

# Fachplan Küstenschutz Sylt

## Gesamtkonzept

## Neubau

### Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	1
Abbildungsverzeichnis .....	2
Hochwasserschutz Lister Koog .....	3
Wellenbrecher Hörnum-Süderende .....	4
Veranlassung .....	5
Entwicklungsziele.....	5
Bisherige Küstenschutzmaßnahmen .....	6
Sandaufspülungen .....	6
Biotechnische Maßnahmen.....	6
Tetrapodenwerke Hörnum .....	7
Bedeutung des Tetrapodenquer- und -längswerkes Hörnum .....	8
Entwicklung des Küstenvorfeldes .....	9
Entwicklung der Hörnum-Odde .....	11
Hydrologie.....	12
Klimaänderungen und Küstenschutzmaßnahmen .....	12
Bisherige Untersuchungen.....	13
Endschwellen.....	14
Buhnen .....	14
Wellenbrecher.....	14
Alternativen .....	14
Planungen.....	15
Aufstellen wirtschaftlicher Konzepte .....	15
Messkonzept.....	16
Kosten.....	16
Zulassungsverfahren .....	17
Ablaufplan .....	18
Phasen:.....	18
Wellenbrecher Budersand .....	19
Bauzustand.....	19
Eigentumsverhältnisse.....	20
Morphologie .....	20
Hydrologie.....	21
Bewertung.....	21

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Kontrollpunkte Tetrapoden Wellenbrecher Hörnum-Odde <i>LKN-SH (14.01.2014)</i> .....	4
Abb. 2: Lageplan Tetrapoden Hörnum <i>LKN-SH</i> .....	5
Abb. 3: akkumulierte Sandaufspülmengen Hörnum und Hörnum-Odde <i>LKN-SH (02.11.2010)</i> .....	6
Abb. 4: Lageplan Tetrapoden Hörnum <i>LKN-SH</i> .....	7
Abb. 5: Abmessungen Tetrapoden Hörnum <i>LKN-SH</i> .....	8
Abb. 6: Querprofilvergleiche 1982/86/89 zu April 2009 (rot: Abtrag, grün: Auftrag) <i>LKN-SH</i> .....	9
Abb. 7: Erosionstiefen im Profil 66+037 (1983 bis 2008) <i>LKN-SH</i> .....	9
Abb. 8: Weg-Zeit-Diagramm Strandvolumen <i>NHN+5m/NHN LKN-SH</i> .....	9
Abb. 9: Weg-Zeit-Diagramm Vorstrandvolumen <i>NHN-1,50m/NHN-5,50m LKN-SH</i> .....	9
Abb. 10: Lage der Abbruchkante Hörnum-Odde (1936 bis 2007) <i>LKN-SH</i> .....	11
Abb. 11: Transportbänder 2006 (links) und 2009 (rechts) mit Dünenerosionsbereichen <i>LKN-SH</i> .....	11
Abb. 12: Volumenganglinien ( <i>NHN+3,75m/NHN+1m</i> ) südlich Querwerk Hörnum (1983-2009) <i>LKN-SH</i> .....	11
Abb. 13: Mittlere Tidekurven an den Pegeln Hörnum und Hörnum-West <i>LKN-SH (Datengrundlage WSA Tönning: Wasserwirtschaftsjahr 1997 bis 2000)</i> .....	12
Abb. 14: Endschwellen (Skizze 1996) <i>LKN-SH</i> .....	14
Abb. 15: Bühnen (Skizze 1996) <i>LKN-SH</i> .....	14
Abb. 16: Wellenbrecher (Skizze 1996) <i>LKN-SH</i> .....	14
Abb. 17: Alternativen (Skizze 1996) <i>LKN-SH</i> .....	14
Abb. 18: Lageplan Wellenbrecher Hörnum-Süderende <i>LKN-SH (02.11.2010)</i> .....	15
Abb. 19: Querschnitt Planung Wellenbrecher Hörnum-Süderende <i>LKN-SH</i> .....	15
Abb. 20: Lageplan Schutzmole Budersand <i>LKN-SH</i> .....	19
Abb. 21: Längsschnitt Schutzmole Budersand <i>LKN-SH</i> .....	19
Abb. 22: Querprofil Schutzmole Budersand <i>LKN-SH</i> .....	19

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Höhe der Kontrollpunkte des Wellenbrechers Hörnum-Odde (Punkt-Nr. 1 bis Punkt-Nr. 7) in m <i>NHN</i> .....	4
Tab. 2: Höhe der Kontrollpunkte des Wellenbrechers Hörnum-Odde (Punkt-Nr. 8 bis Punkt-Nr. 14) in m <i>NHN</i> .....	4
Tab. 3: Höhe der Kontrollpunkte des Wellenbrechers Hörnum-Odde (Punkt-Nr. 15 bis Punkt-Nr. 20) in m <i>NHN</i> .....	4
Tab. 4: Bewertung der Planungsvarianten .....	13
Tab. 5: Kostenanschlag Wellenbrecher 1 (im Übersichtsplan: grüne Variante).....	16
Tab. 6: Kostenanschlag Wellenbrecher 2 (im Übersichtsplan: graue Variante).....	17
Tab. 7: Ablaufplan zur Errichtung eines Wellenbrechers .....	18

Die im Zeitraum 2011-2020 als geeignet angesehenen Neubaumaßnahmen werden benannt. Eine Prioritätensetzung ist damit jedoch nicht verbunden. Diese ergibt sich aus den jeweils vorhandenen Finanzierungsmöglichkeiten.

## Hochwasserschutz Lister Koog

Einzelne Bebauungen am südlichen Rand des Lister Kooges liegen unterhalb des Referenzwasserstandes. Bei einem Deichbruch des Mövenbergdeiches ist eine Gefährdung gegeben. Da der Deich als Landesschutzdeich nicht den heutigen Anforderungen genügt, sind verschiedene Maßnahmen seit Jahrzehnten in Planung.

Mit Datum vom 07.02.2012 liegen die Unterlagen zum Antrag auf Planfeststellung "Verstärkung Mövenbergdeich List/Sylt" vor. Darin sind sowohl der technische Plan als auch die naturschutzrechtlichen Unterlagen zusammengestellt. Nachdem unterschiedliche Varianten untersucht worden sind, hat sich Vorzugsvariante eine Deichverstärkung des bestehenden Deiches vom Alfred-Wegener-Institut (AWI) bis zur ehemaligen Kläranlage ergeben. Dabei wird der im Abtrag befindliche Bereich vor dem AWI zwischen dem Deckwerk List-Nord und dem Mövenbergdeich mit einbezogen. Das Verfahren zur Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) wurde mit der Festlegung des Untersuchungsrahmens gemäß § 5 UVP eingeleitet.

Die Vorzugsvariante beinhaltet:

Deckwerk 1:3

Höhe Deichkrone NHN+6,50 m

Befahrbarkeit der Deichkrone, so dass kein Deichverteidigungs- bzw. Treibselabfuhrweg erforderlich ist

Der Lister Koog kann die Wassermengen bei einem Wellenüberlauf im nördlichen Deichabschnitt von 10 Liter pro Meter und Sekunde aufnehmen, ohne dass die bebauten Gebiete gefährdet werden. Dazu wird die landseitige Böschung in Mastixschotterbauweise zu befestigen sein.

Dort, wo sich Graudünen befinden, wird das Deckwerk nur bis zur Höhe des anstehenden Geländes hochgezogen, da die Dünen einen zusätzlichen Hochwasserschutz darstellen.

Die Maßnahme steht in der Trägerschaft und späteren Unterhaltungspflicht des Landes.

Der Beginn der Baumaßnahme ist im Jahre 2013 erfolgt. Der Abschluss ist 2014 erfolgt. In 2015 sind noch einzelne Restarbeiten durchzuführen.

## Wellenbrecher Hörnum-Süderende

Die Erosion des Küstenvorfeldes am südlichen Inselende konnte mit den bisher durchgeführten Sandaufspülungen nur unwesentlich verringert werden. Ohne Sandersatzmaßnahmen könnten die Erosionen allerdings größer gewesen sein. Südlich vom Tetrapodenquerwerk ist das Tetrapodenlängswerk hinterspült und führt zu einer Lee-Erosion am südlichen Ende.

Die erste Bauphase zur Herstellung des Wellenbrechers Hörnum-Odde ist im Februar 2012 begonnen und Mai 2012 abgeschlossen worden.



Abb. 1: Kontrollpunkte Tetrapoden Wellenbrecher Hörnum-Odde LKN-SH (14.01.2014)

Die Erosion des Küstenvorfeldes am südlichen Inselende konnte mit den bisher durchgeführten Sandaufspülungen nur unwesentlich verringert werden. Ohne Sandersatzmaßnahmen könnten die Erosionen allerdings größer gewesen sein. Südlich vom Tetrapodenquerwerk war das Tetrapodenlängswerk hinterspült und führte zu einer Erosion am südlichen Bauwerksende.

Die Baumaßnahme ist im Februar 2012 begonnen worden. Zunächst wurden die frei liegenden Tetrapoden aus dem nördlichen Tetrapodenlängswerk südlich des Tetrapodenquerwerkes zwischengelagert. Anschließend wurde im Bereich des Einbaus und des Ausbaus Sandaufspülungen vorgenommen. Schließlich erfolgte der Bau des Wellenbrechers.

Um die Lagestabilität des Wellenbrechers zu überprüfen, wurden an einzelnen Tetrapoden wiederholt die Oberkanten eingemessen.

Tab. 1: Höhe der Kontrollpunkte des Wellenbrechers Hörnum-Odde (Punkt-Nr. 1 bis Punkt-Nr. 7) in m NHN

Datum	1	2	3	4	5	6	7
21.05.2012	2,52	2,47	2,77	2,75	2,91	2,71	2,49
07.01.2013	2,06	2,37	2,70	2,11	2,67	2,48	2,39
05.09.2013	1,99	2,33	2,68	2,09	2,64	2,44	2,38
09.12.2013	1,87	2,31	2,68	2,06	2,61	2,42	2,37

Tab. 2: Höhe der Kontrollpunkte des Wellenbrechers Hörnum-Odde (Punkt-Nr. 8 bis Punkt-Nr. 14) in m NHN

Datum	8	9	10	11	12	13	14
21.05.2012	2,70	2,82	2,65	2,69	2,65	2,49	3,19
07.01.2013	2,51	2,70	2,58	2,63	2,50	2,50	3,14
05.09.2013	2,50	2,67	2,58	2,63	2,50	2,50	3,02
09.12.2013	2,48	2,65	2,57	2,62	2,49	2,49	3,01

Tab. 3: Höhe der Kontrollpunkte des Wellenbrechers Hörnum-Odde (Punkt-Nr. 15 bis Punkt-Nr. 20) in m NHN

Datum	15	16	17	18	19	20
21.05.2012	3,04	3,03	2,67	2,33	3,17	3,33
07.01.2013	2,50	2,20	1,83	0,97	3,16	3,31
05.09.2013	2,49	1,91	1,84	0,97	3,17	3,32
09.12.2013	2,44	1,91	1,82	0,97	3,03	3,03

Aufgrund der bisherigen Messwerte kann von einer Lagestabilität der im Mai 2012 errichteten Tetrapoden ausgegangen werden. Die Setzungen zwischen September und Dezember 2013 liegen überwiegend im Zentimeterbereich. Lediglich an den Bauwerksenden (Nr. 1, Nr. 19, Nr. 20) haben sich die Tetrapoden im Dezimeterbereich gesetzt. Die anfänglichen erhöhten Setzungen sind bei der damaligen Planung bereits berücksichtigt worden.

Die Maßnahme steht in der Trägerschaft und Unterhaltungspflicht des Landes.

## Veranlassung

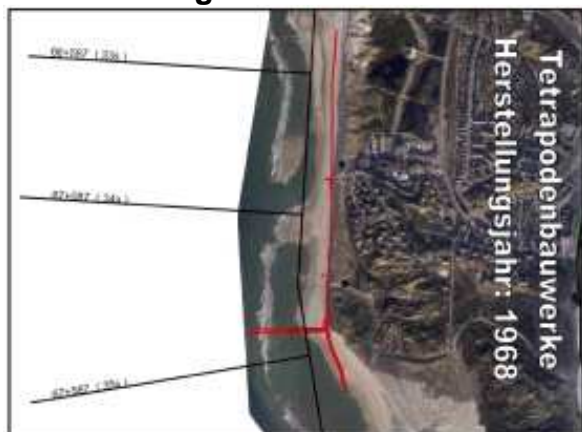


Abb. 2: Lageplan Tetrapoden Hörnum LKN-SH

Die Erosion des Küstenvorfeldes am südlichen Inselende konnte mit den bisher durchgeführten Sandaufspülungen nur unwesentlich verringert werden. Ohne Sandersatzmaßnahmen könnten die Erosionen allerdings größer gewesen sein. Südlich vom Tetrapodenquerwerk ist das Tetrapodenlängswerk hinterpült und führt zu einer Lee-Erosion am südlichen Ende. Das Zusammenspiel von Sandaufspülungen, Entwicklung des Küstenvorfeldes, Tetrapodenquer- und -längswerke (nördlich und südlich des Tetrapodenquerwerkes) ist für die weitere morphologische Entwicklung am südlichen Inselende von größter Bedeutung.

Das nördliche Tetrapodenlängswerk (rd. 1000 Tetrapoden) wurde im Jahre 2005 um rd. 440 m verkürzt, wobei die Tetrapoden auf der Düne Helgoland verbaut worden sind. Die verbliebenen 600 m des nördlichen Tetrapodenlängswerkes erfüllen keine Funktion und sind für den Aufbau eines aerodynamischen Profils hinderlich. Daher sind die Tetrapoden nach deren Freiliegen aufzunehmen und anderen Zwecken zuzuführen.

Das südliche Tetrapodenlängswerk wurde im Jahre 2006 um rd. 40 Meter verkürzt, wobei die Tetrapoden zur Verstärkung des Querwerkes verwendet wurden.

2003 wurde das Tetrapodenquerwerk an zwei Stellen geöffnet, wobei die küstennahe Öffnung im selben Jahr wieder geschlossen wurde. Die zweite Öffnung wurde im Juli 2005 wieder geschlossen, um den Abtrag am Hauptstrand zu reduzieren.

Die Möglichkeiten der weiteren Verwendung der Tetrapoden im Sinne einer zukunftsfähigen Lösung sind Gegenstand der nachfolgenden Betrachtungen.

## Entwicklungsziele

Mit der Aufstellung des Generalplans Küstenschutz 2001 wurden ein Leitbild sowie Entwicklungs- und Handlungsziele beschrieben.

Die Errichtung von neuen Gebäuden und touristischen Einrichtungen in direkter Strandnähe sind kein Anlass den Schutz der Küste den Gebäuden anzupassen. Für den Bereich der Hörnum-Odde und der Siedlungsflächen Hörnum sind im Einzelnen folgende Ziele zu erfüllen:

- Das Tetrapodenquerwerk soll erhalten bleiben
- Die Sedimentlängstransportbänder, die entlang der Westküste bis zur Odde-Spitze verlaufen, sollen erhalten bleiben
- Die vom südlichen Tetrapodenlängswerk ausgehende Lee-Erosion soll wirtschaftlich durch Sandersatzmaßnahmen aufgefüllt werden können
- Der Bereich Tetrapodenquerwerk - südliche Längswerk und Übergang Süderende soll regelmäßig mit Sand aufgefüllt werden, um eine Sandversorgung südlich des Querwerkes zu gewährleisten
- Der Schutz der Siedlungsflächen (Süderende- bzw. Kersigsiedlung sowie die Ortslage Hörnum) ist sicherzustellen
- Eine weitere Vertiefung des Küstenvorfeldes ist zu vermeiden
- Zur Herstellung aerodynamischer Strandprofile sind biotechnische Küstenschutzmaßnahmen durchzuführen

Wenn z.B. die Hörnum-Odde mit bestehenden technischen und finanziellen Mitteln nicht zu sichern ist, müssen Formulierungen und Strategien entwickelt werden, die einen Rückzug ermöglichen. Dabei muss jedoch ein Konzept gefunden werden, das die Gefährdung und die Einbindepunkte einer Art Endbefestigung (Sicherung der Bebauung o.ä.) berücksichtigt.

Neben der Beurteilung der morphologischen Entwicklung sind weitere Kriterien denkbar, die zur Festlegung vordringlicher Küstenschutzmaßnahmen führen können. Hier sind zum einen die Hochwasserschutzfunktion von Randdünen und zum anderen die Gefährdung / das Risiko bebauter Gebiete (Wertepotential) zu bewerten.

## Bisherige Küstenschutzmaßnahmen

### Sandaufspülungen

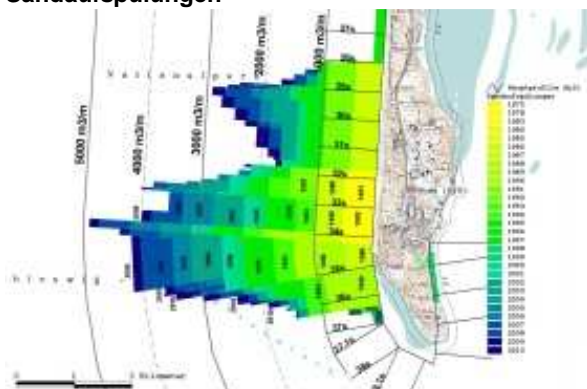


Abb. 3: akkumulierte Sandaufspülmengen Hörnum und Hörnum-Odde LKN-SH (02.11.2010)

Neben Westerland, Kampen und List wird der Bereich des Weststrandes von Hörnum seit 2004 jährlich mit Sandaufspülungen versorgt. Seit 1983 wurden auf Höhe des Tetrapodenquerwerkes mehr als 4.000 m<sup>3</sup>/m aufgespült. Diese Menge ist zu einem gewissen Teil in das Vorfeld der südlichen Hörnum-Odde gelangt, in dem der Sand um das Querwerk herum geführt wurde.

### Biotechnische Maßnahmen

Über die Wirksamkeit von biotechnischen Küstenschutzmaßnahmen liegen Erfahrungsberichte vor. Dabei können ca. 10 Kubikmeter pro Meter und Jahr in der Vordüne „gefangen“ werden, wenn ausreichend Sand heranweht. Voraussetzung für den Erfolg biotechnischer Maßnahmen ist das Vorhandensein eines ausreichend breiten trockenen Strandes, damit die Sandfangzäune nicht in den Einfluss der Seegangbelastung gelangen.

### Tetrapodenwerke Hörnum



Abb. 4: Lageplan Tetrapoden Hörnum LKN-SH

Im Jahre 1968 wurden ein Tetrapodenquerwerk und ein nördliches sowie ein südliches Tetrapodenlängswerk errichtet. Das nördliche Tetrapodenlängswerk (rd. 1.000 Tetrapoden) wurde im Jahre 2005 um rd. 440 m verkürzt, wobei die Tetrapoden auf der Düne Helgoland verbaut worden sind. Die verbliebenen 600 m des nördlichen Tetrapodenlängswerkes erfüllen keine Funktion und sind für den Aufbau eines aerodynamischen Profils hinderlich. Daher sind die Tetrapoden nach deren Freiliegen aufzunehmen und anderen Zwecken zuzuführen.

Das südliche Tetrapodenlängswerk wurde im Jahre 2006 um rd. 40 Meter verkürzt, wobei die Tetrapoden zur Verstärkung des Querwerkes verwendet wurden.

2003 wurde das Tetrapodenquerwerk an zwei Stellen geöffnet, wobei die küstennahe Öffnung im selben Jahr wieder geschlossen wurde. Die zweite Öffnung wurde im Juli 2005 wieder geschlossen, um den Abtrag am Hauptstrand zu reduzieren.

Die Möglichkeiten der weiteren Verwendung der Tetrapoden im Sinne einer zukunftsfähigen Lösung sind Gegenstand der nachfolgenden Betrachtungen.

## Bedeutung des Tetrapodenquer- und -längswerkes Hörnum

Die Errichtung des Tetrapodenquer- und -längswerkes Hörnum im Jahre 1968 hat unterschiedliche Auswirkungen auf die Strandentwicklung gehabt.

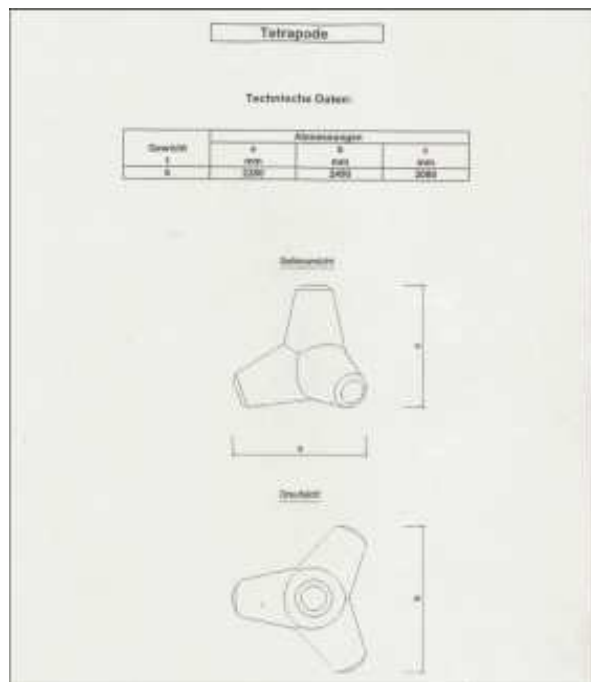


Abb. 5: Abmessungen Tetrapoden Hörnum LKN-SH

Das Tetrapodenquerwerk hat den küstenparallelen nach Süden gerichteten Längstransport in unmittelbarer Strandnähe unterbunden. Durch die allmählichen Absackungen des Querwerkes ist die hydraulische Wirksamkeit geringer geworden. Der Längstransport erfolgt überwiegend entlang des Bauwerkskopfes, wo er südlich in einem Bogen die Hörnum-Odde erreicht.

Das [Tetrapodenquerwerk](#) hat dazu beigetragen, dass der nördlich anschließende Strand und dessen Randdüne weitestgehend erhalten geblieben sind. Es hat damit der natürlichen Bestrebung der Ostverlagerung der Küstenlinie erfolgreich entgegengewirkt. Im Jahre 2003 wurden zur Verbesserung der Sandversorgung der Hörnum-Odde an zwei Stellen Teile des Tetrapodenquerwerkes geöffnet. Da innerhalb kürzester Zeit der nördlich anschließende Strand stärker erodierte, wurde die landnahe Öffnung im selben Jahr wieder verfüllt. Die äußere Öffnung wurde 2005 wieder geschlossen, da sich für den südlich anschließenden Strand keine sichtbare Verbesserung ergeben hatte und sich der nördlich gelegene Strand verschmälert hatte.

Sobald das [nördliche Tetrapodenlängswerk](#) den Einwirkungen des Meeres unmittelbar ausgesetzt ist, treten zusätzliche Ausräumungen des Strandes auf.

Aufgrund der ständigen Turbulenzen und Reflexionen an den Tetrapoden können sich der Strand nicht wieder aufbauen und Vordünen neu bilden. Die Tetrapoden im nördlichen Längswerk Hörnum sind daher für Küstenschutz Zwecke schädlich. Seit Aufnahme der nördlichsten Tetrapoden im Jahre 2005 hat sich nördlich der Haupttreppe Hörnum ein Vordünengürtel gebildet, der bei Sturmfluten als zusätzlicher Sandpuffer wirken kann.

Dadurch, dass das [südliche Tetrapodenlängswerk](#) erheblich hinterspült ist, wirkt das Bauwerk sowohl als Querwerk (Buhne) als auch als Längswerk (Reflexion). Dabei tritt am südlichsten Ende Lee-Erosion auf, während durch die auftretenden Turbulenzen der Sandaustrag aus dem Bereich des Längswerkes verstärkt wird. Nachdem im Jahre 2006 das südliche Ende des südlichen Längswerkes um rd. 40 Meter verkürzt wurde, hat sich der Bereich der Lee-Erosion nach Norden verschoben. Der Bereich der Lee-Erosion ist durch Sandersatzmaßnahmen wiederholt ausgeglichen worden. Solange der Lee-Erosionsbereich durch Sandersatzmaßnahmen ausgeglichen werden kann, besteht für die Sommerhaussiedlung kein unmittelbares Küstenschutzproblem.

Das Ziel nachfolgender Planungen müsste darin bestehen, die Verweilzeit des Spülkörpers hinter dem südlichen Längswerk zu verlängern, ohne dass der nördlich liegende Strand eine höhere Erosion erfährt.



### Entwicklung des Küstenvorfeldes

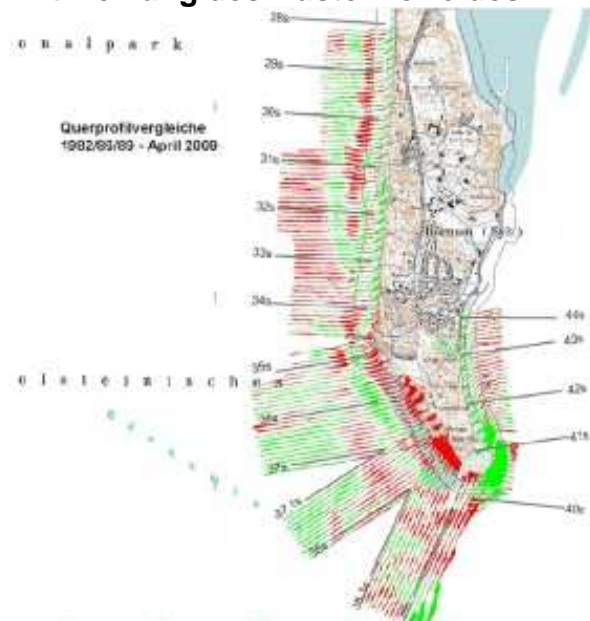


Abb. 6: Querprofilvergleiche 1982/86/89 zu April 2009 (rot: Abtrag, grün: Auftrag) LKN-SH

Das südliche Inselende weist einen besonders starken Küstenrückgang auf. Die großen Mengen von Sandaufspülungen haben den Strand im Bereich nördlich vom Tetrapodenquerwerk weitestgehend stabilisiert. In diesem Zeitraum wurden die Randdünen erheblich aufgefüllt. Die Erosion im Vorstrand wurde mit den Sandaufspülungen jedoch nicht verhindert.

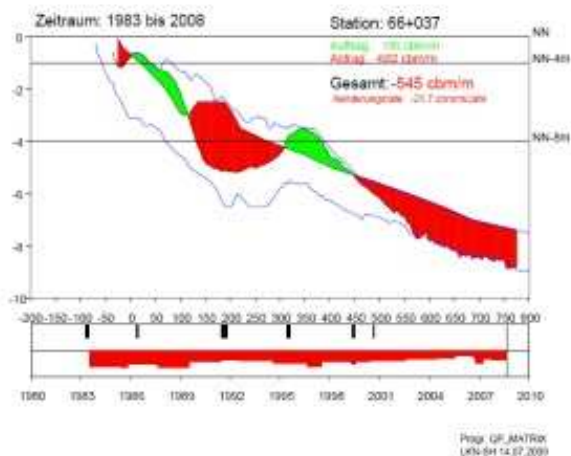


Abb. 7: Erosionstiefen im Profil 66+037 (1983 bis 2008) LKN-SH

Zwischen 1982 und 2009 vertiefte sich der Vorstrand (31s-34s) um ca. 1 Meter (Erosionstiefe). Durch die seit 2000 nahezu jährlich durchgeführten Sandaufspülungen wurde der strandnahe Vorstrand stärker aufgefüllt, so dass die Erosion im küstennahen Bereich in den letzten Jahren verringert war. Die Volumenganglinien des Strandes und Vorstrandes zeigen diese Entwicklung auf.

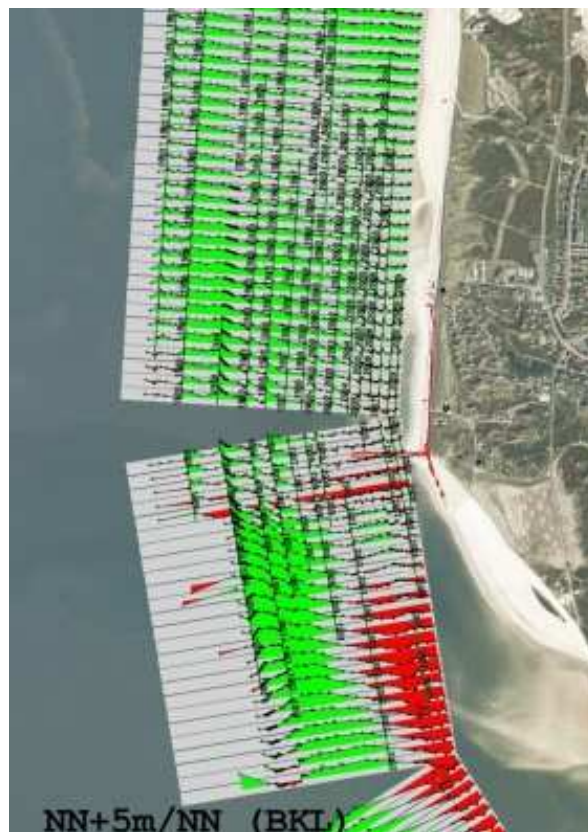


Abb. 8: Weg-Zeit-Diagramm Strandvolumen NHN+5m/NHN LKN-SH



Abb. 9: Weg-Zeit-Diagramm Vorstrandvolumen NHN-1,50m/NHN-5,50m LKN-SH

Das morphologische System, das hydrodynamischen Einwirkungen ausgesetzt ist, reicht vom durch Windflug beeinflussten Vor- bzw. Randdüngürtel bis zum seegangbeeinflussten Seegrund. Aufgrund der bisher gewonnenen Messdaten und der theoretischen Studien ist ein enger Zusammenhang zwischen der Strand- und Vorstrandentwicklung festzustellen, so dass die Berücksichtigung dieses Gesamtsystems für die Beurteilung des Zustandes der Küste herangezogen werden muss. Als Methode zur Bestimmung der Zustandsgröße dient die Basisküstenlinie. Dieses Konzept setzt voraus, dass ein entsprechendes Messkonzept vorliegt. Mit den jährlichen Vermessungen, die am südlichen Inselende stattfinden, sind entsprechende Daten verfügbar.

### Entwicklung der Hörnum-Odde

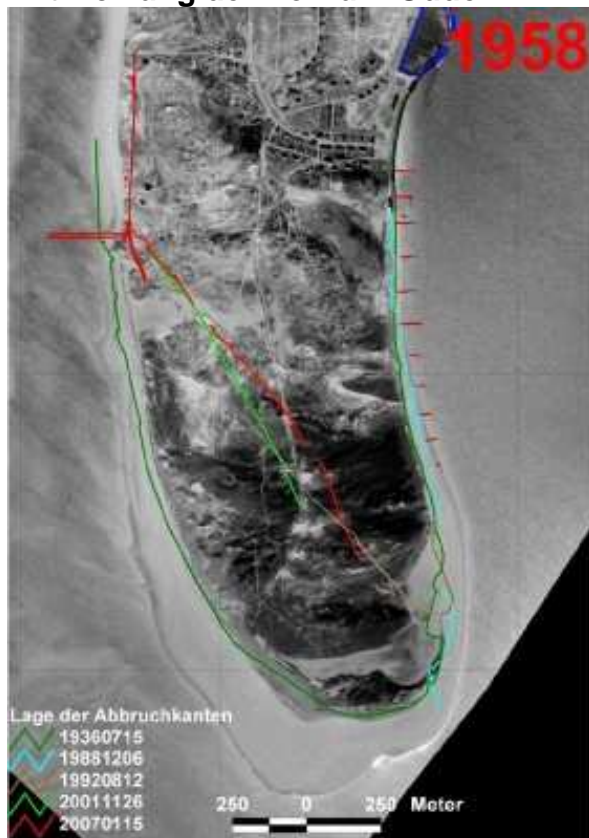


Abb. 10: Lage der Abbruchkante Hörnum-Odde (1936 bis 2007) LKN-SH

Die Hörnum-Odde hat zwischen 1958 und 1990 große Formveränderungen erfahren.

Dabei deutete sich eine Tendenz zum Flächenrückgang der Hörnum-Odde bereits seit Ende der 1950er Jahre an. Ein rapider Rückgang fand insbesondere zwischen den Jahren 1972 und 1990 statt. Dabei hat das 1968 fertig gestellte Tetrapodenquerwerk Hörnum den späteren Rückgang beschleunigt, indem das Abbruchmaterial aus dem nördlich des Querwerkes liegenden Bereich nicht unmittelbar der Odde zugeführt, sondern das Material im Vorstrand entlang des Bühnenkopfes der Odde transportiert wurde. Mit Hilfe der Sandaufspülung 1990 wurde erstmalig die Hörnum-Odde aktiv mit Sand versorgt. Seitdem und unter Zugabe weiterer Sandersatzmengen hat sich die Fläche der Hörnum-Odde weitestgehend stabilisiert. Seit 2005 deutet sich ein weiterer leichter Rückgang an.



Abb. 11: Transportbänder 2006 (links) und 2009 (rechts) mit Dünenerosionsbereichen LKN-SH

Der Sand, der an der Westküste Hörnums nördlich des Tetrapodenquerwerkes abgetragen wird, wird heute in einem bzw. mehreren Transportbändern der Odde zugeführt. Die Transportbänder laufen entlang des Bühnenkopfes nach Süden. Insgesamt deutet sich eine Tendenz zur Südostverlagerung der Oddespitze an.

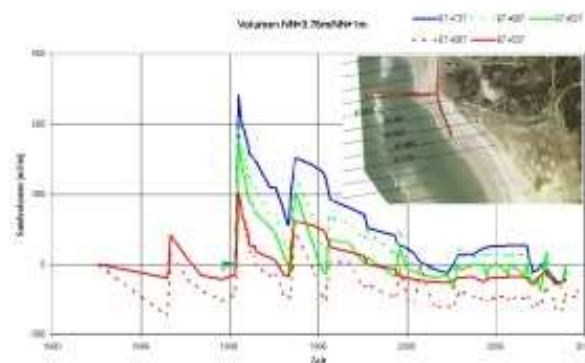


Abb. 12: Volumenganglinien (NHN+3,75m/NHN+1m) südlich Querwerk Hörnum (1983-2009) LKN-SH

Die Volumenentwicklung des trockenen Strandes (NHN+3,75m/NHN+1m) bis zu 250 m südlich des Tetrapodenquerwerkes Hörnum zeigt einen langjährigen Rückgang an, der lediglich durch Sandersatzmaßnahmen unterbrochen wird.

Der Kliff- bzw. Dünenrückgang ist in den Bereichen stärker, in denen die Küste exponiert zur See hin liegt. Indem diese Bereiche zunächst erodiert werden, erfolgt ein küstenparalleler geometrischer Ausgleich in der Linienführung der Küste. Dadurch sind exponiert liegende Küstenabschnitte nur mit überdurchschnittlichem Aufwand zu schützen. Für die Hörnum-Odde ist der Bereich südlich vom Quermarkenfeuer ein Bereich, der exponiert der See ausgesetzt ist.

## Hydrologie

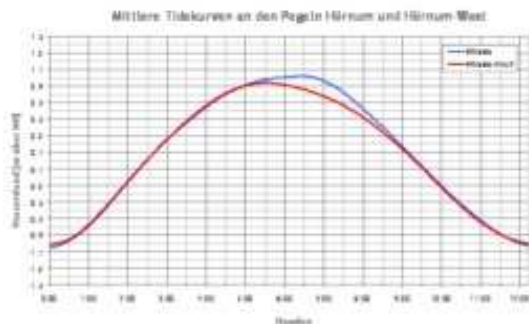


Abb. 13: Mittlere Tidekurven an den Pegeln Hörnum und Hörnum-West LKN-SH (Datengrundlage WSA Tönning: Wasserwirtschaftsjahr 1997 bis 2000)

Am Pegel Hörnum-Hafen betragen die Tidekennwerte (1999/2008):

- MThw = NHH+1,04 m
- MTnw = NHH-1,01 m
- HHThw = NHH+4,05 m am 24.11.1981
- MHThw = NHH+3,05 m
- MTE = 6<sup>h</sup>02<sup>min</sup>
- MTF = 6<sup>h</sup>23<sup>min</sup>

Zwischen dem Pegel Hörnum-Hafen und der Westseite der Hörnum-Odde bestehen ein Wasserstandsgefälle und eine Laufzeitverschiebung des Hoch- und Niedrigwassereintritts. Dabei tritt das Thw am Pegel Hörnum-West 1h35min eher als am Pegel Hörnum-Hafen ein. Das Tnw dagegen tritt am Pegel Hörnum-West im Mittel 0h45min früher als am Pegel Hörnum-Hafen ein. Die Ebbedauer (MT<sub>E</sub>) ist an der Westseite um 49 Min. länger und die Flutdauer (MT<sub>F</sub>) um 49 Min. kürzer als am Pegel Hörnum-Hafen. Das Thw läuft an der Westseite um 1 cm niedriger als an der Ostseite der Hörnum-Odde auf, das Tnw ist an der Westseite 7 cm höher als an der Ostseite. Im Einzelfall sind die Verschiebungen von den jeweiligen Tidephasen und Wetterbedingungen abhängig. Infolge der unterschiedlichen Tidekennwerte ist ebenfalls die mittlere Tidekurve verschieden.

Aufgrund des Wasserstandsgefälles treten an der an der Südspitze der Insel Sylt hohe Strömungsgeschwindigkeiten auf. An der Westküste der Hörnum-Odde treten zusätzlich brandungsinduzierte Strömungen auf, die beständig nach Süden gerichtet sind.

## Klimaänderungen und Küstenschutzmaßnahmen

Die Veränderung hydrologischer und meteorologischer Bedingungen sowie die sich ergebenden hydrodynamischen Auswirkungen haben Einfluss auf die Wirkung von Küstenschutzmethoden. Die Unsicherheiten in der Bewertung des gegenwärtigen und zukünftigen Klimafaktors sind zurzeit noch erheblich. Grundsätzlich hat jedoch bereits der Anstieg des Tidenhubes in den 1960er Jahren um 15 % am südlichen Inselende zu stärkeren Materialumsätzen beigetragen. Die kontinuierliche Ausräumung des Küstenvorfeldes (z.B. Theeknobsand) war bereits im letzten Jahrhundert zu beobachten, so dass ein Meeresspiegelanstieg für die Entwicklung der Hörnum-Odde von nachrangiger Bedeutung sein dürfte. Für die weitere Entwicklung der Hörnum-Odde ist im Wesentlichen die Größe des Sedimenttransportes von Süd nach Nord entscheidend. Bereits seit vielen Jahren zeichnet sich eine Tendenz der Südostverlagerung der Hörnum-Odde an, die weiter anhalten wird.

## Bisherige Untersuchungen

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden 1996 unterschiedliche Bauvarianten (Endschwellen, Buhnen, Wellenbrecher, Alternativen) technisch untersucht. Die untersuchten Varianten werden in diesem Zusammenhang aufgeführt, um eine Zuordnung zu den großräumigen Konzepten zu ersehen. Aufgrund der hohen Baukosten und Unsicherheiten in der Wirkweise ist eine Umsetzung eines dieser Konzepte oder weiterer größerer Konzepte in den nächsten Jahren jedoch nicht vorstellbar.

Tab. 4: Bewertung der Planungsvarianten

Nr.	Varianten	Kosten [Mio. €]	Beschreibung
<b>1</b>	<b>Endschwellen</b>		Auffüllung nördlich der Endschwelle
1.1	E I	49	Ost-Westausrichtung
1.2	E II	63	Ost-Westausrichtung
1.3	E III	51	Ost-Westausrichtung, inkl. Querwerke
1.4	E IV	56	Ost-Westausrichtung, inkl. Querwerke
1.5	E V	87	Südwestausrichtung, inkl. Querwerke
1.6	E VI	73	Südwestausrichtung, inkl. Querwerke
<b>2</b>	<b>Buhnen</b>		Küstenparallele Sedimenttransport wird seewärts abgeleitet
2.1	B I	41	2 gr. + 2 kl. Werke
2.2	B II	54	2 gr. + 2 kl. Werke
2.3	B III	68	2 gr. + 2 kl. Werke
2.4	B IV	72	1 (s. Endschwelle) + 1 + Querbuhne
2.5	B IV R	74	1 (s. Endschwelle) + 2 Werke
<b>3</b>	<b>Wellenbrecher</b>		Verringerung des Energieeintrages auf den Strand; Verringerung des Längstransportes
3.1	W I	40	Nach Südosten hin offen
3.2	W II	52	geschlossen
3.3	W III	28	Vor nördlichen Teil der Odde
3.4	W IV	20	Nördlich Hörnum-Loch
<b>4</b>	<b>Alternativen</b>		
4.1	A I	83	Wie Endschwelle; Lee-Erosion ins tiefe Wasser verlagern
4.2	A II	51	Buhne mit Querbuhne
4.3	A III	55	Buhne (reduzierte Endschwelle)
4.4	A IV	34	Buhne+Wellenbrecher
<b>5</b>	<b>Planungen</b>		Sicherung der Aufspülungen süd. Querwerk
5.1	Errichtung eines Wellenbrechers (1a) inkl. Stummelbuhne (1b)	0,640	s.u.
5.2	Verlängerung des südlichen Längswerkes (2)	0,608	s.u.

Aufgrund der hohen Herstellungskosten und der funktionalen Risiken, wurde bislang keine der Varianten konkreter verfolgt. In der Tabelle werden die Kostenschätzungen in Euro angegeben, wobei die Kosten des Jahres 1996, die in DM angegeben waren, mit dem Faktor 0,75 multipliziert werden, so dass die

Währungsumstellung und die Erhöhung der Baukosten seit 1996 berücksichtigt sind.

**Endschwellen**

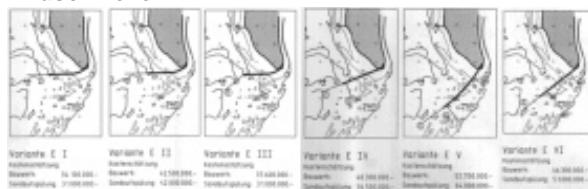


Abb. 14: Endschwellen (Skizze 1996) LKN-SH

**Buhnen**

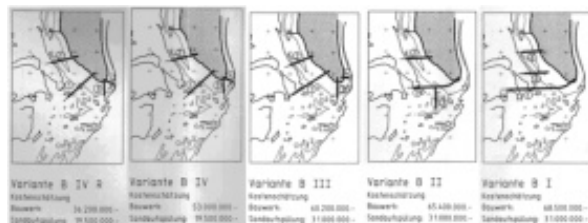


Abb. 15: Buhnen (Skizze 1996) LKN-SH

**Wellenbrecher**

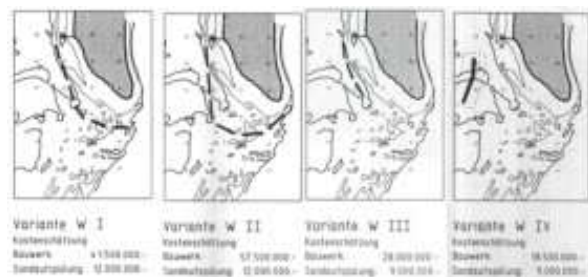


Abb. 16: Wellenbrecher (Skizze 1996) LKN-SH

**Alternativen**

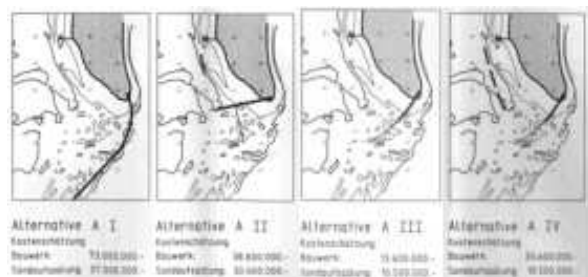


Abb. 17: Alternativen (Skizze 1996) LKN-SH

### Planungen

Unabhängig von einem Gesamtkonzept zur Sicherung des südlichen Inselendes können die vorhandenen Tetrapoden des nördlichen Längswerkes aufgenommen und vor Ort verbaut werden, ohne dass eine großräumiger wirkende Planung dadurch behindert oder gar verhindert wird. Die Verwendung der im nördlichen Tetrapodenlängswerk vorhandenen Tetrapoden kann zur Verstärkung und Verlängerung des südlichen Längswerkes dienen. Dabei besteht das Ziel darin, das südliche Tetrapodenlängswerk zu einem Wellenbrecher auszubauen, damit die Wellenbelastung am Strand verringert wird.

### Aufstellen wirtschaftlicher Konzepte



Abb. 18: Lageplan Wellenbrecher Hörnum-Süderende LKN-SH (02.11.2010)

Herstellung eines Wellenbrechers durch Ausbau und Umlagerung der Längswerktetrapoden (2 Varianten)

Für die Verwendung der Tetrapoden aus dem nördlichen Längswerk wird ein Wellenbrecher südlich des Tetrapodenquerwerkes vorgesehen, um dort die Verweilzeit der regelmäßig aufzuspülenden Sandersatzmengen durch die seeseitige Verlagerung der Energieumsetzung (Brechen der Wellen) zu verlängern.

Die Errichtung eines Wellenbrechers sowie seiner Standsicherheit kann mittel- und langfristig nur in Verbindung mit Sandaufspülungen erfolgreich sein. Die Verlängerung der Verweilzeiten des Sandes im Bereich unmittelbar südlich des Tetrapodenquerwerkes führt auf der anderen Seite zu einer Verringerung der Sedimentzufuhr nach Süden, wodurch die Nahrung der Odde-Spitze geringer wird.

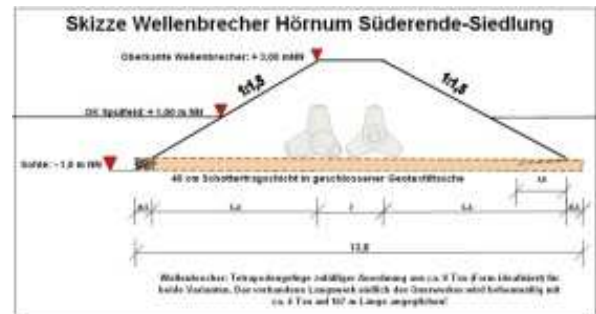


Abb. 19: Querschnitt Planung Wellenbrecher Hörnum-Süderende LKN-SH

Auf den ersten 167 Metern soll das vorhandene Längswerk verstärkt und höhenmäßig an das angestrebte Querprofil des Wellenbrechers angeglichen werden.

Die im Lageplan dargestellte Variante 1a ist 213 Meter lang und in Station 70 ist ein 49 Meter langer Querwerksstummel 1b vorgesehen. Die im Lageplan dargestellte Variante 2 ist 244 Meter lang und verläuft näher am Strand.

Die Variante mit Querwerksstummel (1a, 1b) wird favorisiert, damit diese Linienführung die durch den Wellenbrecher erwartete Leererrosion seeseitig verzieht und der Querwerksstummel die Verweildauer des von Norden nach Süden wandernden Sandes verlängert.

Die bauliche Umsetzung sollte in 2 Bauabschnitten angestrebt werden, um die zeitliche Beeinträchtigung des Hörnum Hauptstrandes auf die Dauer der eigentlichen Sandaufspülung begrenzen zu können.

**Messkonzept**

Die Aufstellung eines Messkonzeptes ist notwendig, um den Wirkungen und Auswirkungen der durchgeführten Maßnahme dokumentieren zu können. Insbesondere ist die Auswirkung der Baumaßnahme auf die morphologischen Vorgänge zu beschreiben. Das Messgebiet umfasst den Bereich von der Haupttreppe Hörnum bis zur Südostspitze der Hörnum-Odde. Dabei sind hydrografische und terrestrische Vorvermessungen durchzuführen. Nach Beendigung der Maßnahme ist eine hydrografische und terrestrische Nachvermessung durchzuführen. Vor Durchführung der Maßnahme ist ebenfalls ein Luftbild (digitales Orthofoto) aufzunehmen. Die weitere Begleitung der Maßnahme kann im Rahmen der jährlichen Messaktivitäten auf Sylt erfolgen.

**Kosten**

Die Herstellungskosten der beiden Wellenbrechervarianten und der begleitenden Messungen sind nachfolgend geschätzt.

Tab. 5: Kostenanschlag Wellenbrecher 1 (im Übersichtsplan: grüne Variante)

Position	Beschreibung	Berechnung	Kostenanschlag
1	Einrichten	pauschal	5.000,00
2	Räumen	pauschal	5.000,00
3	Baugrube für den Einbau	$(13,8+4)*2*2*262$	22.846,40
4	Baugrube für den Einbau	$(3+1)*2*2*167$	2.672,00
5	Einbau geotextiler Unterlage	$(13,8*2+0,8+1,5)*262*15$	117.507,00
6	Einbau geotextiler Unterlage	$(3*2+0,8+1)*167*15$	19.539,00
7	Einbau Schottertragschicht	$13,8*25*262$	90.390,00
8	Einbau Schottertragschicht	$3*25*167$	12.525,00
9	Tetrapodenausbau und Transport	$(8*262+4*167)*60$	165.840,00
10	Tetrapodeneinbau	$(8*262+4*167)*20$	55.280,00
11	10 Baggerstunden	$10*100$	1.000,00
12	10 Radladerstunden	$10*100$	1.000,00
13	10 Raupenstunden	$10*130$	1.300,00
<b>Nettosumme</b>			<b>499.899,40</b>
<b>19% MWST</b>			<b>94.980,89</b>
<b>Bruttosumme</b>			<b>594.880,29</b>
14	Vermessung + Orthofoto		45.000,00
15	zur Rundung		119,71
<b>Gesamtsumme Wellenbrecher 1</b>			<b>640.000,00</b>
<b>Verkürzung des Längswerkes</b>		$(262*8+167*4)/4,9$	<b>rund 564 Meter</b>
<b>Rest Längswerk (Einbindung Querwerk)</b>		<b>613 - 564</b>	<b>rund 49 Meter</b>



Tab. 6: Kostenanschlag Wellenbrecher 2 (im Übersichtsplan: graue Variante)

Position	Beschreibung	Berechnung	Kostenanschlag
1	Einrichten	pauschal	5.000,00
2	Räumen	pauschal	5.000,00
3	Baugrube für den Einbau	$(13,8+4)*2*2*244$	21.276,80
4	Baugrube für den Einbau	$(3+1)*2*2*167$	2.672,00
5	Einbau geotextiler Unterlage	$(13,8*2+0,8+1,5)*244*15$	109.434,00
6	Einbau geotextiler Unterlage	$(3*2+0,8+1)*167*15$	19.539,00
7	Einbau Schottertragschicht	$13,8*25*244$	84.180,00
8	Einbau Schottertragschicht	$3*25*167$	12.525,00
9	Tetrapodenausbau und Transport	$(8*244+4*167)*60$	157.200,00
10	Tetrapodeneinbau	$(8*244+4*167)*20$	52.400,00
11	10 Baggerstunden	$10*100$	1.000,00
12	10 Radladerstunden	$10*100$	1.000,00
13	10 Raupenstunden	$10*130$	1.300,00
<b>Nettosumme</b>			<b>472.526,80</b>
<b>19% MWST</b>			<b>89.780,09</b>
<b>Bruttosumme</b>			<b>562.306,89</b>
14	Vermessung + Orthofoto		45.000,00
15	zur Rundung		693,11
<b>Gesamtsumme Wellenbrecher 2</b>			<b>608.000,00</b>
<b>Verkürzung des Längswerkes</b>		$(244*8+167*4)/4,9$	<b>rund 534 Meter</b>
<b>Rest Längswerk (Einbindung Querwerk)</b>		<b>613 - 534</b>	<b>rund 79 Meter</b>

### Zulassungsverfahren

Grundsätzlich ist die Einhaltung des Zeitplanes auch von der Erreichung entsprechender Genehmigungen bzw. Zulassungen abhängig. Folgende Schritte wurden durchgeführt:

Die küstenschutzrechtliche Genehmigung gemäß §§ 77 und 78 LWG ist am 17.01.2012 durch den LKN-SH erfolgt (28/11). Die Genehmigung der ersten Planänderung wurde am 17.02.2012 erteilt (28/11).

Die naturschutzrechtliche Genehmigung gemäß § 17 Abs. 1 BNatSchG in Verbindung mit § 11 Abs. 1 LNatschG und § 1 Nr. 4 in Verbindung mit § 7 Naturschutzzuständigkeitsverordnung ist durch das MLUR am 28.04.2011 / 13.02.2012 (1. Planänderung) erteilt worden.

Eine Allgemeine Vorprüfung des Einzelfalles gemäß Anlage 1, Pkt. 1.1, LUVPG wurde durchgeführt. Die Durchführung eines Planfeststellungsverfahrens ist demnach als nicht notwendig anzusehen.



# Wellenbrecher Budersand

In den 1930er Jahren wurde zum Schutz der Budersanddüne eine Spundwand gerammt. Da diese im Laufe der Jahre abgängig war, wurde 1994 der Stahl oberhalb des anstehenden Bodens abgebrannt und anschließend mit Vlies und Schüttsteinen abgedeckt. Das Bauwerk ist zu einem Wellenbrecher auszubauen.

## Bauzustand

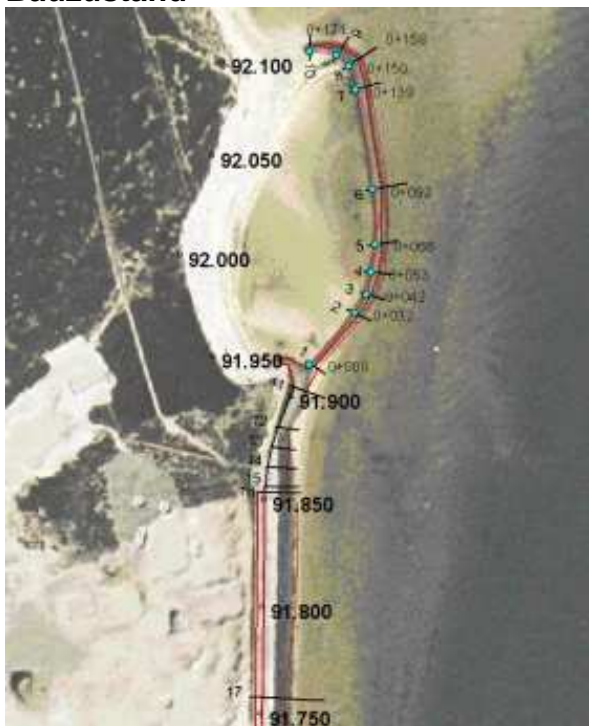


Abb. 20: Lageplan Schutzmole Budersand LKN-SH

Zur Sicherung der Düne wurde ca. 1938/39 durch die Deutsche Kriegsmarine eine Spundwand vom Hafen Hörnum bis zur Düne Budersand gezogen. Anfang der 1990er Jahre befand sich die Spundwand in einem Zustand, der eine Grundinstandsetzung oder einen Umbau erforderlich machte. Da der Stahl erheblich korrodiert war und der dahinter liegende Sand fortspülte, wurden 1994 die Spundwandreste auf Höhe der Mittelwasserlinie abgebrannt. Die verbliebenen Spundwandreste wurden mit einem Vlies abgedeckt und mit Wasserbausteinen der Klasse III (rd. 1 000 Tonnen) angeschüttet. Die Kosten der Maßnahme haben sich die Bundeswehr (30%) und die WSV (70%) geteilt.

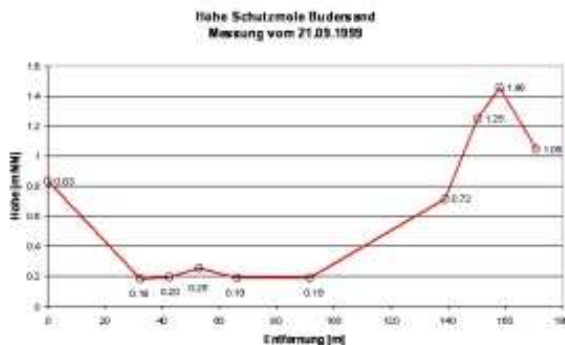


Abb. 21: Längsschnitt Schutzmole Budersand LKN-SH

Die Konstruktion wird „Schutzmole Budersand“ genannt. Diese bindet im Süden an die weiterhin bestehende Spundwand (KM 91,900), vor der ein Asphaltdeckwerk (Bj. unbekannt) errichtet wurde, und im Norden in den Strand (KM 92,100) an. Das nördliche Ende der Spundwand ist mit Schüttsteinen abgedeckt worden. Die Länge der Schutzmole beträgt rd. 179 Meter. Die Höhe der Oberkante der Schüttsteine variiert, wobei die flachsten Stellen bei NHN+0,20 m liegen. Durch die Errichtung der Schutzmole (KM 91,900 bis KM 92,100) ist eine ca. 8.500 m<sup>2</sup> große Lagune entstanden, die bei Hochwasser vollständig befüllt ist.



Abb. 22: Querprofil Schutzmole Budersand LKN-SH

## Eigentumsverhältnisse

Das Gelände auf dem sich Wanderweg, Deckwerk und Teile der Schutzmole befinden, wurde am 2.8.2005 von der BIMA, die die Liegenschaften der Bundeswehr verwaltet, an die Pidder Lyng GmbH, Darmstadt samt aller Rechte und Pflichten veräußert. Weitere Teile der Schutzmole befinden sich außerhalb der veräußerten Flurstücke, so dass unterhalb der MThw-Linie der Bund weiterhin Eigentümer ist.

## Morphologie

Der Ebbstrom transportiert das Material, das bei höheren Wasserständen aus der Randdüne gelöst wird, aus der Lagune heraus. Ein Teil wird nach Norden an den Strand herangeführt. Der restliche Teil gelangt über die Schutzmole ins tiefere Wasser. Zwischen 1997 und 2009 wurden rd. 10 700 m<sup>3</sup> aus der Lagune heraustransportiert, wobei knapp die Hälfte dieser Menge (rd. 5 000 m<sup>3</sup>) im Norden angelagert wurde. Nach Aussage der örtlichen Kommunalvertreter hat sich der Rückgang der Düne innerhalb der Lagune nach Fertigstellung der Maßnahme eher verstärkt.

## Hydrologie

Tidekennwerte (1999/2008) am Pegel Hörnum-Hafen  
(Betreiber: WSA Tönning):

- MThw: PN+6,04 m (NHN+1,04 m)
- MTnw: PN+3,99 m (NHN-1,01 m)
- MThb: 2,05 m
- MT<sub>E</sub>: 6:02 h
- MT<sub>F</sub>: 6:23 h

Im Bereich der Schutzmole divergiert die Restströmung, so dass keine eindeutige Nettotransportrichtung erkennbar ist.

## Bewertung

Erhöhte Wasserstände führen im Inneren der Lagune, die sich hinter der Schutzmole Budersand gebildet hat, zu Abbrüchen der Dünensubstanz. Die Ebbströmung transportiert das Material aus der Lagune heraus. Eine unmittelbare Gefährdung von Siedlungen infolge Küstenabbruch, bzw. Hochwasser ist dadurch nicht gegeben. Der auf der Düne befindliche Wanderweg ist ggf. in einigen Jahren gefährdet und müsste weiter verlegt werden. Aufgrund der vorhandenen Deckwerke und Spundwände besteht eine Lee-Erosion im Übergangsbereich zwischen Deckwerk/Schutzmole, die zu einer Hinterspülung des Längswerkes und Erosion der Düne führt. Durch die vorhandene Schutzmole wird die Lee-Erosion tendenziell abgemindert, so dass eine Beseitigung der Schutzmole die Erosion zunächst weiter verstärken würde. Damit das Abbruchmaterial jedoch eine längere Verweilzeit im Beobachtungsgebiet erhält, sollte der Längsschnitt der Schutzmole flach nach Norden hin abtauchen, auf NHN+0,80 m, so dass auf rd. 60 m Länge eine Erhöhung der Mole um ca. 0,60 m notwendig wäre. Der Wasseraustausch in der Lagune wird dadurch verringert, so dass nur noch um die Hochwasserzeit Wasser ein- und austreten kann. Ein Auffüllen der Lagune durch Sand, der sich südlich der Mole am Hafen Hörnum angelagert hat ist zudem denkbar. Die kürzeste Transportentfernung liegt bei ca. 1 200 m.

Die Trägerschaft und die Unterhaltungspflicht der Schutzmole Budersand liegen beim Bund (Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes).