

Jugend-Forscht Arbeit
2010

**Meeresspiegelanstieg:
Landunter auf den
Halligen**

Fragestellung:

Werden die Halligen
aufgrund des
Meeresspiegelanstiegs
bald untergehen?

Von Laura Weber und
Teresa Formica

Gesamtschule Walddörfer

Hamburg, Januar 2010



Inhaltsverzeichnis

Inhalt	Seite
1. Inhaltsverzeichnis	1
2. Einleitung	2
3. Halligen in der Nordsee	2
3.1 Entstehung der Halligen	3
3.2 Hallig Hooge	3
4. Risikoabschätzung für die nordfriesischen Halligen	4
4.1 Weltweiter Meeresspiegelanstieg	4
4.1.1 Eustatischer Meeresspiegelanstieg	5
4.1.2 Sterischer Meeresspiegelanstieg	6
4.1.3 Isostatischer Meeresspiegelanstieg	7
4.1.4 Erwarteter Meeresspiegelanstieg im 21. Jahrhundert	7
4.2 Sturmtätigkeiten	8
4.3 Sedimentation	9
5. Beurteilung der einzelnen Faktoren	9
6. Literaturverzeichnisse	10

2. Einleitung

Die globale Erwärmung und der daraus resultierende Meeresspiegelanstieg bedrohen weltweit viele niedrig gelegene Küstenregionen und Inseln. In Deutschland scheinen wir gut auf einen Anstieg des Meeresspiegels vorbereitet zu sein. Die Deichlinien entlang der Nord- und Ostseeküste bieten hier ausreichend Schutz. Nicht geschützt sind jedoch die vor den Deichen liegenden Halligen. Bis heute werden sie regelmäßig bei Sturmfluten überflutet und vermelden dann „Land unter“.

Im Rahmen unserer Arbeit wollen wir der Frage nachgehen, ob die Halligen angesichts der zu erwartenden Veränderungen eine Zukunft als von Menschen bewohnte Inseln haben. Der Meeresspiegelanstieg, aber auch mögliche Veränderungen in der Stärke von Stürmen bedrohen die Existenz der Halligen. Dem gegenüber stehen die natürlichen Sedimentationsprozesse, die diese Inseln weiter wachsen lassen. Auf Basis einer Literaturrecherche überprüfen wir mögliche Veränderungen und wägen diese gegeneinander ab, um daraus eine Aussage über die Zukunft der Halligen abzuleiten.

3. Halligen in der Nordsee

„Die Halligen sind kleine, flache, grasbewachsene, nicht eingedeichte deutsche Inseln im nordfriesischen Wattenmeer an der Nordseeküste Schleswig-Holsteins.“¹ Die Besonderheit einer Hallig besteht darin, dass sie während einer starken Flut mit Ausnahme der Warften überspült wird, da die Landoberfläche nur gering über das mittlere Tidehochwasser hinausragt.

Die Bezeichnung „Hallig“ bedeutet im Friesischen „salzig“ und bezieht sich auf die überfluteten Salzwiesen. Der Halligboden kann kaum Süßwasser speichern, denn durch die Überflutung ist der Boden salzhaltig. Durch die daraus entstandenen Salzwiesen wurde ein ökologisch wertvoller Lebensraum geschaffen.

Die Bevölkerung, der insgesamt zehn Halligen, ist heute lediglich vor Erosion durch ein Steindeckwerk geschützt und Sturmflutdeiche existieren zum größten Teil nicht. Die insgesamt 250 Halligbewohner finden während der Sturmfluten auf den Warften Schutz. Die künstlichen Wohnhügel ragen 4 bis 5 Meter in die Höhe. Bei Sturm- und Springfluten werden die Halligen bis zu 50 Mal im Jahr ab Windstärke 9 überflutet und nur noch die Warften ragen aus dem Meer. Dieser Prozess wird „Land unter“ genannt. Die Häufigkeit der Überschwemmung hängt von der Wetterlage, der topographischen Höhe, der Exposition sowie der Protektion der jeweiligen Halligen ab.

Einige Halligen sind von flachen Sommerdeichen umgeben, wie z. B. Hooge, und werden entsprechend weniger oft überflutet als Halligen, wie z. B. Süderoog, die nur von einer Steinkante umgeben sind. Die Bewohner sind seit Jahrhunderten an das Leben und die wiederkehrenden Sturmfluten gut

¹ <http://www.wikipedia.org/wiki/Hallig>

angepasst und es wäre bedauerlich, wenn, in Zeiten des Klimawandels, diese Inseln zu Grunde gehen.

3.1. Entstehung der Halligen

Die Entstehung der Halligen führt auf die letzte Eiszeit zurück. Ende des



Abb. 1: Die Halligen des nordfriesischen Wattenmeeres ²

Mittelalters überflutete die Nordsee weite Teile des besiedelten Landes. Nur die höher gelegenen Geestinseln Föhr, Sylt und Amrum blieben erhalten. Die Reste der Marschinseln Pellworm und Nordstrand blieben durch die errichteten Deiche bestehen. Die Gezeiten und Sturmfluten haben in einem langwierigen Prozess die Landfläche abgetragen und als Sediment an einer anderen Stelle wieder aufgeschichtet. So bildeten sich die Halligen als kleine Marschinseln im Meer und wuchsen in die Höhe. Heute sind von etwa 100 Halligen, die es im Mittelalter gegeben haben

soll, nur noch 10 übrig. Davon sind 6 Inseln bewohnt und es leben dort insgesamt 250 Einwohner.

3.2. Hallig Hooge

Wir haben Hallig Hooge genauer betrachtet, weil wir bei unserer Recherche oft auf Hooge gestoßen sind.

Die Hallig Hooge weist ein Alter von ca. 10 000 Jahren auf und ist mit 5,74 km² die zweitgrößte Hallig in der Nordsee. Die 120 Einwohner leben auf neun von zehn Warften. Durch die vielen gefundenen Spuren kann man die damalige Größe erkennen. Durch die Sturmfluten der letzten Jahrhunderte, erodierten gewaltige Landmassen, was dazu beitrug, dass Hooge heute von einem ca. 2,50 Meter hohem Sommerdeich umgeben ist. Rechtwinkelig zum Deich sind Buhnen und Lahnungen ins Wattenmeer gebaut worden. Sie sollen die auflaufenden Wellen bremsen und eine Ruhezone schaffen, in der sich Schlick ablagern kann.

1961 begannen die ersten Baumaßnahmen der Erhöhung der Warften. Nicht nur die Erhöhung der Warften war vorgesehen, sondern auch der Einbau von Schutzräumen in jedes Haus, damit die Menschen vor Sturmfluten in Sicherheit sind. Wegen der Baufähigkeit der Häuser erforderte der Bau der

² <http://de.wikipedia.org/wiki/Hallig>

Schutzräume in wenigen Fällen einen völligen Neubau. In den meisten Häusern konnte ein Schutzraum an die vorhandenen Altbauten angebaut werden. Die Kosten dieser Maßnahmen wurden mit 18 Millionen DM veranschlagt. Die schwere Sturmflut 1962 zeigte deutlich, wie wichtig Schutz und Versorgung der Halligen und ihrer Bewohner sind. 57 Häuser wurden fast völlig zerstört.

Wegen der häufigen Überflutungen - vor allem im Herbst und Winter - aber auch im Frühjahr und sogar im Sommer ist Ackerbau nicht möglich. Die Bauern halten Schafe und Rinder. Im Sommer wird auch Vieh vom Festland in Gräsung genommen. Auf Hooge gibt es nur Grünland. Milchwirtschaft und Rindermast sind die häufigsten Betriebsformen auf Hooge. Hooge liegt heute 1,45 bis 2,10 Meter über NN³. Ab einem Wasserstand von 1,50 Meter⁴ über dem Mitteltidehochwasser überflutet die Insel.

4. Risikoabschätzung für die nordfriesischen Halligen

4.1 Weltweiter Meeresspiegelanstieg

Der Anstieg des Meeresspiegels reagiert stark auf klimatische Veränderungen und ist daher einer der wichtigsten Folgen des anthropogenen Klimawandels. Die Hauptursache des Meeresspiegelanstiegs liegt gegenwärtig in den steigenden Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre. Die CO₂-Abgase führen zu einem weltweiten Temperaturanstieg. Dieser Temperaturanstieg hat, aufgrund unterschiedlicher Prozesse, einen Einfluss auf die Höhe des Meeresspiegels.

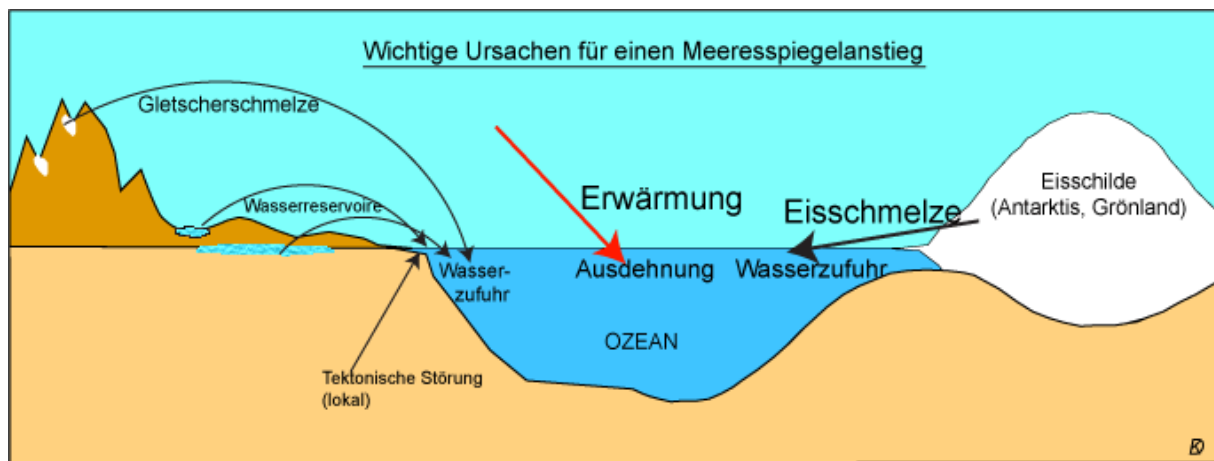


Abb. 2: Darstellung der wichtigsten Ursachen für den gegenwärtigen und in den nächsten Jahrhunderten zu erwartenden Meeresspiegelanstieg ⁵

³ Volker Karius und Matthias Deike: Charakterisierung von Sturmflutablagerungen auf Hallig Hooge, , GZG, 2007

⁴ <http://www.urlaub.foehr100.de/nachbarn-von-foehr/hallig-hooge/index.php>

⁵ <http://www.hamburger-bildungsserver.de/klima/klimafolgen/meeresspiegel/images/ursachen.gif>

4.1.1 Eustatischer Meeresspiegelanstieg

Der eustatische Meeresspiegelanstieg ist eine Folge der Veränderung des Volumens der Meere. Hauptursache für eine Änderung des Wasservolumens in den Meeren ist die Bindung von Wasser in Festlandeis (Gletscher, Eisschilde) oder die Freisetzung von Wasser aus Festlandeis, durch das Abschmelzen des Eises. Die dadurch erzeugten Volumenänderungen können erheblich sein. So lag während des Höhepunktes der letzten Eiszeit der Meeresspiegel rund 120 m⁶ unter dem heutigen Niveau. Heute liegen noch Eismassen in Form von Gletschern und den Eisschilden in Grönland und der Antarktis vor.

Weltweit kann man bei allen Gletschern eine zunehmende Abnahme des Eisvolumens beobachten. Setzt sich dieser Trend fort, so kann man davon ausgehen, dass der Anteil der Gletscher an der Zunahme des Meerwasservolumens in den nächsten Jahrzehnten steigen wird. Allerdings wird aufgrund des schwindenden Eisvolumens in den Gletschern, die Wasserzufuhr relativ schnell wieder abnehmen. Derzeit führt das Abschmelzen der Gletscher zu einem Meeresspiegelanstieg von 0,5⁷ bis 0,77 cm⁸ pro Jahrzehnt.

Gravierender sind die Folgen des Abschmelzens der beiden Eisschilde, in denen das größte Wasservolumen in Form von Eis gebunden ist. Ein vollständiges Abschmelzen des grönländischen Eisschildes würde zu einem Meeresspiegelanstieg von rund 7 Metern führen. In den letzten Jahren konnte man eine Zunahme der Abschmelzflächen auf Grönland beobachten. Hier wirkt sich die überdurchschnittliche Erwärmung der Arktis im Vergleich zur mittleren globalen Erwärmung aus. Diese Erwärmung führt in der Arktis zu einer raschen Verringerung der arktischen Meereisbedeckung. Dadurch sinkt der Anteil an hellen Flächen, die Sonnenstrahlen reflektieren, sodass mehr Wärme absorbiert werden kann und sich die arktische Region zusätzlich erwärmt. Verstärkt wird der Massenverlust in Grönland durch eine höhere Fliessgeschwindigkeit der Auslassgletscher des Eisschildes. Dieses ist wahrscheinlich eine Folge der steigenden Meerwassertemperatur. Modellrechnung gehen davon aus, dass das Abschmelzen des grönländischen Gletschers bis zum Jahr 2100 zu einem Meeresspiegelanstieg von mindestens 17 cm führen wird⁹. Im Extremfall wird mit einem Anstieg von 54 cm bis zum Jahre 2100 in Folge der Abschmelzprozesse auf Grönland gerechnet.

Demgegenüber trägt das Abschmelzen des antarktischen Eisschildes bisher kaum zum Meeresspiegelanstieg bei. Zwar kann man im Bereich der Westantarktis einen zunehmenden Eisverlust beobachten, doch wird dieser wahrscheinlich durch die ebenfalls zunehmende Akkumulation in der

⁶ http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Meeresspiegel_der_Zukunft

⁷ WBGU(2006): Die Zukunft der Meere, zu warm, zu hoch, zu sauer - Sondergutachten 2006, S. 37

⁸ <http://www.mpimet.mpg.de/presse/faqs/wie-stark-steigt-der-meeresspiegel-an.html>

⁹ http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Meeresspiegel_der_Zukunft

Ostantarktis kompensiert¹⁰. Modellrechnungen zeigen hier, dass es möglicherweise eine positive Massenbilanz geben wird, die die negative Massenbilanz Grönlands teilweise kompensieren wird¹¹. Aktuelle Schätzungen gehen davon aus, dass die Prozesse an den beiden Eisschilden insgesamt zu einem Meeresspiegelanstieg von 0,33¹² bis 1,0 cm pro Jahrzehnt führen.¹³

4.1.2. Sterischer Meeresspiegelanstieg

Nach den meisten Modellrechnungen wird im 21. Jahrhundert wahrscheinlich der sterische Meeresspiegelanstieg dominierend sein. Der sterische Meeresspiegelanstieg entsteht durch die Ausdehnung des Wasservolumens als Folge der Abnahme der Dichte des Wassers. Eine Abnahme der Dichte kann Folge eines thermostatischen oder halostatischen Effektes sein

Ein Anstieg der Meerestemperatur, der zu einer Verringerung der Wasserdichte und damit zu einer Volumenzunahme führt, nennt man thermischen Anstieg. Aufgrund des geringen Wasseraustausches zwischen den oberen und den tieferen Wasserschichten findet die Erwärmung der Meere hauptsächlich zu etwa 60%, in den oberen 700 Metern statt. Zwischen 1955 und 1998 haben die Meere 84% der zusätzlich dem Erdsystem zugeführten Energie aufgenommen.¹⁴ Dieses führte zwischen 1955 und 1998 zu einem thermostatischen Anstieg des Meeresspiegels von 0,4 cm pro Jahrzehnt. Durch eine zunehmende Erwärmung der oberen Wasserschichten stieg der thermostatische Meeresspiegelanstieg seit 1993 deutlich an. Schätzungen von 2006 gehen von einem thermostatischen Anstieg von 1,6 cm pro Jahrzehnt aus.¹⁵

Eine Verringerung der Dichte des Meerwassers aufgrund einer Abnahme des Salzgehaltes bezeichnet man als halosterischen Anstieg. Halosterische Anstiege sind meist regionale Phänomene. Gesicherte Abschätzungen über ihren Beitrag zur Veränderung des Meeresspiegels liegen bisher nicht vor. Bekannt ist, dass der regional deutlich abweichende Meeresspiegelanstieg in der Labradorsee mit einer Abschwächung des Nordatlantikstroms, dem nördlichen Ast des Golfstroms, zusammenhängt.

¹⁰ http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=17257

¹¹ http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Meeresspiegel_der_Zukunft

¹² <http://www.mpimet.mpg.de/presse/faqs/wie-stark-steigt-der-meeresspiegel-an.html>

¹³ WBGU(2006): Die Zukunft der Meere, zu warm, zu hoch, zu sauer – Sondergutachten 2006, S. 37

¹⁴ Levitus, S., J. Antonov, T.; Boyer (2005): Warming of the world ocean, 1955-2003, Geophysical Research Letters,, Vol. 32, No. 2

¹⁵ WBGU(2006): Die Zukunft der Meere, zu warm, zu hoch, zu sauer – Sondergutachten 2006, S. 37

4.1.3. Isostatischer Meeresspiegelanstieg

Veränderungen in der Erdkruste, die eine Hebung oder Senkung der Kruste hervorrufen, führen zu einem relativen Meeresspiegelanstieg, dem isostatischen Meeresspiegelanstieg. Dieser Effekt tritt regional auf und verstärkt oder verringert den globalen Meeresspiegelanstieg.

Bis vor 11000 Jahren waren Teile Nordeuropas und Ostsibiriens, sowie Kanada und Teile der USA mit bis zu 3 km dicken Eisschilden bedeckt. Das Gewicht der Eisschilde ließ die darunterliegenden Teile der Erdkruste absinken. Dieses führte zu einer Anhebung der angrenzenden Krustenbereiche. Der Rückzug des Eises führte zu einer Gewichtsentslastung und damit verbunden zu einer Gewichtsreduktion und Hebung der vorher abgesenkten Bereiche. Gleichzeitig senkten sich die vorher gehobenen Bereiche wieder ab. Dieser Prozess ist bis heute noch nicht abgeschlossen. Im Bereich des nordfriesischen Wattenmeeres muss mit einer Absenkung der Kruste gerechnet werden. Dieses führt zu einem relativen Meeresspiegelanstieg in gleicher Größenordnung, der zu dem globalen Meeresspiegelanstieg addiert werden muss.

4.1.4 Erwarteter Meeresspiegelanstieg im 21. Jahrhundert

Ein zunehmender Meeresspiegelanstieg zeichnet sich aus den vorliegenden Daten deutlich ab. Während im Zeitraum zwischen 1961 und 2003 noch ein durchschnittlicher Anstieg von 1,8 cm pro Jahrzehnt beobachtet werden konnte, betrug der Anstieg zwischen 1993 und 2003 schon 3,1 cm pro Jahrzehnt. Die seit Ende des 20. Jahrhunderts präziseren Messungen durch Erfassung der Meeresspiegelhöhe mittels Messung von Satelliten aus kann zu einer Verfälschung der Werte führen. Allerdings zeigen die globalen Temperaturen einen ähnlichen Anstieg, sodass hier von einem Meeresspiegelanstieg infolge der globalen Erwärmung ausgegangen werden kann.

Im IPCC - Report aus dem Jahre 2001 wurden verschiedene Szenarien auch im Hinblick auf einen möglichen Anstieg des Meeresspiegels durchgerechnet. Verglichen mit dem beobachteten Meeresspiegelanstieg zeigt sich heute, dass die Werte aller Szenarien deutlich unter dem tatsächlichen Werten liegen. Im IPCC - Report von 2007 wurden mit einem komplexeren Modell verschiedene Szenarien durchgerechnet. Das geläufigste Szenario zur Betrachtung kommender Entwicklung ist das A1B - Szenario. Nach diesem Szenario muss mit einem Meeresspiegelanstieg von 22 - 48 cm bis zum Jahr 2099 gerechnet werden. Rechnet man den beobachteten Wert von 3,1 cm pro Jahrzehnt hoch, so ergäbe dieses einen Anstieg von 31 cm bis zum Jahre 2100. Dieser Wert deckt sich gut mit den Ergebnissen des Szenarios A1B.

Auf Basis dieses Szenarios gehen wird davon aus, dass mit einem Meeresspiegelanstieg im Bereich der nordfriesischen Inseln zwischen 22 - 48 cm gerechnet werden muss. Dazu kommt der isostatische Meeresspiegelanstieg, der in dieser Region zwischen 0 - 60 cm bis zum Jahre 2100 liegen wird. Daraus ergibt sich ein Meeresspiegelanstieg zwischen 22 - 108 cm.

4.2 Sturmtätigkeiten

Die globale Erwärmung beeinflusst auch die Ausprägung von Hoch- und Tiefdruckgebieten und damit die Stärke von Stürmen. Bisherige Beobachtungen zeigen noch keine signifikanten Veränderungen in der Häufigkeit oder Stärke der Stürme. Das Norddeutsche Klimabüro geht davon aus, dass die Windverhältnisse sich bisher nicht verändert haben. Sturmfluten treten bis jetzt weder heftiger noch häufiger auf, als in den letzten hundert Jahren.

Bei länger anhaltender Sturmtätigkeit besteht jedoch die Gefahr, dass sich in der norddeutschen Bucht aufgrund seiner Lage, in der die vorherrschenden Westwinde Wassermassen aufstauen können, mit einer Erhöhung der Sturmfluthöhe gerechnet werden muss.

Abbildung 3 zeigt, dass eine Zunahme der windbedingten Sturmfluthöhen von 0,3 bis 0,4 Meter bis 2100 im Bereich der nordfriesischen Küste erwartet wird.

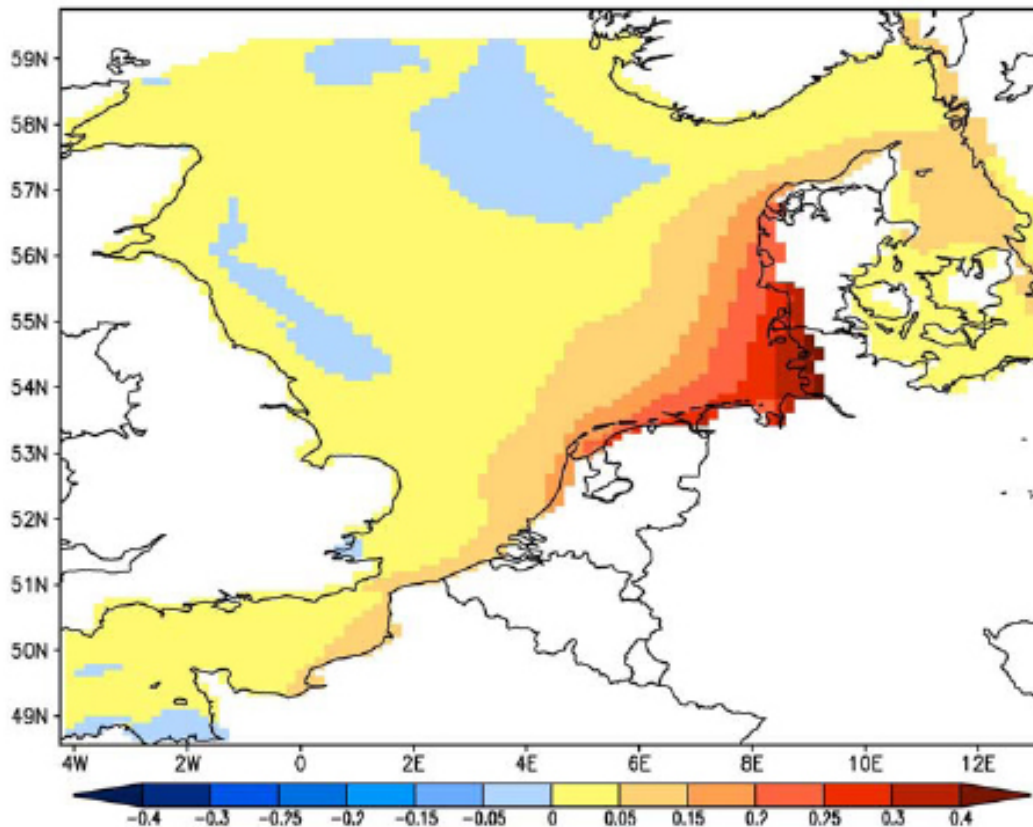


Abb. 3: Erwartete Zunahme der windbedingten Sturmfluthöhen in m am Ende des 21. Jahrhunderts¹⁶

¹⁶ www.hamburger-bildunhsserver.de/klima/klimafolgen/extreme/stuerme/images/sturmfluten_nordsee2100.jpg

4.3 Sedimentation

Der Prozess der Sedimentation wirkt dem ansteigenden Meeresspiegel entgegen.

Bei jeder Sturmflut profitiert die Hallig von Schwebstoffen, die zum Teil auf der Hallig sedimentieren. Durch diesen Akkumulationsprozess wächst die Halligmarsch in die Höhe. Diesen Vorgang kann man gut an den Landhöhen der Hallig Hooge und der nahe gelegenen Insel Pellworm erkennen. Die Marsch-Insel ist von sturmflutsicheren Deichen umgeben, die seit 1825 standhalten. So liegen die Landoberfläche im zentralen Teil Pellworms heute bei ca. 0,40 Meter unter NN. Hallig Hooge hingegen hat eine Landhöhe zwischen 1,45 und 2,10 Meter über NN¹⁷ (die anderen Halligen unterscheiden sich um wenige Dezimeter).

Die nordfriesischen Halligen im Wattenmeer sind zum größten Teil seit der Oktober-Sturmflut des Jahres 1634 konstant geblieben. Man vermutet, dass die topographischen Landhöhen der Marschen von 1634 in etwa die gleiche Höhe hatten und sich seitdem auf Pellworm keine großen Sedimentmengen mehr anhäufen konnten. Hallig Hooge ist seit dieser Sturmflut um ca. 5,8 mm pro Jahr¹⁸ in die Höhe gewachsen.

In den Jahren 1911 bis 1914 wurde Hooge durch einen niedrigen Überflutungsdeich gesichert, der aus Steindeckwerk besteht. Dieser umgebende Deich verringert die Anzahl der jährlichen Überflutungen auf Hooge. Die Uferbereiche sind hierdurch vor Erosion geschützt und dienen dem Vorteil des Wachstums der Halligoberfläche. Dies lässt sich im Gebiet der Ränder von Prielen und Gräben beobachten.

5. Beurteilung der einzelnen Faktoren

Es ist ungeklärt, inwieweit das Gleichgewicht zwischen Meeresspiegelanstieg und dem Wachstum der Hallig in der Vergangenheit auch in den nächsten Jahren Bestand haben wird.

Durch die vorliegenden Daten zeichnet sich ab, dass seit dem Bau des Überflutungsdeiches 1914 die Sedimentation auf Hallig Hooge und das damit verbundene Wachstum der Landoberfläche mit dem derzeitigen Meeresspiegelanstieg mithalten konnten. Fraglich ist, ob durch die Fertigstellung des Überflutungsdeiches die Sedimentationsrate erhöht oder gesenkt wird.

Sicher ist, dass durch den Schutz des Deiches die Überflutungen weniger wurden. Es ist nicht entscheidend, ob das Vorhandensein eines Überflutungsdeiches die Sedimentation begünstigt, sondern wie dieser Deich angelegt wurde. Ohne den angelegten Deich, würde die Mehrheit von Hooge bei Springtidehochwasser überflutet werden. Und somit erodiert mehr

¹⁷ Karius, Volker & Deike, Matthias (2007) Charakterisierung von Sturmflutablagerungen auf Hallig Hooge, , GZG, 2007

¹⁸ Hamburger Symposium Geographie, Band 1, Hamburg 2009, Seite 35-38

Landoberfläche. Es muss auch weiterhin auf die Uferbefestigung geachtet werden. Sturmfluten mit hohen Wasserständen und starken Wellenbewegungen bedrohen, wegen der zunehmenden Versalzung der Weiden, die Viehwirtschaft und stellen für die Bewohner eine Gefahr dar.

Als Schlussfolgerung lässt sich ableiten, dass die Halligen während der Überflutungen durch Deiche und die Sedimentation standgehalten haben. Da Hallig Hooge in den vergangenen 350 Jahren durch Sedimentation um nur 2,03 Meter gewachsen ist und der Meeresspiegelanstieg im Vergleich dazu 1,4 Meter gestiegen ist, wird in Zukunft die Chance bestehen, dass die Halligen überleben.

Bis 2100 käme es zu einem Sedimentationswachstum von ca. 52 Zentimeter, doch nach den IPCC-Modellrechnungen rechnet man mit einem Meeresspiegelanstieg im höchsten Szenario mit bis zu 54 Zentimetern (isostatischer Anstieg nicht inbegriffen). Wenn dieses Szenario zutrifft, müsste sich die Sedimentationsrate auf der Hallig Hooge erhöhen, sonst würde die Insel nicht entsprechend dem Meeresspiegelanstieg anwachsen können. In diesem Fall würde die Insel ohne zusätzlichen Schutz nicht weiter als Wirtschaftsraum für den Menschen zur Verfügung stehen können. Die Existenz der Halligen hängt nicht nur allein von den Sedimentprozessen während Überflutungen ab. Der natürliche Schutz der Hallig würde verloren gehen, wenn sich die nahe gelegenen Außensande verkleinern würden. Dieses gilt auch für die Wattflächen im Umkreis der Hallig. Wenn diese nicht gleichmäßig mit der Halligmarsch aufwachsen, kommt es zu größeren Wassertiefen, die die Wellendynamik verstärken. Hierbei würden die Halligen einer zusätzlichen Belastung ausgesetzt sein.

6. Literaturverzeichnis

Bauer, Jürgen et al (2008)	Wasser, Materialien für den Sekundarbereich II, Schroedel, Braunschweig 2008
Karius, Volker & Deike, Matthias (2007)	Charakterisierung von Sturmflutablagerungen auf Hallig Hooge, GZG, 2007
Kühn, Hans Joachim (1998)	Halligen, in: Umweltatlas Wattenmeer, Band 1, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 1998, S. 28-29
Meier, Dirk (2002)	Sturmfluten und ihre Auswirkungen auf die Nordseeküste in: Warnsignale ais Nordsee und Wattenmeer, Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg 2002, S. 29-33
Ratter, Beate (2009)	Küste und Klimawandel, Hamburger Symposium Geographie, Band 1, Hamburg 100 S.
Scholliers, Matthias (2009)	Klimawandel, terra global, Klett Verlag 2009
Stadelmann,	Meer, Deich, Küste, Wachholtz Verlag, Neumünster S. 44-50

Robert (1981)	
Streif, Hansjörg (2002)	Die Nordsee im Wandel, in: Warnsignale aus Nordsee und Wattenmeer, Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg 2002, S. 19-28
Von Storch, Hans etal (2005)	Projektionen für Meere und Küste, in: Wetterkatastrophen und Klimawandel, Münchener Rückversicherung, pg Verlag München 2005, S. 106-113
WBGU (2006)	Die Zukunft der Meere, zu warm, zu hoch, zu sauer - Sondergutachten 2006
GKSS (2009)	Küstenbewohner fürchten sich vor dem Sturm, http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-10866-2009-11-26.html , letzter Zugriff 20.1.2010
Hassenstein, Wolfgang (2009)	Der Pegel steigt, in Greenpeacemagazin 03/2009. http://www.greenpeacemagazin.de/index.php?id=5743 letzter Zugriff 20.1.2010
Köhler, Julia (2009)	Rezenter und zukünftiger Meeresspiegelanstieg und die Folgen für die Internationale Sicherheit, S. 8, http://www.znf.uni-hamburg.de/meeresspiegel-jkoehler-nwff-ws0809.pdf , letzter Zugriff 20.1.2010
Landerer, Felix (2007)	Wie stark steigt der Meeresspiegel an? http://www.mpimet.mpg.de/presse/faqs/wie-stark-steigt-der-meeresspiegel-an.html , letzter Zugriff 20.1.2010
Meier, Dirk (o.J.)	Küstenarchäologie in Schleswig-Holstein, www.meeresspiegelanstieg-und-kuestenlinien.html letzter Zugriff 20.1.2010
Meinke, Insa (2009)	Nordseesturmfluten im Klimawandel, http://www.norddeutsches-klimabuero.de/PDFs/Sturmflut_Statement_GKSS.pdf , letzter Zugriff 20.1.2010
Ohne Autor, ohne Jahr	Halligen, http://de.wikipedia.org/wiki/Hallig letzter Zugriff 20.1.2010
Ohne Autor, ohne Jahr	Meeresspiegelanstieg, http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Kategorie:Meeresspiegel , letzter Zugriff 20.1.2010
Rauner, Max (2009)	Die Ruhe vor dem Sturm, in: ZEIT Wissen, 05.08.2009 Nr. 05, http://www.zeit.de/zeit-wissen/2009/05/Kueste , letzter Zugriff 20.1.2010
Schöneberger, Edwin (o.J.)	Hallig Hooge. http://www.urlaub.foehr100.de/nachbarn-von-foehr/hallig-hooge/index.php , letzter Zugriff 20.1.2010