



**Bericht der Arbeitsgruppe HALLIGEN 2050:  
Möglichkeiten zur langfristigen Erhaltung der Halligen im Klimawandel**

Kiel, April 2014



**Bericht der AG HALLIGEN 2050:  
Möglichkeiten zur langfristigen Erhaltung der Halligen im Klimawandel**

<b>Inhaltsverzeichnis:</b>	<b>Seite</b>
Zusammenfassung	2
1. Einführung	3
2. Geographischer Überblick	6
3. Herausforderung Klimawandel	10
4. Gewässerkundliche Überwachung und Bemessung	13
5. Stabilität der Halligen	18
6. Hochwasserschutz	27
7. Handlungsoptionen und -erfordernisse	32
 <b>Anlage:</b> Küstenschutzrelevante Parameter der Halligwarften sowie Einschätzung des Handlungsbedarfes (Stand Mitte 2013)	 36

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Halligen im nordfriesischen Wattenmeer stellen weltweit einmalige und schützenswerte Kultur- und Naturwerte dar. Durch ihre exponierte Lage im Wattenmeer sind die Halligen und ihre Bewohner vom Meeresspiegelanstieg und höheren Sturmflutwasserständen besonders betroffen. Ziel der Landesregierung ist die langfristige Erhaltung der Halligen und der Schutz ihrer Bewohner vor den Angriffen des Meeres. Auf Initiative der Landesregierung wurde daher eine Arbeitsgruppe „Halligen 2050“ mit der Aufgabe gegründet, innovative und nachhaltige Konzepte zur Sicherung der Halligen und zum Schutz der Halligbewohner bei geänderten Klimabedingungen zu diskutieren. Hierzu wurden vielfältige Aktivitäten entfaltet.

Dieser Bericht enthält die Ergebnisse der ersten Phase. Nach einem geographischen Überblick über die Halligen werden in diesem Bericht der erwartete Klimawandel und seine möglichen Konsequenzen für die Halligwelt in Form von Szenarien behandelt. Anschließend werden das optimierte gewässerkundliche Mess- und Überwachungsprogramm sowie Bemessungsgrundlagen für die Warften vorgestellt. Weitere Kapitel befassen sich mit dem Höhenwachstum auf den Halligen und dem Hochwasserschutz der Halligwarften. Die Ergebnisse der Forschungsprojekte SAHALL und ZukunftHallig sowie des Ideenwettbewerbes Hallig 2050, die flankierend zu den Arbeiten der AG Halligen 2050 liefen, werden hier dargestellt und bewertet. In einer Synthese werden abschließend Empfehlungen zur langfristigen Erhaltung der Halligen und Halligwarften bei geänderten Klimabedingungen formuliert.

Hinsichtlich des Halligwachstums wurde festgestellt, dass der vertikale Aufwuchs schon seit Jahrzehnten deutlich hinter dem Anstieg des mittleren Tidehochwassers zurückbleibt. In der Folge nimmt die mittlere Geländehöhe, insbesondere der größeren Halligen, bezogen auf den Meeresspiegel ständig ab. Ohne Gegenmaßnahmen ist mit einem weiteren Absinken der relativen Geländehöhen zu rechnen. Zur Hochwassersicherheit der Halligwarften bei – künftig zu erwartenden – höheren Sturmflutwasserständen wurde festgestellt, dass bei mehreren Warften Defizite existieren (Anlage 1). Die Sturmflut Xaver vom Dezember 2013 mit Wasserständen auf den Halligen von 4,0 bis 4,5 m über NHN hat das Erfordernis von Anpassungsmaßnahmen nochmals klar aufgezeigt. Obwohl Xaver im langjährigen Vergleich „nur“ etwa auf Platz 10 rangiert, stand das Wasser auf einigen Warften bereits vor der Haustür.

Die AG Halligen 2050 hat mehrere Handlungserfordernisse herausgearbeitet, die in Form von Empfehlungen am Ende dieses Berichtes beschrieben werden:

1. Änderungen frühzeitig erfassen,
2. Halligwachstum gewährleisten,
3. Objektschutz an Warftgebäuden erfassen und optimieren,
4. Bemessungsansatz für Halligwarften optimieren,
5. Schutzstandard der Warften ermitteln und bewerten,
6. Notwendige Maßnahmen umsetzen,
7. nachhaltige Küstenschutzmaßnahmen forcieren, und
8. die AG Halligen 2050 fortführen.

## 1. EINFÜHRUNG

Die Halligen im nordfriesischen Wattenmeer stellen weltweit einmalige und schätzenswerte Kultur- und Naturwerte dar; Theodor Storm nannte sie „Schwimmende Träume“. Durch ihre exponierte Lage im Wattenmeer sind die Halligen und ihre Bewohner vom Meeresspiegelanstieg und höheren Sturmflutwasserständen besonders betroffen.

Wie stark der „Blanke Hans“ den Halligen zusetzen kann, hat unter anderem die Sturmflut am 16./17. Februar 1962 gezeigt. Die Warften wurden überflutet; die Bewohner haben in Dachgeschossen, teilweise auf den Dächern Zuflucht suchen müssen. Diese Katastrophe war Anlass für ein umfangreiches Warftverstärkungsprogramm. Bis 2007 wurden alle 32 bewohnten Warften mit Gesamtkosten in Höhe von 18 Mio. € verstärkt. Bauträger war das für die Halligen zuständige Amt Pellworm; das Land förderte die Maßnahmen zu 100%. Im Rahmen des Verstärkungsprogrammes wurden die Außenböschungen der Warften flacher gestaltet und niedrige Ringdeiche wurden um die Bebauung auf den Warften angelegt. Da die Halligen während Sturmfluten nicht evakuiert werden können, wurden in den Wohnhäusern Schutzräume eingerichtet. In Anbetracht der Projektionen zum Meeresspiegelanstieg und der damit weiter steigenden Sturmflutwasserstände stellt sich die Frage, ob es künftig möglich und auch sinnvoll ist, die Warften nach der obigen Methode weiter zu verstärken. Weiterhin ist unklar, ob bzw. inwieweit die natürliche Sedimentation auf den Halligen einen beschleunigten Meeresspiegelanstieg ausgleichen kann.

Ziel der Landesregierung ist die langfristige Erhaltung der Halligen und der Schutz ihrer Bewohner vor den Angriffen des Meeres. Auf Initiative der Landesregierung wurde daher im Jahre 2007 eine Arbeitsgruppe „Halligen 2050“ mit der Aufgabe gegründet, innovative und nachhaltige Konzepte zur Sicherung der Halligen und zum Schutz der Halligbewohner bei geänderten Klimabedingungen zu diskutieren. Sie setzt sich aus folgenden Institutionen und Personen zusammen:

- **Halligen:** Ruth Kruse (Nordstrandischmoor), Bgm. Volker Mommsen (Gröde), Bgm. Hans-Friedrich Nissen (Oland-Langeneß, bis 05-2013), Bgm. Heike Hinrichsen (Oland-Langeneß, ab 06-2013), Bgm. Matthias Piepgras (Hooge),
- **Amt Pellworm:** Bgm. Klaus Jensen (bis 06-2013), Amtsvorsteher Matthias Piepgras (ab 07-2013)
- **Kreis Nordfriesland:** Landrat Dieter Harrsen
- **Insel- und Halligkonferenz:** Natalie Eckelt
- **WWF und Schutzstation Wattenmeer:** Dr. Hans-Ulrich Rössner
- **LKN SH:** Dirk van Riesen (bis 10-2013), Birgit Matelski (ab 11-2013), Peter Beismann (bis 03-2013), Dr. Martin Stock, Dieter Schulz
- **MELUR SH:** Volker Petersen (Obmann), Dr. Jacobus Hofstede

Gemäß Arbeitsplan werden die folgenden technischen Fragestellungen erörtert:

- 1) Welche Sedimentationsraten existieren langfristig auf den Halligen in Abhängigkeit von der Lage im Wattenmeer, der Überflutungshäufigkeit und dem Meeresspiegelanstieg?

- 2) Wie verteilt sich die Sedimentation nach einer Überflutung auf der Hallig und wie stark ist das resultierende Höhenwachstum?
- 3) Wie wird die lang- und kurzfristige Sedimentation durch Küstenschutzbauwerke wie Sommerdeiche oder erhöhte Deckwerke beeinflusst?
- 4) Wie kann das Höhenwachstum, zum Beispiel durch eine Optimierung der Anordnung und Höhenlage von Schutzbauwerken, optimiert werden?
- 5) Welchen Schutzstandard haben die Halligwarften (Definition und Quantifizierung)?
- 6) Wie wird dieser Schutzstandard sich bei geänderten Klimabedingungen entwickeln und welchen Einfluss haben die verschiedenen Klimafaktoren (Meeresspiegelanstieg, Höhe und Häufigkeit von Sturmfluten)?
- 7) Wie bzw. mit welchen Strategien und Techniken kann ein angemessener Schutz für die Halligbewohner bei geänderten Klimabedingungen gewährleistet werden?

Darüber hinaus werden die vom Land auf den Halligen jeweils vorgesehenen Jahresarbeitsprogramme zur Küstensicherung vorgestellt und erörtert.

Zur Erfüllung des Arbeitsauftrages wurden die folgenden Aktivitäten entfaltet.

- Die AG Halligen 2050 hat bisher neun Sitzungen durchgeführt.
- Der LKN-SH<sup>1</sup> hat ein optimiertes gewässerkundliches Mess- und Überwachungsprogramm im Bereich der Halligen installiert. Darüber hinaus wurden als Bemessungsgrundlage für Schutzmaßnahmen mit statistischen Verfahren Sturmflutwasserstände mit unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Halligen ermittelt.
- Das MELUR-SH<sup>2</sup> hat gemeinsam mit der AIK-SH<sup>3</sup>, dem Amt Pellworm mit den Halligen sowie dem Kreis Nordfriesland in 2012 einen Ideenwettbewerb für Projektgemeinschaften von Ingenieuren und Architekten ausgelobt. Der Wettbewerb sollte innovative und nachhaltige Schutzmethoden für Warften und Warfthäuser aufzeigen, die einen angemessenen und nachhaltigen Schutz der Halligbewohner bei geänderten Klimabedingungen gewährleisten.
- Das MELUR-SH hat von 2007 bis Ende 2012 die Phasen I und II des Forschungsprojekts SAHALL der Universität Göttingen finanziert. In diesem Projekt ging es um das Höhenwachstum der Halligen (Fragestellungen 1 bis 4).
- Im Rahmen der KFKI<sup>4</sup>-Forschung wird das vom BMBF<sup>5</sup> geförderte Vorhaben ZukunftHallig durchgeführt. In diesem Projekt der Universitäten Siegen, Aachen und Göttingen sowie des LKN-SH wird bis Ende 2013 erforscht, wie die Bewohnbarkeit der Halligen bei geänderten Klimabedingungen durch

---

<sup>1</sup> Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein

<sup>2</sup> Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein

<sup>3</sup> Architekten- und Ingenieurkammer Schleswig-Holstein

<sup>4</sup> Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen

<sup>5</sup> Bundesministerium für Forschung und Bildung

nachhaltige Anpassungsmaßnahmen langfristig gewährleistet werden kann (Fragestellungen 5 bis 7).

In Kapitel 2 des vorliegenden Berichtes folgt ein geographischer Überblick über die Halligen. Anschließend werden in Kapitel 3 der erwartete Klimawandel und seine möglichen Konsequenzen für die Halligwelt in Form von Szenarien behandelt. Kapitel 4 befasst sich mit dem optimierten Mess- und Überwachungsprogramm sowie mit den gewässerkundlichen Bemessungsgrundlagen. Das Höhenwachstum auf den Halligen wird in Kapitel 5 thematisiert. Hier werden die Ergebnisse des Projektes SAHALL dargestellt und bewertet. Die Warften und damit der künftige Küstenhochwasserschutz stehen in Kapitel 6 im Fokus. Die Ergebnisse des Ideenwettbewerbes wie auch erste Zwischenergebnisse aus ZukunftHallig werden hier erläutert. In einer Synthese mit Ausblick werden schließlich in Kapitel 7 Möglichkeiten und Erfordernisse für eine langfristige Erhaltung der Halligen und Halligwarften bei geänderten Klimabedingungen aufgezeigt.

Zu den Herausforderungen des Klimawandels in Schleswig-Holstein gehört auch die Sicherung der wertvollen und nicht zuletzt nach den Natura 2000-Richtlinien geschützten Natur auf den Halligen. Dieses Thema wurde in der ersten Arbeitsphase der AG Halligen 2050 noch nicht über die Frage der Sicherung des Erhalts der Halligen hinaus behandelt. Es soll jedoch bei einer Fortsetzung der AG Halligen 2050 auf die Agenda kommen (Kap. 7, Empfehlung 8).

## 2. GEOGRAPHISCHER ÜBERBLICK

Zehn Halligen mit einer Gesamtfläche von 21 km<sup>2</sup> existieren im nordfriesischen Wattenmeer; sechs davon sind permanent bewohnt (Abb. 1, Tab. 1). Hier leben insgesamt etwa 280 Menschen auf 32 Warften. Der Begriff Hallig bedeutet „flach“ oder „niedrig“. Die mittlere Höhenlage der Halligen liegt nur wenige Dezimeter über dem mittleren Tidehochwasser. Bedingt durch ihre geringe Höhenlage ergeben sich mehrmals im Jahr während Wind- und Sturmfluten sog. „Landunter-Phasen“.



Abb. 1: Die Halligen im Nordfriesischen Wattenmeer



Wie keine andere Landschaft stehen die nordfriesischen Halligen als Sinnbild für den: „Kampf mit dem Blanken Hans“. Historische Sturmfluten wüteten hier wegen der exponierten und kaum geschützten Lage besonders gravierend. Im Jahre 1717 kamen während einer Sturmflut auf Nordstrandischmoor 16 Menschen, auf Langeneß 18 Menschen ums Leben. Im Jahre 1825 starben in der so genannten Halligflut 74 Menschen auf den Halligen. Die Halligbewohner haben in der Folge ein sehr besonderes Verhältnis zu ihrem Lebensraum entwickelt. Ihr Kampf mit dem Blanken Hans ist ein wichtiger Teil des regionalen Kulturbewußtseins geworden.

<b>Name</b>	<b>Fläche</b>	<b>Küstenlänge</b>	<b>Einwohner</b>
	(km <sup>2</sup> )	(km)	(30.09.2011)
Langeneß (einschl. Nordmarsch)	9,241	21,126	115
Hooge	5,460	11,066	109
Nordstrandischmoor	1,630	6,759	22
Oland	0,955	4,930	21
Gröde	1,965	7,544	11
Süderoog	0,577	3,074	2
Hamburger Hallig	0,493	3,092	0
Südfall	0,407	2,963	0
Habel	0,063	1,511	0
Norderoog	0,079	1,359	0
<b>Summe</b>	<b>20,870</b>	<b>63,424</b>	<b>280</b>

Tab. 1: Halligen im nordfriesischen Wattenmeer (Quellen: KIS-SH, Statistikamt HH/SH, Amt Pellworm)

Die Halligen sind Überbleibsel einer im Mittelalter während Sturmfluten und Meeresinbrüche untergegangenen Küstenmarschlandschaft. Betrug ihre Fläche Mitte des 17. Jahrhunderts noch etwa 100 km<sup>2</sup>, so nahm diese Fläche infolge von Sturmfluten bis Ende des 19. Jahrhunderts auf weniger als 30 km<sup>2</sup> ab. Von 1824 bis 1924 nahm die Halligbevölkerung von 937 auf 490 ab<sup>6</sup>, was fast eine Halbierung gleichkommt. Zu Anfang des 20. Jahrhunderts wurden die Halligen dann durch Küstenschutzmaßnahmen in ihrer Lage stabilisiert. Die bewohnten Halligen Hooge, Oland-Langeneß und Gröde erhielten zudem Sommerdeiche, die leichte Windfluten abhalten. Bedingt durch ihre exponierte Lage und die extremen Sturmflutwasserstände der Jahre 1962 und 1976 wurden die bewohnten Warften in den letzten Jahrzehnten umfassend verstärkt. Dabei wurde die Verstärkung grundsätzlich so ausgeführt, dass – neben einer Abflachung der Außenböschung – die Warften einen Ringwall als Hochwasserschutz

<sup>6</sup> Lorenzen, J. 1992. Die Halligen in alten Abbildungen. Forining for nationale Friiske, Breklumer Druckerei Manfred Siegel KG, 159 S.

erhalten (Abb. 2). Damit liegen die Häuser nunmehr in einer Wanne. Zusätzlich wurden Schutzräume in den Wohnhäusern eingerichtet.

Für den Küstenhochwasserschutz (einschl. Warftverstärkungen) zuständig sind grundsätzlich die Grundeigentümer bzw. die Halligbewohner; koordiniert wird die Aufgabe des Küstenhochwasserschutzes durch das Amt Pellworm; der LKN-SH ist Fachbehörde (technische Beratung, Prüfung, Genehmigung und Zuwendungen). Für die Küstensicherung auf den Halligen ist das Land Schleswig-Holstein, vertreten durch den LKN-SH, verantwortlich. Dabei sind die Sicherungsmaßnahmen insoweit zu treffen, als es im Interesse des Wohls der Allgemeinheit und des Küstenschutzes erforderlich ist. Entsprechende Regelungen sind im Landwassergesetz Teil 7: „Deiche und Küsten“ enthalten.

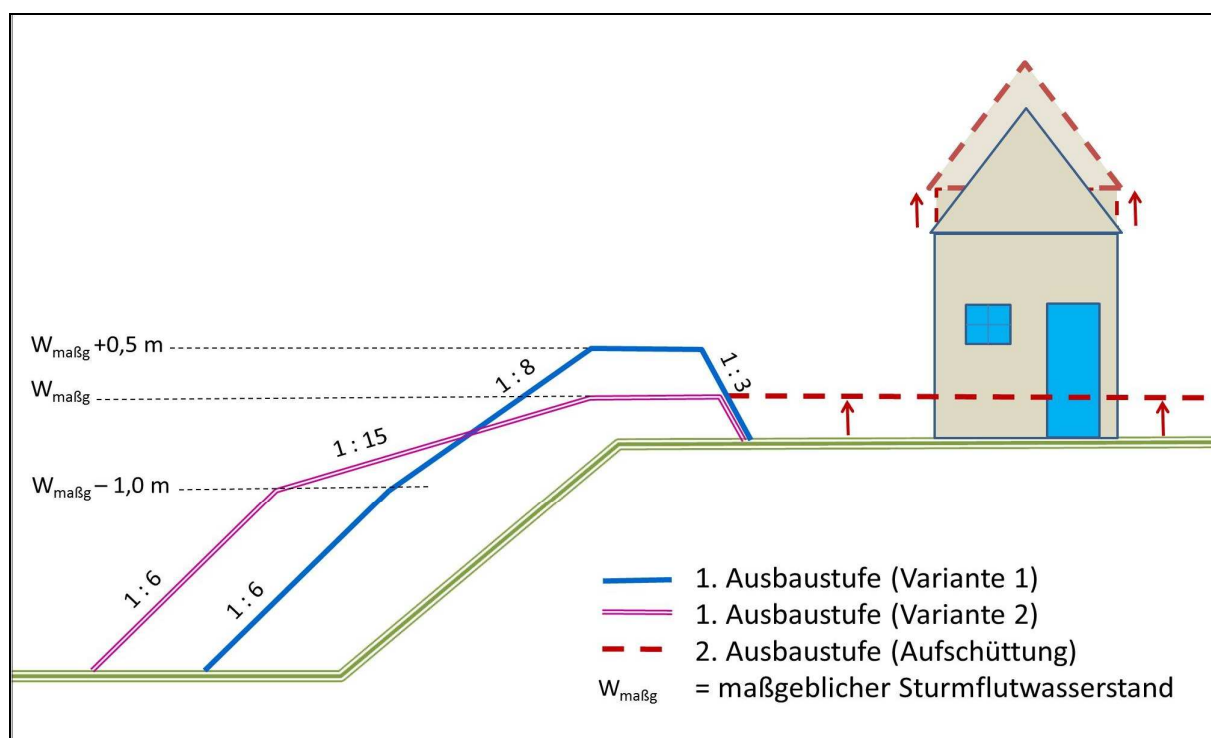


Abb. 2: Prinzip der Halligwarftverstärkungen (nach Landesförderrichtlinie)

Der Tourismus entwickelte sich in den vergangenen Jahrzehnten auf den Halligen zum wichtigsten Wirtschaftsfaktor. Das abgeschiedene Land im Meer ist ein beliebtes Urlaubs- und Ausflugsziel – nicht nur im Sommer – geworden. Dabei kommen die Besucher vor allem, um die überwältigende Natur, die Ruhe, die Abgeschiedenheit und das typische Flair zu erleben. Langfristig können die Halligen nur bewohnbar bleiben, wenn vor Ort ausreichend Möglichkeiten zur Existenzsicherung vorhanden sind.

Die Halligen liegen inmitten des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und sind seit 2009 im Weltnaturerbe Wattenmeer. Gleichzeitig sind sie Teil des Biosphärengebietes Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und Halligen. Die sechs dauerhaft bewohnten Halligen gehören zur Entwicklungszone des Biosphärenreservats, jedoch nicht zum Nationalpark. Das UNESCO-Welterbe-Komitee würdigte das

Wattenmeer in drei Kriterien als eines der größten küstennahen und gezeitenabhängigen Feuchtgebiete der Erde: Geologie, Ökologie und Biodiversität. Das Komitee beschreibt das Gebiet als einzigartiges Ökosystem, erdzeitlich jung, mit vom Menschen weitgehend unbeeinflussten Naturvorgängen und einer besonders reichen Artenvielfalt. Die Beliebtheit der Halligen bei Touristen ist auch in dieser Naturschönheit begründet.

### 3. HERAUSFORDERUNG KLIMAWANDEL

Der vom Menschen verursachte Klimawandel und der Umgang mit seinen Konsequenzen stellen zentrale Herausforderungen der heutigen Gesellschaft dar. Für den Küstenschutz auf den Halligen sind durch den Klimawandel verursachte mögliche Veränderungen der mittleren und der Höchstwasserstände sowie des Seeganges besonders relevant. Diese Kenngrößen sind wesentliche Grundlage für die Dimensionierung der Küstenschutzanlagen. Im Nachfolgenden werden der derzeitige Kenntnisstand über die mögliche künftige Entwicklung des mittleren Meeresspiegels, der Sturmflutwasserstände und der Seegangverhältnisse kurzgefasst.

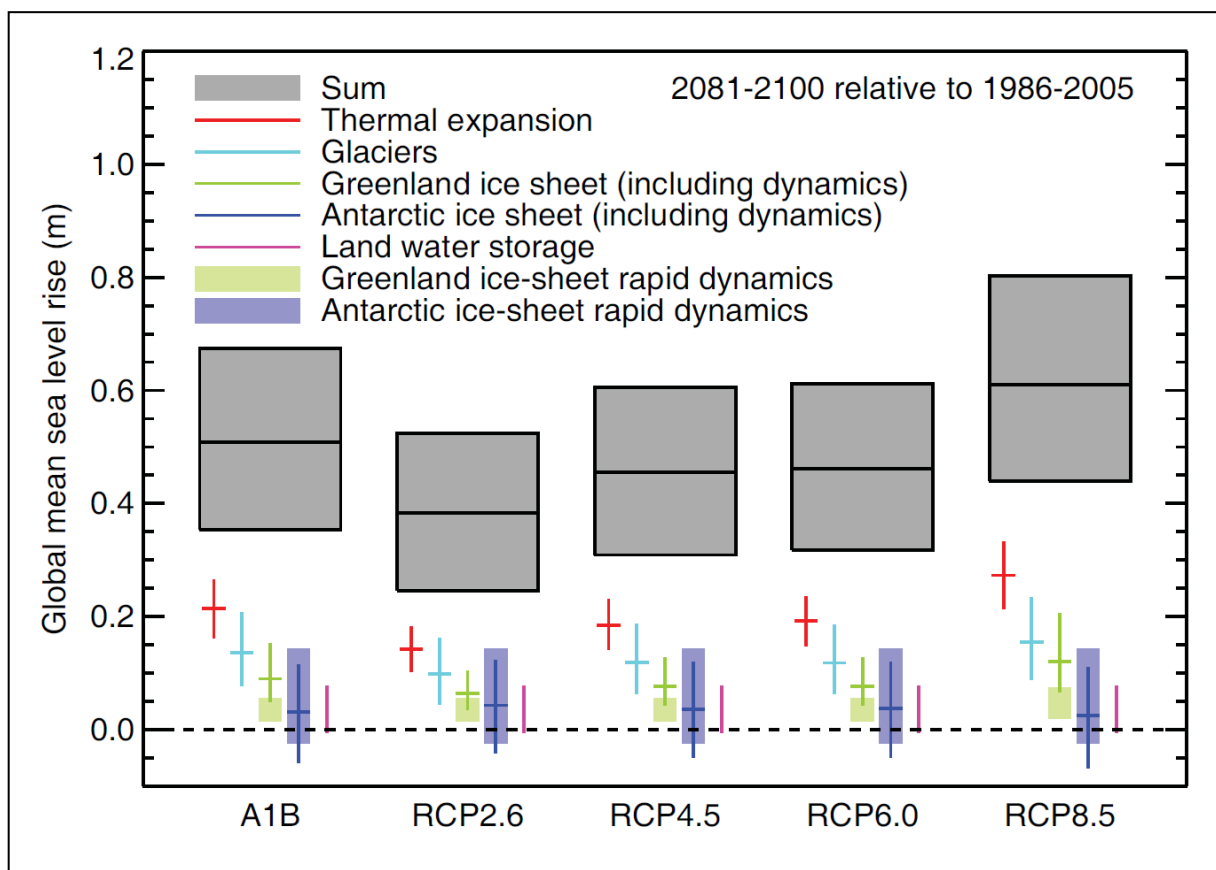


Abb. 3: Projektionen des globalen mittleren Meeresspiegelanstieges für verschiedene Strahlungsbilanzszenarien (Church et al. 2013<sup>7</sup>)

Ausgangspunkt für Projektionen zum globalen **Meeresspiegelanstieg** ist nach dem fünften Weltklimabericht des IPCC von 2013 die globale Strahlungsbilanz, die derzeit bei etwa zwei Watt pro Quadratmeter ( $W/m^2$ ) liegt. Durch den Ausstoß von Treibhausgasen (vor allem  $CO_2$ ) könnte gemäß IPCC die Wärme-Einstrahlung bis 2100

<sup>7</sup> Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 2013: Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

nicht-linear auf 2,6 (Szenario RCP2.6) bis 8,5 W/m<sup>2</sup> (Szenario RCP8.5) zunehmen. Für diese Strahlungsszenarien sind im Weltklimabericht Projektionen zum globalen mittleren Meeresspiegelanstieg für den Zeitraum 2000 – 2100 enthalten (Abb. 3). Demnach ist in diesem Jahrhundert mit einem globalen Meeresspiegelanstieg zwischen 0,26 und 0,82 m (entsprechend ca. 3 und 8 mm pro Jahr) zu rechnen. Für Schleswig-Holstein ist zu diesen Werten noch die langfristige Landsenkung zu addieren, die zwischen 0 und 1 mm/J. liegt.

Hinsichtlich künftiger **Sturmflutwasserstände** ist zunächst festzuhalten, dass Sturmfluten auf den jeweiligen mittleren Wasserspiegel aufsetzen. Folglich nehmen die Sturmflutwasserstände in etwa entsprechend dem mittleren Meeresspiegelanstieg (siehe oben) zu. Sturmfluten entstehen während aufländiger Starkwindereignisse, die das Wasser vor der Küstenlinie aufstauen und dort zum sog. Windstau führen. Die Höhe des Windstaus ist abhängig von der Windstärke, -richtung und -dauer sowie der Küstentopographie (Wassertiefe, Exposition zur Windrichtung, Buchteneffekt). Entsprechend fällt der Windstau lokal stark unterschiedlich aus und Projektionen sind für die Küsten Schleswig-Holsteins schwierig zu erstellen. Das HZG<sup>8</sup> hat für die Nordseeküste Modellrechnungen zum künftigen Windstau und den künftigen Sturmflutwasserständen veröffentlicht (Woth et al. 2006<sup>9</sup>). Das HZG projiziert bis Ende dieses Jahrhunderts moderate Zunahmen des Windstaus um 0,2 bis 0,4 m für die Westküste Schleswig-Holsteins. Die Projektionen zu den Sturmflutwasserständen reichen von 0,3 bis 1,1 m bis 2100. Das HZG weist darauf hin, dass die Berechnungen jeweils nur für zwei (ältere) IPCC-Szenarien und mit zwei Klimamodellen angestellt wurden. Neuere Studien kommen zu ähnlichen Ergebnissen (Gaslikova et al. 2013<sup>10</sup>).

Hinsichtlich künftiger Sturmflutwasserstände in der Region lohnt sich ein Rückblick auf die bisherige Entwicklung. In Abb. 4 ist die Entwicklung der Jahreshöchstwasserstände seit 1875 am Pegel Dagebüll, für den im Gegensatz zu den Halligpegeln eine lange Zeitreihe vorliegt, dargestellt. Demnach steigen die Höchstwasserstände in Dagebüll bereits seit 1875 um jährlich 4,7 mm bzw. um fast 0,5 m pro Jahrhundert, und das ohne anthropogenen Klimawandel. Seit Anfang der 1990er Jahre ist – in Abweichung vom Langzeittrend – eine Beruhigung erkennbar.

Der mittlere und maximale **Seegang** ist wie der Windstau von den Windverhältnissen und der Küstentopographie geprägt. Auch hier gilt, dass die Erstellung von regionalen Projektionen sehr schwierig ist. Eine HZG-Studie (Grabemann und Weisse 2008<sup>11</sup>) für die Nordsee kommt für zwei (ältere) IPCC-Treibhausgasszenarien zu folgenden Ergebnissen. Für die südöstliche Nordsee deutet sich eine leichte Zunahme

<sup>8</sup> Helmholtz-Zentrum Geesthacht für Material- und Küstenforschung

<sup>9</sup> WOTH, K.; WEISSE, R.; VON STORCH, H. (2006): Climate change and North Sea storm surge extremes: an ensemble study of storm surge extremes expected in a changed climate projected by four different regional climate models. In: Ocean Dynamics, doi: 10.1007/s10236005-0024-3.

<sup>10</sup> GASLIKOVA L., I. GRABEMANN and N. GROLL (2013). Changes in North Sea Storm Surge conditions for Four Transient Future Climate Realizations. Natural Hazards, Volume 66, Issue 3, pp 1501-1518.

<sup>11</sup> GRABEMANN I. and R. WEISSE (2008). Climate change impact on extreme wave conditions in the North Sea: an ensemble study. Ocean Dynamics 58, 199-212.

der extremen Wellenhöhen, im Mittel um 5 bis 8%, zum Ende des 21. Jahrhunderts an. Diese Änderung ist mit einer geringen Zunahme der Häufigkeit extremer Wellenhöhen und ihrer Dauer gekoppelt. Im Detail zeigen die einzelnen Simulationen jedoch erhebliche Unterschiede. Die Unsicherheiten in den Klimamodellen erreichen die Größenordnung der abgeschätzten Änderungen im Seegang.

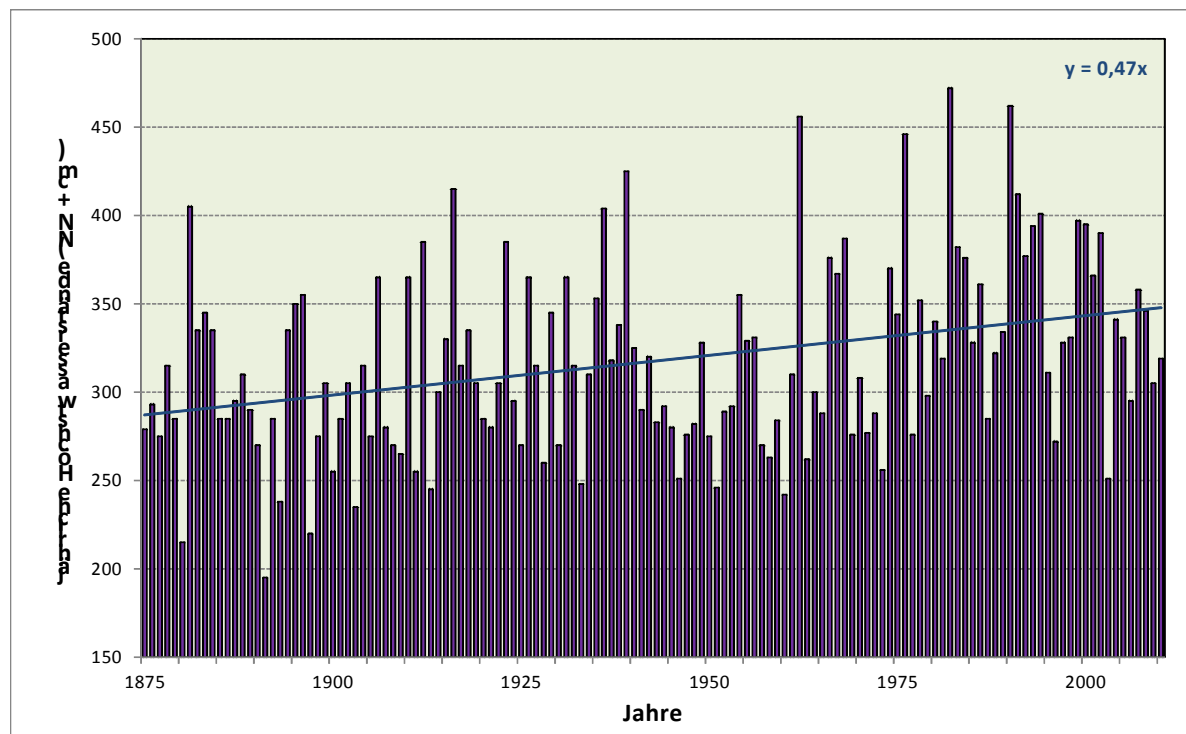


Abb. 4: Entwicklung der jährlichen Höchstwasserstände in Dagebüll seit 1875

Für die Halligen sind die oben beschriebenen hydrologischen Entwicklungen infolge des Klimawandels sehr ernst und dürfen nicht unterbewertet werden. Es ist damit zu rechnen, dass höher auflaufende Sturmfluten die Halligwarften in der Zukunft deutlich stärker belasten werden. Auch die Halligkanten werden vermehrt beansprucht werden, was – zum Erhalt der Halligen – entsprechende Sicherungsmaßnahmen bedingt. Schließlich wird der mittel- bis langfristig stark zunehmende Meeresspiegelanstieg auf den Halligen zu einem entsprechend erhöhten Bedarf an Sediment führen. Nur wenn langfristig genügend Material zum Ausgleich des Meeresspiegelanstieges zur Ablagerung kommt, kann die relative Geländehöhe zum Meeresspiegel und damit die charakteristische Halliglandschaft langfristig erhalten bleiben. Erste Voraussetzung hierfür sind ausreichend häufige Land-unter-Phasen.



serkundlichen Messprogrammes (Abb. 5) sind räumlich repräsentative genaue Angaben zu Sturmflutwasserständen, Wasserstands-Überschreitungshäufigkeiten und -Verweildauern sowie zum Seegang. Hierzu wurden unter anderen die folgenden Aktivitäten entfaltet:

- Untersuchung und Zuordnung von Außenpegeln zu den Halligen,
- Prüfung und Herstellung von funktionalen Zusammenhängen, zum Beispiel zwischen Dauer- und Sommerpegeln,
- Aufrüstung der vorhandenen Pegel mit Datenfernübertragung,
- Errichtung von drei Halligpegeln auf Langeneß (2) und Oland (1),
- Errichtung vom Außensommerpegel Langeneß-Nord und vom Außendauerpegel Hilligenley,
- Einrichtung von autarken mobilen Seegangmessstationen, und
- Sammlung und Aufbereitung von Beobachtungen der Halligbewohner zu den „Land-unter-Phasen“.

## 4.2 Hydrologische Auswertungen

Da das Messsystem teilweise noch im Aufbau ist bzw. gerade eingerichtet wurde, können keine Endergebnisse präsentiert werden. Anhand der bestehenden Anlagen und der vorliegenden Messdaten sind jedoch vielfältige Analysen bereits möglich; teilweise wurden diese im Rahmen des Projektes ZukunftHallig ermittelt.

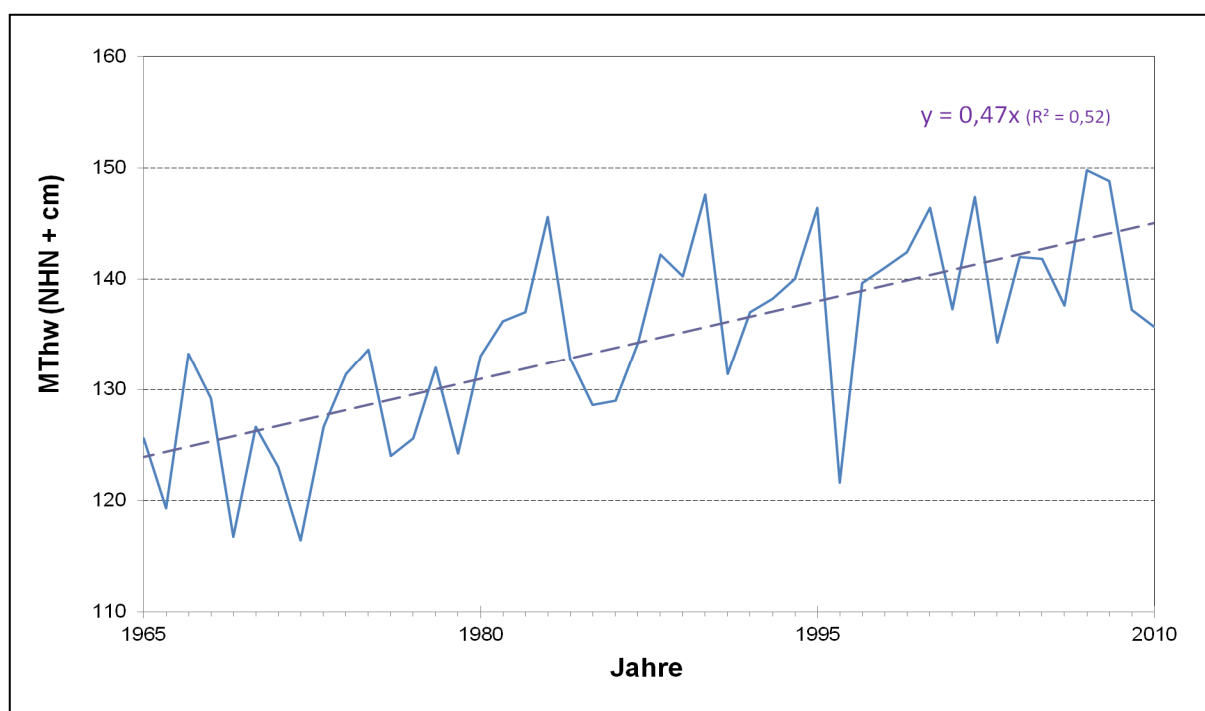


Abb. 6: Anstieg des mittleren jährlichen Tidehochwassers (MThw) seit 1965, gemittelt über die Pegel Dagebüll, Wyk auf Föhr, Wittdün auf Amrum, Schlüttsiel, und Pellworm-Hafen.



In Abb. 6 ist die Entwicklung des mittleren Tidehochwassers (MThw) in der Region seit 1965 dargestellt. Von 1965 bis 2010 stieg demnach das MThw um durchschnittlich 0,47 mm pro Jahr bzw. insgesamt um gut 0,2 m an. Nicht dargestellt ist die Entwicklung des mittleren Tideniedrigwassers (MTnw), das von 1965 bis 2010 keinen signifikanten Trend aufwies. Folglich hat der mittlere Tidenhub entsprechend des MThw-Anstieges zugenommen.

Nicht nur für den Schutz vor Sturmfluten und Uferabbruch, sondern auch im Hinblick auf das Höhenwachstum der Halligen sind Angaben zu Überschreitungshäufigkeiten und Verweilzeiten erhöhter Wasserstände von großer Bedeutung. In Abb. 7 ist für den Pegel Hooge-Anleger die mittlere, minimale und maximale jährliche Überschreitungshäufigkeit bestimmter Wasserstände über den Zeitraum 2002 bis 2011 dargestellt. Dieser Parameter zeigt auf, wie oft auf den Halligen mit bestimmten Wasserständen zu rechnen ist. So wurde der Wasserstand von NHN +2,3 m (ca. MThw + 0,9 m) im besagten Zeitraum im Schnitt jährlich etwa Zehnmal, mindestens viermal und höchstens Achtzehnmal (im Jahre 2007) überschritten.

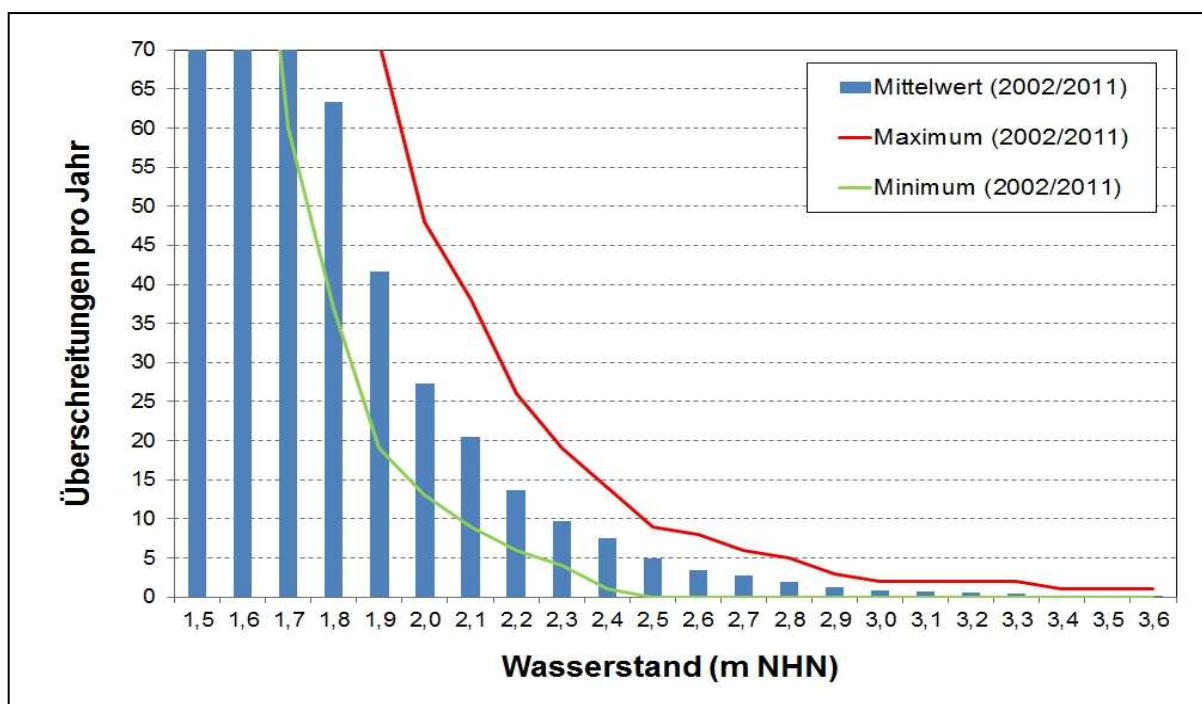


Abb. 7: Wasserstands-Überschreitungshäufigkeiten am Pegel Hooge Anleger für den Zeitraum 2002 bis 2011

In Abb. 8 ist für den Zeitraum 1978 bis 2011 die jährliche Häufigkeit von Wasserständen höher als NHN +2,30 m und höher als NHN +2,90 m am Pegel Hooge Anleger dargestellt. Für beide Wasserstandsmarken ist kein Trend über den besagten Zeitraum erkennbar. Über die letzten drei Jahre waren die Häufigkeiten eher gering; die größte Häufigkeit trat im Jahre 1990 auf. Die Höhenmarke NHN +2,90 stellt in etwa die mittlere Höhenlage der Regionaldeiche auf Hooge dar. Die Überflutung der Hallig durch Wellenüberlauf setzt allerdings bereits erheblich früher, etwa ab NHN +2,30 m ein. Der Wasserstand NHN +2,30 m wurde im Zeitraum 1978 – 2011 durchschnittlich

etwa Zehnmal pro Jahr, der von NHN +2,90 m im Schnitt einmal im Jahr erreicht oder überschritten.

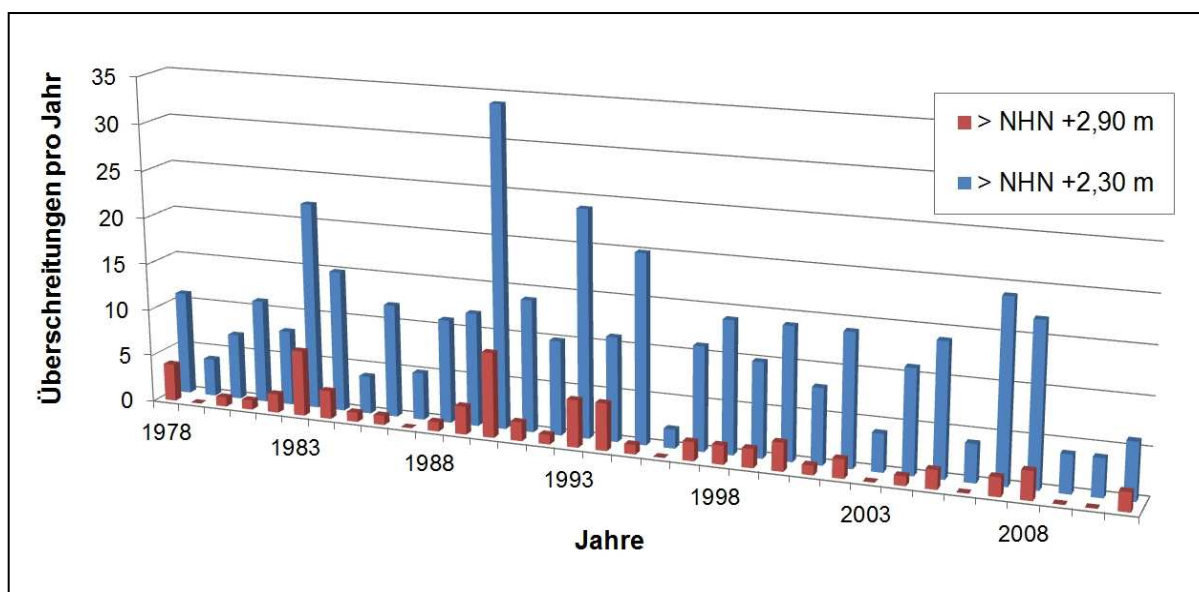


Abb. 8: Häufigkeit erhöhte Wasserständen am Pegel Hooge Anleger seit 1978.

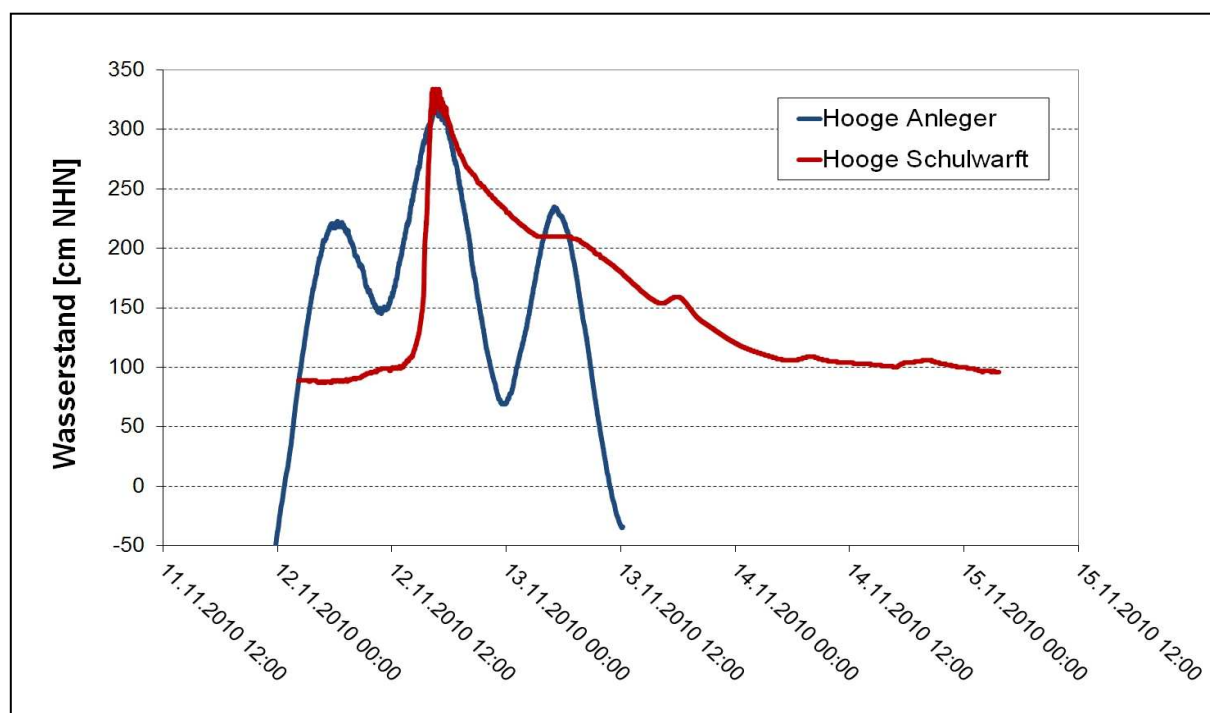


Abb. 9: Vergleich von Wasserstands-Ganglinien während einer Sturmflut im Jahre 2010 auf (Schulwarf) und vor (Anleger) der Hallig Hooge.

Aus der Abb. 9 geht das verzögerte Ablaufen des Wassers von der Hallig nach einer Sturmflut hervor. Dargestellt sind die Wasserstands-Ganglinien der Sturmflut vom 12. November 2010 am Halligpegel Hooge Schulwarf (rote Linie) und am Außenpegel Hooge Anleger (blaue Linie). Während die Ganglinie am Anleger bereits am 13.11.10 wieder normal verlief, blieben die Wasserstände an der Schulwarf bis 14.11.10 er-

höht. Die Verweilzeiten erhöhter Wasserstände am Halligpegel Hooge-Schulwarft sind entsprechend höher als am Außenpegel Hooge-Anleger.

## 5. STABILITÄT DER HALLIGEN

Die Stabilität der Halligen ist sowohl flächenmäßig als auch höhenmäßig zu betrachten. Obwohl die AG Halligen 2050 hinsichtlich der Stabilität der Halligen in Zeiten des Klimawandels vorrangig das Höhenwachstum thematisiert hat (Kap. 5.2), folgen zunächst einige Aussagen zur Sicherung der Halligen vor Uferabbruch.

### 5.1 Sicherung der Halligen vor Uferabbruch

Durch Uferabbruch während Sturmfluten nahm die Fläche der Halligen zwischen Mitte des 17. und Ende des 19. Jahrhunderts um etwa 70 km<sup>2</sup> bzw. 70% ab. Damit die verbliebenen Halligen nicht komplett verschwinden, wurden Anfang des 20. Jahrhunderts umfangreiche Ufersicherungsmaßnahmen durchgeführt. Mit diesen Maßnahmen konnte – trotz steigendem Meeresspiegel und zunehmender Sturmflutwasserstände – weiterer Abbruch erfolgreich verhindert werden. Derzeit (Stand 2010) sichern etwa 54 km Deckwerke in Kombination mit 25 km Buhnen und 45 km Lahnungen die Halligen vor Abbruch. In Abb. 10 sind die Küstenschutzmaßnahmen für die Hallig Gröde dargestellt.

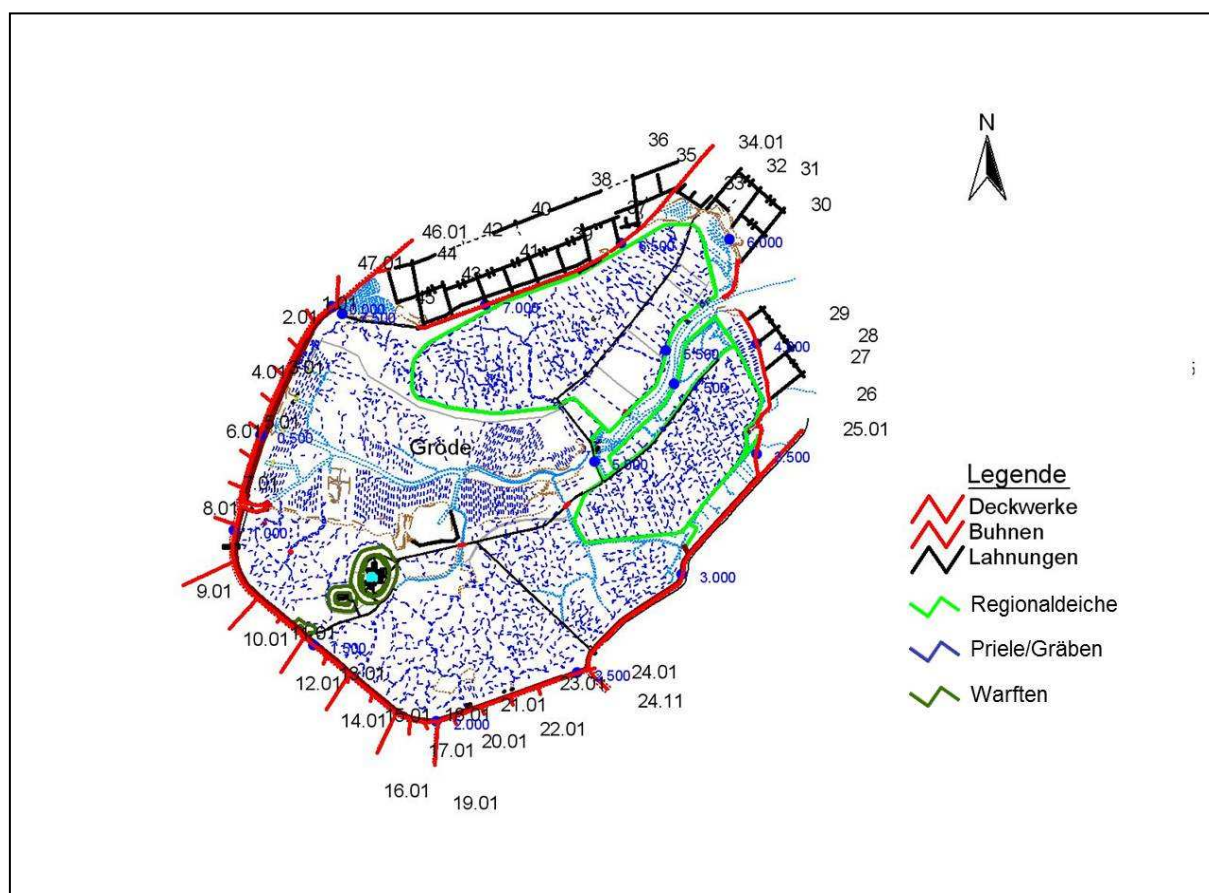


Abb. 10: Küstenschutzmaßnahmen auf der Hallig Gröde

Durch ihre exponierte Lage im Wattenmeer und insbesondere in Anbetracht eines künftig verstärkt steigenden Meeresspiegels ist die Sicherung der Halligen vor

Uferabbruch eine große Herausforderung. Die durch die jeweilige Exposition bedingten stark unterschiedlichen hydrologischen und morphologischen Rahmenbedingungen bedingen ein lokal angepasstes Vorgehen. So können Lahnungsfelder nur vor gering belasteten „energiearmen“ Uferbereichen sinnvoll sein, während Deckwerke an exponiert liegenden Halligkanten ggf. zusätzlich durch Buhnen zu sichern sind (MELUR 2012).

Infolge der regelmäßigen Überflutungen bzw. Land-unter-Phasen wächst insbesondere unmittelbar hinter den Deckwerken das Gelände durch die sich hier konzentrierende Sedimentation stark in die Höhe. Der langfristige Meeresspiegelanstieg – seit 1914 ist das MThw um etwa 0,4 m angestiegen – führt weiterhin dazu, dass vermehrt Wellenüberschlag bei den alten Deckwerken auftritt, was im aufgewachsenen Gelände hinter den Deckwerken verstärkt zu Auskolkungen führt (Foto 1). Ohne Gegenmaßnahmen kann dies langfristig durch Hinterspülung und Zerstörung der Deckwerke zu einer Gefährdung der Halligstabilität führen.



Foto 1: Auskolkungen hinter einem alten Deckwerk auf Gröde (Foto: Mommsen, 15.07.2010)

Um dies zu vermeiden, sind die Deckwerke rechtzeitig in der Höhe anzupassen. Derzeit läuft ein Verstärkungsprogramm an insgesamt 4,75 km Deckwerken auf sechs Halligen (Abb. 11). Hinsichtlich der Bestickhöhe der Deckwerke ist besonders zu berücksichtigen, dass das zum Ausgleich des Meeresspiegelanstieges erforderliche Höhenwachstum der Halligen (Kap. 5.2) eine ausreichend häufige Überflutung voraussetzt. Des Weiteren stellen die Deckwerksverstärkungen Eingriffe in Natur und Landschaft dar, die im Rahmen des laufenden Programmes durch entsprechende Maßnahmen minimiert werden. Derzeit liegen weitergehende Maßnahmen der Mini-



mierung sowie Varianten oder Alternativen zum Erreichen des mit der Baumaßnahme beabsichtigten Ziels nicht vor. Im Rahmen der Erstellung der Strategie Wattenmeer 2100 (MELUR 2012) soll nach neuen Möglichkeiten gesucht werden, die flächenmäßige Stabilität der Halligen durch möglichst naturverträgliche Maßnahmen zu fördern.

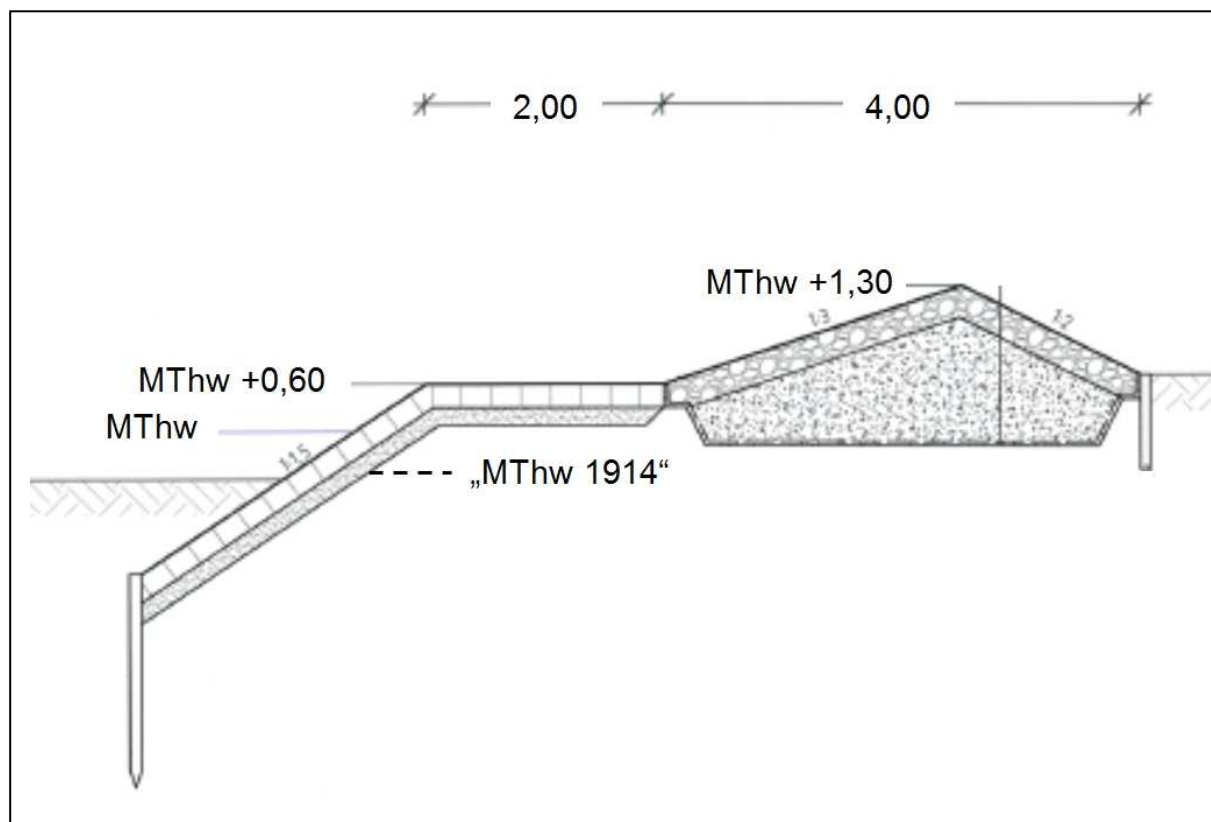


Abb. 11: Regelprofil Verstärkung Halligdeckwerke (LKN 2008).

## 5.2 Höhenwachstum der Halligen

Wie bereits erwähnt sind die Halligen zum Ausgleich des Meeresspiegelanstieges angewiesen auf Akkumulationen während der Land-Unter-Phasen. Grundsätzlich nimmt mit steigendem Meeresspiegel die Häufigkeit der Überflutungen zu, was – wiederum grundsätzlich – zu einer verstärkten Akkumulation führt. Dieser an sich einfache und positive Prozess-Reaktionsmechanismus wird jedoch durch viele Faktoren wie Dauer der Überflutung, Wassertiefe auf der Hallig und Schwebstofffracht in der Wassersäule beeinflusst. Dies kann zum Beispiel dazu führen, dass eine höher auflaufende und länger andauernde schwere Sturmflut mehr Akkumulationen von Sedimenten auf der Hallig bewirkt als mehrere leichte Sturmfluten, wobei dieser Zusammenhang nicht zwingend ist.

Um ein besseres Verständnis über diese komplexen Wechselbeziehungen zu erhalten ist das MELUR-SH im Jahre 2007 in eine mehrjährige Forschungskooperation mit dem Geowissenschaftlichen Zentrum der Universität Göttingen eingetreten. Im Rah-

men des in zwei Phasen gegliederten Projektes SAHALL (**S**ediment **A**kkumulation **H**alligen) wurden:

- I. das bisherige Höhenwachstum auf mehreren Halligen ermittelt und ursächlich gedeutet, sowie
- II. Möglichkeiten zur Förderung des Höhenwachstums untersucht.

Die Ergebnisse von SAHALL I lagen Anfang 2009 vor, die Ergebnisse von SAHALL II Ende 2012. In den Sitzungen der AG Halligen 2050 haben die Wissenschaftler der Universität Göttingen regelmäßig über Zwischenergebnisse und Projektfortschritt berichtet. Die nachfolgenden Ausführungen beruhen maßgeblich auf den im Rahmen von SAHALL gewonnenen Erkenntnissen.

Zur Ermittlung des langfristigen Höhenwachstums wurden auf vier Halligen mehrere Rammkernbohrungen (zwei pro Hallig) niedergebracht, an denen anschließend Altersbestimmungen ( $^{137}\text{Cs}$  Datierungen) durchgeführt wurden. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 dargestellt.

Hooge	Langeneß	Nordstrandischmoor	Süderoog
2,6	1,8	3,8	3,2

Tab. 2: Durchschnittliches Höhenwachstum (in mm/a) auf den Halligen Hooge, Langeneß, Nordstrandischmoor und Süderoog über den Zeitraum 1963 bis 2007.

Daraus lässt sich die Erkenntnis ableiten, dass das Höhenwachstum auf den Halligen bzw. im Bereich der Bohrungen nicht ausreicht, um den MThw-Anstieg in Höhe von 0,46 mm/a (Abb. 6) auszugleichen. Es deutet sich an, dass der Zustand einer zu geringen Sedimentakkumulation auf den großen Halligen schon länger andauert. Weite Teile von Hooge und Langeneß sind mittlerweile so niedrig gelegen, dass diese beiden Halligen ohne Uferschutzbauwerke bereits bei einem mittleren Tidehochwasser vernässen würden. Bei einem normalen Springtidehochwasser von etwa 0,3 m über MThw würden diese Halligen größtenteils unter Wasser stehen (Abb. 12).

Zur Ermittlung der aktuellen Akkumulation auf den Halligen wurden an vielen Stellen Sedimentfallen (Matten und Flaschen) sowie Sedimentation-Erosion-Messtafeln (SEB) aufgestellt. Die Höhenentwicklung auf den Halligen konnte somit über bisher fünf Winterperioden in hoher räumlicher und zeitlicher Dichte, teilweise in direktem Bezug zu den jeweiligen Land-Unter-Phasen, erfasst und ausgewertet werden. Die Messungen bestätigen die oben angedeuteten komplexen Abhängigkeiten des Höhenwachstums von internen und externen Faktoren. Im Ergebnis zeigt sich eine sehr hohe räumliche und zeitliche Variabilität der aktuellen Höhenentwicklung (Tab. 3). Entsprechend schwierig ist eine direkte Verknüpfung der jeweilig gemessenen Höhenentwicklung zu einzelnen Faktoren wie „Abstand von der Halligkante“. Dies führt zu der Feststellung der an SAHALL beteiligten Wissenschaftler, wonach weitere Messungen und Analysen erforderlich sind.

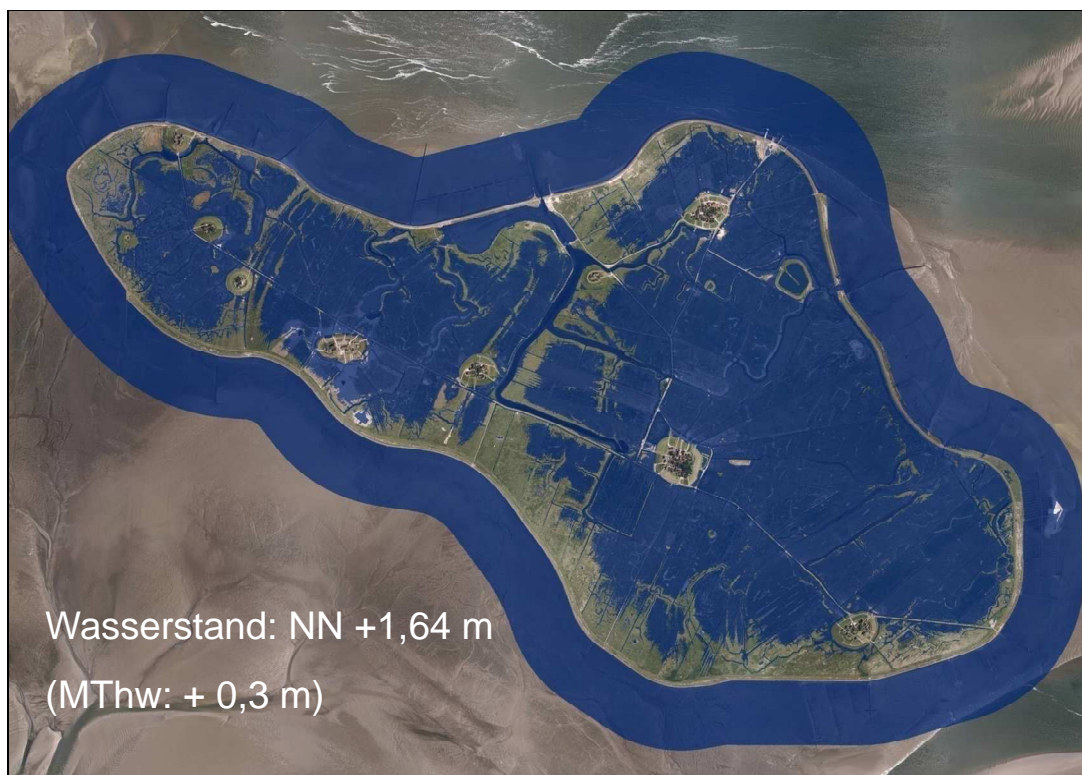


Abb. 12: Während Springtidehochwasser überflutete Fläche auf Hooge (ohne Berücksichtigung des Regionaldeiches).

	Hooge		Langeneß		Nordmarsch		Nordstrandischmoor		Süderoog	
	F**	M***	F	M	F	M	F	M	F	M
2007/08	3,3	1,9	3,2	2,4	3,9	2,7	12	5	11,7	8,2
2008/09	0	0	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,1	0,2	1	0,5
2009/10	0,5	0,3	1,8	1,4	1,4	0,5	1,5	-	0,7	-
2010/11	0,9	0,9	1	0,7	1,3	1,1	3,2	-	1,8	-
2011/12	2,5	2,5	2,4	2	2,6	3,2	9	2,1	7,7	2,2
Summe	7,2	5,6	8,4	6,5	9,2	7,5	26,8		22,9	

\* vom 01.10 bis 31.03 des nächsten Jahres; \*\* F = Flasche; \*\*\* M = Matte

Tab. 3: Höhenwachstum (in mm) auf den Halligen Hooge, Langeneß, Nordmarsch, Nordstrandischmoor und Süderoog ermittelt aus Sedimentfallen.

Im Einzelnen ist festzuhalten, dass auf den kleinflächigen Halligen Süderoog und Nordstrandischmoor in den sturmreichen Winterhalbjahren 2007/08 und 2011/12 deutlich mehr Sediment akkumuliert wurde als auf den größeren Halligen Hooge und Langeneß. In den sturmflutarmen Winterhalbjahren 2009/10 und 2010/2011 ist der Unterschied zwischen den groß- und kleinflächigen Halligen weniger stark ausgeprägt. Im Winterhalbjahr 2008/09 wurde Hallig Hooge gar nicht überflutet.





Foto 2: Akkumulationsschichtung auf einer Hallig (Foto: Hofstede, 17.07.2007).

Trotz voneinander abweichender Ergebnisse zeichnet sich bei den verwendeten Methoden (Sedimentfallen und SEB) ab, dass das aktuelle Höhenwachstum auf den großflächigen Halligen Hooge und Langeneß deutlich langsamer voranschreitet als der MThw-Anstieg (Abb. 6) im nordfriesischen Wattenmeer. Die bisherigen Beobachtungen reichen zwar nur bis ins Jahr 2007 zurück, doch traten in diesem Zeitraum zwei Winterhalbjahre (2007/08 und 2011/12) mit einer überdurchschnittlich hohen Anzahl von Überflutungen auf. Selbst in diesen Winterhalbjahren reichte die akkumulierte Sedimentmenge nicht aus, um den MThw-Anstieg zu kompensieren. Dabei ist festzuhalten, dass in diesen Winterhalbjahren keine schweren oder sehr schweren Sturmfluten auftraten. Da davon auszugehen ist, dass solche Sturmfluten durch stärkere Turbulenzen im Wattenmeer eine höhere Schwebstofffracht in der Wassersäule aufweisen als leichte Sturmfluten, könnten die seltenen, aber deutlich höheren Sturmfluten plötzliche Wachstumsschübe hervorbringen (Foto 2).

Insgesamt erbrachten die in SAHALL I eingesetzten Methoden zur Messung des Höhenwachstums auf den Halligen plausible Ergebnisse. Die "Land unter" Sedimentation auf den Halligen wurde erstmals großflächig quantitativ nachgewiesen und mit ursächlichen Faktoren in Verbindung gebracht. Da die ermittelten aktuellen Sedimentationsraten zumeist nicht ausreichen, um den bisherigen MThw-Anstieg auszugleichen, wurden in SAHALL II seit 2010 auf den Halligen Hooge und Langeneß innovative Maßnahmen zur Erhöhung der natürlichen, überflutungsbedingten Sedimentakkumulation erprobt. Die Akkumulation sollte dabei mit naturnahen Maßnahmen gefördert werden, damit Beeinträchtigungen für Natur, Umwelt und Grünlandnutzung möglichst gering bleiben.

Auf den Halligen Hooge und Langeneß (Nordmarsch) wurden im Jahre 2010 in drei Versuchsfeldern (A, B und C) verschiedene Maßnahmen zwecks Erhöhung der Sedimentakkumulation getestet (Abb. 13).

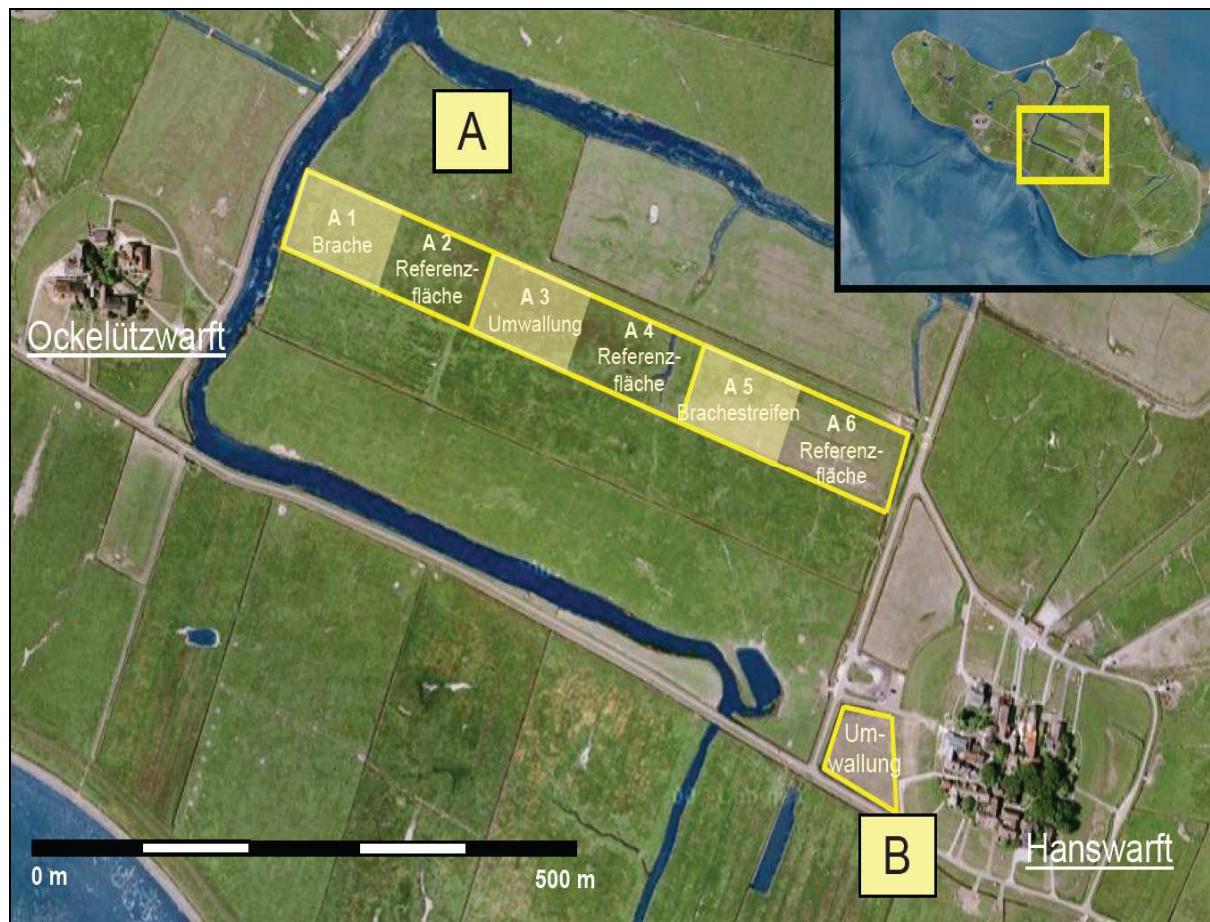


Abb. 13: Lage der Versuchsfelder A und B auf Hooge (Angabe der Maßnahmen in Gelb).

Um die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen quantifizieren zu können, grenzten an die Maßnahmenflächen stets gleichartige Referenzflächen, in denen parallel die Sedimentakkumulation bestimmt wurde. Folgende Maßnahmen wurden untersucht:

1. Der westlichste Teil des Versuchsfeldes A (Abb. 13) wurde vollständig aus der Nutzung herausgenommen. In der neugeschaffenen Brachefläche soll durch die höher aufwachsende Vegetation die Strömung in Bodennähe während einer Überflutung gebremst und auf diese Weise eine höhere Sedimentakkumulation bewirkt werden.
2. Im östlichen Teil des Versuchsfeldes A auf Hooge wurde ein ca. 2-3 m breiter Streifen zwischen der Weide und den angrenzenden Gräben nicht beweidet. Die Grundidee dabei ist, dass die am Rand einer Weide hoch aufwachsende Vegetation das nach einem Landunter zum Graben ablaufende Restwasser bremst. Somit entsteht mehr Zeit für die Ablagerung von Sedimenten und folglich eine erhöhte Akkumulation.

3. Im mittleren Teil des Versuchsfeldes A sowie im Versuchsfeld B auf Hooge wurden niedrige Umwallungen mit ober- resp. unterirdischer Entwässerung angelegt. Durch eine verzögerte Entwässerung nach Sturmfluten wird mit dieser Maßnahme mehr Zeit für die Ablagerung von Sedimenten und damit eine erhöhte Akkumulation bezweckt.
4. Im Prielsystem der Versuchsfäche C auf Nordmarsch wurden vier Steinbarrieren errichtet. Mit dieser Maßnahme soll erreicht werden, dass das von der Fläche in Richtung des Priels abströmende Restwasser durch die Steinbarrieren gebremst werden. Dies soll zu vermehrter Ablagerung von Sedimenten und Akkumulation führen.

Im Rahmen von SAHALL II konnte nur über zwei Winterhalbjahre gemessen werden. Darüber hinaus führten mehrere ungünstige Rahmenbedingungen wie die ungewöhnlich trockene Witterung im Sommer 2010 zu Verzögerungen und Problemen bei der Auswertung. Deshalb können die gewonnenen Erkenntnisse nur als vorläufig gewertet werden. Sämtliche Maßnahmen zur Förderung der Sedimentakkumulation konnten in Hinblick auf ihre Wirksamkeit nach knapp zwei Jahren noch nicht abschließend beurteilt werden. Insofern wäre eine Diskussion über das Verhältnis von Aufwand und Nutzen einer Maßnahme verfrüht.

Folgende vorläufige Erkenntnisse wurden gewonnen:

- Wie bereits im Vorprojekt SAHALL I konnte bisher keine Verstärkung der Akkumulation durch eine höher aufwachsende Vegetationsdecke nachgewiesen werden.
- Die Maßnahme „Umwallung“ zeigte im Winterhalbjahr 2011/12 einen positiven Sedimentationseffekt bei Überflutungen mit Wasserständen von mehr als 25 cm über der Walloberkante. Bei Überflutungen mit niedrigen Wasserständen wirkt sich eine Umwallung für die Akkumulation negativ aus. Eine optimale Höhe für eine Umwallung wäre zu ermitteln. Auch gibt es noch Innovationsbedarf bei der Be- und Entwässerung einer umwallten Fläche. Hinzu kommt, dass dies auch hinsichtlich des Aufwandes und des Landschaftsbildes geprüft werden müsste.
- Wenn man eine umwallte Fläche als ein Modell für eine Hallig betrachtet, dann erscheint es grundsätzlich sinnvoll, die Halligufer mit einem Wall zu versehen. Jedoch muss die optimale Höhe dieses Bauwerkes ermittelt werden. Ist ein Wall zu hoch, gelangt zu wenig Sediment auf die Hallig. Ist er zu niedrig, dann erfolgen Überflutungen auch bei niedrigen Außenwasserständen, die erfahrungsgemäß kaum Sediment auf der Hallig ablagern. In diesem Zusammenhang könnte aber auch die Frage von Öffnungen untersucht werden.
- Im Versuchsfeld C auf Nordmarsch deutet sich auf den Flächen, die von einem Priel mit künstlichen Steinbarrieren entwässert werden, eine Verstärkung der Sedimentakkumulation an. Der Sedimentationseffekt konnte aber noch nicht quantifiziert werden, da bei Überflutungen der Wasserzutritt (und damit auch die Sedimentation) im Versuchsfeld C sehr stark von einem in unterschiedlicher Höhenlage verlaufenden Deckwerk an der vorgelagerten Halligkante geprägt wird.



- Obwohl bisher nicht bei allen untersuchten Maßnahmen eine Förderung der Akkumulation abschließend nachgewiesen werden konnte, ist es grundsätzlich als sinnvoll zu erachten, das von einer Hallig ablaufende Restwasser ausreichend zu verlangsamen, so dass es zu keiner Remobilisierung von bereits abgelagertem Material kommt. Die Hauptwassermenge sollte auch weiterhin schnell von einer Hallig strömen können, die restlichen 30 bis 50 cm sollten deutlich langsamer abfließen.

Resümierend lässt sich nach Projektende für die Fragestellungen 1 bis 4 (Kap. 1) der AG Halligen 2050 folgendes festhalten. Im Projekt SAHALL konnte das durch Überflutungen verursachte kurz- bis mittelfristige Höhenwachstum auf den Halligen in seiner räumlichen und zeitlichen Variation quantitativ ermittelt werden. Demnach verläuft das Höhenwachstum auf den Halligen spätestens seit 1963 (Tab. 2) langsamer als der MThw-Anstieg in der Region. Die Messdaten zeigen weiterhin auf, dass das Höhenwachstum auf den größeren, von Regionaldeichen umgebenen Halligen Hooge und Langeneß insgesamt langsamer verläuft als auf den kleineren, nicht bedeckten Halligen Süderoog und Nordstrandischmoor. In der Folge würden wesentliche Teile von Hooge ohne Deiche bereits heute bei leicht erhöhten Tidewasserständen überflutet werden. Die Daten deuten zwar generell auf einen Zusammenhang zwischen Zahl der Überflutungen und Akkumulation von Sediment hin; offensichtlich wird die Sedimentation jedoch von vielen weiteren Parametern beeinflusst. Im Rahmen des fünfjährigen SAHALL-Projektes konnten diese Faktoren, zum Beispiel durch das Fehlen von schweren und sehr schweren Sturmfluten, nur begrenzt analysiert werden. Trotzdem darf generell davon ausgegangen werden, dass eine zunehmende Überflutungshäufigkeit infolge eines beschleunigten Meeresspiegelanstieges zu stärkeren Akkumulationen auf den Halligen führt. Die vorläufigen Erkenntnisse aus den Feldversuchen in SAHALL II deuten darauf hin, dass die Akkumulation durch Verzögerung des ablaufenden Wassers generell gefördert werden kann. Auch hier sind jedoch viele weitere Faktoren zu berücksichtigen. Des Weiteren ist die Akzeptanz in der Bevölkerung zu berücksichtigen. Die untersuchten Maßnahmen konnten daher nicht abschließend im Sinne einer Kosten-Nutzen-Analyse beurteilt werden; generell erscheint die Machbarkeit derzeit jedoch gering. Im Rahmen des KFKI-Projektes ZukunftHallig wurden auch Maßnahmen untersucht, womit zumindest bei Kantenfluten mehr schwebstoffbeladenes Wasser auf die Hallig gelangen kann. Eine abschließende Beurteilung steht noch aus.

## 6. HOCHWASSERSCHUTZ

Auf den Halligen wohnen etwa 280 Menschen auf 32 Warften. Zum Schutz vor Sturmfluten sind sie auf die Warften angewiesen. Nach der Sturmflutkatastrophe des Jahres 1962 wurde bis 2007 ein umfangreiches Warftverstärkungsprogramm durchgeführt (Kap. 1, Abb. 2). Infolge des Bauprogrammes mit kleinen Ringdeichen stehen die Warfthäuser nunmehr in einer Senke. Es stellt sich die Frage, ob es künftig bei weiter steigenden Sturmflutwasserständen möglich und auch sinnvoll ist, die Warften nach der obigen Methode weiter zu verstärken.

Um diese Frage zu beantworten sollen Angaben zum heutigen Sicherheitsstandard erarbeitet sowie Strategien und Techniken aufgezeigt werden, die einen angemessenen Schutz für die Halligbewohner bei steigenden Sturmflutwasserständen gewährleisten können. Hierzu wurde unter anderem ein gemeinsamer Ideenwettbewerb ausgelobt. Im Rahmen des interdisziplinären Wettbewerbs für Bauingenieure und Architekten wurden sowohl innovative Lösungen für die eigentlichen Warftverstärkungen als auch nachhaltige Optionen zur Erhöhung der Hochwassersicherheit von (alten und neuen) Warfthäusern erbeten. Die Ergebnisse werden nachfolgend in Kap. 6.2 dargestellt. Weiterhin lief bis Anfang 2014 ein vom BMBF finanziertes Forschungsprojekt „ZukunftHallig“. Ziel dieses Projektes war es, weitere Impulse für nachhaltige Küstenschutz- und Bewirtschaftungsstrategien zu entwickeln, die insbesondere auf den Erhalt und die Bedeutung der Halligen im nordfriesischen Wattenmeer eingehen. Erste Ergebnisse und Auswertungen im Rahmen dieses Projektes sind in diesem Bericht enthalten.

### 6.1 Sicherheitsstandard der Halligwarften

Die Belastungen der Halligwarften während Sturmfluten ergeben sich aus dem jeweiligen Sturmflutwasserstand zuzüglich eines Sturmseeganges. Derzeit können wegen fehlender Naturmessungen keine Aussagen zum Sturmseegang auf den Halligen gemacht werden. Um dieses Defizit zu beheben, sollen im Rahmen des vom LKN entwickelten gewässerkundlichen Messprogramms entsprechende Messungen an mehreren Stellen erfolgen (Abb. 4).

Der Bemessung der Warftverstärkungen im letzten Bauprogramm wurde ein maßgebender Sturmflutwasserstand zugrunde gelegt (Abb.2). Wenn die Verstärkung mit einer relativ steilen Außenböschung erfolgen musste, wurde ein Sicherheitszuschlag von 0,5 m hinzugerechnet. Der maßgebende Sturmflutwasserstand orientierte sich dabei an dem für Landesschutzdeiche, d.h. dem bei einer Jahrhundertflut zu erwartenden Wasserstand. Im Generalplan Küstenschutz des Jahres 1977 werden für Föhr-Ost und Pellworm-Ost erstmalig maßgebende Sturmflutwasserstände von NN +4,90 resp. NN +5,30 m angegeben.

Im Rahmen der vierten Fortschreibung des Generalplanes Küstenschutz (MELUR 2012) wurden regionale statistische Analysen zur Wahrscheinlichkeit von Sturmflut-

wasserständen durchgeführt. Ergebnisse für die Halligen sind in Tab. 4 und Abb. 14 dargestellt.

Hallig	Wiederkehrintervall (Jahre)			
	20	50	100	200
Hooge	4,30	4,60	4,75	4,90
Nordmarsch	4,40	4,65	4,85	5,10
Langeneß	4,55	4,85	5,05	5,20
Oland	4,65	4,95	5,15	5,30
Gröde	4,70	5,00	5,20	5,40
Nordstrandischmoor	4,85	5,20	5,40	5,60

Tab. 4: Sturmflutwasserstände (NHN + m) auf den permanent bewohnten Halligen für unterschiedliche Wiederkehrintervalle.

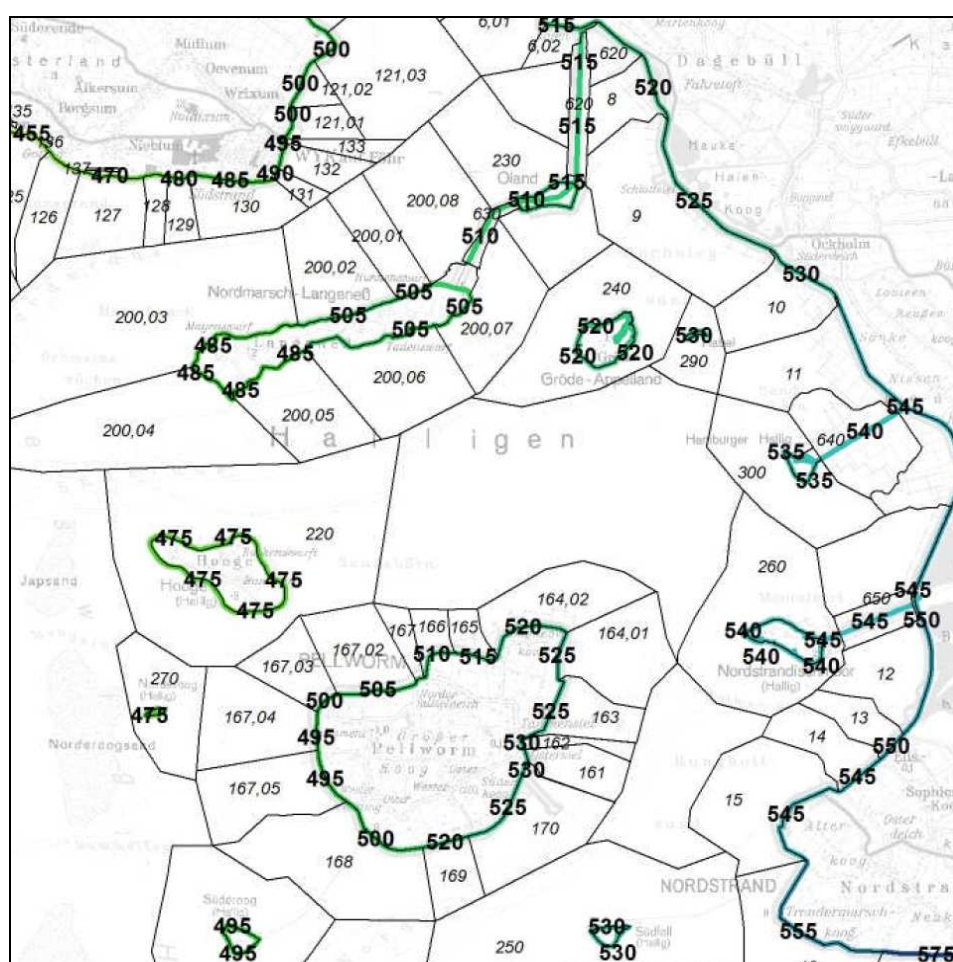


Abb. 14: Sturmflutwasserstände mit einem Wiederkehrintervall von 100 Jahren (jährliche Wahrscheinlichkeit = 0,01) im Bereich der Halligen.

Nach diesen Auswertungen haben die bisher beobachteten Höchstwasserstände an den Pegeln Wyk auf Föhr (1981, NHN + 4,52 m) und Pellworm-Hafen (1976, NHN + 4,74 m) ein Wiederkehrintervall von „nur“ etwa 20 Jahren. Dabei entspricht ein 20-jähriger Wasserstand in etwa MThw +3,0 m, ein 100-jähriger Wasserstand in etwa MThw +3,5 m. Auffällig ist, dass die dem Generalplan Küstenschutz des Jahres 1977 zugrunde gelegten maßgebenden Sturmflutwasserstände kaum abweichen von den in Abb. 14 dargestellten. Dies liegt auch daran, dass sich das Sturmflutgeschehen seit Anfang der 1990er Jahre insgesamt beruhigt hat (Abb. 6).

## 6.2 Ideenwettbewerb Hallig 2050

Als wichtiger Baustein zur Erfüllung des Arbeitsauftrages der AG Halligen 2050 haben das MELUR-SH, das Amt Pellworm mit den Halligen, die AIK-SH und der Kreis Nordfriesland zu Anfang 2012 einen Ideenwettbewerb ausgelobt. Der Wettbewerb sollte nachhaltige Strategien und Techniken aufzeigen, die einen angemessenen Schutz für die Halligbewohner bei geänderten Klimabedingungen gewährleisten können. Dabei wurden innovative Lösungen für die Gewährleistung der Warftgebäude im Einklang mit nachhaltigen Optionen für weitere Warftverstärkungen erwartet. Der Wettbewerb wurde als interdisziplinärer Ideenwettbewerb ausschließlich für Projektgemeinschaften von Ingenieuren und Architekten ausgeschrieben. Insgesamt fünf Teams aus Ingenieuren und Architekten haben nach einer Vorauswahl am Wettbewerb teilgenommen. Am 01.06.12 tagte ein 10-köpfiges Preisgericht aus Fach- und Sachpreisrichtern im Nissenhaus Husum und bestimmte nach einer intensiven und teilweise kontrovers geführten Diskussion drei Preisgewinner.

Der erste Preis ging an die Projektgemeinschaft: „IMS Ingenieurgesellschaft mbH (Hamburg), bof Architekten (Hamburg) und Landschaftsarchitekten osp Urbanlandschaften (Hamburg)“. Der zweite Preis erhielt die Gemeinschaft: „Ingenieurbüro Mohn (Husum), Johannsen und Fuchs Architekten (Husum) und Landschaftsarchitekten Kessler Kraemer (Flensburg)“. Einen Sonderpreis bekam die Gemeinschaft „Ingenieurbüro Ivers GmbH (Husum) und Dethlefsen und Lundelius (Bredstedt). Im Protokoll hielt das Preisgericht zu den erfolgreichen Beiträgen Folgendes fest.

**Erster Preis:** „Die sichelförmige Aufhöhung des Halligkörpers im Westen (Abb. 15) bietet Schutz und schafft zudem Platz für Neubauten. Vorhandene Gebäude auf der Ostseite können somit solange wie möglich in Benutzung bleiben. Die erforderlichen Eingriffe in die Halliglandschaft sind stufenweise möglich und auf das Notwendigste reduziert. Die Siedlungsgenese der Halligen wird aufgenommen und weitergeführt. Neubauten werden im halligtypischen Formenkanon entwickelt und mit ingenieurmäßig überzeugender Technik der Gebäudetische zukunftsfähig gehalten. Kritisch beurteilt wird die schematische, rundlingsartige Anordnung der neuen Gebäude.“

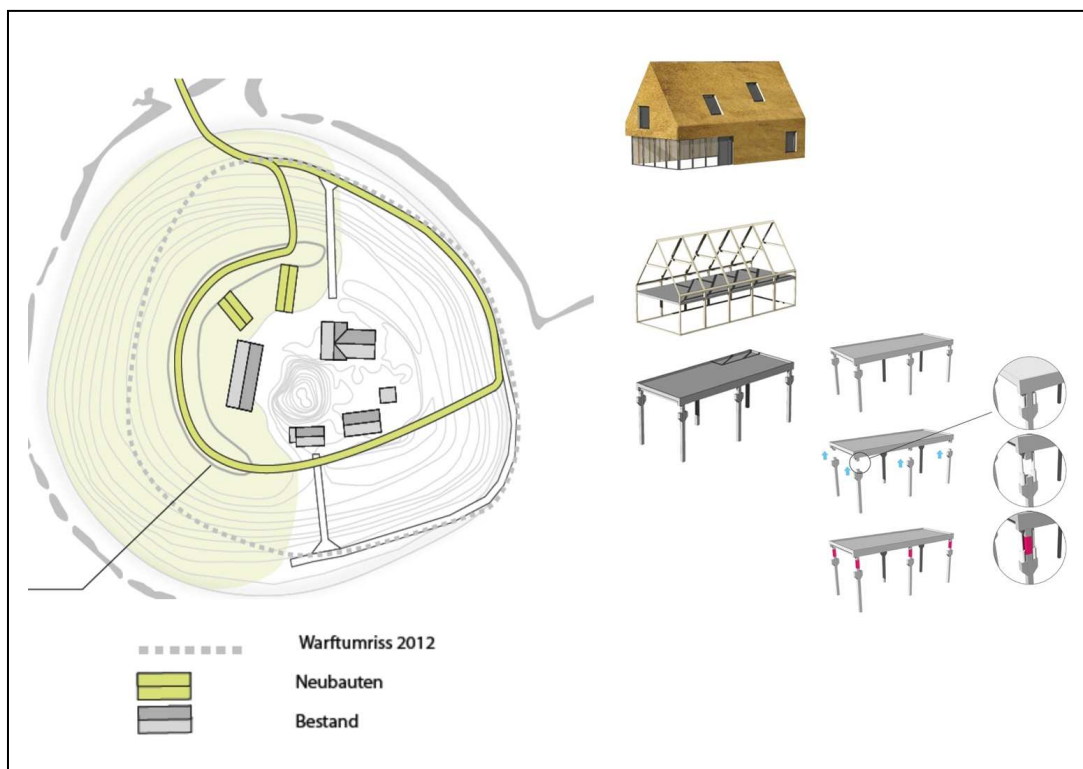


Abb. 15: Links: sichelförmige Erweiterung und Erhöhung der Westseite der Warft mit ersten Neubauten.

Rechts: neue Gebäude stehen auf höhenverstellbaren Gebäudetischen.

**Zweiter Preis:** „Überzeugend dargestellt ist die Analyse der Siedlungsformen und Typologien der Halligbebauungen auf Warften. Hieraus entwickelt sind verschiedene Konzepte, die in zwei Varianten exemplarisch an der Tadenswarft und der Hanswarft dargestellt sind (Abb. 16). Das Konzept mit der traditionell aufgehöhten Hanswarft und der Neubebauung im halligtypischen Formenkanon mit zusätzlichen Dammbalken als temporärerem Hochwasserschutz überzeugt ebenso wie das zweite Konzept. Am Beispiel der Tadenswarft wird mit einer inneren Warfterhöhung, einer Kombination aus traditionellen Hausformen und teilaufgeständerten modernen Neubauten, eine interessante Idee entwickelt.“



Abb. 16: Innere Warfterhöhung mit einer Kombination aus traditionellen Hausformen und teilaufgeständerten modernen Neubauten.



**Sonderpreis:** „Der Entwurf schafft mit dem Vorschlag einer aufgeständerten Hochbaulösung (Abb. 17) einen Hochwasserschutz mit minimalem Eingriff in Halligkörper und Naturraum. Es stellt damit eine eigenständige, mutige Lösung dar, was vom Preisgericht gewürdigt wird. Kritisch sieht das Preisgericht die formale, uniforme Ausbildung der Baukörper, die in ihrer städtischen Anmutung wie Fremdkörper wirken und die traditionelle Hallig-Silhouette vermissen lassen. Die sternförmige Clusterform führt zu Zwängen und Beeinträchtigungen in ihrer Nutzbarkeit.“



Abb. 17: Gemeinschaftliche aufgeständerte Wohnform mit 3 bis 5 Riegeln, die sich in Rasterkonfiguration um einen zentralen Schutzraum anordnen.

Insgesamt ist festzuhalten, dass die fünf eingereichten Wettbewerbsbeiträge in ihrer Gesamtheit eine wertvolle Sammlung altbewährter und innovativer Methoden zum langfristigen Schutz der Halligbewohner vor Sturmfluten darstellen. Fast alle Beiträge sehen eine weitere Ertüchtigung der Warftkörper, sowohl nach außen als auch nach innen, in mehreren Schritten vor. Darüber hinaus werden Vorschläge zur Sicherung der Gebäude vor Sturmfluten gemacht, allerdings zumeist im Rahmen eines Neubaus. Abgesicherte Ergebnisse zu dieser Thematik liegen aus dem Forschungsprojekt ZukunftHallig derzeit nicht vor. Hiermit ist erst zum Ende des Projektes zu rechnen.

## 7. HANDLUNGSOPTIONEN UND -ERFORDERNISSE

Die Ausführungen in Kapitel 3 zum projizierten Meeresspiegelanstieg zeigen auf, dass mittel- bis langfristig im Bereich der Halligen mit höheren Anstiegsraten des Meeresspiegels und folglich mit erhöhten Sturmwasserständen gerechnet werden muss. Die hydrologischen Belastungen der Halligen und Halligwarften werden signifikant steigen. Für einen vorsorgenden und nachhaltigen Küstenschutz ergeben sich hieraus mehrere Handlungserfordernisse, von der frühzeitigen Detektion eventueller hydro-morphologischer Änderungen bis hin zu möglichen konkreten Anpassungsmaßnahmen. Die Sturmflut Xaver vom 06. Dezember 2013 mit Wasserständen auf den Halligen von 4,0 bis 4,5 m über NHN hat das Erfordernis von Anpassungsmaßnahmen klar aufgezeigt. Obwohl Xaver im langjährigen Vergleich „nur“ etwa auf Platz 10 rangiert, stand das Wasser auf einigen Warften bereits vor der Haustür. Insbesondere Neubürger haben die Vorgänge als bedrohlich empfunden. Defizite wurden beim Objektschutz (Verschottung der Gebäude) festgestellt. Im Nachfolgenden werden Handlungsoptionen in Form von Empfehlungen formuliert.

**Empfehlung 1: Änderungen frühzeitig erfassen.** Durch ein optimiertes hydro- und morphologisches Überwachungsprogramm soll gewährleistet werden, dass klimabedingte negative Entwicklungen früh erkannt werden, um entsprechende Gegen- und Anpassungsmaßnahmen rechtzeitig planen zu können.

Im Rahmen der Arbeiten der AG Halligen 2050 hat der LKN-SH bereits ein optimiertes hydrologisches Mess- und Beobachtungsprogramm im Bereich der Halligen installiert (Kap. 4). Angaben zum Seegang in der Region werden mithilfe von autarken mobilen Seegangmessstationen ermittelt (siehe Empfehlung 4: Bemessungsansatz). Darüber hinaus zeigen mehrere (neue und alte) Pegelstationen vor und auf den Halligen in höher räumlicher und zeitlicher Auflösung Wasserstände auf. Die hydrologischen Daten dienen zum einen als Bemessungsgrundlage für die Schutz- und Sicherungsbauwerke, zum anderen können somit Trendänderungen im Meeresspiegelanstieg und der Sturmflutintensität erkannt werden. Das hydrologische Messprogramm ist um ein entsprechendes morphologisches Programm zu erweitern, wobei auf die Erfahrungen aus dem Projekt SAHALL zurückgegriffen werden kann.

**Empfehlung 2: Halligwachstum gewährleisten.** Maßnahmen zur Sicherung der Halligkanten vor Abbruch sowie zur Gewährleistung von Nutzungen auf den Hallig-Oberflächen sollten so bemessen werden, dass eine regelmäßige Überflutung der Halligen mit schwebstoffbeladenem Meerwasser während Sturmfluten nicht unterbunden wird.

Auswertungen der vorhandenen Meeresspiegeldaten haben ergeben, dass das MThw in der Region seit Mitte des letzten Jahrhunderts mit ca. 4,6 mm pro Jahr (Abb. 6) deutlich stärker ansteigt als der globale mittlere Meeresspiegel (ca. 2 mm/J).

Die Ergebnisse des SAHALL-Projektes (Kap. 5) zeigen auf, dass große Teile der Hallig-Oberflächen dem MThw-Anstieg nachweislich seit 1963 nicht mehr folgen können. Insbesondere auf den größeren Halligen Hooge und Langeneß hinkt die Sedimentation dem MThw-Anstieg deutlich hinterher. Als Konsequenz wäre die Hallig Hooge ohne Regionaldeiche heute bereits bei mittlerem Springtidehochwasser zum größten Teil überflutet (Abb. 12). Dies unterstreicht die Bedeutung von ausreichend häufigen „Land-unter-Phasen“ für den langfristigen Erhalt der Halligen in ihrer charakteristischen Erscheinungsform. Aus diesen Gründen und in Anbetracht der aktuellen Deichbesticke sind keine Verstärkungsmaßnahmen an Regionaldeichen auf den Halligen vorzusehen. Dort, wo Regionaldeiche ebenfalls der Sicherung der Halligkanten gegen Abbruch dienen, sollen – falls erforderlich – lediglich Maßnahmen zur Gewährleistung dieser Funktion durchgeführt werden. Eine Höhenanpassung der Deckwerke soll nur zur Gewährleistung der Küstensicherungsfunktion erfolgen.

**Empfehlung 3: Objektschutz an Warftgebäuden erfassen und optimieren.** Wegen der besonderen Bedeutung von Objektschutz im exponierten Halligbereich sollte der bestehende Objektschutz erfasst und geprüft sowie Vorschläge zur Optimierung erarbeitet werden.

Die Sturmflut Xaver hat die Bedeutung von Objektschutz an den Warftgebäuden erneut aufgezeigt. Auf den besonders exponierten Halligen muss damit gerechnet werden, dass die Gebäude während besonders hohen Sturmfluten durch Wellenüberlauf belastet werden. Um Schäden an und Überflutung von Gebäuden zu minimieren, werden bereits heute im Sturmflutfall mobile Verschottungen vor Türen und Fenstern eingesetzt. Der vorhandene Objektschutz soll nunmehr in einer Bestandsaufnahme erfasst und hinsichtlich ihres Zustandes und ihrer Funktionalität überprüft werden. Des Weiteren sollen Vorschläge zur Optimierung des Objektschutzes einschließlich ergänzende und alternative Möglichkeiten erarbeitet werden.

**Empfehlung 4: Bemessungsansatz für Halligwarften optimieren.** Da die Warften während Sturmfluten durch das Zusammenspiel von Wasserstand und Sturmseegang belastet werden, sollte die Bemessung künftiger Verstärkungsmaßnahmen beiden Parametern Rechnung tragen.

Hydrologische Grundlage für die Bemessung der seit Mitte der sechziger Jahre durchgeführten Warftverstärkungen war gemäß Förderrichtlinie ein Bemessungswasserstand, der sich an dem für Landesschutzdeiche orientierte (Abb. 2). Bei flacherer Ausgestaltung der Außenböschung wurde das  $HW_{100}$  zugrunde gelegt, bei steileren Böschungen das  $HW_{100} + 0,5$  m. Wesentlicher Grund war das weitgehende Fehlen von belastbaren Angaben zum Sturmseegang im Bereich der Halligen. Dem wird nunmehr im Rahmen des optimierten Messprogrammes (Kap. 4) begegnet. Weiterhin haben sich inzwischen die Möglichkeiten der numerischen Modellierung von Sturmseegang im Wattenmeer erheblich verbessert. Überlegungen für einen kombinierten Bemessungsansatz werden im Rahmen des Projektes ZukunftHallig ange-

stellt. Obwohl die Warften nicht den Schutzstandard eines Landesschutzdeiches aufweisen müssen oder können<sup>12</sup>, ist zu berücksichtigen, dass die bisher höchsten Sturmfluten der Jahre 1976 und 1981 in der heutigen Zeit im Bereich der Halligen ein statistisches Wiederkehrintervall von etwa 20 Jahren haben (Tab. 4). Auch bei niedrigeren Ereignissen, wie beispielsweise in 1991, stand bereits Wasser in einzelnen Warfthäusern.

**Empfehlung 5: Schutzstandard der Warften ermitteln und bewerten.** Mit dem integrierten Verfahren gemäß Empfehlung 4 sollte der heutige Schutzstandard der Warften ermittelt und hinsichtlich der Handlungserfordernisse gemeinsam bewertet werden.

Bedingt durch die fehlenden Daten zum Sturmseegang war es bisher nur möglich zu ermitteln, welche Sturmflutwasserstände die Ringdeiche auf den Warften kehren. Die Ergebnisse sind in der Anlage 1 zusammen mit weiteren küstenschutzrelevanten Parametern aufgelistet. Wie oben bereits beschrieben, wird die Belastung bzw. der vorhandene Schutzstandard jedoch durch das Zusammenspiel von Wasserstand und Sturmseegang bestimmt. Methodische Grundlagen zur integrierten Bestimmung werden im Projekt ZukunftHallig erarbeitet. Auf der Basis detaillierter Ortskenntnisse haben die Halliggemeinden mit Bericht vom 07. Mai 2013 Hochwasserschutz- Handlungsbedarfe für die einzelnen Warften aufgezeigt. Die Ergebnisse sind ebenfalls in der Anlage 1 enthalten. In dem Bericht wird eine Vielzahl von Faktoren genannt, wie beispielsweise die Nähe zur Halligkante oder die Höhenlage der Häuser innerhalb der Ringdeiche. Diese Faktoren haben ebenfalls Einfluss auf mögliche Handlungsbedarfe und bedingen eine lokale Herangehensweise, d.h. die Konsequenzen des ermittelten Schutzstandards sind für jede Warft einzeln abzuleiten.

**Empfehlung 6: Notwendige Maßnahmen umsetzen.** Falls die Bewertungen gemäß Empfehlung 5 einen vordringlichen Handlungsbedarf hinsichtlich Warftverstärkungen ergeben, sollen die Voraussetzungen für eine zügige Planung und Umsetzung gemeinsam geschaffen werden.

Im Bericht der Halliggemeinden vom 07. Mai 2013 wird für acht Warften erheblicher Handlungsbedarf aufgezeigt (Anl. 1). Diese Beurteilungen sollen durch quantitativ belastbare Berechnungen, d.h., eine integrierte Berechnung des heutigen Schutzstandards (Empfehlung 4), überprüft bzw. bestätigt werden. Der Ideenwettbewerb hat eine Vielzahl von möglichen Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes aufgezeigt (Kap. 6.2). Für die Planung und Umsetzung möglicher Maßnahmen sind jedoch noch eine Reihe von Voraussetzungen zu erfüllen, wie beispielsweise die integrierte Bemessung (Empfehlung 4) sowie Fragen der Finanzierung und ökologischer Verträglichkeit. Um spätere Konflikte zu vermeiden, ist eine transparente Herangehensweise bei der Erfüllung dieser Voraussetzungen und der späteren Um-

---

<sup>12</sup> Der Bemessungsansatz für Landeschutzdeiche (einschl. Seegang) würde zu erforderlichen Warfthöhen > NHN +7,0 m führen. Derzeit liegen die Ringdeichhöhen zwischen NHN +4,8 und +5,8 m.

setzung unabdingbar. Die Erfahrungen beim Sturm Xaver am 05./06.12.2013 werden in die Festlegung des vordringlichen Handlungsbedarfs einbezogen.

**Empfehlung 7: nachhaltige Küstenschutzmaßnahmen forcieren.** Um eine sozial, ökologisch und wirtschaftlich ausgewogene Entwicklung auf den Halligen langfristig zu gewährleisten, sollen nachhaltige Küstenschutzmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden.

Küstenschutzmaßnahmen haben vielfältige Auswirkungen, insbesondere auch auf ökologische Strukturen und Funktionen. Neben dem Minimierungsgebot und der Beschränkung auf notwendige Schutzmaßnahmen sollen möglichst naturverträgliche ergänzende und alternative Maßnahmen entwickelt und umgesetzt werden. Gerade im Bereich der Halligwarften greifen Küstenschutzmaßnahmen auch direkt in den privaten Lebensraum ein bzw. beeinflussen das soziale Umfeld in erheblichem Maße. Mögliche Maßnahmen sollen auch diesen Aspekt gebührend berücksichtigen. Der Ideenwettbewerb hat diesbezüglich erste Möglichkeiten aufgezeigt, die im Rahmen des Projektes ZukunftHallig, insbesondere im Teilprojekt Soziologie, weiter aufbereitet werden. Nicht zuletzt sollen die Küstenschutzmaßnahmen eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung im Sinne einer langfristigen Existenzsicherung der Halligbewohner ermöglichen. Maßnahmen auf den Warften sollen in einer Art und Weise ausgeführt werden, die die touristische Attraktivität der Warften nicht bzw. möglichst wenig beeinträchtigen.

**Empfehlung 8: die AG Halligen 2050 fortführen.** Da nur ein gemeinsames Herangehen – unabhängig von den Zuständigkeitsfragen – eine transparente und von allen Seiten akzeptierte Umsetzung der oben genannten Empfehlungen gewährleisten kann, soll die AG Halligen 2050 fortgeführt werden.

Gemäß Landeswassergesetz (§ 75) sind die Böschungen der Halligwarften von den Eigentümerinnen oder Eigentümern und den Nutzungsberechtigten wehrfähig zu erhalten. Koordiniert wird diese Aufgabe durch das Amt Pellworm, während der LKN-SH als Fachbehörde (technische Beratung, Prüfung, Genehmigung und Zuwendungen) zuständig ist. Zu berücksichtigen sind darüber hinaus Belange wie die ökologische Verträglichkeit von Maßnahmen und touristische Aspekte. Bei einer solchen Vielfalt von privaten und öffentlichen Interessen und Belangen ist eine intensive Information, Kommunikation und Koordination für eine erfolgreiche Umsetzung unabdingbar. Die seit 2009 aktive Arbeitsgruppe Hallig 2050 umfasst alle relevanten Interessen und Belange und zeichnet sich durch eine konstruktive zielorientierte Arbeitsweise aus. Die Erfolgsaussichten zur Umsetzung der Empfehlungen lassen sich entsprechend durch eine Fortführung der AG Halligen 2050 maßgeblich erhöhen, wobei auch die Erhaltung der Hallig-Natur bearbeitet werden soll.

## Anlage

Küstenschutzrelevante Parameter der Halligwarften sowie Einschätzung des Handlungsbedarfes (Stand Mitte 2013).

Hallig (Einwohnerzahl)	Warft	Einwohner	Schutzräume	Neigung der Außenböschung	Ist-Höhe NHN + m	HW <sub>100</sub> NHN + m	Handlungsbedarf Bericht Amt Pellworm 07.05.13
Gröde	Kirchwarf	2	1	1:6	5,16	5,20	erheblicher Handlungsbedarf
(11)	Knutzwarf	9	4	1:6	5,28	5,20	erheblicher Handlungsbedarf
Habel		0		1:6	4,76	5,30	
Hamburger Hallig	Hauptwarf	0	1	1:8	-	5,35	
Hooge	Backenswarf	16	9	1:6	5,43	4,75	betroffen bei höheren Fluten
(92)	Hanswarf	36	13	1:6 / 1:15	4,96	4,75	weniger betroffen bei höheren Fluten
	Ipkenswarf	4	2	1:6	5,24	4,75	weniger betroffen bei höheren Fluten
	Kirchwarf	2	1	1:6	5,42	4,75	
	Lorenzwarf/	4	1	1:6 / 1:15	4,94	4,75	betroffen bei höheren Fluten
	Mitteltritt	2	2	1:6	4,94	4,75	betroffen bei höheren Fluten
	Ockelützwarf	8	5	1:6	5,27	4,75	betroffen bei höheren Fluten
	Ockenswarf	12	7	1:6 / 1:8	5,56	4,75	
	Volkertswarf	2	1	1:6	5,32	4,75	weniger betroffen bei höheren Fluten
	Westerwarf	6	1	1:8	5,39	4,75	besonders exponierte Randlage
Langeneß	Bandixwarf	4	2	1:6 / 1:8	5,54	5,05	
(115)	Christianswarf	4	1	1:6 / 1:15	4,74	5,05	
	Hilligenley	10	3	1:8 und Berme	5,26	4,90	besonders exponierte Randlage
	Honkenswarf	12	2	1:6 / 1:8	5,19	5,05	
	Hunnenswarf	17	5	1:6 / 1:8	5,41	5,05	
	Ketelswarf	16	3	1:6 / 1:8	5,37	5,05	
	Kirchhofwarf	7	2	1:6	4,64	4,90	
	Kirchwarf	6	2	1:6 / 1:8	5,36	5,05	
	Mayenswarf	9	4	1:8	4,89	4,90	erheblicher handlungsbedarf
	Neuwarf	5	1	1:8	5,28	5,05	
	Norderhörn	13	3	1:8	4,86	5,00	erheblicher Handlungsbedarf
	Peterheitzwarf	1	1	1:6 / 1:15	4,85	5,05	
	Peterswarf	3	1	1:6	5,14	5,05	erheblicher Handlungsbedarf
	Rixwarf	1	1	1:8	4,95	4,85	besonders exponierte Randlage
	Süderhörn	1	2	1:6 / 1:8	5,44	4,95	besonders exponierte Randlage
	Tadenswarf	5	3	1:6 / 1:15	5,14	5,05	
	Tamenswarf	1	1	1:6 / 1:15	4,95	5,05	besonders exponierte Randlage
	Treuberg	0	0	1:6	3,94	4,95	
Nordstrandischmoor	Amalienwarf	1	1	1:6	5,29	5,40	erheblicher Handlungsbedarf
(21)	Halberweg	3	1	1:6	5,26	5,40	erheblicher Handlungsbedarf
	Neuwarf	12	2	1:6	5,78	5,40	
	Norderwarf	5	1	1:8	5,80	5,40	
Oland (27)		27	10	1:6	5,87	5,15	Handlungsbedarf
Süderoog (2)		2	1	1:6 / 1:8	4,78	4,95	erheblicher Handlungsbedarf (LKN)
Südfall		0	1	1:8	4,99	5,30	