitt

Anlage 5: Querprofile/Regelquerschnitte

Anlage 6: Bohrprofile

Anlage 7: Berechnungen (Excel)

Anlage 8: Diagramm zur Ermittlung des Bemessungsseegangs

## Impressum



### Projektpartner und Mitwirkende:

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft,  
Küsten- und Naturschutz (NLWKN)



### Bearbeitung:

NLWKN Betriebsstelle Lüneburg  
Geschäftsbereich 2, Planung und Bau

B.Eng. Theresa Wilhelms  
Dipl.-Ing. Heiko Warnecke  
M.Sc. Kim Heitmann

### Projektbegleitung:

Artlenburger Deichverband

Nachdruck nur mit Genehmigung des Herausgebers.  
Für den sachlichen Inhalt sind die Autoren verantwortlich.  
1. Auflage 2024, 1-50

**Titelbild:** Der Elbedeich in Tespe im Jahr 2024 (Foto: Merle Bleeken)

**Gestaltung:** Svea Hinrichs, NLWKN

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier.

### Bezug:

NLWKN Betriebsstelle Lüneburg

