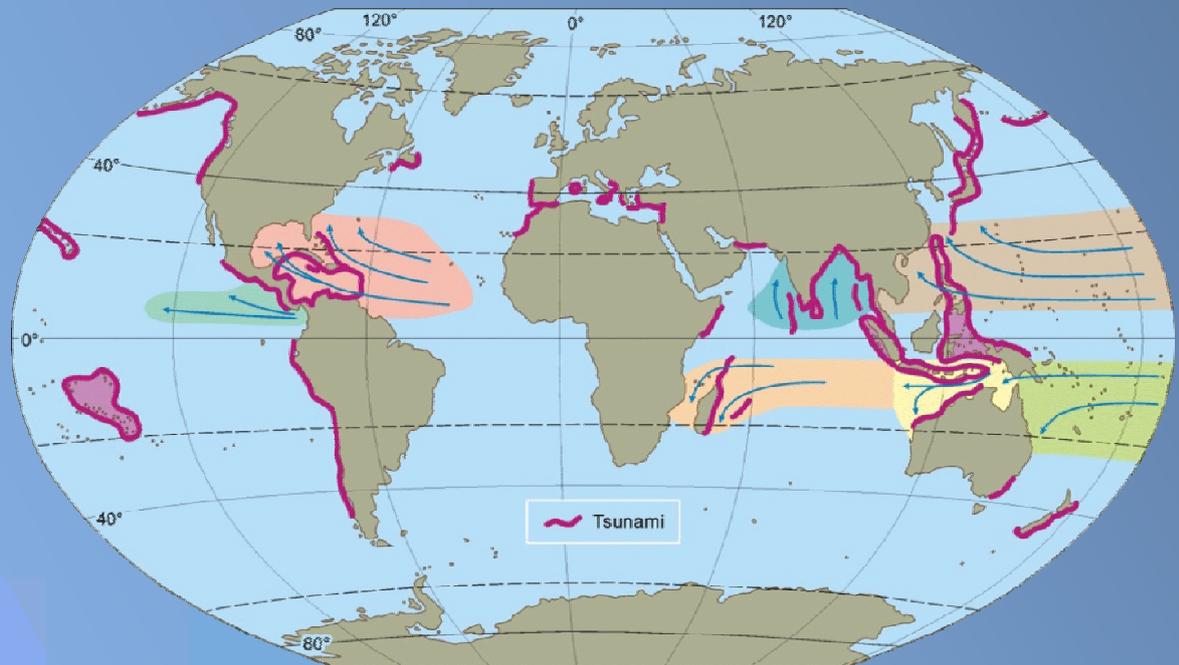


Beiträge der 30. Jubiläums-Jahrestagung
des Arbeitskreises
„Geographie der Meere und Küsten“



26.-29. April 2012 in Mainz

Die Küste als Lebensraum und Risikozone
Aspekte moderner Küstenforschung



Peter Henning und Andreas Vött (Hrsg.)



Peter Henning und Andreas Vött (Hrsg.)

Die Küste als Lebensraum und Risikozone

Aspekte moderner Küstenforschung

Buchumschlag:

Die Abbildung auf der Titelseite zeigt die nachgewiesene weltweite Verbreitung von Tsunamis im Holozän. Blaue Pfeile repräsentieren die Zugbahnen tropischer Wirbelstürme. Die Grafik wurde freundlicherweise von Prof. Dr. Dieter Kelletat, Geographisches Institut, Universität Duisburg-Essen zur Verfügung gestellt.

MAINZER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

Herausgegeben vom
Kollegium des Geographischen Instituts

Heft 55

2013

GEOGRAPHISCHES INSTITUT DER JOHANNES GUTENBERG-UNIVERSITÄT
MAINZ

Peter Henning und Andreas Vött (Hrsg.)

Beiträge der 30. Jubiläums-Jahrestagung
des
Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ (AMK)
in der Deutschen Gesellschaft für Geographie (DGfG),
26.-29. April 2012 in Mainz

Die Küste als Lebensraum und Risikozone

Aspekte moderner Küstenforschung

Computersatz, Layout: Peter Henning

Die Küste als Lebensraum und Risikozone. Aspekte moderner Küstenforschung: 26-29. April 2012 in Mainz / Peter Henning & Andreas Vött (Hrsg.). Mainz: Selbstverlag des Geographischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität, 2013. 133 Seiten, 23 Abbildungen, 10 Tabellen. (Beiträge der 30. Jubiläums-Jahrestagung des Arbeitskreises Geographie der Meere und Küsten“; 30)
Mainzer Geographische Studien; H 55
ISBN 978-3-88250-061-5

© Copyright
Geographisches Institut
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Mainz 2013
Printed in Germany

ISSN 0937-6267
ISBN 978-3-88250-061-5

Bestellung (Orders):
Geographisches Institut der Universität Mainz
Johann Joachim Becher-Weg 21
D-55099 Mainz
Federal Republic of Germany

VORWORT

Die 30. Jubiläums-Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ (AMK) fand auf Einladung von Prof. Dr. Andreas Vött und seiner Arbeitsgruppe am Geographischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz statt. 50 Teilnehmerinnen und Teilnehmer gestalteten ein vielseitiges Programm mit 20 Vorträgen und 11 Posterbeiträgen.

Eröffnet wurde die Tagung durch einen Festvortrag von Prof. Dr. Dieter Kelletat (Universität Duisburg-Essen/Köln) am 26.04.2012, an dem – neben dem Vortragenden selbst – Prof. Dr. Heinz Klug und Prof. Dr. Dieter Uthoff als weitere Gründungsväter des AMK anwesend waren. Zudem war es gelungen, weitere AMK-Mitglieder der ersten Stunde zur aktiven Mitwirkung an der Tagung zu gewinnen. Der Festvortrag mit dem Titel „Tsunamis – Entdeckung, Entstehung und jüngste Ereignisse“ machte den unmittelbaren Anwendungsbezug moderner Paläotsunami-Forschung beispielsweise hinsichtlich aktueller Risiko-Minimierung deutlich.

Wie in den vergangenen Jahren wurde auf der Jahrestagung, den vielseitigen Wirkungsfeldern der AMK-Mitglieder entsprechend, eine große Bandbreite unterschiedlicher Themen vorgestellt und diskutiert. Ein erster Themenblock widmete sich Aspekten der Nutzung und des Schutzes der Küsten und Meere sowie den Folgen des Klimawandels. Der zweite Block beschäftigte sich mit der geomorphologisch-sedimentologischen Erfassung und Rekonstruktion von Paläotsunami-Ereignissen und der Diskussion ihrer Bedeutung für die gesamte Küstenentwicklung. In einem dritten Themenbereich wurden geomorphologische, geologische und paläontologische Spuren alter Küsten Europas vorgestellt.

Hier wurde bereits ein direkter Bezug zur Ganztagesexkursion am 30. April 2012 hergestellt, im Rahmen derer unter Leitung von Dipl.-Geogr. Pascal Brengel, Dr. Kurt Emde und Prof. Dr. Johannes Preuß „Sedimentäre Spuren und Küstenlinien des Oligozänmeeres in der Umgebung von Mainz“ besichtigt und diskutiert wurden. Die Vorträge des vierten und abschließenden thematischen Blocks konzentrierten sich auf Sedimentations- und Erosionsprozesse an der deutschen Nordseeküste, unter anderem vor dem Hintergrund des globalen Klimawandels.

An Vorträgen und Posterbeiträgen waren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler geographischer und geowissenschaftlicher Institute der Universitäten Aachen, Frankfurt am Main, Göttingen, Hamburg, Heidelberg, Jena, Kiel, Köln, Mainz und Oldenburg federführend beteiligt. Mit Beiträgen vertreten waren weiterhin Vertreterinnen und Vertreter außeruniversitärer Forschungseinrichtungen und Behörden wie des Helmholtz-Zentrums Geesthacht, des Landesamts für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR), des Leibniz Center for Tropical Marine Ecology Bremen und des Niedersächsischen Instituts für Historische Küstenforschung Wilhelmshaven (NihK). Sowohl das Spektrum der unterschiedlichen Institutionen, die bei der 30. AMK-Jahrestagung präsent waren, als auch die Aktualität und Relevanz der vorgebrachten Themen machte erneut die große wissenschaftliche Bedeutung und den Praxisbezug des AMK sowie seine inter- und multidisziplinäre Struktur deutlich. Besonders erwähnenswert ist überdies, dass das Durchschnittsalter der aktiven Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit unter 40 Jahren dem Selbstbild des AMK als aktivem Forum für die Begegnung und den Austausch des küsten- und meeresinteressierten wissenschaftlichen Nachwuchses entspricht.

Mit diesem Band werden nun ausgewählte Beiträge der 30. Jahrestagung in Mainz einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Damit wird die Tradition der bislang durchgehenden Reihe der Veröffentlichungen zu den AMK-Jahrestagungen ohne Unterbrechung bis ins 30-jährige Bestehen des Arbeitskreises fortgesetzt. Wir danken den Herausgebern der Mainzer Geographischen Studien für die Aufnahme in die Schriftenreihe.

Besonderer Dank gilt Dipl.-Geogr. Hanna Hadler und Dipl.-Geogr. Konstantin Ntageretzis für das zeitaufwendige Korrekturlesen der Beiträge.

Peter Henning und Andreas Vött

Mainz, im Juni 2013



JOHANNES GUTENBERG
UNIVERSITÄT MAINZ



INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 7

CHRISTIAN FISCHER & ANDREAS KANNEN

Die Trilaterale Wattenmeerkooperation – ein Vorbild für die Umsetzung von
MRO und MSRL? 11

TANJA TILLMANN, MARIE FOLKERTS, MARTIN FRANK & JÜRGEN WUNDERLICH

Brauchen wir virtuelle Welten in den Geowissenschaften? Evaluation zum
Potential eines „Virtuellen Exkursionsführers der Nordseeküste“ 29

TANJA TILLMANN & JÜRGEN WUNDERLICH

Konzept einer virtuellen Exkursion auf die Hallig Hooge..... 43

ANTJE BRUNS & FANNY FRICK

Coastal Cities at Multiple Risks – The Case of Accra..... 59

MICHAEL LINK, JASMIN KOMINEK & JÜRGEN SCHEFFRAN

Impacts of accelerated sea level rise on the coastal zones of Egypt..... 79

JÜRGEN NEWIG

Merkmale eines historischen Tsunamis in der Nordsee..... 95

ANJA LEHMANN, HOLGER FREUND, CLAUDIA FINKLER, PETER FISCHER, HANNA HADLER,
PETER HENNING, TIMO WILLERSHÄUSER, WOLFRAM WARTENBERG & ANDREAS VÖTT

Neue sedimentologische und geomorphologische Untersuchungen zur
Küstenentwicklung des Jadebusens bei Idagroden (Niedersachsen) 111

DIE TRILATERALE WATTENMEERKOOPERATION – EIN VORBILD FÜR DIE UMSETZUNG VON MRO UND MSRL?

Christian Fischer & Andreas Kannen

Abstract

The bluebook “An Integrated Maritime Policy for the European Union” (IMP) is the first attempt to design Europe’s maritime policy in a cross-sectoral way. Marine Spatial Planning (MSP) and Marine Strategy Framework Directive (MSFD) form relevant instruments for the implementation of IMP, both strongly depending on transnational cooperation of the relevant actors. However, designing structures and processes for transnational cooperation should ideally build on existing experiences. One already existing and long-lasting example for transnational collaboration on coastal and marine issues is the Trilateral Wadden Sea Cooperation (TWSC). In this paper we analyse the development of the TWSC over time, identify success factors for the cooperation and discuss their transferability to European maritime policy. This analysis is based on three analytical steps. A qualitative analysis of documents provided the starting point. This resulted in a timeline, showing key steps and related outputs in the historic development of the TWSC. Supported by a small set of expert interviews the relevant factors of success for the trilateral cooperation were identified.

The results show that the transnational cooperation within the TWSC has been positively influenced by shared interests, thematic limitation to nature protection, small group size, spatial and emotional identity, existence of a responsible coordination body with permanent staff as well as the legally non-binding character. It can be assumed that transferability for the implementation of the European maritime policy would work adequately with rather small groups of countries within a similar marine environment and similar problems while an exact transfer of the experiences in the TWSC to the European level and the level of Regional Sea conventions is not possible.

1 Einleitung

Im Oktober 2007 hat die Europäische Kommission das Blaubuch zur integrierten Meerespolitik (IMP) der Europäischen Union vorgestellt. Danach soll sich die europäische Meerespolitik künftig – im Gegensatz zur bisherigen sektorbasierten Politik – integrativ auf den Raum „Meer“ orientieren. Unter dem Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung sollen Schutz und Nutzung der europäischen Meeresgewässer gleichermaßen gewährleistet werden (EU 2007). Die Meeresraumordnung (MRO) und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) sind wichtige Instrumente für die Umsetzung der integrierten Meerespolitik. Dabei gilt die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie explizit als Umweltsäule der künftigen EU-Meerespolitik (EU 2008a). Auch die Meeresraumordnung mit ihrem integrierten Ansatz der Planung und Regulierung aller Meeresnutzungen durch den Menschen – unter Berücksichtigung des Schutzes der Meeresökosysteme – ist dafür geeignet, die Umsetzung der integrierten Meerespolitik zu unterstützen (EU o.J.). Jedoch bestehen nach Kannen (2012) in der Umsetzung Zielkonflikte zwischen der nutzungsorientierten Perspektive der integrierten Meerespolitik und der schutzbezogenen Perspektive der MSRL.

Für die Umsetzung dieser Politik bedarf es laut Europäischer Union einer regionalmeerbezogenen Zusammenarbeit (EU 2007). Die Gestaltung dieser Zusammenarbeit ist allerdings offen. Auch in anderen EU-Dokumenten wie dem Fahrplan zur Maritimen Raumordnung und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie finden sich Hinweise auf regionalmeerbezogene transnationale Zusammenarbeit als besondere Herausforderung (EU 2008b, 2010). Neben der Umweltpolitik sind es insbesondere Nutzungen wie Schifffahrt, Fischerei sowie die Offshore-Windenergie mit ihren geplanten Netzverbindungen wie dem Nordsee-Grid, die grenzüberschreitende Zusammenarbeit erfordern (Kannen 2012, Gee et al. 2011). Abgesehen von Regionalmeerkonventionen wie OSPAR oder HELCOM sind bisher einzig im Ostseebereich erste Ansätze für zumindest informelle Kooperationsstrukturen in der Meeresraumordnung erkennbar. Ein Beispiel ist die Arbeitsgruppe zwischen der HELCOM-Konvention und der Organisation „Visions & Strategies around the Baltic“ (VASAB).

Die Frage ist daher, auf welche Erfahrungen für die weitere Entwicklung transnationaler Strukturen und Prozesse zurückgegriffen werden kann. Ein seit Langem existierendes Beispiel für eine transnationale Zusammenarbeit ist die Trilaterale Wattenmeerkooperation (TWK) zwischen Dänemark, Deutschland und den Niederlanden. Seit der Gründung im Jahr 1978 arbeiten die drei Mit-

gliedstaaten beim Schutz des Wattenmeeres zusammen und die Kooperation wird allgemein als erfolgreiches Beispiel einer grenzüberschreitenden Zusammenarbeit entlang von Ökosystemgrenzen gesehen. In diesem Artikel wird untersucht, inwieweit die TWK als Vorbild für die Umsetzung von MRO und MSRL dienen kann. Welche Faktoren beeinflussen die transnationale Zusammenarbeit der Trilateralen Wattenmeerkooperation und welche Schlüsse lassen sich daraus für die Meerespolitik der EU ziehen?

Es folgt zunächst eine kurze Beschreibung der angewandten Methodik, danach werden wesentliche institutionelle Elemente der Trilateralen Wattenmeerkooperation beschrieben und abschließend die Ergebnisse dieser Analyse mit Blick auf die Übertragbarkeit auf MRO und MSRL diskutiert.

2 Methodisches Vorgehen

Die Behandlung der Fragestellung erfolgte in drei iterativen Schritten. Im ersten Schritt wurde die Trilaterale Wattenmeerkooperation mithilfe einer dokumentenbasierten Analyse und der Governance Baseline Methodik (GBM) untersucht (Olsen et al. 2006, 2009). Dabei wurden die Charakteristika der Trilateralen Wattenmeerkooperation zusammengestellt und eine Zeitleiste wichtiger institutioneller Ereignisse, Ergebnisse sowie inhaltlicher und konzeptioneller Kooperations-elemente entwickelt, um die historische Entwicklung der Kooperation nachzuzeichnen. Diese Ergebnisse wurden mit Hilfe von vier Experteninterviews überprüft und verifiziert. Daraus wurden im Anschluss Erfolgsfaktoren abgeleitet und auf ihre Übertragbarkeit bezüglich der MRO und MSRL überprüft.

Der Ansatz der Governance Baseline (Olsen et al. 2006, 2009) beruht auf der Annahme, dass Veränderungen von Ökosystemen durch jegliche Art von Einflüssen eine Reaktion des Governance Systems nach sich ziehen (vgl. Abb. 1). Mit der GBM wird diese Reaktion rückblickend dokumentiert und analysiert (Teil 1). Dies kann zur Formulierung eines strategischen Programms zur Neuausrichtung des Governance Systems führen (Teil 2), insbesondere wenn die GBM zur internen Evaluierung genutzt wird (Olsen et al. 2009).

Am Beispiel der Trilateralen Wattenmeerkooperation wurde der Ansatz entsprechend der Fragestellung nicht als Evaluierungshilfe, sondern analytisch verwendet. Der Fokus lag auf der Dokumentation und Analyse (Teil 1) der institutionellen Entwicklung und dem Identifizieren von Erfolgsfaktoren. Dafür wurden die öffentlich zugänglichen Dokumente der TWK analysiert. Das Identifizieren von Entwicklungsperioden ist dabei der entscheidende Schritt, um in-

haltliche oder organisatorische Veränderungen in der Zusammenarbeit zu erkennen und daraus Erfolgsfaktoren abzuleiten.

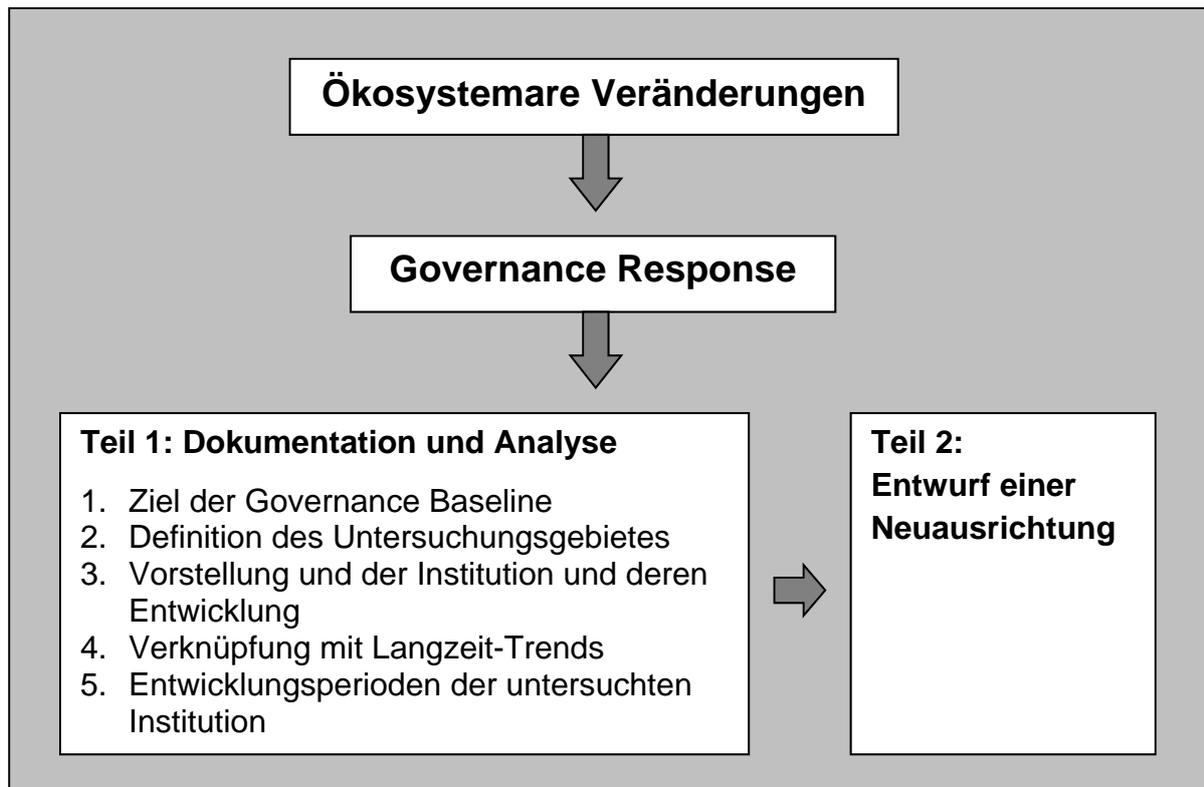


Abb. 1: Governance Baseline Method (eigene Darstellung nach Olsen et al. 2009).

3 Grundlagen der trilateralen Kooperation

Die drei Wattenmeer-Anrainer Dänemark, Deutschland und die Niederlande arbeiten seit 1978 zusammen für den Schutz und die Erhaltung des Ökosystems Wattenmeer. Die trilaterale Kooperation wurde gegründet, um die Aktivitäten und Maßnahmen zum Schutz des Wattenmeers in den Mitgliedstaaten Dänemark, Deutschland und den Niederlanden zu koordinieren (TWK o.J.). Dies betrifft unter anderem das Management der Schutzgebiete, das Monitoring, die Forschung sowie schutzpolitische Angelegenheiten. Da das Wattenmeer fließend in die Nordsee übergeht, ist eine eindeutige Abgrenzung des Wattenmeeres schwer festzulegen. Die Trilaterale Wattenmeerkooperation definiert das Wattenmeer als den von der Tide beeinflussten Bereich, der die Wattflächen und das Sublitoral umfasst. „Der Tidebereich wird gegen die Nordsee durch eine gedachte Linie zwischen den Enden der Inseln abgegrenzt. Als Abgrenzung gegenüber den Ästuaren gilt die mittlere 10 ‰-Isohaline bei Hochwasser im Winter“ (TWK 1998).

Mit einer Fläche von 14.700 km² handelt es sich beim Wattenmeer der Nordsee um das größte Wattenmeer der Welt (Reise et al. 2010). Die Küstenlinie ist über 500 km lang (Marencic 2009). Geomorphologisch teilt sich das Wattenmeer in fünf unterschiedliche Bereiche auf (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Geomorphologische Gliederung des Wattenmeeres (CWSS 2008).

Geomorphologische Kategorie	Gebietsgröße
Salzmarschen	400 km ²
Sand- und Schlickbänke	4.700 km ²
Subtidale Sandbänke und Strömungsrinnen	3.700 km ²
Inseln und trockene Sandstellen	1.000 km ²
Offene See (bis zu einer Tiefe von 15 m seewärts der Inseln)	4.900 km ²
Gesamtes Wattenmeer-Gebiet	14.700 km²

Mehr als drei Viertel der Wattenmeer-Fläche unterliegt mittlerweile vielfältigen nationalen und internationalen Schutzkategorien. In Deutschland wurde das Wattenmeer als Naturschutzgebiet, Nationalpark und Biosphärenreservat unter Schutz gestellt. Aufgrund der Länderzuständigkeit führt dies zu drei im Detail unterschiedlichen Nationalparkgesetzen und -ausweisungen in Niedersachsen, Hamburg und Schleswig-Holstein. Auch in Dänemark und den Niederlanden sind Teile des Wattenmeeres als Nationalpark ausgewiesen (Miljøministeriet o.J., SNP o.J.). Weiterhin handelt es sich beim größten Teil des Wattenmeeres – auch in Dänemark und den Niederlanden – sowohl um Ramsar- als auch um Natura 2000-Gebiete. Letztere sind nach der Vogelschutz- und Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-Richtlinie) geschützt (BfN 2012, Marencic 2009).

Neben diesen nationalen und europäischen Schutzkategorien ist das Wattenmeer auch durch die International Maritime Organization (IMO) und die UNESCO als besonderes Gebiet ausgewiesen. Die IMO hat das Wattenmeer 2002 als ‚Particularly Sensitive Sea Area‘ (PSSA) anerkannt. Dadurch können bestimmte Maßnahmen ergriffen werden, um die maritimen Aktivitäten in diesem Gebiet zu steuern und zu kontrollieren (IMO 2011). Aufgrund der hohen Biodiversität und des hohen Schutzstatus wurden der niederländische Teil des Wattenmeeres sowie das Schleswig-Holsteinische und das Niedersächsische

Wattenmeer 2009 als Weltnaturerbe anerkannt (BMU 2009), seit 2011 gehört auch das Hamburgische Wattenmeer dazu (BMU 2011). Schon länger sind das deutsche (1990/1992) und niederländische Wattenmeer (1986) als Biosphärenreservat ausgewiesen (UNESCO 2008).

Bei allen nationalen und regionalen Unterschieden ist das gemeinsame Leitprinzip („Guiding Principle“) der trilateralen Wattenmeerpolitik, ein natürliches Ökosystem zu erreichen, in dem natürliche Prozesse ungestört ablaufen können (TWK o.J.). Die Kooperation koordiniert und harmonisiert soweit wie möglich die Einhaltung und Zusammenarbeit mit der Ramsar-Konvention über Feuchtgebiete, dem Übereinkommen zur Erhaltung der wandernden wildlebenden Tierarten, der Berner Konvention (Übereinkommen über die Erhaltung der europäischen wildlebenden Pflanzen und Tiere und ihrer natürlichen Lebensräume) sowie der FFH-Richtlinie (TWK 1982, TWK 2010). Jedoch liegt die Umsetzung in der Zuständigkeit der Nationalstaaten bzw. in Deutschland der Bundesländer. Somit handelt es sich um eine politische, rechtlich nicht verbindliche Zusammenarbeit zwischen den drei Staaten. Dieser Status ist auch in der Gemeinsamen Erklärung zum Schutz des Wattenmeeres (1982, 2010) zu finden. Ergebnisse der trilateralen Wattenmeerkonferenzen sind als Handlungsanweisungen für die drei Mitgliedstaaten zu verstehen, um auf deren nationaler Ebene umgesetzt zu werden. Jeder Mitgliedstaat hat gegenüber den anderen beiden die gleichen Rechte und den gleichen Status. Ausgerichtet am gemeinsamen Leitprinzip ist die Trilaterale Wattenmeerkooperation konkret in folgenden Bereichen aktiv:

Monitoring und Assessment: Die Ergebnisse und Bewertung unterschiedlicher Monitoringaktivitäten (z. B. zu Salzwiesen, Watt, Dünen, Fischen und Vögeln) werden in regelmäßig erscheinenden Berichten, den „Quality Status Reports“, veröffentlicht (TWK o.J.).

Management: Das Management des Wattenmeeres ist im Trilateralen Wattenmeerplan festgelegt. Dieser stellt den Rahmen für den Schutz und den nachhaltigen Umgang des Wattenmeeres als ökologische Einheit dar. Weiterhin beinhaltet er das Management für das Wattenmeer als Weltnaturerbe. Daneben gibt es einen Plan für das Seehund-Management sowie die Wahrnehmung der Pflichten für das NATURA 2000-Netzwerk (TWK o.J.).

Während die TWK Aufgaben, die innerhalb ihres Kooperationsgebietes stattfinden können, problemlos im Rahmen des Konsenses der Mitgliedstaaten aufgreifen kann, ist es jedoch offensichtlich, dass sie nur einen begrenzten Einfluss auf viele externe Einflüsse wie Klimawandel, Nährstoffeinträge und Eutrophierung, intensiviert Meeressnutzung und Verschmutzung hat, die wiederum

das Trilaterale Wattenmeergebiet beeinflussen und beeinflusst haben. Der Wirkungsradius der TWK ist somit eingeschränkt.

Das koordinierende Organ der Trilateralen Kooperation ist das Gemeinsame Wattenmeer-Sekretariat (Common Wadden Sea Secretariat – CWSS). Dessen primäre Aufgabe ist es, die Aktivitäten der Kooperation zu unterstützen, zu initiieren und zu koordinieren (TWK o.J.). Weitere Aktivitäten des Wattenmeer-Sekretariats sind die Vorbereitung der trilateralen Wattenmeer-Konferenzen, die Koordinierung der Aktivitäten in Bezug auf das Wattenmeer als Welterbe, die Bereitstellung von Informationen zum ökologischen Zustand des Wattenmeeres, die Zusammenarbeit mit anderen Akteuren wie dem OSPAR-Sekretariat, der EU und der UNESCO sowie die Umsetzung des Abkommens zum Schutz der Seehunde (TWK o.J.). Im Zusammenhang mit der Weltnaturerbe-Nominierung hat das Gemeinsame Wattenmeersekretariat auch Aufgaben in der Öffentlichkeitsarbeit und Umweltbildung übernommen.

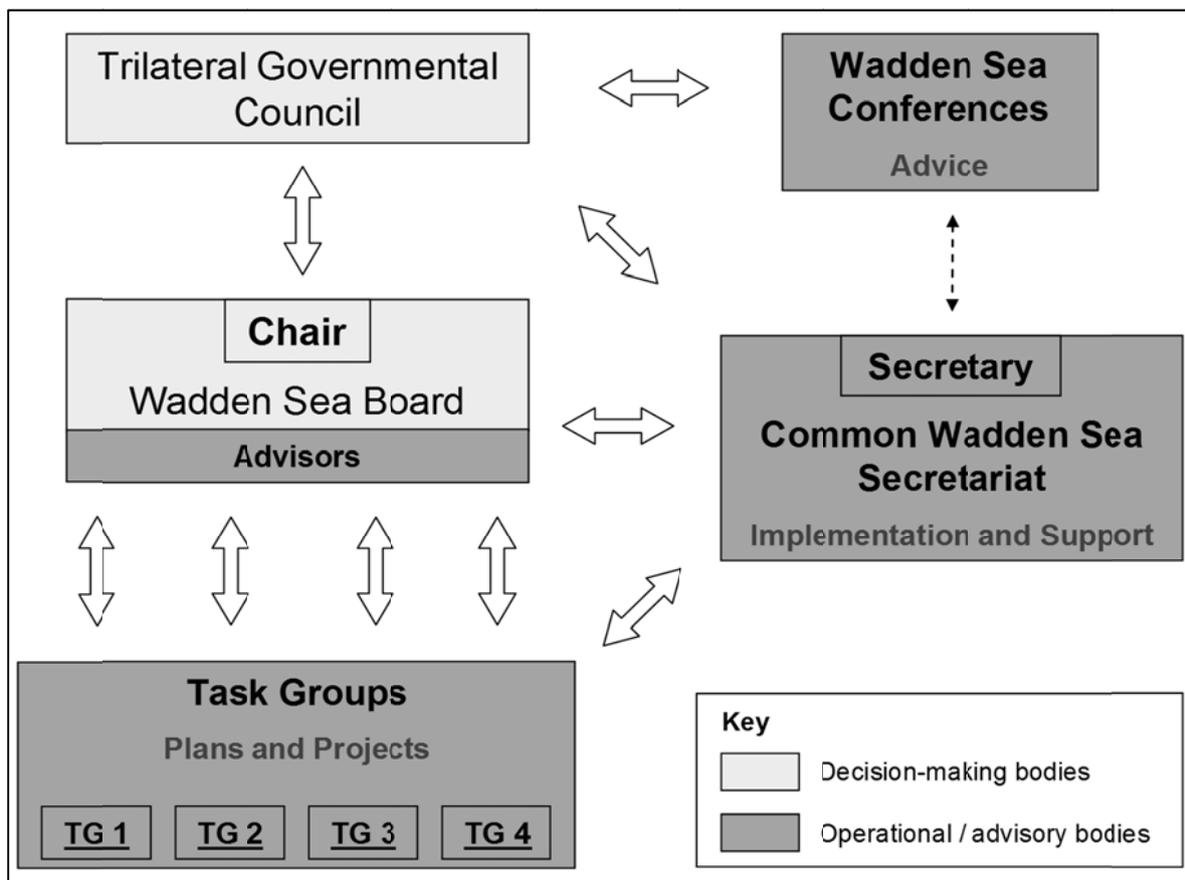


Abb. 2: Organigramm der TWK (eigene Darstellung nach TWK o.J.).

Neben weiteren operationellen und beratenden Gremien gibt es zwei beschließende Gremien innerhalb der Trilateralen Wattenmeerkooperation, den

„Governmental Council“ und das „Wadden Sea Board“ (vgl. Abb. 2). Der „Governmental Council“ setzt sich aus den zuständigen Ministern der Mitgliedstaaten zusammen und stellt die politische Führung der Kooperation dar. Von dänischer Seite ist die Umweltministerin beteiligt, von deutscher Seite ebenfalls der Bundesumweltminister und von niederländischer Seite der Minister für Wirtschaft, Landwirtschaft und Innovation. Der Rat ist für die Entwicklung internationaler politischer Inhalte, für politisch relevante Entscheidungen und die Harmonisierung der Entscheidungen in den drei Regierungen zuständig. Das „Wadden Sea Board“ hingegen ist das inhaltlich steuernde Gremium der Kooperation. Es verabschiedet fachliche Strategien und wahrt den Überblick über die beratenden und operationellen Gremien. Den Vorsitz hat ein leitender Regierungsbeamter, der vom „Governmental Council“ ernannt wird. Der Vorsitz rotiert zwischen den drei Mitgliedstaaten (TWK o.J.).

4 Analyse der institutionellen Entwicklung

Eine detaillierte Analyse der Trilateralen Wattenmeerkooperation zeigt eine Reihe verschiedener Schlüsselereignisse, Prozesse und Ergebnisse, die im Zeitverlauf die Entwicklung der Kooperation verdeutlichen (vgl. Abb. 3).

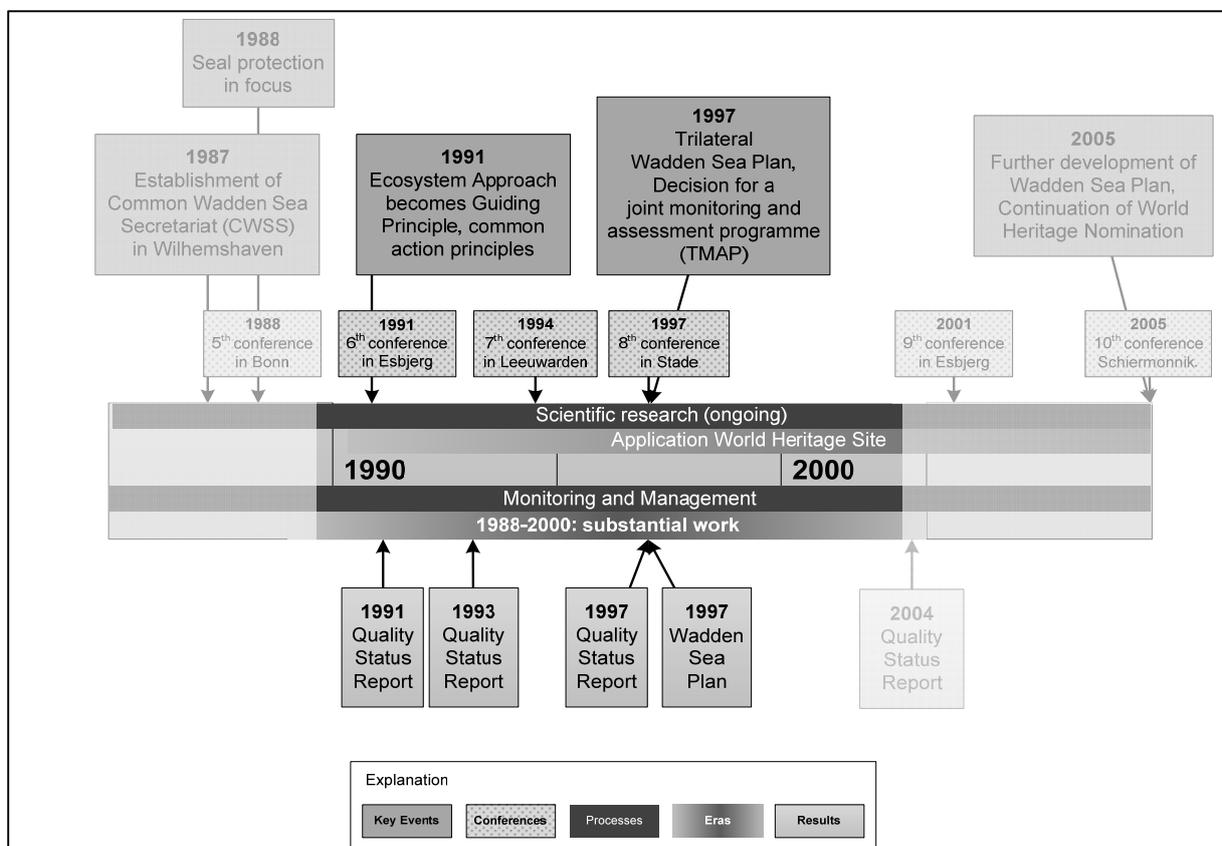


Abb. 3: Ausschnitt aus der Governance Baseline der TWK (eigene Darstellung).

Zentrale Schlüsselereignisse sind die trilateralen Konferenzen, auf denen wesentliche Entscheidungen der Entscheidungsgremien diskutiert und/oder beschlossen werden. Diese Konferenzen finden alle drei bis vier Jahre statt, in den letzten zehn Jahren mit einem größeren Abstand von vier bis fünf Jahren. Den Konferenzen lassen sich Entscheidungen und Ereignisse mit besonderer Bedeutung für die TWK zuordnen (oberhalb des Zeitstrahls, vgl. Abb. 3). Bei diesen Schlüsselereignissen handelt es sich beispielsweise um die Entscheidung für das trilaterale Leitprinzip oder die Einrichtung eines Monitoringprogramms für die gesamte Wattenmeerregion, mit denen Grundlagen für die inhaltliche Arbeit in den Institutionen der Mitgliedstaaten geschaffen werden. Unterhalb des Zeitstrahls (vgl. Abb. 3) sind wichtige Produkte der Kooperation eingetragen, bspw. die „Quality Status Reports“ zum naturräumlichen Status des Wattenmeeres oder der trilaterale Management-Plan. Im Zeitstrahl selber sind die wichtigsten Prozesse dargestellt.

Alle Schlüsselereignisse, Ergebnisse und Prozesse zusammengefasst liefern einen Hinweis auf die Gesamtentwicklung der TWK. In der Zusammenschau und retrospektiven Analyse lassen sich drei verschiedene Entwicklungsphasen in der Trilateralen Wattenmeerkooperation identifizieren, die jedoch fließend ineinander übergehen:

Phase (1978-1987): Selbstorganisation und Institutionalisierung

Phase (1988-2000): Fachliche Fokussierung

Phase (2000-heute): Erweiterung etablierter Inhalte

In der ersten Phase der TWK ging es vor allem darum, eine Grundlage für die Kooperation zu schaffen. Zunächst wurden mit der Gemeinsamen Erklärung zum Schutz des Wattenmeeres 1982 die inhaltlichen Interessen abgeglichen. Die Kooperationsvereinbarung diente sowohl der Aushandlung unterschiedlicher Positionen zwischen den Mitgliedstaaten und damit der Kooperation selbst als auch der Einigung auf ein gemeinsames inhaltliches Ziel. Weiterhin wurde mit dem Gemeinsamen Wattenmeersekretariat 1987 eine Einrichtung geschaffen, die die Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedstaaten koordiniert und die formulierten Ziele aktiv verfolgt. Es ging in dieser Phase also vorrangig um die grundsätzliche inhaltliche Ausrichtung, die Struktur und die organisatorische Institutionalisierung der Kooperation.

Im Zeitraum zwischen 1988 und 2000 wurden die wesentlichen fachlichen Inhalte der Kooperation erarbeitet. Ein erster direkt sichtbarer Anlass war die Seehundstaupe-Epidemie von 1988, die zu einem Abkommen zum Schutz der Seehunde führte (TWK 1990). Weitere wichtige Ergebnisse waren die Einigung auf ein gemeinsames „Guiding Principle“ (s.o.), also gemeinsame Handlungsprinzipien, die Entwicklung des Trilateralen Monitoring- und Assessment-Programms (TMAP) sowie ein Plan zum Management des Wattenmeeres. Diese Phase ist somit charakterisiert durch die Etablierung der Strukturen und einem zunehmenden Fokus auf strategisch ausgerichtete fachliche Arbeit. Sie kennzeichnet den Wandel von der Institutionalisierung zur Umsetzung.

Nach dem Jahrtausendwechsel lag der Fokus der Kooperation auf der Fortführung bestehender Inhalte, z. B. des gemeinsamen Monitoringprogramms, aber auch der inhaltlichen Erweiterung. So wurde der 1997 veröffentlichte Wattenmeer-Plan aktualisiert und 2010 in einer überarbeiteten Fassung veröffentlicht. Die ‚Quality Status Reports‘ wurden fortgeführt und in regelmäßigen Abständen veröffentlicht. Die Gemeinsame Erklärung von 1982 wurde inhaltlich aktualisiert und 2010 von den Mitgliedstaaten erneut unterzeichnet. Der größte Erfolg dieser Periode und zugleich eine inhaltliche Weiterentwicklung ist die erfolgreiche Bewerbung zur Anerkennung als Weltnaturerbe bei der UNESCO. Die Nominierung erfolgte nach einem langwierigen Abstimmungsprozess im Jahr 2009.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Zusammenarbeit in der TWK über die Zeit gewachsen ist und sich schrittweise institutionalisiert hat. Gemessen an ihren Zielen hat die Trilaterale Wattenmeerkooperation einige Erfolge vorzuweisen. So wird der Umweltzustand des Wattenmeeres heutzutage im Vergleich zu den 1970er und 1980er Jahren als deutlich weniger kritisch gesehen (Reise et al. 2010). Der ökologische Fokus der Kooperation – lange Zeit in der Region heftig umstritten – war für das Ökosystem Wattenmeer förderlich und ist heutzutage auch in der Bevölkerung wesentlich akzeptierter als zu Beginn der Kooperation, wie z. B. das sozioökonomische Monitoring (SÖM Watt) zur Akzeptanz des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer zeigt (Nationalpark Wattenmeer Schleswig-Holstein 2012).

Allerdings handelt es sich bei der Trilateralen Wattenmeerkooperation um eine transnationale politische Zusammenarbeit, die keine rechtliche Verbindlichkeit aufweist. Daher kann auch nur von einer indirekten Umsetzung politischer Entscheidungen gesprochen werden. Dies hat jedoch auch Vorteile, insbesondere hinsichtlich der Flexibilität. Zum Beispiel konnte die Ernennung zum Weltnaturerbe in unterschiedlichen Geschwindigkeiten in den beteiligten Län-

dern bzw. Subregionen erfolgen. So hatten sich Dänemark und Hamburg der ursprünglichen Bewerbung von 2006 nicht angeschlossen. Während das dänische Wattenmeer auch heute noch nicht als Weltnaturerbe ausgewiesen ist, erfolgte für das Hamburger Wattenmeergebiet im Jahr 2011 eine Nachnominierung.

Aus den dokumentenbasierten Analysen und den Experteninterviews kristallisierten sich folgende Erfolgsfaktoren der TWK heraus:

- gemeinsame Interessen (Kooperationsvereinbarung 1982, 2010)
- thematische Eingrenzung auf den Naturschutz (konstruktive Diskussionskultur zwischen den beteiligten Partnern, Konflikte mit anderen Akteuren bleiben außerhalb der Kooperation)
- kleine Gruppengröße (drei Mitgliedstaaten, wobei Deutschland sich auf drei Bundesländer verteilt, die durchaus unterschiedliche Interessen verfolgen können)
- räumliche und emotionale Identität (Wattenmeerraum als abgegrenzter Bereich und thematische Fokussierung)
- verantwortliche Koordinationsstelle mit hoher personeller Konstanz
- rechtliche Unverbindlichkeit der Kooperation und damit Flexibilität.

Diese Faktoren und ihre Übertragbarkeit werden im Folgenden noch näher erläutert und diskutiert.

5 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Trilaterale Wattenmeerkooperation ist ein Akteur der europäischen Meerespolitik und kann als „regionale institutionelle Kooperationsstruktur“ (Art. 6, MSRL) (EU 2008a) angesehen werden, die von den Mitgliedstaaten zur Umsetzung der MSRL genutzt werden soll. Eine Grundvoraussetzung für das Entstehen einer Kooperation ist das Vorhandensein gemeinsamer Interessen (Schmidt 2004). Diese Voraussetzung war im Fall der Trilateralen Wattenmeerkooperation erfüllt. Neben dem Schutz des Wattenmeeres als Kooperationsgrund war nach Aussagen mehrerer Interviewpartner auch der öffentliche Druck Ende der 1970er Jahre sehr hoch, so dass die Gründung einer gemeinsamen Institution zum Wattenmeerschutz forciert wurde. Einfluss auf die Gründung der TWK hatten sowohl wissenschaftliche Ergebnisse, die das Wattenmeer als einzelnes Ökosystem auswiesen, als auch die Umweltschutzbewegung der 1970er Jahre. Daher war die Gründung der TWK wahrscheinlich nicht nur eine Aktion hin zum Wattenmeerschutz, sondern auch (und in erster

Linie) eine Reaktion auf Impulse aus Wissenschaft und Gesellschaft. In jedem Fall kann angenommen werden, dass sich die drei Mitgliedstaaten eine gemeinsame Nutzenmehrung – im Gegensatz zum alleinigen Vorgehen – versprochen.

Gemeinsame Ziele sowie Fragen der Organisation und des Umgangs innerhalb einer Kooperation sollten mithilfe einer Kooperationsvereinbarung festgehalten werden (Schuh et al. 2005). Der Vorteil der schriftlichen Fixierung solcher Inhalte wurde damals schon gesehen. 1982 erklärten die drei Staaten auf der zweiten Trilateralen Konferenz in der „Joint Declaration on the Protection of the Wadden Sea“ ihren Willen zur Zusammenarbeit. Auf der elften Konferenz im Jahr 2010 wurde die „Joint Declaration“ wiederholt und aktualisiert. Der Grund für die Erneuerung der Kooperationsvereinbarung lag u. a. in den Ergebnissen einer externen Evaluierung aus dem Jahr 2007, die eine zeitgemäßere Gestaltung nahe legte (Moser & Brown 2007). Darüber hinaus ist zu vermuten, dass die Kooperation auch deswegen bekräftigt wurde, um neue Motivation für die weitere Zusammenarbeit zu schaffen.

Ein Grund für den Erfolg der Kooperation ist auch die thematische Eingrenzung der gemeinsamen Interessen. Diese lagen vor allem in den ersten beiden Phasen auf dem Natur- und Umweltschutz. Auf diesen gemeinsamen Nenner konnten sich die drei Mitgliedsstaaten aus oben genannten Gründen vergleichsweise schnell einigen. Erst in der dritten Phase erfuhr die Kooperation eine inhaltliche Erweiterung (z. B. Tourismus), die mit der Bewerbung als Welterbestätte einhergeht. Die anfängliche thematische Eingrenzung wiederum ist die Basis für die konstruktive Diskussionskultur, die mehrere der interviewten Experten ausmachen konnten. Auf Konferenzen und Workshops herrscht demnach eine angenehme Atmosphäre und die Teilnehmer gehen freundlich, teilweise fast familiär miteinander um. Allerdings bleiben damit auch Konflikte mit anderen Interessengruppen als dem Natur- und Umweltschutz außen vor bzw. verschieben sich in andere Arenen.

Die Gruppengröße der Kooperation ist mit drei Mitgliedsstaaten im Vergleich zu anderen trans- und internationalen Kooperationen, z. B. den Regionalmeerkonventionen OSPAR und HELCOM, eher klein. Dies ist ein weiterer Faktor, der die Kooperation positiv beeinflusst hat. Ein Experte sah dies als deutlichen Vorteil, da seiner Erfahrung nach aufgrund der kleinen Gruppengröße Kompromisse schneller gefunden würden. Der klare Fokus der Kooperation auf den Schutz des Wattenmeeres hatte einen bemerkenswerten Nebeneffekt, der ebenfalls positiv zur Kooperation beiträgt: Das Wattenmeer verbindet die Anrainerstaaten nicht nur räumlich, sondern auch emotional. So

wurde eine deutliche Identifikation mit dem Wattenmeer und seinen Belangen bei den Experteninterviews festgestellt.

Ein weiterer Faktor einer erfolgreichen Kooperation ist die koordinierte und arbeitsteilige Vorgehensweise (Deutsch 2000). Positiv ist, wenn dabei eine deutliche Orientierung zur Erfüllung der gemeinsam definierten Ziele erkennbar ist. Bei der Trilateralen Wattenmeerkooperation wird die Koordination vom Gemeinsamen Wattenmeersekretariat übernommen, das die Kooperation nach außen hin sichtbar macht.

Der letzte Faktor, der sich eher einstellt, als dass er beeinflusst werden könnte, ist die Tatsache, dass sich die Kooperationspartner gegenseitig stärken. Dies kann mit der Erwartung verbunden sein, durch die Stärkung der Kooperationspartner selbst von der Kooperation zu profitieren. Ebenso macht sich dieser Faktor bemerkbar, wenn jeder Kooperationspartner für sich zulässt, dass die anderen Kooperationspartner von der eigenen Stärke profitieren. Der Konkurrenzgedanke wird dabei also negiert.

Nach Schmidt (2004) bleiben Kooperationen vor allem dann bestehen, wenn alle Beteiligten wie oben genannt eine Nutzenmehrung aus dem Zusammenschluss zu einer Kooperation erwarten. Trotz der Bekräftigung durch die Gemeinsame Erklärung von 2010 bleibt offen, wie es mit der Trilateralen Wattenmeerkooperation weitergeht. In der aktuellen Phase der Kooperation, in der es um die Fortführung etablierter Inhalte und Programme geht, werden auch neue Themen aufgegriffen, um eine ausreichende Basis für den Fortbestand der Kooperation zu haben und neue Herausforderungen wie z. B. den Klimawandel aufzugreifen. Eine Auflösung der Kooperation scheint aber schon aus politischen Gründen eher abwegig.

Insgesamt handelt es sich bei der Trilateralen Wattenmeerkooperation um eine erfolgreiche, funktionierende Kooperation, nicht zuletzt weil die Akteure durch gemeinsame übergeordnete Interessen verbunden werden und eventuell konfligierende untergeordnete Interessen untereinander durch eine jahrelang entwickelte Diskussionskultur meist zu einem Kompromiss geführt werden. Selbst dann, wenn kein Kompromiss gefunden wird, besteht aufgrund der rechtlichen Unverbindlichkeit der Kooperation die Möglichkeit für die anderen beiden Parteien sich flexibel an solche Umstände anzupassen und die begonnene Arbeit fortzuführen. Die Weltnaturerbe-Nominierung, die von den Niederlanden und Deutschland erreicht wurde, ist ein passendes Beispiel dafür.

Doch welche Schlüsse lassen sich aus dem Beispiel der TWK für die Meerespolitik der EU ziehen? Lässt sich das Positivbeispiel auf andere Akteurskonstellationen übertragen?

Zunächst lässt sich festhalten, dass die Mitgliedstaaten der TWK trotz ihrer Kooperation und den gemeinsamen Zielen, diese auf unterschiedliche Weise erreicht haben bzw. angehen. Trotz der Kooperation haben die Staaten den Freiraum, die Instrumente zur gemeinsamen Zielerreichung selbst zu wählen.

Das Vertrauen in die Kooperation, welches von drei der vier Interviewpartner bemerkt wurde, ist ein Faktor, der sich nicht ohne weiteres einstellt, sondern einer Entwicklung bedarf. Vertrauen entsteht durch den Prozess und erfordert Zeit. Das gegenseitige Vertrauen hat aber auch mit der Größe der Kooperation und der langen personellen Konstanz im Wattenmeersekretariat zu tun. Diese hat nach verschiedenen Aussagen einen beträchtlichen Anteil zum Gelingen beigetragen, da Vertrauen auch erheblich mit Personen verknüpft ist.

Aus beiden Faktoren – Größe und Vertrauen – ergibt sich, dass eine Übertragbarkeit nicht ohne weiteres möglich ist. In Europa liegt die Zahl der Staaten mit Meereszugang, die also allein deswegen für die Meerespolitik relevant sind, bei über 15. Bei einer solchen Anzahl von Kooperationspartnern sind Kompromisse viel schwieriger als in kleineren Gruppen zu finden. Grund dafür ist auch die Vielzahl von Interessen und Meinungen, da die Meerespolitik weit mehr als Naturschutzinteressen umfasst.

Es bleibt die Frage, wie bestehende institutionelle Strukturen eventuell für die Übertragung des Beispiels genutzt werden können. Anbieten würde sich zunächst eine regionalmeerbezogene Zusammenarbeit, wie sie in der MSRL gefordert wird. Dadurch teilt sich die große Gruppe in kleinere Subgruppen, die thematisch gebündelt sind und sich gemeinsam um dasjenige Regionalmeer kümmern, zu dem sie selbst Zugang und nicht zuletzt auch individuellen Bezug haben. Dänemark und Deutschland bilden aufgrund ihrer geographischen Lage eine Besonderheit, da sie sowohl für die Nord- als auch die Ostsee eine Verantwortung haben.

Für die europäischen Regionalmeere Nordsee, Ostsee, Mittelmeer und Schwarzes Meer gibt es bereits eigene Regionalmeerkonventionen. Für den Nordostatlantik trägt OSPAR die Verantwortung, bei der Ostsee ist es HELCOM. Das Mittelmeer wird von der Barcelona Convention abgedeckt und das Schwarze Meer durch die gleichnamige Konvention. Aber auch auf dieser Ebene ist die Zahl der kooperierenden Staaten noch deutlich höher als bei der Trilateralen Wattenmeerkooperation. Im Fall des Schwarzen Meeres und des

Mittelmeeres wäre eine solche Kooperation schon deswegen schwieriger, weil die Mehrheit der Anrainerstaaten nicht Mitglied der EU sind. Daher könnte das Fallbeispiel eventuell dann übertragen werden, wenn sich unterhalb der Konventionen weitere Subgruppen bilden, z. B. auf der Grundlage einer meeresgeographischen Einteilung.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine exakte Übertragung der Trilateralen Wattenmeerkooperation auf andere Strukturen nicht einfach möglich ist. Orientiert man sich jedoch an den Erfahrungen aus der TWK, dann erscheint es wichtig, sich im Rahmen derartiger Regionalmeerkooperationen nicht nur auf die Institutionalisierung der Kooperation zu beschränken. Sicherlich sind ähnliche Einrichtungen wie das Wattenmeersekretariat auch für andere Küsten- und Meeresräume aufbaubar. Wichtigen Stellenwert nehmen die gemeinsame langfristige Zusammenarbeit, das sich entwickelnde Vertrauen zwischen den Partnern und die Identifikation mit dem betroffenen Meeresraum durch die Bevölkerung und die politischen Entscheidungsträger ein. Die Analyse der TWK hat u. a. gezeigt, dass Kooperation – auch auf supranationaler Ebene – eine individualisierte, personenbezogene Angelegenheit ist, die von Menschen gemacht und gelebt wird und sich nicht auf die Institutionalisierung beschränken kann, um Erfolge zu zeigen.

Danksagung

Die vorliegende Fallstudie wurde im Rahmen des EU-Projektes „KnowSeas – Knowledge-based Sustainable Management for Europe’s Seas“ erstellt. Das KnowSeas-Projekt wird im Rahmen des 7. EU-Forschungsrahmenprogramms unter der Nummer 226675 von 2009 bis 2013 gefördert.

Herzlichen Dank an Prof. Dr. Beate Ratter für ihre wertvollen Hinweise!

Literatur

- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2012): Schutzgebiete in der Nordsee. (<http://www.bfn.de/habitatmare/de/schutzgebiete-nordsee.php>, 30. November 2012).
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2009): Welt-naturerbe Wattenmeer. (<http://www.bmu.de/uebrige-seiten/weltnaturerbe-wattenmeer/>, 30. November 2012).
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (27.06.2011): Hamburgisches Wattenmeer ist nun Teil des deutsch-niederländischen Weltnaturerbes Wattenmeer.

- ([http://www.bmu.de/bmu/presse-reden/pressemitteilungen/pm/artikel/hamburgisches-wattenmeer-ist-nun-teil-des-deutsch-niederlaendischen-weltnaturerbes-wattenmeer/?tx_ttnews\[backPid\]=654](http://www.bmu.de/bmu/presse-reden/pressemitteilungen/pm/artikel/hamburgisches-wattenmeer-ist-nun-teil-des-deutsch-niederlaendischen-weltnaturerbes-wattenmeer/?tx_ttnews[backPid]=654), 30. November 2012).
- CWSS – Common Wadden Sea Secretariat (2008): Nomination of the Dutch-German Wadden Sea as World Heritage Site, Volume 1. Wilhelmshaven. (<http://www.waddensea-secretariat.org/management/whs/WHS-Final-Dossier%2808-01-16%29.pdf>, 30. November 2012).
- Deutsch, M. (2000): The Handbook of Conflict Resolution. Theory and Practice. Jossey-Bass, San Francisco, 649 Seiten.
- EU – Europäische Union (o.J.): Maritime Raumordnung. Definition und Anwendungsbereich. (http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/policy/maritime_spatial_planning/index_de.htm, 30. November 2012).
- EU – Europäische Union (2007): Eine integrierte Meerespolitik für die Europäische Union. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0575:FIN:DE:PDF>, 30. November 2012).
- EU – Europäische Union (2008a): Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie). (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:164:0019:0040:DE:PDF>, 30. November 2012).
- EU – Europäische Union (2008b): Fahrplan für die maritime Raumordnung: Ausarbeitung gemeinsamer Grundsätze in der EU. (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0791:FIN:DE:PDF>, 30. November 2012).
- EU – Europäische Union (2010): Maritime Spatial Planning in the EU – Achievements and Future Development. (http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/documentation/publications/documents/com_2010_771_brochure_en.pdf, 30. November 2012).
- Gee K, A. Kannen & B. Heinrichs (2011): BaltSeaPlan Vision 2030. Towards the sustainable planning of Baltic Sea space. (<http://www.baltseaplan.eu/index.php/BaltSeaPlan-Vision-2030;494/1>, 30. November 2012).
- IMO – International Maritime Organization (2011): Particularly Sensitive Sea Areas. (<http://www.imo.org/ourwork/environment/pollutionprevention/pssas/Pages/Default.aspx>, 30. November 2012).
- Kannen, A. (2012): Challenges for marine spatial planning in the context of multiple sea uses, policy arenas, and actors based on experiences from the German North Sea. In: Regional Environmental Change, doi: 10.1007/s10113-012-0349-7.
- Marencic, H. (Ed.) (2009): The Wadden Sea - Introduction. Thematic Report No. 1. In: Marencic, H. & J. de Vlas (Eds.) (2009): Quality Status Report 2009. Wadden Sea Ecosystem No. 25. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven. (<http://www.waddensea-secretariat.org/QSR-2009/01-Protection-management-%2810-03-14%29.pdf>, 30. November 2012).
- Miljøministeriet (o.J.): Danmarks Nationalparker. (<http://www.danmarksnationalparker.dk>, 30. November 2012).
- Moser, M. & A. Brown (2007): Trilateral Wadden Sea Cooperation – External Evaluation Report. (<http://www.waddenseasecretariat.org/news/Evaluation/Wadden%20Sea%20Evaluatio%20Report%20Final070621.pdf>, 30. November 2012).
- Nationalpark Wattenmeer Schleswig-Holstein (2012): SÖM-Bericht 2012.

- (<http://www.nationalpark-wattenmeer.de/sites/default/files/media/pdf/soem-bericht-2012.pdf>, 30. November 2012).
- Olsen, S.B., G.G. Page & E. Ochoa (2009): The Analysis of Governance Responses to Ecosystem Change. A Handbook for Assembling a Baseline.
(http://www.loicz.org/imperia/md/content/loicz/print/rsreports/34_the_analysis_of_governance_responses_to_ecosystem_change.pdf, 30. November 2012).
- Olsen, S.B., J.G. Sutinen, L. Juda, T.M. Hennessy & T.A. Grigalunas (2006): A Handbook on Governance and Socioeconomics of Large Marine Ecosystems. Coastal Resources Center, University of Rhode Island.
(http://www.lme.noaa.gov/lmeweb/publications/LME_Governance_Handbook.pdf, 30. November 2012).
- Reise, K., M. Baptist, P. Burbridge, N. Dankers, L. Fischer, B. Flemming, A.P. Oost, C. Smit (2010): The Wadden Sea – A Universally Outstanding Tidal Wetland. Wadden Sea Ecosystem No. 29. Common Wadden Sea Secretariat, Wilhelmshaven.
([http://www.waddensea-secretariat.org/QSR-2009/The-WaddenSea-2010-\(low-res\).pdf](http://www.waddensea-secretariat.org/QSR-2009/The-WaddenSea-2010-(low-res).pdf), 30. November 2012).
- Schmidt, M. G. (2004). Wörterbuch zur Politik. 2. Auflage. Kröner, Stuttgart, 825 Seiten.
- Schuh, G., T. Friedli & M.A. Kurr (2005): Kooperationsmanagement. Carl Hanser, München, Wien, 223 Seiten.
- SNP – Samenwerkingsverband Nationale Parken (o.J.): Overview.
(<http://www.nationaalpark.nl/documents/nationale-parken/op-de-kaart.xml?lang=en>, 30. November 2012).
- TWK – Trilaterale Wattenmeerkooperation (o.J.): The Trilateral Cooperation on the Protection of the Wadden Sea. (<http://www.waddensea-secretariat.org/>, 30. November 2012).
- TWK – Trilaterale Wattenmeerkooperation (1982): Joint Declaration on the Protection of the Wadden Sea, 9th December 1982.
(<http://www.waddensea-secretariat.org/tgc/Declaration.html>, 30. November 2012).
- TWK – Trilaterale Wattenmeerkooperation (1990): Agreement on the Conservation of Seals in the Wadden Sea.
(<http://www.waddensea-secretariat.org/management/SMP/Seals-Agreement.pdf>, 30. November 2012).
- TWK – Trilaterale Wattenmeerkooperation (1998): Erklärung von Stade. Trilateraler Wattenmeerplan. Ministererklärung der Achten Trilateralen Regierungskonferenz zum Schutz des Wattenmeeres. Wilhelmshaven.
(<http://www.waddensea-secretariat.org/news/documents/TGC-Stade/Stade-D.pdf>, 30. November 2012).
- TWK – Trilaterale Wattenmeerkooperation (2010): 2010 Joint Declaration on the Protection of the Wadden Sea.
(http://www.waddensea-secretariat.org/tgc/DocumentsSylt2010/2010%20Joint%20Declaration_final.pdf, 30. November 2012).
- UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2008): Complete list of biosphere reserves
(http://portal.unesco.org/science/en/ev.phpURL_ID=6943&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html, 30. November 2012).

Adressen der Autoren

Christian Fischer, M. Sc.
Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Institut für Küstenforschung
Abteilung Sozioökonomie des Küstenraumes
Max-Planck-Str. 1
D-21502 Geesthacht
christian.fischer@hzg.de

Dr. Andreas Kannen
Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Institut für Küstenforschung
Abteilung Sozioökonomie des Küstenraumes
Max-Planck-Str. 1
D-21502 Geesthacht

BRAUCHEN WIR VIRTUELLE WELTEN IN DEN GEOWISSENSCHAFTEN? EVALUATION ZUM POTENTIAL EINES „VIRTUELLEN EXKURSIONSFÜHRERS DER NORDSEEKÜSTE“

Tanja Tillmann & Jürgen Wunderlich

Abstract

Excursions and field trips are a main part of the geographical education. Often, there are less possibilities to carry out an excursion with a special key topic or to a special destination. Virtual excursions allow exploring different study areas without any limitations caused by low budget or lack of teaching staff.

This paper focuses on an inquiry about the capability of a virtual excursion to the region of the North Sea coast. Students that are considered to be the main target group of the planned excursion were asked about their affinity towards new e-learning technologies in the context of learning Geography. Furthermore, the most attractive German North Sea regions as well as the most interesting topics have been evaluated.

1 Einleitung und Ziele

Exkursionen sind Kernbestandteil der Geowissenschaften, Geographie und anderer Disziplinen. Allerdings ist nicht immer die Möglichkeit gegeben, eine reale Exkursion in eine bestimmte Region oder zu einem bestimmten Themenschwerpunkt durchzuführen. Durch die e-Learning-Einheit der „Virtuellen Exkursion“ besteht die Möglichkeit, unabhängig von zeitlichen, logistischen und personellen Ressourcen ein Exkursionsgebiet thematisch und visuell kennen zu lernen. Im Folgenden wird anhand von Umfragen ermittelt, welches Potential ein virtueller Exkursionsführer der Region Nordseeküste bietet.

Eine einheitliche Definition von e-Learning existiert bis dato nicht. Dennoch hat sich der Begriff in der rasanten Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien zunehmend etabliert und umfasst alle Arten des „electronic learning“. Im weitesten Sinne werden damit nahezu alle Formen des Lernens zusammengefasst, an denen in irgendeiner Art Computer beteiligt sind (Wessner 2002). Damit steht e-Learning auch als Oberbegriff für alle Varianten

internetbasierter Lehr- und Lernangebote (Kerres 2001, 2002). Die Vereinfachung des Lehrens und des Lernens mittels neuer Medien gilt als primäres Ziel von e-Learning-Angeboten. Dabei steht die Flexibilisierung und die Individualisierung von Lernprozessen stets im Vordergrund (Meyer et al. 2011). Unabhängig von Ort und Zeit, bestimmt der Lernende sowohl die Lerngeschwindigkeit als auch die Lerninhalte eigenständig.

Eine weitere Perspektive bietet die Integration der e-Learning-Einheit der virtuellen Exkursion in den universitären Lehrplan. So besteht durch „blended learning“ die Möglichkeit der Vor- und Nachbereitung einer realen Exkursion, wodurch die Teilnehmer in einer Onlinephase mit Selbstlerneinheiten gezielte Hintergrundinformationen erhalten, welche einen realen Besuch der Exkursionsstandorte effizienter und nachhaltiger gestalten.

Einem innovativen Zeitgeist und dem heutigen Stand der Technik entsprechend liegt es nahe, eine virtuelle Exkursion auch als mobile Variante in Form einer „App“ zu entwickeln. Auf diese Weise wird den Teilnehmern vor Ort im Gelände mit Hilfe eines mobilen Endgerätes wie z. B. Tablet-PC oder Smartphone jederzeit ermöglicht, die Inhalte, Karten und GPS-Koordinaten der Exkursion abzurufen.

Ziel der virtuellen Exkursion ist es, allgemeines geologisch-geomorphologisches Wissen über das Exkursionsgebiet sowie spezielles Wissen zu einzelnen Exkursionsstandorten auf dynamisch interaktive Weise und anhand von Geovisualisierung zu vermitteln.

Um den multimedialen Mehrwert der Lerneinheit zu steigern, wird empfohlen, keine Exklusivität hinsichtlich des Teilnehmerkreises zu beanspruchen. Die interdisziplinäre Nutzung der virtuellen Exkursion bietet einer breiten und heterogenen Zielgruppe auch außerhalb der Universität die Möglichkeit, die Lerninhalte zu konsumieren. Eine Nutzung ausgewählter Inhalte in der Umweltbildung, in der Lehrerfortbildung oder im Geographieunterricht in Schulen ist ebenso denkbar wie die Integration der Inhalte in die klassisch universitäre Lehre im Rahmen geowissenschaftlicher und thematisch angrenzender Studiengänge (z. B. Umweltwissenschaften, Biologie). Gerade im Hinblick auf hohe Studierendenzahlen kann sich die virtuelle Exkursion als eine den universitären Lehrplan ergänzende Maßnahme besonders effektiv erweisen. Im Gegensatz zur universitären Präsenzlehre ist die e-Learning-Einheit nicht lehrkörperbezogen und bietet dadurch ein hohes Maß an Wiederverwertbarkeit.

Inhalt und didaktisches Szenario

Die hier vorgestellte virtuelle Exkursion findet an der Nordseeküste statt. Diese Region kombiniert zahlreiche Schwerpunkte der geographischen Ausbildung (Geomorphologie, Geologie, Hydrologie, Flora und Fauna, Küstenschutz, Besiedlung, Tourismus etc.). Das seit dem Jahre 2009 zum UNESCO-Welt-naturerbe gehörende Wattenmeer bildet mit fast 9.500 km² eines der größten Feuchtgebiete der Erde und zudem Lebensraum zahlreicher Pflanzen und Tiere. Nutzungskonflikte bestehen vor allem durch Besiedlung, Deichbau und den zunehmenden Fremdenverkehr auf den Nordseeinseln und an der Festlands-küste.

Die geplante e-Learning-Einheit wird sich aus einem Einführungsblock, untergeordneten Lerneinheiten und einem Glossar zusammensetzen. Der Einfüh-rungsblock liefert allgemeine regionale, thematische und kartographische Infor-mationen über das Exkursionsgebiet der Nordsee. Die Lerneinheiten stellen die einzelnen Exkursionen mit ihren jeweiligen Standorten dar, die zugleich spezi-elle Themengebiete ansprechen.

Der Teilnehmer wird mit Hilfe einer interaktiven Tourenführung durch das Menü der virtuellen Exkursion navigiert, erhält aber dennoch jederzeit durch gezielte Hyperlinks die Möglichkeit, zu den einzelnen Standorten und Karten-werken zurückzukehren. An dieser Stelle werden spezielle Informationen über die Besonderheiten (z. B. Geologie, Küstenschutz, Vegetation) des konkreten Standortes aufbereitet, die auf ein Erkennen und eine Anwendung des im Einführungsblock bereitgestellten Lehrbuchwissens abzielen. Für Begriffs-definitionen steht ein Glossar zur Verfügung, das mit den im Exkursionskontext vorkommenden Fachbegriffen direkt durch Hyperlinks verbunden wird. Aus-gewählte Literatur zur Vertiefung des Selbststudiums wird ebenfalls am Ende jeder Lerneinheit bereitgestellt.

Durch die multimediale Aufbereitung des Lernstoffes werden durch Ton, Bild, Text, Video und Animation verschiedene Reize miteinander verbunden und ein optimales Lernen und Erleben mit vielen Sinnen ermöglicht. Nach dem Motto: „Man sieht nur, was man weiß“ soll den Teilnehmern der Exkursion durch originalgetreue Abbildungen der Untersuchungsräume in Kombination mit virtuellen Landschaftsszenarien ein umfassender und detaillierter regional-geographischer Überblick über das Exkursionsgebiet ermöglicht werden.

Durch Visualisierung anhand von Fotos, Videos, Grafiken und Anima-tionen können komplexe Sachverhalte und raum-zeitliche Prozesse vereinfacht dargestellt und erklärt werden. Dies führt vor allem zur Steigerung des Prozess-verständnisses von ausgewählten Geofaktoren. So sollen die geologischen, geo-

morphologischen und küstengeographischen Prozesse, die zur Entstehung dieser Landschaft geführt haben (z. B. Sturmfluten, Meeresspiegelanstieg, Sedimentation etc.), mit Hilfe von Flash-Animationen, interaktiven Grafiken und GIS-Applikationen abstrahiert und verdeutlicht werden.

Ferner wird eine dreidimensionale Visualisierung von geologischen und geomorphologischen Strukturen, die im Exkursionsgebiet durch Bebauung und Naturschutzflächen nicht zugänglich und oberflächennah aufgeschlossen sind, ermöglicht. Variationsmöglichkeiten hinsichtlich der Repräsentationsform (z. B. 3D-Rotation, Panorama-Ansicht) bieten dem Lernenden aktive Einflussmöglichkeiten auf das Multimediaobjekt und gehen so deutlich über einfache printbasierte Abbildungen hinaus.

2 Methoden

Um die virtuellen Exkursion bedarfs- und interessenorientiert anbieten zu können, wurde im Vorfeld eine evaluationsbasierte Konzeptionsoptimierung an verschiedenen Universitäten der Bundesländer Hessen, Rheinland-Pfalz und Niedersachsen durchgeführt. Die Planungsevaluation fand im Frühjahr/Sommer 2012 statt und wurde in Form von Fragebögen im Papierformat durchgeführt. Die Umfrage diente in erster Linie der Abschätzung von Lerninteressen sowie des medialen Nutzungsverhalten von Studierenden, die zugleich die primäre Zielgruppe der e-Learning-Einheit bilden.

Zur Erstellung der Umfrage wurde das System EvaSys (Survey Automatic Suite) genutzt, das eine automatisch generierte Auswertung durch das Scanverfahren ermöglicht. Die Fragebögen wurden anhand der Software VividForms Editor V5.0 generiert. Der Fragebogen umfasst zwei DIN A4 Seiten. Die Fragen wurden von den Umfrageteilnehmern in einer durchschnittlichen Zeit von ca. 5 – 7 Minuten beantwortet.

Der Fragebogen ist in 7 thematisch gegliederte Bereiche unterteilt. Der erste Teil des Fragebogens enthält eine kurze, allgemeine Einführung des geplanten Projektes, die dem Umfrageteilnehmer eine erste, grobe Vorstellung des „Virtuellen Exkursionsführers“ vermittelt. Anschließend folgen die Angaben zur Person, die Informationen zum Umfrageteilnehmer und dessen universitären Hintergrund liefern. An dieser Stelle wird nach dem Studiengang, dem Fachsemester und dem angestrebten Abschluss gefragt. Hinsichtlich des Studienganges wurden mit den Auswahlmöglichkeiten Geographie, Geologie, Geo- und Umweltwissenschaften sowie Biologie die Studiengänge berücksichtigt, in deren Lehrplan Exkursionen ein essentieller Kernbestandteil sind.

Der Fragebogenteil 3 zielt auf die technische Ausstattung und die allgemeinen Mediennutzungsgewohnheiten der Studierenden ab und eruiert zudem die Aufgeschlossenheit der Studierenden gegenüber neuen Lernumgebungen. Für die spätere Nutzung des virtuellen Exkursionsführers ist es wichtig zu wissen, wie hoch die Anzahl der potentiellen Nutzer bzw. Studierenden ist, die bereits über ein mobiles Endgerät (Tablet-PC oder Smartphone) verfügt oder sich ein solches wünschen und ggf. in nähere Zukunft kaufen wird.

Mit Fragen zur Kommunikation sollte ermittelt werden, welche Kommunikationswege die Studierenden nutzen und inwiefern soziale Netzwerke bei der Kommunikation eine Rolle spielen.

Der nächste Fragebogenabschnitt setzt sich mit den e-Learning-Angeboten des eigenen Fachbereichs auseinander und enthält Fragen bezüglich des Nutzerverhaltens der Studierenden in Hinblick auf die von der Hochschule offerierten e-Learning-Angebote. Damit sollte herausgefunden werden, wie die Studierenden das e-Learning-Angebot ihrer Hochschule bzw. ihres Fachbereichs bewerten und ob sie dieses überhaupt kennen. Interessant ist es ebenfalls zu wissen, wie oft und zu welchem Zweck die Studierenden das e-Learning Angebot ihrer Hochschule nutzen. Ferner sollte ergründet werden, ob die Studierenden das offerierte Angebot für ausreichend halten oder sich eine Erweiterung des bestehenden Angebotes wünschen. Bezüglich der Interessen wurde daher zum einen das Interesse an den e-Learning-Angeboten der Hochschule im Allgemeinen sowie an einer virtuellen Exkursion im Speziellen unterschieden. So wurde danach gefragt, inwieweit und wofür die Studierenden den geplanten virtuellen Exkursionsführer nutzen würden.

Fragen zur Region Nordseeküste und den dazu im Kontext stehenden Themengebieten sind unter dem Fragenpunkt 7 zusammengefasst. Als erstes wurde ermittelt, ob ein generelles Interesse an der Region Nordseeküste vorhanden ist. Ferner sollte evaluiert werden, welche Regionen der Nordseeküste die potentiellen Nutzer der „Virtuellen Exkursion“ besonders ansprechen und welche Themengebiete in Bezug auf die Nordseeküste von besonderem Interesse sind. Zur Auswahl standen insgesamt 18 Nordseeregionen und 11 unterschiedliche Themengebiete (siehe Abb. 5).

3 Ergebnisse

Angaben zu den Umfrageteilnehmern

Als Zielgruppe wurden vorwiegend Studierende und Doktoranden der Universitäten Frankfurt, Mainz und Göttingen befragt, die zugleich potentielle

Nutzer des virtuellen Exkursionsführers darstellen. An der Umfrage nahmen insgesamt 392 Personen (n = 392) teil. Die befragte Zielgruppe setzt sich aus 51,9 % männlichen und 48,1 % weiblichen Umfrageteilnehmern zusammen. Die Mehrheit der Teilnehmer (88,3%) ist für den Studiengang Geographie eingeschrieben und studierte zum Umfragezeitpunkt im 2. Fachsemester (52,7 %). Die Teilnehmer waren mehrheitlich (57 %) zwischen 20 – 22 Jahre alt und streben mit 77 % größtenteils einen Bachelorabschluss sowie mit 14,3 % einen Masterabschluss an. Lediglich 7,1 % der befragten Studierenden gaben eine Promotion als angestrebten Studienabschluss an.

Technik und Nutzerverhalten

Hinsichtlich des Nutzerverhaltens wurde festgestellt, dass 91,1 % über einen privaten Internetanschluss bzw. WLAN verfügen. Im Gegensatz dazu besitzen nur noch 61 % der Studierenden einen klassischen Festnetz-Telefonanschluss während 82,9 % der Studierenden über ein Mobiltelefon und 54,8 % über ein Smartphone verfügen (Abb. 1).

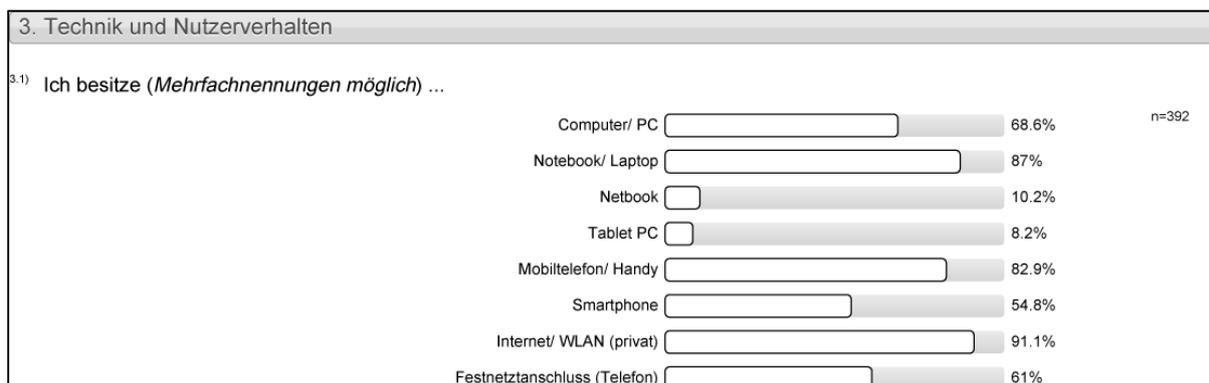


Abb. 1: Frage und Auswertung zum Themenpunkt Technik und Nutzerverhalten.

Auch das Notebook ist im Vergleich zum stationär installierten PC mit 87 % zu 68,6 % bei den Studierenden wesentlich beliebter. Die wenigsten (8,2 %) verfügen hingegen zum jetzigen Zeitpunkt über einen Tablet-PC, gaben aber dennoch an, dass sie sich ein solches Gerät wünschen (34 %).

Die Mehrheit der Studierenden (57,7 %) räumt hingegen ein, keinen Tablet-PC zu brauchen. Dabei gilt zu beachten, dass ein Smartphone dem Nutzer bereits viele Funktionen bietet, die ein Tablet-PC ebenfalls erfüllt und ein zusätzlicher Tablet-PC daher von den Umfrageteilnehmer nicht unbedingt benötigt wird.



Abb. 2: Fragen und Auswertungen zum Themenpunkt Kommunikation.

Kommunikation

Bereits zum heutigen Zeitpunkt findet ein Großteil (68,6 %) der Kommunikation unter den Studierenden innerhalb sozialer Netzwerke statt. Hinsichtlich der Präsenz in sozialen Netzwerken dominiert Facebook (83,7 %) vor StudiVZ (20,9 %) und sonstigen sozialen Netzwerken (16,3 %). In den Business-Netzwerken Xing und LinkedIn sind mit 3,8 % und 1,8 % bislang dagegen nur wenige Studierende vertreten. Nur 10,7 % der Umfrageteilnehmer gaben an, in keinem sozialen Netzwerk ein Profil zu besitzen (Abb. 2).

Im Gegensatz zu den entgeltlichen Kommunikationswegen Telefon, Mobiltelefon und SMS werden von den Studierenden die kostengünstigen internetbasierten Kommunikationsmöglichkeiten via E-Mail oder die Kommunikation innerhalb von sozialen Netzwerken bevorzugt (Abb. 2). Der weitaus größere Anteil der Studierenden (93,1 %) zieht jedoch immer noch die Kommunikation auf persönlichem Wege vor.

Die Kommunikation mit dem Dozenten erfolgt hauptsächlich über E-Mail (94,6 %), durch den persönlichen Kontakt (71,9 %) oder per Telefon (17,6 %).

Soziale Netzwerke wurden bislang dagegen so gut wie gar nicht (1 %) als Kommunikationsmittel mit dem Dozenten genutzt (Abb. 2).

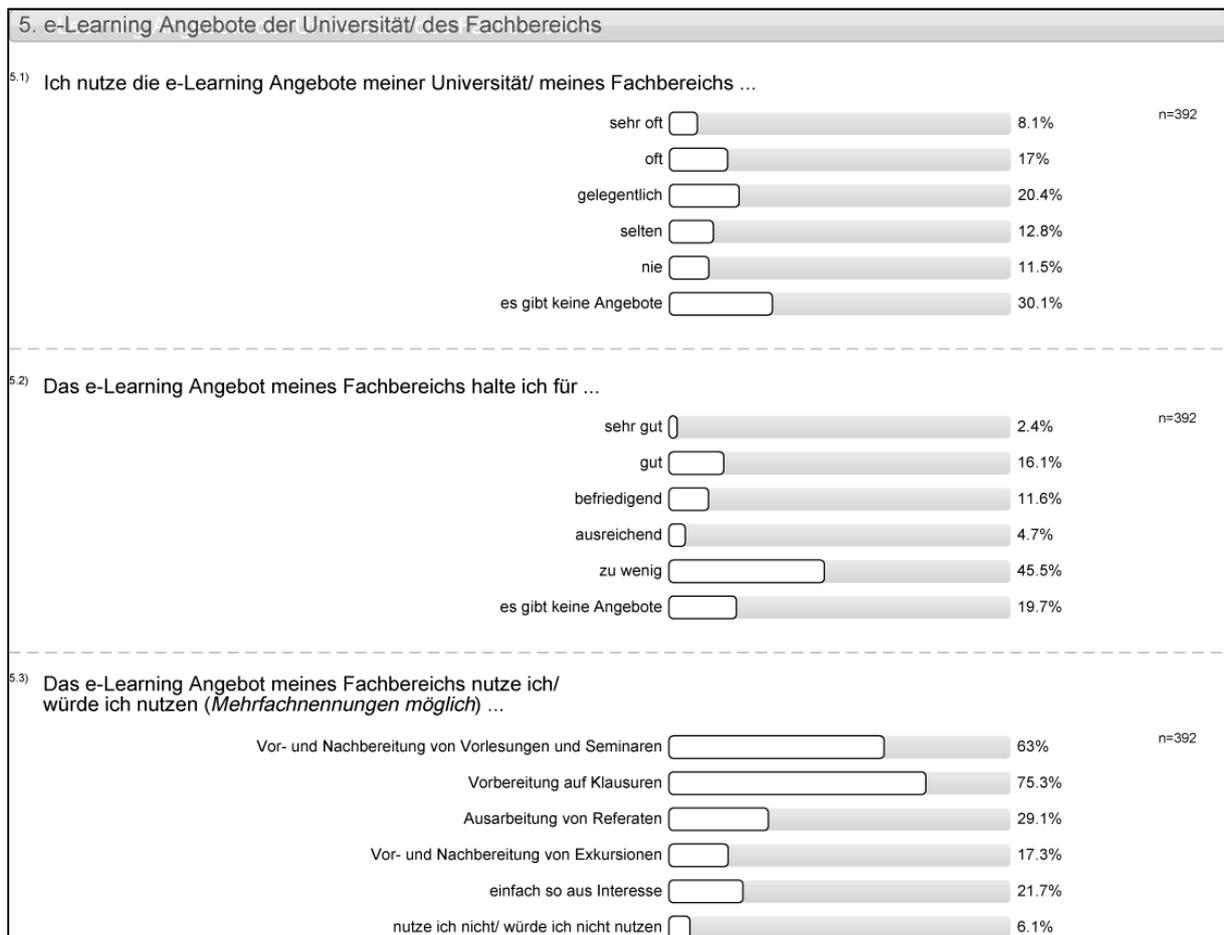


Abb. 3: Fragen und Auswertungen zum e-Learning-Angebot der Hochschule und des Fachbereichs.

e-Learning-Angebot

In diesem Abschnitt des Fragebogens wurde evaluiert, inwieweit die Studierenden mit dem e-Learning-Angebot ihrer Hochschule vertraut sind und ob sie die bestehenden Angebote nutzen oder nutzen würden. Beinahe die Hälfte der Studierenden (45,5 %) hält das e-Learning-Angebot ihrer Hochschule für zu wenig. Nur eine Minderheit von 2,4 % beurteilt die an ihrer Hochschule angebotenen e-Learning-Einheiten als sehr gut (Abb. 3).

Das bestehende e-Learning-Angebot wird primär zur Vorbereitung auf Klausuren (75,3 %), zur Vor- und Nachbereitung von Vorlesungen und Seminaren (63 %) und zur Ausarbeitung von Referaten (29,1 %) genutzt (Abb. 3). Lediglich 6,1 % der Studierenden würden das e-Learning-Angebot ihrer Hochschule gar nicht nutzen.

Virtueller Exkursionsführer

Die Studie macht deutlich, dass generell eine hohe Nachfrage an e-Learning-Angeboten von Seiten der Studierenden besteht. Ein virtueller Exkursionsführer stellt lediglich einen ersten Schritt zu einem breiteren und vielseitigeren e-Learning-Angebote dar. Von den Befragten würde die Mehrheit (32,1 %) den Exkursionsführer gelegentlich nutzen (Abb. 4). 15,8 % und 26,9 % der Studierenden würde die konzipierte e-Learning-Einheit sehr oft bis oft, vor allem zur Vor- und Nachbereitung einer realen Exkursion, verwenden. Nur eine Minderheit von 1,8 % schloss eine Nutzung eines virtuellen Exkursionsführers generell aus.

Neben der Vor- und Nachbereitung einer realen Exkursion (65,6 %) konnten sich die Studierenden auch vorstellen, den Exkursionsführer zur Vorbereitung auf Klausuren (61,7 %) sowie zur Ausarbeitung von Referaten (43,4 %) zu benutzen (Abb. 4).

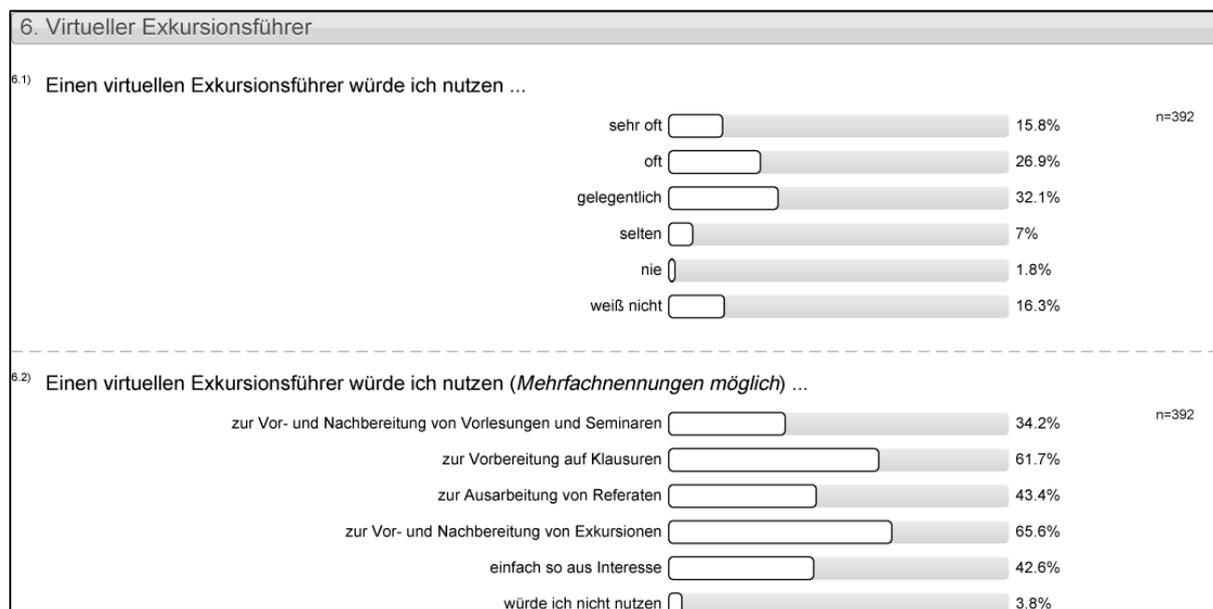


Abb. 4: Fragen und Auswertungen zum Themenpunkt virtueller Exkursionsführer.

Region Nordseeküste und Wattenmeer

Die Umfrage zeigt generell ein sehr starkes Interesse der Studierenden an der Region Nordseeküste. So finden 90,9 % der Studierenden die Nordseeküste erkundenswert. Nur 9,1 % wollen das Gebiet nicht näher kennen lernen.

Als beliebteste Thematik im Raum Nordseeküste nannten die Studierenden den Umwelt- und Naturschutz (80,4 %). Auch für die in den Medien oftmals thematisierten Themen Klimawandel und regenerative Energien konnten sich 62,5 % und 57,4 % der Studierenden begeistern (Abb. 5). Weitere bevorzugte

Themengebiete sind der Nationalpark Wattenmeer (53,1 %), die Entstehung der Nordseeinseln (46,2 %) sowie Sturmfluten (48,5 %), Meeresspiegelanstieg und Küstenschutz (41,3 %). Von geringerem Interesse waren hingegen die Themen Flora und Fauna der Nordsee (33,4 %), marine Geologie/Sedimentologie (28,3 %) sowie Archäologie und Siedlungsgeschichte (23 %).

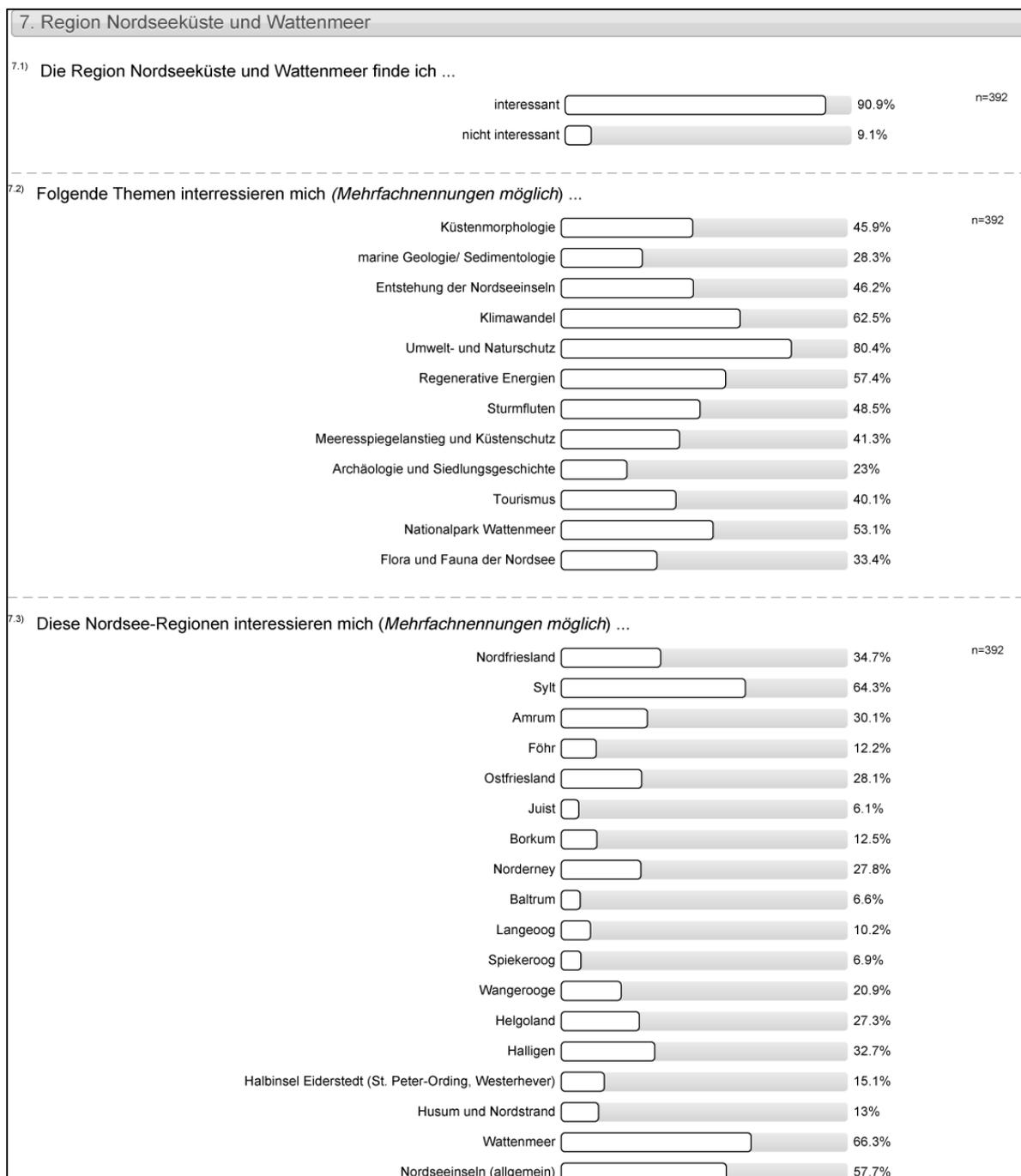


Abb. 5: Fragen und Auswertungen zur Region Nordseeküste und Wattenmeer.

Hinsichtlich der interessantesten Regionen besteht eine starke Präferenz zur Insel Sylt (64,3 %) und dem Wattenmeer (66,3 %). Die Präferenz zur Insel Sylt lässt sich mit dem allgemeinen Bekanntheitsgrad erklären, der im Vergleich zu

den anderen im Fragebogen angeführten Nordseeinseln und Regionen generell sehr hoch ist. Auch die Region Wattenmeer ist seit ihrer Ernennung zum UNESCO Weltnaturerbe bevorzugt in den Medien präsent.

Generell dominiert Nordfriesland (34,7 %) gegenüber Ostfriesland (28,1 %) und die Nordseeinseln gegenüber dem Festland (Abb. 5). Insgesamt 57,7 % der Umfrageteilnehmer finden die Nordseeinseln im Vergleich zu den vorgegebenen Regionen auf dem Festland interessanter.

Unter den Studierenden wurden auch die Halligen mit 32,7 % als eine sehr interessante Nordseeregion eingeschätzt. Am wenigsten interessierten sich die Umfrageteilnehmer für die Ostfriesischen Inseln Juist (6,1 %), Baltrum (6,6 %) und Spiekeroog (6,9 %).

4 Fazit

Durch die Umfrage wurde die grundlegende Frage aufgeworfen, ob e-Learning eine Bereicherung für die Geowissenschaften darstellt. In der Lehrmethodik ist e-Learning generell umstritten, da es neben zahlreichen Vorteilen auch Nachteile bietet. Die Argumente, die für das e-Learning sprechen sind im ökonomischen und didaktischen Mehrwert anzusetzen und betreffen die Kostenreduktion, die Zeitersparnis sowie die Erhöhung der Effektivität (Meie 2006) einer Lehrveranstaltung. Kritisch zu sehen ist vor allem die Kostenreduktion, die indirekt einen Verlust von Arbeitsplätzen innerhalb der Hochschule bewirken könnte.

Dennoch ließ sich feststellen, dass die Lerneinheit der virtuellen Exkursion einen Mehrwert gegenüber dem alleinigen Einsatz konventioneller Lehransätze verspricht und vom Großteil der befragten Studierenden als willkommene Alternative zur Präsenzlehre angesehen wird. Wie die Umfrage zeigt, ist die Mehrheit der befragten Studenten mit dem e-Learning-Angebot ihrer Hochschule bis dato unzufrieden. Aus der erhöhten Nachfrage von e-Learning und Selbstlerneinheiten lässt sich auch das Potential eines virtuellen Exkursionsführers manifestieren. Die Nordseeküste stellt dabei für die Mehrheit der Studierenden eine besonders interessante Region dar.

Auch für die Hochschulen kann e-Learning, z. B. durch die Kooperation und gemeinsame Nutzung von Lehrmaterialien einen Mehrwert in Form einer größeren Fächervielfalt und eines erweiterten Angebotes an interaktiven Selbstlernmaterialien und medialen Lerneinheiten schaffen. Ferner bestehen ganz wesentliche Gemeinsamkeiten zwischen den Zielen des sogenannten Bolognaprozesses und den Potentialen des e-Learnings. Entsprechende Stich-

worte sind z. B. Förderung der Mobilität der Studierenden, Modularisierung, Transparenz und Selbststudium (Eschenbach & Windhorst 2010).

Zudem wurde festgestellt, dass die Mehrheit der Studierenden in sozialen Netzwerken wie z. B. Facebook präsent ist, und dass bereits zum heutigen Zeitpunkt ein Großteil der Kommunikation über diese Netzwerke erfolgt (Abb. 2). Um die Studierenden auch in Zukunft zu erreichen, bietet es sich an, die e-Learning-Angebote und Lerninhalte auch dort zu positionieren und damit eine direkte Kommunikation zu Kommilitonen und Dozenten zu ermöglichen und zu fördern.

Danksagung

Im Rahmen der e-Learning Zertifikatsreihe von „Studiumdigitale“ an der Goethe-Universität in Frankfurt am Main wurde das Konzept eines „Virtuellen Exkursionsführers der Nordseeküste“ entwickelt. Die Umsetzung des Konzeptes wird seit dem 01.01.12 durch den e-Learning-Förderfond der Goethe-Universität zur Unterstützung innovativer didaktischer und technischer Vorhaben zum Einsatz neuer Medien in der Hochschullehre gefördert. Für die finanzielle Förderung und freundliche Unterstützung sei daher „Studiumdigitale“, der zentralen e-Learning Einrichtung der Goethe-Universität Frankfurt gedankt.

Ein besonderer Dank geht an Herrn Prof. Dr. Andreas Vött, Herrn Dipl.-Geol. Peter Henning (beide Universität Mainz/ Geographisches Institut), Herrn Dr. Matthias Deicke (Universität Göttingen/ Abteilung Sedimentologie), Herrn Dipl.-Geogr. Andreas Ginau und Herrn Dipl.-Geogr. Dirk Nowacki (beide Goethe-Universität Frankfurt/ Institut für Physische Geographie) für die Unterstützung bei der Evaluation im Vorfeld der Konzeptionsoptimierung. Herrn Dr. Alexander Tillmann (Goethe-Universität Frankfurt/ Studiumdigitale) danken wir für die fachliche Beratung bei der Auswertung der Evaluation.

Literatur

- Eschenbach, C. & Windhorst, W. (2006): e-Learning für die Ausbildung von Küstenmanagern erfolgreich einsetzen. – *Coastline Reports*, 15: 97 – 108.
- Kerres, M. (2001). *Multimediale und telemediale Lernumgebungen: Konzeption und Entwicklung*. München Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Kerres, M. (2002): Wirkungen und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung. In: Keil-Slwaik, R. & Kerres, M. [Hrsg]: *Wirkung und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung*. Münster, Waxmann Verlag GmbH: 31 – 45.
- Meie, R. (2006): *Praxis E-Learning – Grundlagen, Didaktik, Rahmenanalysen, Medienauswahl, Qialifizierungskonzept, Betreuungskonzept, Einführungsstrategie, Erfolgssicherung*. Offenbach, Gabal Verlag: 448 S.

Meyer, T., Schwalbe, C., Tan, W. H. & Appelt, R. (2011): Medien & Bildung: Institutionelle Kontexte und kultureller Wandel. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften: 452 S.

Wessner, M. (2002): E-Learning- Quo Vadis?. In: Keil-Slwaik, R. & Kerres, M. (Hrsg): Wirkung und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung. Münster, Waxmann Verlag GmbH: 209 – 219.

Adressen der Autoren

Dipl.-Geogr. Tanja Tillmann
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Physische Geographie
Altenhöferallee 1
D-60438 Frankfurt am Main
tillmanntanja@aol.com

Prof. Dr. Jürgen Wunderlich
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Physische Geographie
Altenhöferallee 1
D-60438 Frankfurt am Main
j.wunderlich@em.uni-frankfurt.de

KONZEPT EINER VIRTUELLEN EXKURSION AUF DIE HALLIG HOOGE

Tanja Tillmann, Marie Folkerts, Martin Frank & Jürgen Wunderlich

Abstract

Education in geography is changing rapidly due to diversification of students, shifting pedagogic ideas and higher education environments, transferable skills, and the event of innovative technologies for learning and teaching.

Excursions are a main part of the geographical education. This paper represents a concept for a virtual excursion to Hooge which is the best known of the ten Northfrisian Halligen. With an area of 580 ha, it offers a lot of opportunities to discover and study the nature, customs and the culture of the Hallig. Five different locations were chosen to demonstrate the structure and the content of the planned excursion.

1 Einführung, Hintergrund und Ziele

„Was du mir sagst, das vergesse ich. Was du mir zeigst, daran erinnere ich mich. Was du mich tun lässt, das verstehe ich.“

(Konfuzius)

Zeigen und tun lassen sind die zwei Hauptkomponenten, mit denen e-Learning versucht, Wissen nachhaltig zu vermitteln. Visualisierungen und Möglichkeiten der Interaktion sollen Lehren und Lernen im digitalen Zeitalter ermöglichen.

Die universitären und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen wie z. B. die wachsende Verfügbarkeit von Computern, mobilen Endgeräten (z. B. Smartphone, Tablet-PC) und die gewachsene Medienkompetenz der Studierenden bieten mittlerweile gute Chancen für eine erfolgreiche Durchführung von e-Learning-Veranstaltungen.

Dass die Bevölkerung insgesamt zunehmend von digitalen Medien, insbesondere dem Internet geprägt ist, zeigen diverse Studien. Bitcom (2012) ermittelte in einer Studie von 2011, dass über 76% der deutschen Gesamtbevölkerung

das Internet nutzen. Bei den 14 bis 29 Jährigen – in die zugleich die Zielgruppe der Studierenden an Universitäten und Fachhochschulen zählen – sind es sogar 98%. Zunehmend interessanter wird auch die mobile Internetnutzung. So ergab die Umfrage Mobile Effects von Tomorrow Focus Media, dass im Jahr 2012 mehr als 70 % der 3.248 Befragten mindestens täglich mobil im Internet sind. Diese Trends führen dazu, dass mittlerweile der Einsatz digitaler, netzbasierter Medien auch aus der Hochschullehre längst nicht mehr wegzudenken ist (Bremer et al. 2009; HIS 2006).

Eine Umfrage von Kleimann et al. aus dem Jahr 2008 ergab, dass 93% (vgl. 2004 ca. 68%) der 4.400 befragten Studierenden lehrveranstaltungsbegleitende Materialien in dem für sie relevanten Studienangebot nutzen. Eigene Umfragen (Tillmann & Wunderlich 2013 – in diesem Band) unter Studierenden der Fächer Geographie, Geo-, Bio- und Umweltwissenschaften bestätigen diesen Trend.

So führte die rasante Entwicklung neuer Informations- und Kommunikationstechnologien in zunehmendem Maße auch zur Etablierung des Begriffs „e-Learning“ (engl. für *electronic learning*). E-Learning umfasst nahezu alle Formen des Lernens, an denen in irgendeiner Art Computer beteiligt sind (Kerres 2001; Wessner 2002) und ist somit ein Sammelbegriff für unterschiedliche Lehr-Lern-Szenarien, die sich durch den maßgeblichen Einsatz von Online-Medien auszeichnen (Döring & Fellenberg 2005).

Trotz der Potenziale, die der Einsatz von e-Learning Angeboten in der Hochschullehre bietet, werden diese häufig noch immer in Eigeninitiative einiger weniger Lehrender eingesetzt, sodass es zu keiner flächendeckenden Bereitstellung der Angebote kommt. Zu den Potenzialen des Einsatzes zählt neben einem allgemeinen Modernisierungspotenzial (Bachmann & Dittler 2004) vor allem eine Verbesserung der Betreuungsintensität der Lernenden, insbesondere in Massenveranstaltungen an deutschen Hochschulen (Hiltz 1995; Nikolopoulos 2009). Der Einsatz von e-Learning Angeboten in der Hochschullehre ermöglicht damit nicht zuletzt eine intensivere und individuellere Betreuung (Alavi 1994).

Die vorliegende Studie greift den e-Learning Trend auf. Im Rahmen des Projektes „Virtueller Exkursionsführer Nordseeküste“, das an der Goethe-Universität Frankfurt in Kooperation mit der zentralen e-Learning Einrichtung Studiumdigitale durchgeführt wird, wurde eine virtuelle Exkursion auf Hallig Hooge konzipiert.

In der Geographie geht es besonders darum, raum-zeitliche Prozesse auf der Erdoberfläche zu begreifen. Unterstützt wird dies durch Exkursionen, die einen Kernbestandteil der geographischen Lehre darstellen. Häufig fehlen je-

doch zeitliche, logistische oder personelle Ressourcen, wodurch es sich oftmals als schwierig erweist, reale Exkursionen zu speziellen Themenbereichen oder in einer bestimmten Region durchzuführen.

Warum eignen sich die Nordfriesischen Halligen besonders für eine virtuelle Exkursion? Die Nordfriesischen Halligen bieten sich besonders für die Thematik einer virtuellen Exkursion mit geographischem Schwerpunkt an, da dort in einmaliger Weise raum-zeitliche Veränderungen und die Beziehungen von Mensch und Umwelt zu beobachten sind. Die Halligen zählen heute zu einer einmaligen Kulturlandschaft. Insbesondere die Lage im nordfriesischen Wattenmeer, das im Jahr 2009 zum UNESCO Weltnaturerbe ernannt wurde, machen die Halligen interessant für die Erstellung einer virtuellen Exkursion.

Eine Umfrage an den Universitäten Frankfurt, Mainz und Göttingen (vgl. Tillmann & Wunderlich 2013 – in diesem Band) hat zudem ergeben, dass für 32,7 % der Studierenden der Fächer Geographie, Geo- und Umweltwissenschaften die Halligen eine Nordseeregion von großem Interesse darstellen. Die Fertigstellung der Exkursion ist bis zum Jahr 2013 geplant. Anschließend werden die Inhalte im Internet veröffentlicht und so online abzurufen sein.

2 Methodik und Medienwahl

Um e-Learning Angebote effektiv, nachhaltig und ressourcensparend erstellen zu können, ist bereits im Vorfeld eine detaillierte Konzeption notwendig. Die virtuelle Halligexkursion orientiert sich in ihren Grundzügen an einem an der zentralen e-Learning-Einrichtung der Goethe-Universität Frankfurt (Studium-digitale) entwickelten Konzept aus **Analyse, Konzeption, Umsetzung und Evaluation (AKUE)**. Unter AKUE wird ein umfassendes Instrument verstanden, das die Entwicklung von e-Learning-Angeboten vom ersten Schritt bis zur Implementierung und Bewertung begleitet (Bremer 2009). In der Analysephase (vgl. Bremer 2009) wird ermittelt, welchen Mehrwert der Medieneinsatz im Einzelfall gegenüber herkömmlichen Formen der universitären Lehre hat und welche Vorteile sich daraus für den Lehrenden und Lernenden ergeben. Die Konzeptionsphase umfasst die konkrete Planung der e-Learning-Einheit. Lernziele, Inhalte, Methoden und Medien werden festgelegt. Nach der Umsetzung und einer ersten Testphase der Anwendung des erstellten e-Learning-Tools erfolgt eine abschließende Evaluation (Bremer 2009). Der Projektkonzeption aus Grobkonzept, Feinkonzept und Drehbuch kommt dabei eine besondere Bedeutung zu, die am Beispiel der hier thematisierten virtuellen Halligexkursion dargestellt werden soll.

Zielgruppe

Zu Beginn der Konzeption wurde zunächst die Zielgruppe definiert, die sowohl Einfluss auf die Lerninhalte als auch auf die methodisch-didaktische und strukturelle Umsetzung der virtuellen Exkursion hat (Mispelbaum 2008; Nikolopoulos 2009). Die angesprochene Zielgruppe setzt sich primär aus den Studierenden (Bachelor und Master) des Fachs Physische Geographie der Universität Frankfurt zusammen. Um den Mehrwert und die Ökonomie der virtuellen Exkursion zu steigern, wurde die Zielgruppe auf Studierende der Fächer Geographie, Geowissenschaften und Umweltwissenschaften weiterer Universitäten ausgeweitet.

Um die Lerneinheit bedarfs- und interessenorientiert anbieten zu können, wurde im Vorfeld eine evaluationsbasierte Konzeptionsoptimierung an verschiedenen Universitäten der Bundesländer Hessen, Rheinland-Pfalz und Niedersachsen durchgeführt. Die Planungsevaluation erfolgte in Form von Fragebögen (vgl. Tillmann & Wunderlich 2013 – in diesem Band).

Basierend auf der Auswertung der Evaluation wurden die Halligen als Ort der virtuellen Exkursion gewählt und die Lernziele und Inhalte definiert. Die Definition der Lernziele setzt sich aus dem geologisch-geomorphologischen Formenschatz der Halligen sowie der dort dominierenden Bio- und Geofaktoren zusammen. Durch das Feinkonzept werden die Lernziele den konkreten Inhalten zugewiesen und die Art der Wissensvermittlung festgelegt, die ihrerseits Einfluss auf die Medienwahl ausübt. Das Drehbuch gilt dabei als Vorlage für die anschließende Programmrealisierung und Produktion der e-Learning-Einheit.

Medienwahl

Die Medienwahl ist ein ausschlaggebender Punkt bei der Konzeption von Lerneinheiten. Durch die Medien kann der Lernstoff in verschiedenen Codierungsformen präsentiert werden und nimmt so nicht nur unmittelbar Einfluss auf den Lernprozess, sondern bildet auch die Grundlage, wie die Einheit von dem Nutzer wahrgenommen wird. Multicodale und multimodale Lehrangebote, die in verschiedener Weise dargestellt werden und unterschiedliche Sinnesorgane ansprechen, sind über den Computer leicht zu realisieren und bieten damit, z. B. im Vergleich zu Printmedien, bedeutende Vorteile.

Der Einsatz der ausgewählten Medien verfolgt dabei verschiedene Ziele. So werden Fotos, Abbildungen und Grafiken eingesetzt, um Lehrinhalte leichter zu verstehen und die Informationen besser verarbeiten zu können. Bilder führen häufig dazu, dass kognitive Schemata, die der Nutzer durch Vorwissen im Gehirn gespeichert hat, aktiviert werden und so neue Schemata der dargestellten

Sachverhalte gebildet werden (Paechter 2007). Bilder können hierbei realitätsgetreu abbilden (Fotos) oder aber abstrakte Sachverhalte (Grafik) darstellen. Grafiken und abstrakte Darstellungen sind besonders dann von Bedeutung, wenn Mechanismen oder Funktionsweisen von Objekten vereinfacht dargestellt werden sollen (Strzebkowski 2001).

Bei den Bewegtbildern unterscheidet man zwischen Videos und Animationen, die in der Regel dazu dienen, Abläufe, Funktionen und Situationen zu visualisieren. Auch hier wird zwischen einer realitätsnahen und einer abstrakten Darstellungsweise unterschieden. Während Videosequenzen für eine realitätsnahe Darstellung verwendet werden, eignen sich Animationen besonders gut für die Darstellung schematisierter und abstrakter Inhalte. Bei Videosequenzen entsteht die Realitätsnähe aufgrund der Dynamik der Bilder. „Sachverhalte werden in realistischen Farben, Konturen und Bewegungen nachgebildet; das Tempo der Bilder entspricht der Realität“ (Paechter 2007: 374). Die Darstellung von Bildern im Vergleich zu Texten hat den Vorteil, dass Emotionen beim Nutzer geweckt werden können, jedoch im Vergleich zum Text die bildbasierte Kommunikation nicht exakt genug ist, um komplexe Sachverhalte treffend zu beschreiben (Kielholz 2008). Animationen hingegen, bei denen der Nutzer z. B. selber interagieren kann, bieten sich besonders dafür an, schwierige Sachverhalte zu vermitteln.

Texte können gesprochen oder visualisiert werden. Immer mehr an Bedeutung gewinnen aufgenommene Audiodateien in Form von Podcasts. Podcasts stellen eine neue Möglichkeit dar, wie bestimmte Inhalte auf einfache Weise realitätsnah vermittelt werden können. Im Vergleich zu visuellen Medien wird bei Podcasts die Authentizität erheblich gesteigert (Budde 2007). Gesprochene Sprache ist einprägsam, weckt Aufmerksamkeit und wirkt persönlicher als gedruckte Sprache (Weidenmann 1997).

Ausgewählte Audiodateien wurde so gestaltet, dass sie auch ohne die dazugehörigen Bild- und Textinformationen der entsprechenden Webseite der Exkursion abgerufen werden können. Die zusätzliche Einbindung in den Goethe- Uni-Geo-Podcast ermöglicht es zudem, die Audiodateien über Audio-bibliotheken und Multimedia-Verwaltungsprogramme im Internet (z. B. Apple iTunes, Podster etc.) zu verbreiten und den Mehrwert der Lerninhalte zu steigern. Bei der Kombination verschiedener Medien ist stets darauf zu achten, dass diese sich ergänzen. Ist dies der Fall wird der Lernende alle dargestellten Codierungsformen intensiver betrachten (Paechter 2007).

3 Ergebnisse

Die hier dargestellte virtuelle Exkursion findet auf der Hallig Hooge statt. Hooge liegt ca. 20 km vor der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste und ist mit etwa 580 ha nach Langeneß die zweitgrößte der insgesamt 10 Halligen (Deicke et al. 2007). Die Halligen sind außergewöhnliche und einmalige Landschaftseinheiten, an denen in besonderer Weise das Wechselspiel zwischen Mensch und Natur verdeutlicht werden kann. Dadurch kombinieren die Halligen zahlreiche Schwerpunkte der geographischen Ausbildung (Geomorphologie, Hydrologie, Flora und Fauna, Küstenschutz, Besiedlung, Tourismus etc.) auf engstem Raum.

Die virtuelle Exkursion umfasst insgesamt 5 Exkursionsstandorte, die zugleich die jeweiligen Lerneinheiten darstellen und spezielle Themengebiete ansprechen. Es wurde bewusst eine möglichst einfache Navigation gewählt, für die keine vertiefenden EDV-Kenntnisse notwendig sind. Hierzu wurde eine hierarchische Leiterstruktur angewendet, die den Nutzer auf leichte gradlinige Weise durch die virtuelle Exkursion führt (Abb. 1). Der Aufbau der Bildschirmseite kann hierbei je nach zu vermittelnden Inhalten variieren, weißt jedoch im Großen und Ganzen eine ähnliche Struktur auf.

Immer wieder werden Fragen eingebaut, die den Nutzer zum Nachdenken anregen und in den Lernprozess einbinden. Auch Übungen am Ende der Standorte dienen der direkten Rückmeldung an den Nutzer, sein Gelerntes zu überprüfen und sollen ihn motivieren, weiter zu lernen. Um die Lerninhalte auch gehörlosen Studierenden und Teilnehmern zugänglich zu machen, werden alle Texte die vertont wurden, zusätzlich auf der Bildschirmseite aufgeführt. Nach einer Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerkes 2006 sind von dieser Problematik immerhin 4 % der Studierenden an deutschen Hochschulen betroffen (FAZ, 28.05.11). Der Nutzer kann an dieser Stelle selbst, mittels eines On- und Off- Buttons, entscheiden, ob er die Informationen lesen oder sich die Texte anhören möchte. Längere Podcasts können separat angehört und per Mausklick auf ein externes Endgerät (z. B. MP3-Player, Smartphone usw.) heruntergeladen werden.

Zur vertieften Recherche werden in allen Lerneinheiten weitere Informationsquellen (Literatur, Webseiten etc.) angegeben. Die Lerneinheit besteht aus zwei Blöcken (Abb. 1). Einem einleitenden Block und der tatsächlichen Hallig-Exkursion zum übergeordneten Thema Sturmfluten und Küstenschutz. Die einleitenden Seiten dienen dazu, dem Nutzer der virtuellen Exkursion einen allgemeinen Überblick und erste Impressionen über die Halligen

zu vermitteln. Mit diesem Vorwissen kann anschließend die Exkursion durchlaufen werden.

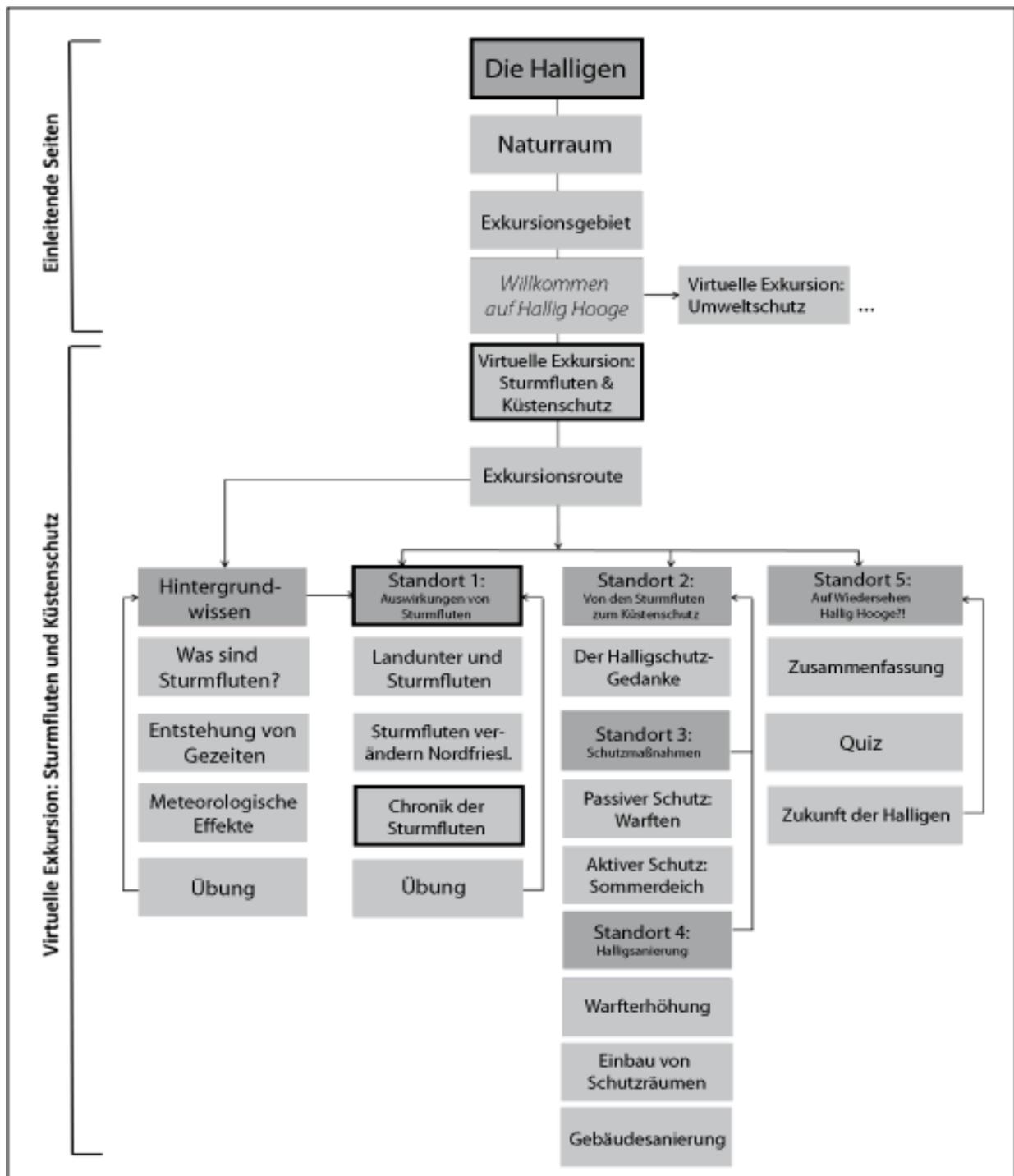


Abb. 1: Navigation der virtuellen Exkursion auf die Hallig Hooge. Die umrahmten Bildschirmseiten sind in Abbildung 2 aufgeführt.

Einleitende Seiten

Das Kernelement der ersten Bildschirmseite „Die Halligen eine einmalige Kulturlandschaft“ stellt ein aufgenommenes Video in Verbindung mit einem Sprechertext dar (Abb. 2). Das Video bietet hierbei den Vorteil, verschiedene

Reize miteinander zu verbinden. Über Geräusche in Verbindung mit Bildern kann sich der Nutzer ein erstes Bild über die Halligen machen und sich so auf die Exkursion einstimmen. Der Sprechertext ist bewusst nicht mit wissenschaftlichen Fachtermini ausgelegt, sondern einfach gehalten. Es werden Dinge genannt, die den Nutzer neugierig machen und seine Lernbereitschaft steigern, im Folgenden mehr über die wissenschaftlichen Themen zu erfahren.

Um die Abgeschiedenheit und die Entfernung vom Festland nachvollziehen zu können, wird darin die Anfahrt mit der Fähre von Schlüttsiel nach Hooge simuliert. Dies dient auch dazu, den Anschein einer realen Exkursion mit entsprechender Anfahrt zu erwecken. Auf den darauffolgenden drei Bildschirmseiten werden dem Nutzer nun wichtige Fakten zu den Halligen näher gebracht. Hierzu gehört eine kurze naturräumliche Einordnung der Halligen in Form eines Textes, der in Verbindung mit einer interaktiven Karte steht. Solch eine aktive Exploration der Karte wurde gewählt, um die Interaktivität des Nutzers zu erhöhen und weitere Informationen über die Halligen anzubieten. Anschließend wird die Hallig Hooge kurz vorgestellt, damit sich der Teilnehmer schließlich im Hauptmenü zwischen den angebotenen Exkursionen entscheiden kann.

Virtuelle Exkursion zum Thema Sturmfluten und Küstenschutz

Nachdem der Nutzer durch das Menü der einleitenden Seiten navigiert wurde und er sich für die Exkursion mit der Thematik „Sturmfluten und Küstenschutz“ entschieden hat, erhält er auf der folgenden Bildschirmseite erste Informationen zu Sturmfluten und Küstenschutz auf den Halligen (Abb. 2). Als Einführung in die Thematik dient ein Podcast. Das zu Beginn des Podcast vorgetragene Gedicht „Trutz Blanke Hans“ von Detlef von Liliencron, verbunden mit passenden Soundeffekten und Bildern, stellt ein für den Nutzer überraschendes Element dar und soll den Spannungsbogen aufrechterhalten.

Exkursionsroute

Im Anschluss wird die Exkursionsroute aufgezeigt und die einzelnen Standorte aufgelistet (Abb. 2). Um auch auf eine heterogene Zielgruppe mit unterschiedlichem Vorwissen einzugehen, kann der Teilnehmer an dieser Stelle individuell entscheiden, wie er die Exkursion beginnen möchte. Wenn bereits Vorwissen zum Thema „Sturmfluten“ besteht, kann direkt mit dem ersten Standort begonnen und anschließend die Exkursion virtuell durchlaufen werden. Ist dies nicht der Fall, kann sich der Teilnehmer zunächst Hintergrundwissen zum Thema Sturmfluten aneignen.

Hintergrundwissen

Die nachfolgenden vier Bildschirmseiten (Abb. 1) dienen dazu, allgemeine Informationen über das Thema Sturmfluten zu vermitteln und den Teilnehmer dadurch auf den ersten Standort vorzubereiten. Es wird erläutert, was Sturmfluten sind und wie sie entstehen. Dabei werden nicht nur physikalische Prozesse, wie die Entstehung der Gezeiten, sondern auch meteorologische Einflüsse betrachtet. Beendet wird diese Einheit mit einer Übung, die dem Nutzer die Möglichkeit gibt, Gelerntes zu überprüfen.

Die Entstehung von Sturmfluten ist ein naturwissenschaftliches Thema, das gut durch Modelle und Simulationen zu vermitteln ist. Um diesem Ausdruck zu verleihen, wurde hier ganz bewusst entschieden, die Entstehung von Sturmfluten durch die Gezeiten und die meteorologischen Einflüsse mittels Animationen zu veranschaulichen. Beide Themen werden meist in allgemeinen Lehrbüchern (z. B. Ehlers 2008; Erchinger & Stromann 2004; Petersen & Rohde 1991; POVH 2011; Trenhaile 1997) mit Hilfe vieler Formeln erläutert. Um das Richtziel zu erreichen, ist es jedoch nicht notwendig, die Gezeiten oder meteorologischen Einflüsse mittels Formeln erklären zu können. Vielmehr wird an dieser Stelle der Prozess der Gezeiten durch einen Sprechertext beschrieben und mittels einer Flash-Animation visualisiert. Sprechertext und Animation wiederholen das Wissen nicht, sondern ergänzen sich. Durch Definitionen der wichtigsten Begriffe wird die Thematik nochmals textlich visualisiert.

Nachdem die Lektion zum Thema Hintergrundwissen bearbeitet und mit der Exkursion begonnen wurde, können nun die einzelnen Standorte durchlaufen werden. Durch die jeweils erste Bildschirmseite werden einheitlich für jeden Standort die Koordinaten benannt, wichtige Standortinformationen und das Lernziel aufgezeigt.

Standort 1

Für den ersten Standort wurde der Sturmflutpegel am Fuße der Kirchwarft ($54^{\circ}34'29''$ Nord, $8^{\circ}32'46''$ Ost) ausgewählt (Abb. 2). Die Auswirkungen von Sturmfluten sind ein Thema, welches geschichtliches Wissen mit naturwissenschaftlichen Phänomenen verbindet, das während einer realen Exkursion schwer darzustellen ist. Mittels des Sturmflutpegels wird versucht, diese Thematik dennoch so real wie möglich und nachvollziehbar zu gestalten.

Der erste Standort besteht aus insgesamt fünf Bildschirmseiten. Um zwischen einer gefährlichen Sturmflut und einem natürlichen Landunter zu unterscheiden, werden zunächst Bilder von unterschiedlichem Landunter dargestellt.

Bilder haben hier eine attentionale Funktion, d. h. sie werden eingesetzt, um erneut die Aufmerksamkeit zu steigern, Lust auf die weitere Bearbeitung zu machen und Gefühle beim Betrachter auszulösen. Dies wird nochmals unterstrichen durch ein Interview mit zwei Mitarbeitern der Schutzstation Wattenmeer. Die Möglichkeit, Augenzeugenberichte und Interviews einzubinden, verdeutlicht an dieser Stelle den Vorteil von virtuellen Exkursionen gegenüber realen Exkursionen. Im Anschluss wird aufgezeigt, wie sich das Bild Nordfrieslands durch Sturmfluten in der Vergangenheit stetig geändert hat.

Auf der vorletzten Bildschirmseite verdeutlicht dann ein interaktiver Zeitstrahl die Chronik (Abb. 2) der schwersten Sturmfluten auf den Halligen. Hier können sich nicht nur allgemeine Informationen über die schwersten Sturmfluten angeeignet, sondern auch nachgesprochene Augenzeugenberichte angehört werden. Dadurch wird versucht, sowohl die emotionale Seite des Nutzers als auch die wissenschaftliche zu erreichen. Durch die Vertonung von Zeugenberichten mit verschiedenen Sprechertypen und die Unterlegung mit Soundeffekten, wird eine möglichst hohe Authentizität gewährleistet. Darüber hinaus werden bereits einige wissenschaftliche Fakten transportiert. Diese wissenschaftlichen Fakten werden von dem Teilnehmer der virtuellen Exkursion unbewusst stärker wahrgenommen, da sie mit Emotionen verknüpft sind. So werden nach Kipp (2009: 14) „Emotionen die Wahrscheinlichkeit erhöhen, dass Ereignisse bereits nach ihrer ersten Präsentation gespeichert“ werden.

Dieses aufgenommene Wissen soll im Folgenden vertieft werden, indem die schwersten Sturmfluten in der Geschichte der Halligen über den interaktiven Zeitstrahl (Abb. 2) aufgerufen und die wichtigsten Fakten nochmal durchgelesen bzw. angehört werden können. Somit entsteht eine Kombination aus emotionalen Bildern, wie sie in vielen Monographien vermittelt wird, sowie Fakten und wissenschaftlichen Hintergründen, wie in wissenschaftlichen Abhandlungen. Beendet wird der Standort mit einer Übung zur Überprüfung des individuellen Wissenstandes.

Standort 2

Für den zweiten Standort wurde die Kirche von Hooge (54°34'28'' Nord, 8°32'43'' Ost) ausgewählt. Mit einer Animation werden die unterschiedlichen Eindrücke der Kirche eingefangen. Die Kirche war stets wichtiger Bestandteil in der Geschichte der Hallig. Sie veranschaulicht den Willen der Halligbewohner für ihr Land zu kämpfen, für den Mut des Wiederaufbaus und erste Ansätze, wie der Küstenschutz zunehmend ins öffentliche Interesse gerückt wurde. Dieser

Standort besteht aus lediglich zwei Bildschirmseiten, da er in der Hauptsache der Überleitung vom Thema Sturmfluten zum Küstenschutz dienen soll.

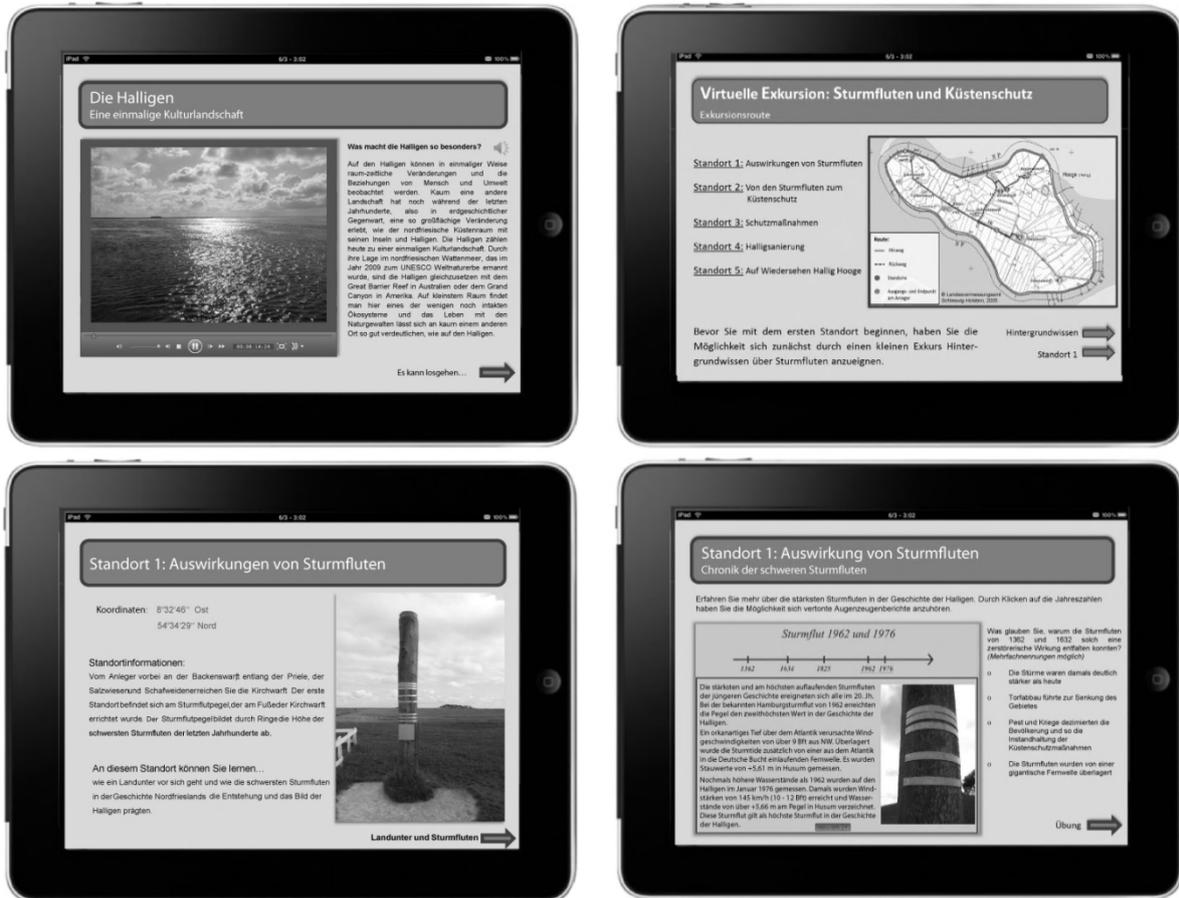


Abb.2: Schematische Beispielseiten aus der virtuellen Exkursion auf die Hallig Hooge. Die Reihenfolge der Seiten ist aus Abbildung 1 zu entnehmen.

Standort 3

Die Standorte 3 und 4 beschäftigen sich mit dem Thema Küstenschutz. Der dritte Standort befindet sich an der Westseite des Deiches, direkt hinter der Westerwarft (54°34'50" Nord, 8°30'57" Ost). Hier wird erklärt, wie sich die Halligbewohner vor den Sturmfluten schützen. Dabei wird sowohl auf den passiven und den aktiven Schutz eingegangen. Für die Erläuterung zum passiven und ältesten Schutz wird der genaue Aufbau einer Warft erklärt. Anschließend wird auf aktive Schutzmaßnahmen, wie den Sommerdeich und dessen Funktion näher eingegangen. Zum Thema Küstenschutz werden Fakten und kulturhistorisches Wissen vermittelt. Um die Motivation zu erhalten, wurden viele Bilder integriert und vermehrt Animationen eingesetzt. Besonders der Aufbau einer Warft kann gut mittels einer Animation dargestellt werden. So ist es an dieser Stelle möglich, einen Querschnitt und somit den nicht sichtbaren Untergrund

abzubilden. Auch der Sommerdeich, die Schutzkante und die Entwässerung durch Siele und Priele werden durch Fotos begleitend dargestellt.

Standort 4

Der vierte Standort befindet sich auf der Hanswarft (54°34'03'' Nord, 8°33'04'' Ost). Die Hanswarft ist die größte Warft auf Hallig Hooge (Quedens 2007) und gleichzeitig die letzte, die durch das Halligsanierungsprogramm verändert wurde. Das abgeflachte Profil und die Schutzräume in den Giebeln und die Gebäudesanierung können hier sehr schön veranschaulicht werden. An diesem Standort werden die verschiedenen Maßnahmen des Halligsanierungsprogrammes angesprochen.

Standort 5

Der fünfte Standort (54°34'06'' Nord, 8°32'40'' Ost) bildet den Abschluss der virtuellen Exkursion. Dieser Ort ermöglicht einen Panoramablick auf nahezu alle Warften, das flache Relief und die für die Halligen typisch Landschaft mit ihren Priele und Salzwiesen. Neben einer Diskussion über die Zukunftsperspektiven der Halligen im Hinblick auf den Klimawandel werden an dieser Stelle eine kurze Zusammenfassung sowie ein abschließendes Quiz bereitgestellt. Ein abschließender Ausblick erfolgt in Form eines Podcasts.

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Nach den anfänglichen hohen Erwartungen der 1990er Jahre und einer Phase der Ernüchterung hat sich heute die Einsicht durchgesetzt, dass e-Learning eine Bereicherung im didaktischen Instrumentarium darstellt und einen Mehrwert bringen kann (Eschenbach & Bischoff 2006; Eschenbach & Windhorst 2010). Gerade Exkursionen sind das Kernelement der Geographie und führen die Studenten manchmal um die ganze Welt. Oftmals ist es jedoch nicht möglich solche Exkursionen zu realisieren, sodass sich die Untersuchungen vielmehr auf den naheliegenden Raum im Umkreis der Hochschule beschränken. Die virtuelle Exkursion stellt eine Möglichkeit dar, den Studierenden dennoch einen Einblick in unbekannte Exkursionsgebiete zu ermöglichen. Ein weiterer Vorteil von virtuellen Exkursionen besteht darin, dass nicht nur Länder oder Kontinente erkundet werden können, sondern auch Orte, die sonst nicht zu untersuchen wären. So könnte z. B. eine Exkursion in das Innere der Erde oder durch den Stockwerkbau der Atmosphäre virtuell durchgeführt werden.

Einige würden der virtuellen Exkursion entgegenhalten, dass gerade Sinneswahrnehmungen, wie das Riechen und das Fühlen, fehlen. Wie fühlt sich der Boden an? Welchen Geruch nehme ich wahr? Gerade die Geographie ist eine Wissenschaft, die nicht nur aus Experimenten und Modellen besteht, sondern bei der das Erleben in der Natur einen hohen Stellenwert einnimmt. Durch eine virtuelle Exkursion können diese Sinneseindrücke nicht eingefangen werden.

Dabei erhebt die virtuelle Exkursion jedoch keineswegs den Anspruch, eine reale Exkursion zu ersetzen. Reale Exkursionen werden immer der lebendige Kern der Geographie bleiben. Das Potential einer virtuellen Exkursion liegt vielmehr in der Ergänzung der universitären Lehre und stellt damit eine zusätzliche Alternative dar. Im Zitat zu Beginn dieser Ausführung verdeutlichte Konfuzius bereits vor etwa 2500 Jahren was gutes Lernen und Lehren bedeutet. Neue Medien und e-Learning stehen dem nicht entgegen, sondern können durchaus zu besseren Lernerfolgen, einer intensiveren Betreuung und erhöhten Lernbereitschaft der Studierenden beitragen.

Die Gegensätze zwischen realer und virtueller Exkursion relativieren sich unter dem Aspekt der mobilen Nutzung der Lerninhalte. Der heutige Stand der Technik ermöglicht es Nutzern von Smartphones und Tablet-Computern auch unterwegs Informationen aus dem Internet abzurufen. Auf diese Weise kann die virtuelle Exkursion mit der realen Exkursion kombiniert werden.

Danksagung

Im Rahmen der e-Learning-Zertifikatsreihe von „Studiumdigitale“ an der Goethe-Universität in Frankfurt am Main wurde das Konzept eines „Virtuellen Exkursionsführers der Nordseeküste“ entwickelt. Die Umsetzung des Konzeptes wird seit dem 01.01.12 durch den e-Learning-Förderfond der Goethe-Universität zur Unterstützung innovativer didaktischer und technischer Vorhaben zum Einsatz neuer Medien in der Hochschullehre gefördert. Für die finanzielle Förderung und freundliche Unterstützung sei daher Studiumdigitale, der zentralen e-Learning Einrichtung der Goethe-Universität Frankfurt gedankt.

Ein besonderer Dank gilt der Schutzstation Wattenmeer und hier besonders Michael Klisch, Julian Bauer und Ulrike Kraus sowie der Familie Oetting-Jessel und Dr. Matthias Deicke (Universität Göttingen) für die zahlreichen Insiderinformationen zu den Halligen, die Interviews, die spannenden Exkursionen und die Bereitstellung von Bildmaterial. Der Band „Haftgrund“ sein für die Komposition des Songs „Mary Sea“ gedankt, der die virtuelle Exkursion musikalisch stets untermalt.

Literatur

- Alavi, M. (1994): Computer-Mediated Collaborative Learning: An Empirical Evaluation. – MIS Quarterly 18 (2): 159 – 174.
- Bachmann, G. & M. Dittler (2004): Integration von E-Learning in die Hochschullehre. Umsetzung einer gesamtuniversitären Strategie am Beispiel des LearnTechNet (LTN) der Universität Basel. – Forum der eCompetence-Initiative.
- Bitcom (2012): Jeder dritte geht per Handy oder Tablet ins Internet. Internet: http://www.bitkom.org/de/presse/8477_71745.aspx/ (27.7.2012).
- Bremer, C. (2009). Der AKUE Prozess von megadigitale. – In: Schwill, A., Apostolopoulos, N. (Hrsg.): Lernen im Digitalen Zeitalter. Dokumentation der Pre-Conference zur DeLFI 2009. Logos, Berlin, 233 – 240.
- Bremer, C., Krömker, D. & Voß, S. (2009): Wirtschaftlichkeits- und Wirksamkeitsanalysen sowie Vorgehensmodelle zur Einführung und Umsetzung von E-Learning an Hochschulen. – In: Holten, R. & Nittel, D. (Hrsg.): e-Learning in der Hochschule und Weiterbildung. Einsatzchancen und Erfahrungen. Bertelsmann, Bielefeld: 61 – 80.
- Budde, P. (2007): Didaktische Potenziale neuer Medien. Lernen mit Web 2.0-Anwendungen zwischen Vermittlung und Entwicklung. Diplomarbeit. BWL- Didaktik, Wirtschaftspädagogik. Universität Paderborn: 120 S.
- Deicke, M., Karius, V., Jahnke, W. Kallweit, W., Rebens, M. & Reyer, D. (2007): Charakterisierung von Sturmflutablagerungen auf Hallig Hooge: Quantifizierung des Sedimentwachstums seit 1914. – Coastline Reports 9: 93 – 102.
- Döring, N. & Fellenberg, F. (2005). Soziale Beziehungen und Emotionen beim E-Learning. – In: Miller, D. (Hrsg.): E-Learning – Eine multiperspektivische Standortbestimmung: Haupt, Bern: 134 – 155.
- Ehlers, J. (2008): Die Nordsee: Vom Wattenmeer zum Nordatlantik. – Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt: 176 S.
- Erchinger, H. F. & Stromann, M (2004): Sturmfluten: Küsten- und Inselschutz zwischen Ems und Jade. – Verlag Soltau-Kurier-Norden, Norden: 223 S.
- Eschenbach, C. & Bischoff, M. (2006): Erfolgsfaktoren für online-basierte Bildungsangebote. – ImpulsE, Fachhochschule Lübeck 11 (1): 2 – 10.
- Eschenbach, C. & Windhorst, W. (2006): e-Learning für die Ausbildung von Küstenmanagern erfolgreich einsetzen. – Coastline Reports, 15: 97 – 108.
- Frankfurter Allgemeine Zeitung (2011): Stilles Studium. – Ausgabe Nr. 124 vom 28.05.11, Rubrik Beruf und Chance/Campus: Seite C4.
- Hiltz, S. R. (1995): Teaching in a Virtual Classroom. – International Journal of Educational Telecommunications 1 (2): 185 – 198.
- HIS (2006): E-Learning an deutschen Fachhochschulen. – Fallbeispiele aus der Hochschulpraxis, 148. HIS Hochschul-Informations-System GmbH.
- Kerres, M. (2001): Multimediale und telemediale Lernumgebungen: Konzeption und Entwicklung. – Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München.
- Kielholz, A. 2008: Online-Kommunikation. Die Psychologie der neuen Medien für die Berufspraxis. – Springer, Heidelberg: 321 S.
- Kipp, K. (2009): Emotionales Lernen und Gedächtnis. Power Point Vortrag. Internet: <http://www.uni-saarland.de/fak5/excops/download/EmotionalesLernenundGedaechtnis.pdf> (16.08.2012).
- Kleimann, B., Özkilic, M. & Göcks, M. (2008): Studieren im Web 2.0. Studienbezogene Web 2.0 und E-Learning-Dienste. – In: HIS Hochschul-Informations-System GmbH (Hrsg): HIS Projektbericht: 1- 90.

- Mispelbaum, E. (2008): Mediendidaktische Aufbereitung naturwissenschaftlicher Inhalte. E-Learning im Chemieunterricht, Hamburg: 118 S.
- Nikolopoulos, A. S. (2009): Die Sicherung der Nachhaltigkeit von E-Learning-Angeboten in Hochschulen. – Dissertation im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Goethe-Universität Frankfurt: 335 S.
- Paechter, M. (2007): Wissensvermittlung, Lernen und Bildung mit Medien. – In: Six, U., Gleich, U. & Gimmler, R. (Hrsg.): Kommunikationspsychologie-Medienpsychologie. Beltz, Basel: 1 – 368.
- Petersen, M. & Rohde, H. (1991): Sturmflut: Die großen Fluten an den Küsten Schleswig-Holsteins und in der Elbe. – Wachholtz Verlag, Neumünster: 182 S.
- Povh, B. (2011): Anschauliche Physik für Naturwissenschaftler. – Springer, Berlin, Heidelberg: 350 S.
- Quedens, G. (2007): Die Halligen. 20. Aufl. Breklumer Verlag. 128 S.
- Strzebkowski, R. (2001): Selbständiges Lernen mit Multimedia in der Berufsausbildung. Mediendidaktische Gestaltungsaspekte interaktiver Lernsysteme. Dissertation im Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie der Freien Universität Berlin.
- Trenhaile, A. S. (1997): Coastal Dynamics and Landforms. – Clarendon Press, Oxford: 366 p.
- Weidenmann, B. (1997). Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß. – In: Issing, L. J. & Klimsa, P. (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia. Beltz-PVU, Weinheim: 65 – 84.
- Wessner, M. (2002): E-Learning - Quo Vadis?. – In: Keil-Slwaik, R. & Kerres, M. (Hrsg.): Wirkung und Wirksamkeit neuer Medien in der Bildung. Waxmann, Münster: 209 – 219.

Adressen der Autoren

Dipl.-Geogr. Tanja Tillmann
 Goethe-Universität Frankfurt am Main
 Fachbereich Geowissenschaften/Geographie
 Institut für Physische Geographie
 Altenhöferallee 1
 D-60438 Frankfurt am Main
 tillmanntanja@aol.com

Marie-Lene Folkerts, Martin Frank &
 Prof. Dr. Jürgen Wunderlich
 Goethe-Universität Frankfurt am Main
 Fachbereich Geowissenschaften/Geographie
 Institut für Physische Geographie
 Altenhöferallee 1
 D-60438 Frankfurt

COASTAL CITIES AT MULTIPLE RISKS – THE CASE OF ACCRA

Antje Bruns & Fanny Frick

Abstract

In coastal zones, mega-trends of socioeconomic and environmental change culminate at various spatio-temporal scales. Understanding and handling the complexity is becoming a growing challenge, since these processes – such as climate change and urbanisation – are occurring at rates and scales that are unprecedented. This is particularly true in Western Africa where the urban land expansion along the coast is rapidly growing, with far reaching consequences on socio-ecological systems.

The aim of this paper is to address coastal urbanisation as a driver for regional and global environmental change taking Accra, a Western African coastal city, as an example. (Coastal) Africa is in the middle of its urban transition and this will have severe impacts on coastal systems – for instance on the biodiversity hotspot in the Gulf of Guinea. But at the same time little is known about the drivers and impacts on both the natural and the human subsystem. Hence, coastal research needs to widen its scope to examine complex social-ecological drivers of change and feedbacks within the system.

1 Urbanisation along the coast – a mega-trend that drives global change

In the last decades the global trend towards urbanisation became increasingly prominent. With 2.9 billion urban dwellers in 2000, the world's urban population rose fifteen-fold in the span of one century (McGranahan et al. 2005). Most nations in Africa, Asia and Latin America underwent a rapid population growth during the last 50 years. The year 2008 marked the point where 50 % of the global population lives in a city. Future predictions show a 95 % net increase in cities in the developing world with individual cities growing into new megacities (UN-Habitat 2010). The first megacities emerged in the second half of the twentieth century emphasising the demographic trends towards urbanisation and urban growth. These large cities build dominant megapolitan regions across the

globe linking national and global economies. Although half of the world's population lives in an urban area, less than 3 % of the terrestrial surface is claimed by urban land use. The produced "ecological footprints" on the other hand tend to reach tens to hundreds of times the area occupied by a city (Grimm et al. 2008). Urbanisation (increase in proportion of people living in urban areas) is often associated with economic growth, as top levels of urbanisation are found in nations with the highest per capita incomes. However, around 60 % of the world's urban population lives in low- or lower middle-income countries (Grimm et al. 2008, McGranahan et al. 2005).

Another trend on the global level is the concentration of urbanisation along the coast. There is a three times higher population density in coastal areas compared to inland areas. The coastal zone contributes less than 5 % of the Earth's terrestrial area while holding 17 % of the total global population. Within 100 km of the coast the number rises to an imposing 39 % of the global population (Agardy & Alder 2005). Focussing on the urban areas, there is an even higher population density within the low elevation coastal zone (LECZ, 10 metres above sea level). The estimates of the year 2000 imply an urbanisation level of 60% in this area. The rates are likely to increase further as the path dependent concentration of population, commerce and industry attracts further coastal settlement (McGranahan et al. 2007). The natural ecosystem services, trading opportunities and with it far-reaching job proposals are strong pull factors for migrants. At the same time, the coastal systems are adversely affected by this migration. The exploitation pressure goes up with the increasing demand for shipping, waste disposal, military and security uses, recreation, aquaculture and habitation (Agardy & Alder 2005). Aggravating is the uneven spread of urban dwellers throughout the coastal zone. In the regional distribution Asia and Africa stand out in particular. Asia has three quarters of the population in the zone and two thirds of the urban population (Chan & Hu 2003). Africa, in contrast, still has the lowest population share in the LECZ and a share in terrestrial surface of only 1 %, but 12 % of its urban population living there. The distribution by income underlines the positive opportunities given in the coastal area and adjunct 100 km, where 61 % of the world's total GNP is generated. Nevertheless, there are 102 million urban dwellers of low-income countries living in the zone and all (but two) countries, with the largest share of their population in the LECZ, belong to the low-middle income category and under (McGranahan et al. 2007). This is especially concerning in the case of Sub-Saharan Africa, where the unique demographic profile is based on high fertility rates rather than economic growth (Songsore 2010).

While the forces that drive people to live close to the sea vary (cf. Seto et al. 2010:169, Seto 2011), what is common to all urbanising coasts is the challenge of accommodating human activity in naturally unsteady environments: to meet their needs, cities draw on resources from far beyond urban, regional, national and even continental boundaries (cf. Seto et al. 2010). Along with the accumulating impacts from pollution, soil sealing and resource extraction (to name but a few), measures to control the environmental variability inherent to coastal ecosystems have disrupted natural coastal protection. In consequence, increasing economic values and people's lives are put at risk. This trend is exacerbated by accelerated rates of urbanisation and impacts from climate change. The weaknesses of urban planning and coastal zone governance in dealing with these multiple challenges have been demonstrated in tragic ways in catastrophic events such as the tsunami in December 2004, but also in everyday small-scale disasters such as flooding of neighbourhoods.

These events show not only the increasing impact of hazardous events on people living nearby coasts. They moreover demonstrate the uneven geographies of coastal vulnerability: While economic loss is greatest in the 'Global North', most lives have been lost in coastal cities of the 'Global South'. Part of the reason for this pattern is that particularly in cities with weak governments and fast rates of growth, the urban poor are pushed to live in densely populated settlements on hazard prone sites (McGranahan et al. 2007, Satterthwaite 2008). Risks they face result not only from seaward hazards, but also from upstream pollution and soil sealing, creating a particular risk of flooding with contaminated waters in coastal settlements. The pattern is exacerbated by the uneven distribution of impacts from climate change. The impact of sea level rise in Africa will be considerable (McGranahan et al. 2007, Conway 2009): currently forty percent of the population of West Africa lives in coastal cities, and the numbers continue to rise. According to estimates, the coastline between Accra and the Niger delta will become an urban megalopolis of more than 50 million inhabitants by 2020 (UN-Habitat 2009a). By 2015, Africa will have three coastal megacities of at least 8 million inhabitants with many of the poorest populations located in the most flood-prone districts" (Conway 2009: 15).

This is the context and rationale for this paper: In the following we synthesise impacts from urbanisation on the coast and provide a short overview on coastal urbanisation in Western Africa. Finally, we pinpoint areas of integrated coastal research that scholars must examine in order to understand the nexus between urbanisation on the coast and a transformation towards sustainability.

2 Impacts from urbanisation on coastal systems

Cities are – that is commonly told – unsustainable habitats: they consume land and resources, like fossil fuels which result in CO₂ emissions and global warming; they emit pollutants in the air, water bodies and soils and have in short a high ecological footprint (Grimm et al. 2008, Cook & Swyngedouw 2012).

On top of bringing socio-economic pressures at local level, environmental burdens and hazard risks resulting from coastal urbanisation act as pressures on ecosystems at local, regional and global levels. Similar to those of urban development, processes and dynamics of coastal ecosystems remain poorly understood, and are therefore particularly vulnerable to unexpected and unintended modification from human activity (Kay & Alder 2005). Knowledge on the effects of development on coastal ecosystems is scarce, when compared to that on impacts in inland ecosystems (Nagy et al. 2011:2019, Bruns et al. 2013), while the on-going urbanisation of coastal zones continues putting multiple pressures on all coastal subsystems. Considering the vulnerability and complexity of these systems, identifying triggers of coastal ecosystem change is key to success (cf. Sekovski et al. 2012, Newton et al. 2012).

To begin with, the channelling and damming of surface water streams in combination with decreased infiltration rates on impermeable surfaces leads to accelerated runoff rates and decreased recharge of groundwater bodies. The potential impacts are manifold, ranging from land subsidence from groundwater exploitation, to elevated flood risks, salt water intrusion and coastal erosion (Nagy et al. 2011:2019, Newton et al. 2012:40, Bruns et al. 2013). The increased river peaks can furthermore cause river plumes to spread further into bays (cf. Wolanski et al. 2009:266). In consequence, physic-chemical dynamics are easily disrupted with thermal pollution of sea waters and changes in salinity. Next to altering hydrological dynamics, engineering measures along water streams and the coast disrupt sediment flows that would otherwise maintain the natural shoreline (Newton et al. 2012:40, Sekovski et al. 2012:52, Wolanski et al. 2009:265). Sea level rise and salt water intrusion, in turn, relate to the degradation of water quality in groundwater reservoirs (Sekovski et al. 2012:53).

The myriad sources of pollution with biotic and abiotic contaminants are difficult to attribute to specific urban land uses. Land conversion, industrial production, agriculture, household waste and oil spills are all considered important contributors to the contamination of coastal waters and air (cf. Nagy et al. 2011:2020, Newton et al. 2012:41, Sekovski et al. 2012:51). Again, the impacts on systems dynamics are complex, including the eutrophication of coastal waters that facilitates harmful blossom of algae (Grimm et al. 2008:757) and al-

tered processes of “nutrient cycling and primary production in adjacent, exposed ecosystems” from air pollution in cities (Grimm et al. 2008:757). Cities’ greenhouse gas emissions moreover affect Earths’ climate (Grimm et al. 2008:757). The urban heat island “affects not only local and regional climate but also water resources, air quality, human health, and biodiversity and ecosystem functioning” (Grimm et al. 2008:758).

All of the above contributes to the degradation of coastal ecosystems and loss of mangroves, salt marshes and coastal forests. These ecosystems provide vital services, for instance in stabilising coastal sediments and acting as nursery areas for fish. Their degradation therefore implies weakened natural prevention of coastal erosion and salt water intrusion as well as loss in fish stock (Bruns et al. 2013). Habitats are further being lost to land conversion, deforestation, wetland draining, land reclamation, and wastewater drainage, amongst others. Likely consequences are changes in the food web and regime change (Grimm et al. 2008: 759, Newton et al. 2012: 40). The change in biotic composition in turn can affect beach formation, for example in the loss of sandy beach as a consequence of the depletion of corals in eutrophic waters (cf. Wolanski et al. 2009). In addition, with the removal of coastal vegetation, carbon sinks are lost, accelerating global warming effects.

Tab. 1: Urban environmental burdens in coastal cities. Source: own compilation (after Bruns et al. 2013).

Urban environmental burdens in coastal (mega-)cities	
Freshwater System	Pollution of the water bodies: waste and sewage, oil spills, ballast water... Intrusion of saltwater due to over-extraction of groundwater River channelling and engineering work Groundwater abstraction and subsidence
Coastal and Marine System	Pollution/Eutrophication of coastal waters Marine Litter
Air	Emissions and pollutants from ships and concentration of emission intensive industry Changes in the urban coastal climate
Soils	Soil sealing and land conversion Changes in the subsurface for water and energy infrastructure and groundwater pumping
Coastal Morphology	Altered shorelines for coastal protection Dune and sand mining for construction sector
Coastal Ecosystem	Land use and cover change, e.g. deforestation for agriculture and biofuels, mangrove and wetland loss for aquaculture

In summary of the fragmented knowledge on processes that link urbanisation and coastal system degradation Newton et al. (2012) conclude: “Coastal scientists are walking along a cliff-top in thick fog, not knowing where the edge is” (Newton et al. 2012: 41). Studies often refer to a lack of data to explain knowledge gaps (cf. Crossland et al. 2005). While it is true that key data is often lacking at appropriate resolution or for the urban context, the literature summarised above demonstrates that socio-environmental interactions – operating at global, regional or local scales – are too complex to be modelled comprehensively. As a consequence, managing the impacts from urbanisation on these systems remains being a particular challenge in environmental governance, and it is argued that the unavoidable uncertainty demands governance responses of “experimentation, learning and innovation” (Ernstson et al. 2010: 541).

3 Coastal Urbanisation in West-Africa

The African continent has a large population of 965 million people and yet currently is the least urbanised continent. However, due to the natural growth in cities and even without any migration from the rural areas, cities constitute the fastest growing sector of the sub-Saharan African population. The annual urban growth rates between 2000 and 2005 amount to 3.3 %, with 2.2 % growth of natural urban population and 1.1 % in-migration (Parnell & Walawege 2011, Songsore 2010). The increase from natural growth is predicted to recreate 100 million new urban dwellers, and further 50 million people are predicted to transfer from rural to urban areas by 2020 (Satterthwaite 2008). The current projection shows the development of Africa’s urban transition from 35 % in 1950 to 48 % in 2030 and 60 % in 2050 (UN-Habitat 2009b). Africa’s urbanisation shows a clear spatial pattern, that highlights a strong difference in distribution and density between the inland and coast. The coastal zone of Africa is far more urbanised than the continental average, with 72 % share of urban population in the coastal, and 38% in the continental zone (McGranahan et al. 2005).

Moreover, the Indian and Atlantic costal zones of Africa differ in intensity of coastal settlements. The East African coast is less densely populated with few coastal cities and large distances in between these. The strongest concentration of population exists in the southern seafront, where coastal urban settlements face large growth rates. The West African coast, on the other hand, holds major cities within the adjunct 100 km of the coastline. There is an uneven distribution along the coast lines, with population concentrated nearby equatorial river deltas, like the Niger delta and low lying areas. The towns (>10.000 inhabitants) in

the area are closely spaced (Magadza 2000). Their average distance declined in a time span of 50 years from 111 km to 33 km. The study undertaken by Africa-polis (2009), furthermore indicates the accelerated increase of urban population that is tenfold between 1950 and 1990 and twentyfold between 1950 and 2010 (compare figures 1 and 2).

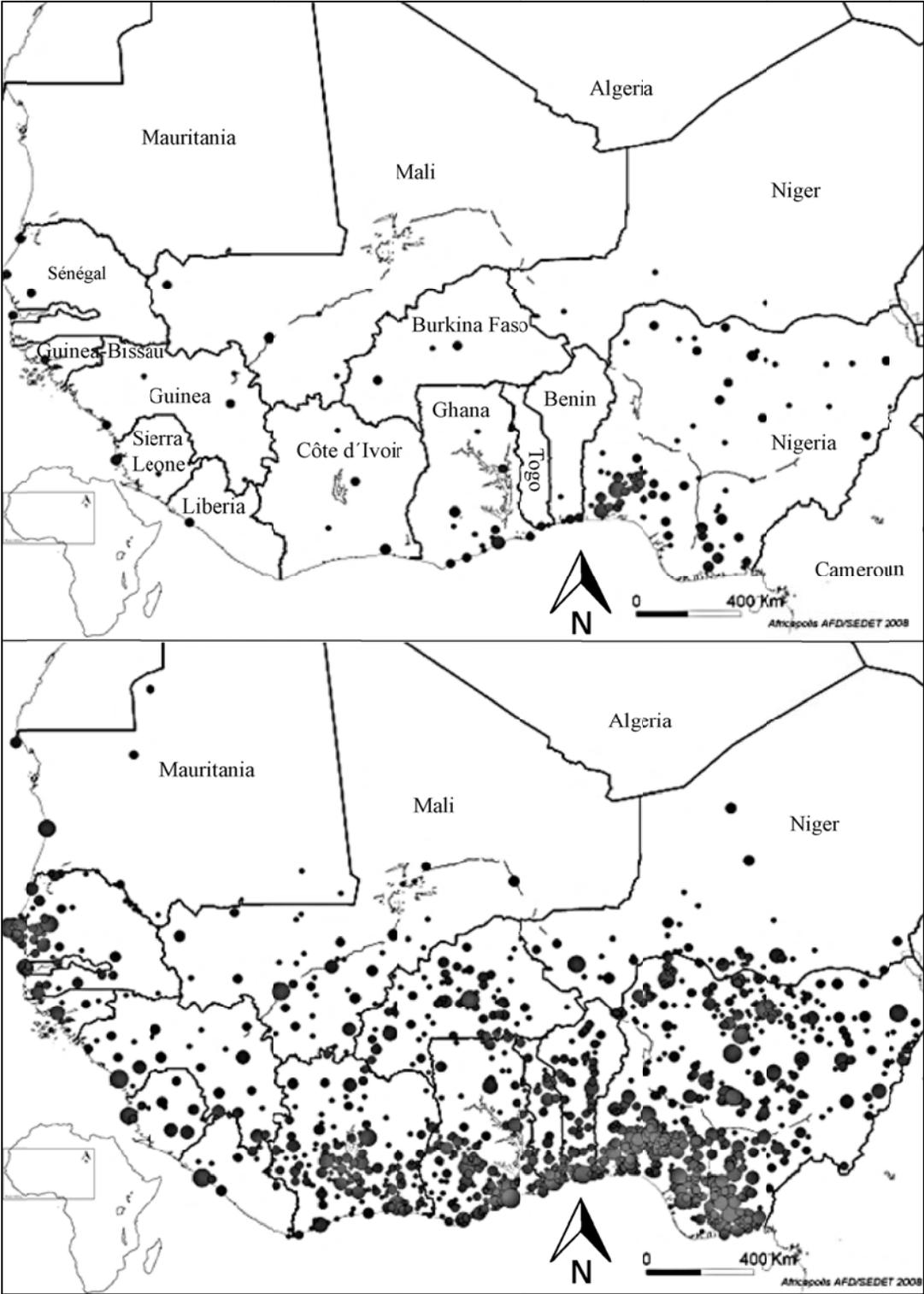


Fig. 1: Urban population development in West Africa 1950 (up) and 2010 (down), displayed are centres with population over 10.000 inhabitants (Source: Geopolis- Africapolis, AFD/SEDET 2008).

The highest urbanisation rates are found in the coastal countries, where seven nations have count rates of up to over 40 % (Africapolis 2009, see figures 1 and 2). Potts (2009) points out that in some countries across Africa counter-urbanisation took place in the 1980s, slowing down net in-migration to cities (e.g. in Zambia, Côte d'Ivoire, and Mali). At that time formal job opportunities stagnated or declined, leading to a strong increase and dependence on informal work. During the 1990s the urbanisation picked up again, despite very poor economic performances. The fast growth of medium-to-large cities in West Africa thereby exposes their inhabitants to various hazards, as housing and adequate infrastructure is largely lacking (McGranahan et al. 2009).

Several West African countries experienced a strong economic growth (5 % and more) since 2000, accelerating the trend of urbanisation further with annual growth rates of 4.02 % (Africapolis 2009, Songsore 2010). However, nowhere could the public service provision (e.g. water supply and sewage treatment) keep up with the population growth with severe effects on the state of ecosystems and human well-being (UN-Habitat 2009b).

In order to tackle the challenges related to the accelerated processes of urban environmental change described above, several research programs have been created, each focussing on risks induced by megacity development.

The project 'Future Megacities - Research for the Sustainable Development of Megacities of Tomorrow' is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), started in 2005 and ends in 2013. The primary focus is set on the development of energy- and climate-efficient structures in urban growth centres with regard to local technological, social and economic circumstances. The conducted case studies of the pre- and main phase establish a net that is worldwide but excludes the African continent almost completely. One year later followed the project 'Megacities-Megachallenge. Informal Dynamics of Global Change' funded by the German research community (DFG). The emphasis here lies with the process dynamics of global change. The relationships and interactions of mega-urbanisation and informal phenomena were analyzed and investigated in detail in 17 single research projects. Taking solely place in the Greater Pearl River Delta (China) and Dhaka (Bangladesh), the research program shows a strong regional focus. The third program 'Risk Habitat Megacity' is equally tied to a specific region, to be precise South America with Santiago de Chile as the anchor city. The program started in 2007 and was launched by the Helmholtz Centre for Environmental Research (Umwelt-Forschungs-Zentrum Leipzig). The focal point of research concentrated on the risks but also the opportunities associated with the trend towards

mega-urbanisation. The aim to generate strategies for sustainable urban development by overcoming the ecological, social and economic risks of a megacity was central at the same time.

Combining the case studies of current research projects, it becomes evident that the African continent and its Western region in particular are a blind spot in the present research (not only in Germany). Some international organisations however, study urbanisation patterns in West Africa. The World Health Organization (WHO), as well as the African Development Bank and OECD Development Centre release recurring reports on the state of the economic and social development of the region and megacities. The UN-Habitat reports (e.g. series: State of the World's Cities) and database on the other hand, build a foundation for an overview on urbanisation and the development of settlements. While these and further international organizations cover large areas of concern, it is not their aim to examine them in detail. Hence, the information generated in such projects often remains relatively general. Of special interest is a study commissioned by the Agence Française de Développement (AFD). Their programme 'Africapolis' provides new evidence with respect to West Africa. Measured are urbanisation and its patterns since the 1950s which are then projected to 2020.

In the case of Ghana, the urbanisation level was at 23 % in the early 1960s. While net urban in-migration was very moderate in the 1970s, it became stronger from the mid-1980s on (Potts 2009). As formerly pointed out on a regional scale, the urban pattern depicts a north-south (inland-coast) increase in urbanisation. This trend is caused by multiple factors such as the inhabitable ecumene, water availability through rainfall, higher soil quality and the natural resources of the coastal ecosystems. Ghana has, in addition, a dual-city prime system centred on the coastal capital city Accra and inland Kumasi (Otiso & Owusu 2008). The weak macro-economic performance of the 1970s and first years of the 1980s led to a strong socio-economic segregation (by income, religion, indigenous population) in major Ghanaian cities (Grant 1999, Nugent 2004). Most inhabitants are forced to pursue multiple jobs in formal and informal sectors of the economy for a livelihood (Owusu 2007). The urban growth linked with globalization, exacerbates the increase in gaps of income and opportunity.

As a result, a strong geographic concentration of affluence on one hand and of poverty on the other hand is formed in the greater urban areas. Especially along river deltas and lagoons of every major city, informal settlements emerge rapidly and uncontrolled. This downward spiral of low-income jobs and liveli-

hood insecurity evidences the growing crises in urban poverty. The economic vulnerability of poor local residents generates high levels of crime and violence in return, leading to further impoverishment (Songsore 2010, Otiso & Owusu 2008).

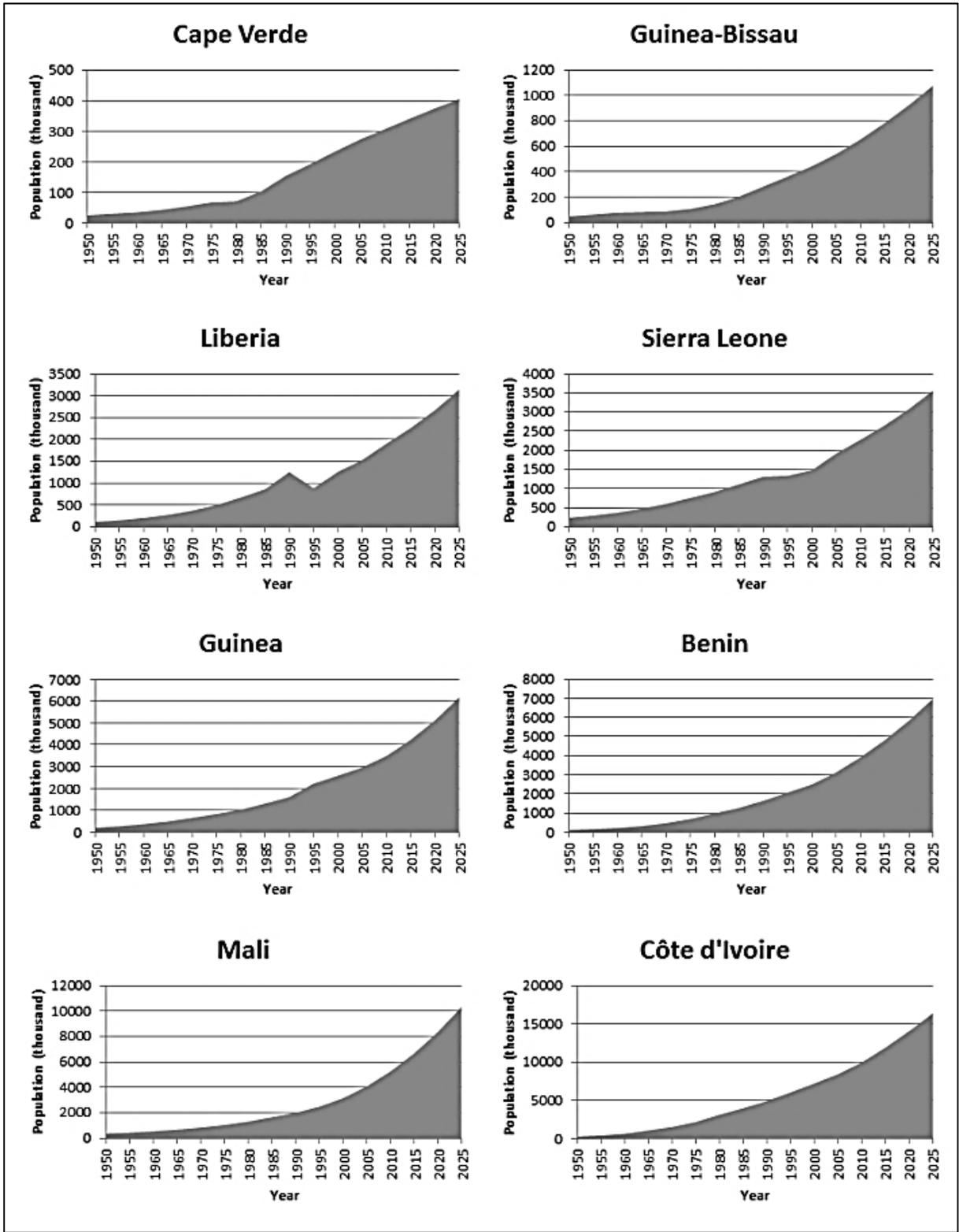


Fig. 2: West Africa, Growth of urban population in thousand from 1950 – 2025 (projected). (Please note that the y-axis vary in absolute numbers, x-Axes: Year, y-Axes: Population in thousand). Own compilation (Data from UN-Habitat 2011, online database).

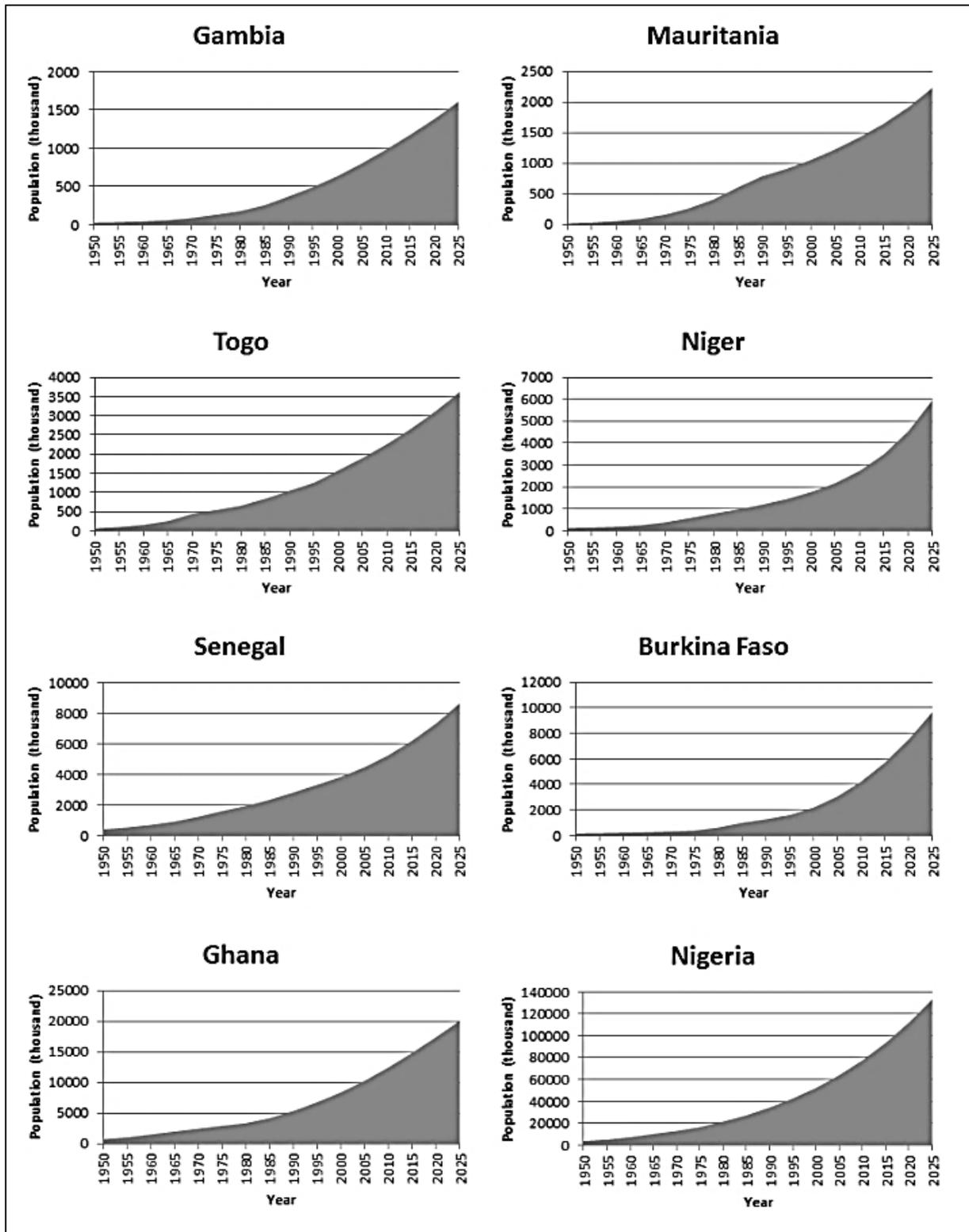


Fig. 2: West Africa, Growth of urban population in thousand from 1950 – 2025 (projected). (Please note that the y-axis vary in absolute numbers). Own compilation (Data from UN-Habitat 2011, online database).

With 25% of the Ghanaian population living directly in the coastal zone, even small sea level rises can cause high damaging consequences on the economy and society. Sea level rise could result in “[p]ermanent connection of

lagoons to sea, penetration of salt water inland, increased coastal erosion, salinisation of freshwater lagoons and aquifers, increased depth of water table in coastal areas, destruction of wetlands and associated industries [and] accelerated loss of the capital, Accra” (Conway 2009: 9). The current development of the Greater Accra Metropolitan Area as a regional growth pole of West Africa makes the accelerated globalization of major Ghanaian cities further evident (Grant 2006). These are embedded in the large-scale regional urban concentration of the Greater Ibadan-Lagos-Accra (GILA) urban corridor along the coastline on the Gulf of Guinea (see also figure 1). Within this “gateway”, Accra is a very large settlement cluster of 200 km east to west and 150 km south to north (UN-Habitat 2010). The Accra region itself is the most urbanised Ghanaian area with 87.4 % urban dwellers and the capital city dominating the surrounding urban systems both in population and economic concentration (Songsore 2010).

Accra is today one of the fastest growing metropolis in Africa with an annual growth rate of 4.3%. Since the population is growing much faster than local economies Accra experiences an over-urbanisation (UN-Habitat 2010). This process leads consequently to shortages in supply of housing and infrastructure. Exacerbated by the rapid urban growth (both from natural growth and from immigration), it is estimated that about 60% of the city’s population live in informal settlements. Slums and squatter neighbourhoods are becoming very common in Accra (Owusu 2011). The city is the second most industrialised one in Ghana contributing over 10 % to the GDP. The national and global aspects have favoured the concentration of economic activities and capital, but at the same time economic liberalisation and globalisation have led to an extreme pressure on the natural resources of the area and impaired the unbearable housing state (UN-Habitat 2009b, Owusu 2011). Focusing on the lack of infrastructure, Accra battles seasonal flooding during the wet season (Rain et al. 2011). This is mainly caused by fast physical development of informal settlements which outstrip the drainage network. Insufficient canalisation along with dumped waste does not only lead to the flooding of urban areas but moreover to the spreading of water-borne and water transmitted diseases (UN-Habitat 2009b).

All in all, the causes and consequences of the multiple crises (financial and economic crisis, water and electricity crisis, global warming) in the coastal city Accra are operating at different scales and their interplay is complex. The aspects described above indicate the multitude of agents and processes involved in the alarming situation growing coastal cities are experiencing today. In response to the complexity that is inherent to most human-environmental issues, frameworks have been developed to assess the interplay of human activity and

the environment. One that is commonly used in evaluation of governance mechanisms in water resource/ coastal management is the Driver-Pressure-State-Impact-Response model (DPSIR) first developed and introduced by the European Environmental Agency

4 The DPSIR chain model – a widely employed framework not only in coastal research

Among several approaches in assessing human-nature interactions, the Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) chain model is one frequently used in the context of coastal and water resource management (e.g. Crossland et al. 2005, Borja et al. 2006). The model (compare figure 3) was developed by the European Environment Agency (EEA) from OECD's Driver-State-Response model in order to distinguish between underlying forces and direct causes of environmental change, and to facilitate assessment of impacts on ecosystem and human health (cf. Bowen & Riley 2003: 305, EEA 1999). Within the framework, human-nature interactions are structured along a chain of causal links from 'driving forces' (anthropogenic socio-economic activities) over 'pressure' upon the environment (use and pollution) to environmental 'state' and 'impacts' on ecology and society, finally leading to political and/or societal 'response'. Its strength is seen in a tool for structuring, analysing and communicating the relationship of anthropogenic and natural processes (EEA 1999, Svarstad et al. 2008) and for design and assessment of responses in environmental management (Bowen & Riley 2003, Ness et al. 2010: 480; Sekovski et al. 2012: 49). Thus, the DPSIR model is both used for integrating findings from natural science and humanities and for supporting integrated management approaches and fostering the science-policy dialogue (e.g. Rekolainen et al 2003).

The framework is open to multiple interpretations for instance, drivers and pressures can be part of either subsystem, and impacts can be both negative and positive. That said, the dominating narrative in assessments using this framework is that drivers are phenomena within the human dimension that cause pressures on ecosystems and result in damaging impacts on ecosystem and human health (cf. EEA 1999, Ness et al. 2010).

Responses to reduce such impacts can address drivers, pressures or impacts, with different effects in terms of time and spatial scales (cf. Sekovski et al. 2012, Ness et al. 2010). Within this narrative, DPSIR assessments are highly likely to identify urbanisation, population growth and rising living standards as

the root causes of environmental change that need to be addressed in order to avoid further degradation.

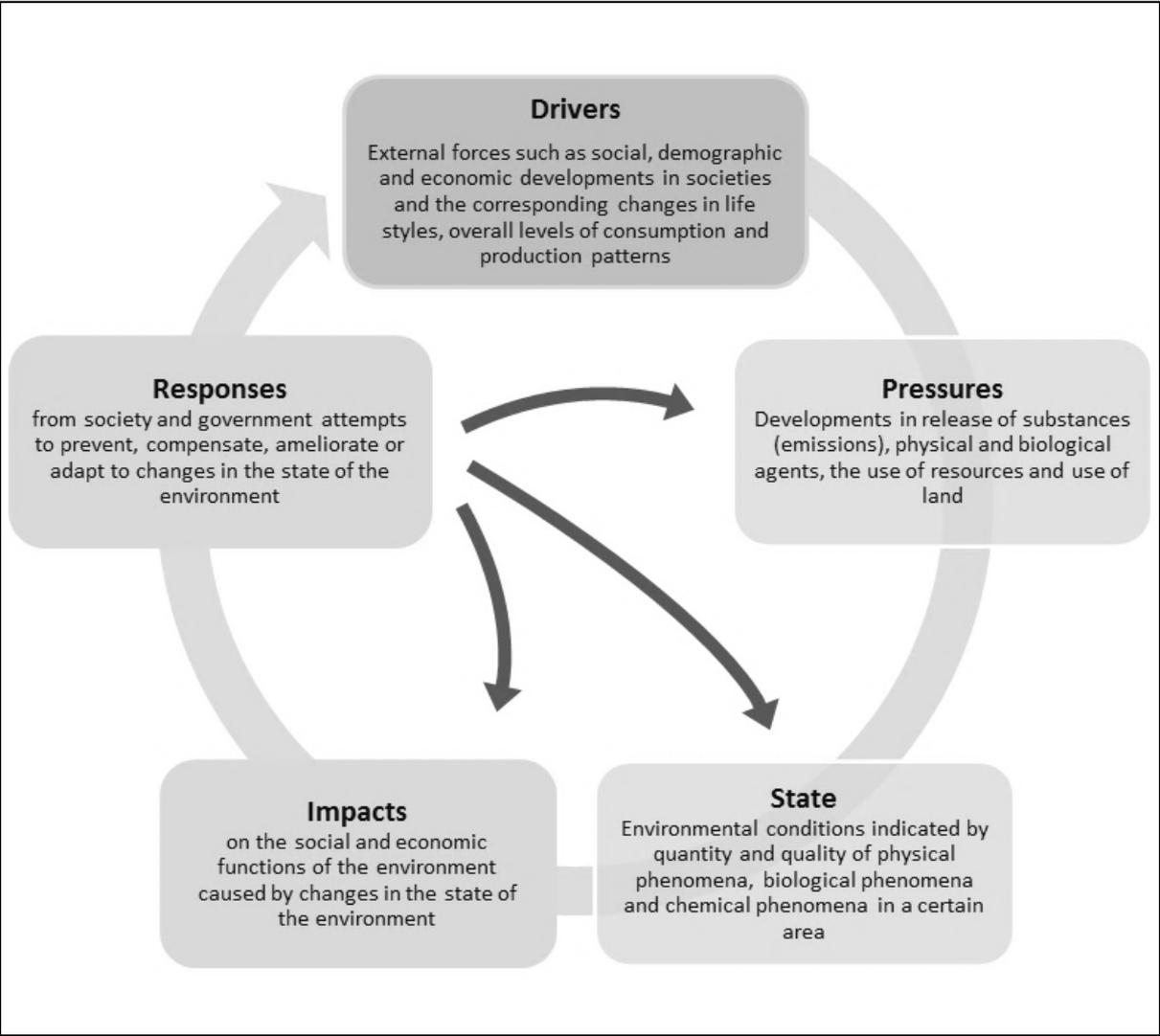


Fig.3: The DPSIR Framework. Source: own design based on EEA 1999.

While the tool has helped to identify key cause-effect relationships of specific environmental problems, it has also been criticized for its limited capacity to assess the full complexity of interactions that contribute to environmental degradation (Ness et al. 2010, Svarstad et al. 2008). The main shortcomings identified in this regard are the suggestion of linearity of causal chains, the inability to assess systems dynamics, oversimplification of complex systems, and limited ability to assess cross-scale relationships and internal drivers (cf. Carr et al. 2007: 545f, Svarstad et al. 2008: 116, Ness et al. 2010: 480f). Moreover, Svarstad et al. demonstrate that “DPSIR tends to reproduce particular discursive positions” (Svarstad et al. 2008: 123). From this we conclude that the DPSIR approach is inadequate for most analytical questions and policy consulting ser-

VICES. Already when introducing the DPSIR approach, the EEA report pointed out the limitations of constructing simple causal relations in systems analysis (EEA 1999: 6), and emphasized that “in order to understand [the] dynamics [of the relationships between origins and consequences of environmental problems], it is also useful to focus on the links between DPSIR elements” (EEA 1999: 7). In the light of the multitude, velocity and complexity of processes involved in West-African coastal urbanisation, the need for a more comprehensive assessment of DPSIR elements and linkages becomes evident. It is for instance crucial to understand how foreign direct investments, regional impacts from anthropogenic climate change and natural population growth interact as driving forces of coastal urban expansion and how this shapes consequent risks in order to develop adequate governance responses.

5 Issues of concern and lack of structuring the research questions related to urbanisation on the coast

Attempts of international and harmonised databases on urbanisation on the coast are needed as most of the major knowledge gaps result from insufficient data. In particular, the lack of reliable time-series and on-going monitoring constrain research in this region. Urbanisation on the coast is no coherent research field and thus shows a selective use of case studies and methodologies (cf. Bruns et al. 2013). Consequently, drivers and pressures are often identified on single scales with little regard to their interplay. Scalar interconnections are still poorly understood (cf. Glaser et al. 2012).

However, most important the strong mega-urbanisation in West Africa clearly calls for an integrated research of the coastal system including socio-economic and ecological dynamics across scales. Such an integrated research most likely will have to go beyond the reach of assessments of the like of the DPSIR model. The poor understanding of key socio-environmental issues is especially alarming as the rapid population growth and coastal concentration, in form of huge urban agglomerations and megacities (Lagos, Nigeria), in this area is known to be a pressuring problem (e.g. pressure related to water stress, coastal pollution, slum dwelling, as well as loss of biodiversity and ecosystem services) that needs to be addressed urgently.

What might be a helpful approach is political ecology theory: in narratives from political ecology, artificially constructed boundaries of human and natural, global, regional and local systems become dissolved to widen views of non-linear socio-environmental cause-effect relationships (cf. Swyngedouw &

Heynen 2003, Swyngedouw 2004, Turner & Robbins 2008, Cook & Swyngedouw 2012). However, a framework for assessing the political ecology of urbanisation processes is thus far lacking (Bryant & Bailey 1997: 194; Swyngedouw & Heynen 2003: 906, Cook & Swyngedouw 2012: 1974).

6 Outlook: Coastal research in the West-Africa

In summary, urbanisation on the coast is a driver of regional – and in its accumulation also of global – environmental change and itself impacted by global environmental changes, such as sea level rise. The scale-dependent operation and interconnectedness of natural and human systems has long been neglected in disciplinary science and governance practices (cf. for example Young et al. 2006, Glaser et al. 2012). In consequence, socio-environmental injustices and exploitation have been continuously reinforced, and deepened. The appalling conditions in informal settlements to which urban settlers in Accra are forced as housing prices in affluent areas of the city have risen to international standards, are only one example.

The shortcomings in current scientific knowledge on coastal urban dynamics call for revisited research objects and approaches. Major questions for further studies include: (I) examine the speed, extent and effects from urbanisation on coastal systems on global, regional and local levels. (II) Assess the complexity of socio-environmental processes that contribute to risk and vulnerability in coastal cities adequately by (III) employing integrative approaches that combine perspectives from political ecology with sustainability science. (IV) Explore how such processes can be assessed in the West African case in particular, where coastal change is particularly dynamic, fundamental development challenges remain high and basic data is lacking.

Acknowledgements

The authors express their gratitude towards Claudia Hosch for fruitful contributions to this paper.

Literature

- Africapolis (2009): Africapolis Urbanisation Trends 1950–2020: A Geo- Statistical Approach – West Africa. Paris. (<http://e-geopolis.eu/spip.php?rubrique69&lang=en>).
- Agardy, T. & J. Alder (2005): Coastal Systems. In: Hassan, R., R. Scholes & N. Ash (ed.) (2005): Ecosystems and Human Well-Being: Current Status and Trends. Washington DC, In: Island Press: 513–549.

- Borja, Á. et al. (2006): The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66(1-2):84–96.
- Bowen, R., & C. Riley (2003): Socio-economic indicators and integrated coastal management. In: *Ocean & Coastal Management*, 46: 299-312.
- Bruns, A., S., Blackburn, C.C. Perez Bolde, K. Burkart, R. Francis, D. Kraft, Y. Li, Q. Lu, A. Olaniyi, X. Zhou (2013 (in print)): Environmental impacts of megacities on the coast. In: Pelling, M. & S. Blackburn: *Urbanisation and the Coast*. IGBP Synthesis Report. Routledge, Earthscan.
- Bryant, R. & S. Bailey (1997): *Third World Political Ecology*. New York: Routledge.
- Carr, E., P. Wingard, S. Yorty, M. Thompson, N. Jensen, J. Roberson (2007): Applying DPSIR to sustainable development. In: *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 14: 543–555.
- Chan, K.W. & Y. Hu (2003): Urbanisation in China in the 1990s: New definition, different series and revised trends. In: *The China Review* 3(2): 49–71.
- Conway, G. (2009): *The science of climate change in Africa: impacts and adaptation*. In: Grantham Institute for Climate Change. Discussion paper No 1. Imperial College, London.
- Cook, I. R. & E. Swyngedouw (2012): *Cities, Social Cohesion and the Environment: Towards a Future Research Agenda*. In: *Urban Studies*, 49(9).
- Crossland, C.J., Kremer, H.H. and Lindeboom, H.J., (2005) *Coastal fluxes in the Anthropocene: The land-ocean interactions in the coastal zone project of the International Geosphere-Biosphere Programme*, Berlin Heidelberg: Springer.
- EEA (1999): *Environmental indicators: Typology and overview*. Technical Report No 25. Copenhagen: European Environmental Agency. Retrieved from http://www.geogr.uni-jena.de/fileadmin/Geoinformatik/projekte/brahmatwinn/Workshops/FEEM/Indicators/EEA_tech_rep_25_Env_Ind.pdf
- Ernstson, H., S. E. Leeuw, C. L. Redman, D. J. Meffert, G. Davis, C. Alfsen, & T. Elmqvist (2010): *Urban Transitions: On Urban Resilience and Human-Dominated Ecosystems*. *Ambio*, 39(8): 531–545.
- Geopolis (2008): *Africapolis Urbanisation Trends 1950–2020: A Geo- Statistical Approach – West Africa*. Paris. http://www.afd.fr/webdav/site/afd/shared/PUBLICATIONS/THEMATIQUES/autres-publications/BT/Africapolis_Atlas_EN.pdf
- Glaser, M., G. Krause, A. Halliday & B. Glaeser (2012): *Towards Global Sustainability Analysis in the Anthropocene*. In: Glaser, M., G. Krause, B. M. W. Ratter & M. Welp (Eds.) (2012): *Human Nature Interactions in the Anthropocene*. New York, Oxon: Routledge: 193–222.
- Grant, R. (1999): *Economic globalization: Politics and trade policy in Ghana and Kenya*. In: *Geopolitics*, 4(1): 57–82.
- Grant, R. (2006): *Out of place? Global citizens in local spaces: A study of the informal settlements in the Korle Lagoon environs in Accra, Ghana*. In: *Urban forum*, 17(1).
- Grant, R. (2006): *Changing urban development: Africa's opportunities and challenges in a Global economy at the dawn of the 21st century*. In: Konadu-Agyemang, K. & K. Panford (Eds.), *Africa's development in the twenty-first Century: Pertinent socio-economic and development Issues*. Burlington, VT: Ashgate.
- Grimm, N.B., S.H. Faeth, N.E. Golubiewski, C.L. Redman, J.G. Wu, X.M. Bai & J.M. Briggs (2008): *Global change and the ecology of cities*. In: *Science*, 319: 756-760.
- Kay, R. & J. Alder (2005): *Coastal Planning and Management*. 2nd. Oxon; New York : Taylor & Francis: 380.

- Magadza, C.H.D. (2000): Climate change impacts and human settlements in Africa: Prospects for adaption, In: *Environmental Monitoring and Assessment* 61: 193-205.
- McGranahan, G., Balk, D., & Anderson (2007): The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. In: *Environment and Urbanisation*, 19(1): 17-37.
- McGranahan, G., P. Marcotullio, X. Bai, D. Balk, T. Braga, I. Douglas, T. Elmqvist, W. Rees, D. Satterthwaite, J. Songsore & H. Zlotnik (2005): Urban Systems. In: Hassan, R., R. Scholes & N. Ash (ed.) *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. The Millennium Ecosystem Assessment Series*, Island Press: 795-825.
- McGranahan, G., D. Mitlin, D. Satterthwaite, C. Tacoli & I. Turok (2009): Africa's Urban Transition and the Role of Regional Collaboration. In: *Human Settlements Working Paper Series Theme: Urban Change-5*, IIED, London.
- Nagy, R.C., B. G. Lockaby, L. Kalin & C. Anderson (2012): Effects of urbanization on stream hydrology and water quality: The Florida Gulf Coast. In: *Hydrological Processes*, 26: 2019–2030.
- Ness, B., S. Anderberg & L. Olsson (2010): Structuring problems in sustainability science: The multi-level DPSIR framework. In: *Geoforum*, 41(3): 479–488.
- Newton, A., Carruthers, T. J. B., & Icely, J. (2012). The coastal syndromes and hotspots on the coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 96(0272), 39–47. doi:10.1016/j.ecss.2011.07.012
- Nugent, P. (2004): *Africa since independence*. New York: Palgrave Macmillan.
- Otiso, K.M. & G. Owusu (2008): Comparative urbanisation in Ghana and Kenya in time and space. In: *GeoJournal*, 71: 143–157.
- Owusu, F. (2007): Conceptualizing livelihood strategies in African cities: Planning and development implications of multiple livelihood strategies. In: *Journal of Planning Education and Research*, 26: 450–465.
- Owusu, G. (2011): Urban Growth, Globalization and Access to Housing in Ghana's Largest Metropolitan Area, Accra. In: *ECAS 2011, 4th European Conference on African Studies*. (<http://www.nai.uu.se/ecas-4/panels/81-100/panel-90/ECAS-FULL-PAPER-GEORGE-OWUSU.pdf>)
- Parnell, S. & R. Walawege (2011): Sub-Saharan African urbanisation and global environmental change. In: *Global Environmental Change*. 21S: S12-20.
- Potts, D. (2009): The slowing of sub-Saharan Africa's urbanisation: Evidence and implications for urban livelihoods. In: *Environment and Urbanization*, 21: 253–259.
- Rain, D., R. Engstrom & C. Ludlow (2011): Accra Ghana: A City Vulnerable to Flooding and Drought-Induced Migration. In: *Global Report on Human Settlements 2011*. (<http://www.unhabitat.org/ghrs/2011>).
- Rekolainen, S., J. Kämäri & M. Hiltunen (2004): A Conceptual Framework for Identifying the Need and Role of Models in the Implementation of the Water Framework Directive. In *International Journal of River Basin Management*, 1, no. 4 (2004): 347–352.
- Satterthwaite, D. (2008): Cities' contribution to global warming: Notes on the allocation of greenhouse gas emissions. In: *Environment and Urbanisation* 20: 539–550.
- Sekovski, I., A. Newton, W.C. Dennison (2012): Megacities in the coastal zone: Using a driver-pressure-state-impact-response framework to address complex environmental problems. In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 96(1): 48-59.
- Seto, Karen C. (2011) "Exploring the Dynamics of Migration to Mega-delta Cities in Asia and Africa: Contemporary Drivers and Future Scenarios." *Global Environmental Change* 21: 94–S107.

- Seto, K. C., Sánchez-Rodríguez, R., and Fragkias, M. (2010) “The New Geography of Contemporary Urbanization and the Environment.” *Annual Review of Environment and Resources*, 35(1): 167–194.
- Songsore, J. (2010): *The Urban Transition in Ghana: Urbanisation, National Development and Poverty Reduction*. Study prepared for the IIED as part of its Eight Country Case Studies on Urbanisation.
- Svarstad, H., L. K. Petersen, D. Rothman, H. Siepel, & F. Wätzold (2008): Discursive biases of the environmental research framework DPSIR. In: *Land Use Policy*, 25(1): 116–125.
- Swyngedouw, E. (2004): *Social Power and the Urbanisation of Water*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Swyngedouw, E., & N. Heynen (2003): Urban political ecology, justice and the politics of scale. In: *Antipode*: 899–918.
- Turner, B. L. & P. Robbins (2008): Land-Change Science and Political Ecology: Similarities, Differences, and Implications for Sustainability Science. In: *Annual Review of Environment and Resources*, 33(1): 295–316.
- UN-Habitat (2010): *State of the World’s Cities 2010/2011: Cities for All: Bridging the Urban Divide*. Earthscan, London.
- UN-Habitat (2011): *Cities and climate change: Global report on human settlements 2011*. UN-Habitat, Nairobi.
- UN-Habitat (2009a): *Global report on human settlements: Planning*. UN-Habitat, Nairobi.
- UN-Habitat (2009b): *Ghana, Accra urban profile*. Regional and Technical Cooperation Division, Nairobi, Kenya.
- WHO (2010): *Hidden cities: Unmasking and overcoming health inequities in urban settings*. The WHO Centre for Health Development, Kobe and United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).
- Wolanski, E., Martinez J., and Richmond, R.H. (2009) “Quantifying the Impact of Watershed Urbanization on a Coral Reef: Maunalua Bay, Hawaii.” *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84(2): 259–268.
- Young, O. R., F. Berkhout, G. C. Gallopin, M. A. Janssen, E. Ostrom & S. Van der Leeuw (2006): The globalization of socio-ecological systems: An agenda for scientific research. In: *Global Environmental Change*, 16(3): 304–316.

German Research on Urbanisation

<http://www.megacities-megachallenge.org/>

<http://www.ufz.de/risk-habitat-megacity/index.php?en=15003>

<http://future-megacities.org/>

Addresses of the Authors

Prof. Dr. Antje Bruns
Humboldt-Universität zu Berlin
Department of Geography
Climate Change and Sustainable Development
Unter den Linden 6
10099 Berlin, Germany
antje.bruns@geo.hu-berlin.de

Fanny Frick, M. Sc.
Humboldt-Universität zu Berlin
Department of Geography
Climate Change and Sustainable Development
Unter den Linden 6
10099 Berlin, Germany
fanny.frick@geo.hu-berlin.de

IMPACTS OF ACCELERATED SEA LEVEL RISE ON THE COASTAL ZONES OF EGYPT

Michael Link, Jasmin Kominek & Jürgen Scheffran

Abstract

The coastal zones of Egypt are expected to be particularly vulnerable to the rise of the sea level in the Eastern Mediterranean. Depending on the scenario of sea level rise, a considerable share of the precious agricultural land in Egypt is threatened, likely to cause not only economic losses but also risks to the livelihoods of millions of inhabitants of the coastal zones and subsequently even possible dangers to the stability of the entire society. In this paper, we look at the risks imposed by sea level rise on the Egyptian coastal zones and assess the adaptive capacity of the affected society to address these issues adequately. This analysis is conducted in the context of an analytical framework that links climate change and its implications to societal stability and conflict via interactions with aspects of resource availability and individual wellbeing.

1 Introduction: Sea level rise and its extent in the 21st century

In addition to rising temperatures, changing precipitation patterns, and increasing frequencies of severe weather events, the rise of the global mean sea level is considered to be one of the most dangerous consequences of climate change. This aspect of climate change is of particular interest as already more than one tenth of the world's population lives within 10 m elevation of the current sea level (McGranahan et al. 2007), which is potentially at risk of needing relocation as the sea level continues to rise. Furthermore, the tremendous rate at which coastal zones are developed also increases the vulnerability of these areas. To preserve the livelihoods of the inhabitants of the coastal areas and to protect the assets in these regions, it is necessary to have a profound understanding of the processes leading to sea level rise. This is important to effectively plan and manage adaptation options to deal with an increasing sea level.

The extent of sea level rise is influenced considerably by several factors. First of all, there is steric sea level rise, i.e. the thermal expansion of the oceans as a consequence of global warming. Another component is eustatic sea level rise due to the melting of glaciers and ice sheets in Greenland and the Antarctic which store vast amounts of fresh water (Jacob et al. 2012). Furthermore, there are other terrestrial sources of water such as high mountain glaciers and rivers. All these contributions taken together affect the relative sea level rise. In order to obtain estimates of the absolute sea level rise, the dynamics of ocean currents as well as the tectonic movement of the land arising from e.g. subsidence or uplift also have to be taken into consideration (Nicholls et al. 2011, Rahmstorf 2012). The latter contribution is referred to as isostatic sea level rise.

Simulations based on the Special Report on Emission Scenarios (SRES) of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) have led to estimates of an increase in global mean sea level (Fig. 1) between 18 and 59 cm by the end of the 21st century (Solomon et al. 2007). Considerable uncertainties arise because the extent of the contribution of the melting of the Antarctic and Greenland ice sheets is unclear. This factor may increase substantially in importance beyond a certain tipping point in global temperature increase (Church et al. 2010). Recent assessments of the development of the sea level indicate that the actual increase in sea level is likely to be much closer to the upper bound of the projections than to the lower bound (Rahmstorf et al. 2007, Schaeffer et al. 2012). Consequently, sea level rise is expected to become an increasingly urgent issue among the consequences of climate change.

However, there is substantial regional differentiation when it comes to the amount of sea level rise. It is the global average change of the sea level with regional variations due to the ocean dynamics (Stammer 2008) in combination with local land motion that actually determines whether a particular coastal zone is at risk. One of the regions that can be considered to be exceptionally vulnerable to the impacts of sea level rise is the Egyptian coast along the Eastern Mediterranean. This is because of an unfavorable combination of sea level rise and land movement in this region.

In this paper, we have a closer look at the impacts of sea level rise on this particular coastal region, which encompass ecological changes and land losses as well as the resulting economic and social implications. All of these interact in a complex way and consequently have to be considered jointly (c.f. figure in Scheffran et al. 2012a). In this context, we will also address the strategies and measures that already have been taken or need to be taken to counter the adverse impacts of sea level rise on Egypt.

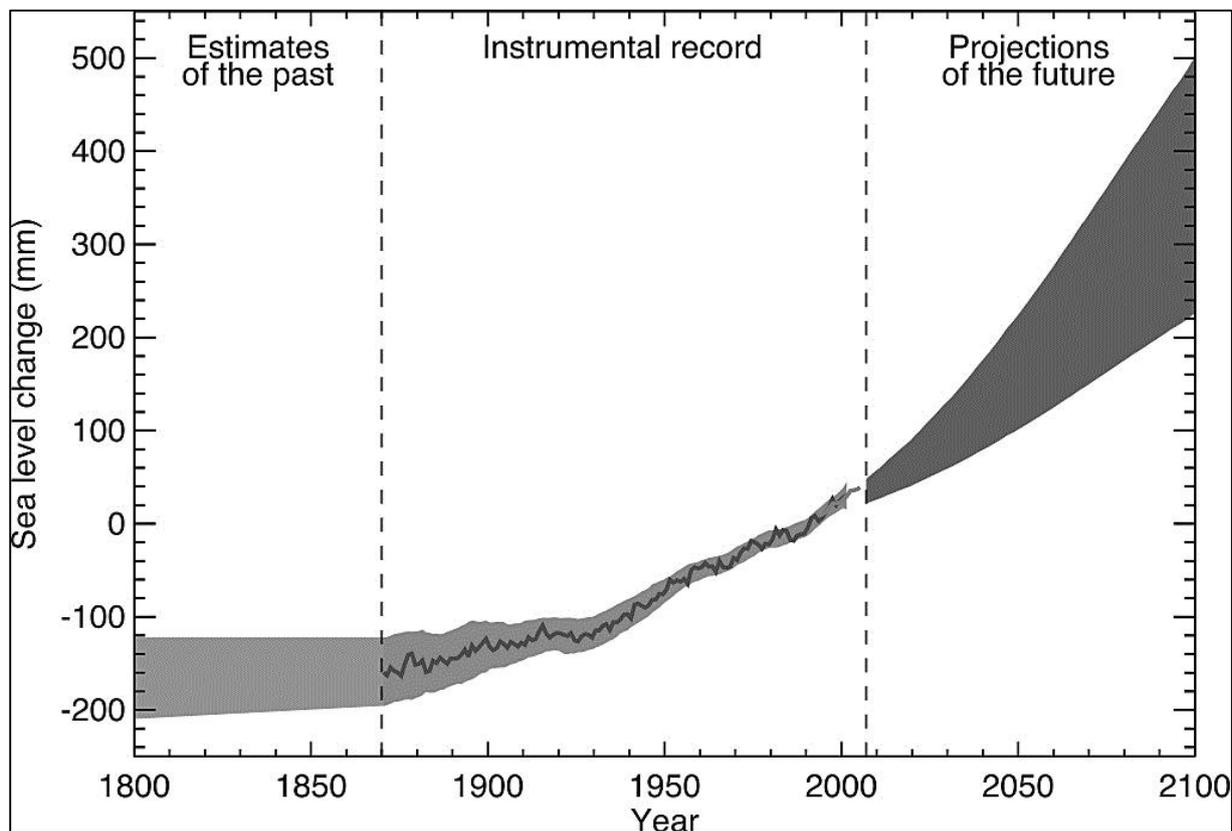


Fig. 1: Projections of global mean sea level change. The grey areas indicate the uncertainty in the long term estimates of the rate of sea level change. The line is a reconstruction based on measurements using tide gauges (Solomon et al. 2007).

2 The coastal areas of Egypt

The coasts of Egypt extend over more than 3500 km along the Eastern Mediterranean and the Red Sea. The Mediterranean coast of Egypt can be divided into four main subregions (Frihy and El-Sayed 2012): The northwest coastal sector extends from Sallum to Alexandria. It can be characterized as being particularly suitable for recreational activities and tourism. The Alexandria coastal sector extends further eastward from Hammam to Abu Qir. Then, the Nile Delta coastal sector extends all the way to Port Said in the East. The easternmost sector of the Mediterranean coast of Egypt is the North Sinai coastal sector, which extends from Port Said to Rafah. This sector consists of large dunes that reach considerable heights, thus naturally protecting the coastal area.

More than 40 % of the Egyptian people live along the coastlines of the country, mostly in the Nile River Delta between Alexandria and Port Said (Elsharkawy et al. 2009). The shoreline of the Nile Delta itself is 275 km long and consists of several promontories that are separated by saddles and bays (Frihy 2003). There are three large lagoons that are separated from the sea.

Initially, seven branches of the Nile River formed the delta. By now, these have silted up and Nile water passes through two remaining branches, the Rosetta branch in the West and the Damietta branch in the East (ibid.).

The Egyptian coast along the Mediterranean is intensively used by the Egyptian people. There is considerable tourism infrastructure as the coastal zones of Egypt are the most popular tourism destinations in the country. Revenues from tourism amount to more than 11% of the Egyptian GDP (El Raey 2011). Furthermore, there is substantial agricultural use of the flat land in the Nile Delta for food production and of the lakes and lagoons for fisheries, the latter providing more than 60% of the total catch of Egyptian fishermen (ibid.).

Even though the area of the Nile Delta amounts to only four per cent of the entire land area of Egypt, this region contributes more than one third of Egypt's agricultural production and almost two thirds of the country's fisheries' output (Frihy 2003). To add to the value of this coastal land, the Nile Delta is one of the few regions of Egypt in which large scale agricultural production is possible at all.

In the recent past, the Nile Delta has experienced considerable changes in environmental conditions. Some of them have been of natural, some of anthropogenic origin (Becker and Sultan 2009, Syvitski et al. 2009). For instance, there is erosion along the delta coast (El Banna and Frihy 2009, Frihy et al. 2008) and the drying up of wetlands (El-Asmar and Hereher 2011), which occurs by expansions of agricultural production areas. Furthermore, there are considerable human-induced changes to the coastal geomorphology in the region of the Nile Delta. Land reclamation projects have added several hundreds of square kilometers of agricultural land (El Banna and Frihy 2009), and previously unproductive land has been converted into fish farms, considerably increasing the economic output in this part of the country. These changes increase the vulnerability of the coastal zone with regard to sea level rise because natural protection is removed and the likelihood of subsidence of the land is thus increased. Therefore, protective measures become more and more important in order to avoid loss of land due to inundation even at moderate rates of sea level rise.

In this context, it has to be noted that the regional implications of sea level rise for the Egyptian coast vary depending on the geographic location. Assessments of historic records indicate that there is a continuous relative increase in sea level irrespective of changing climatic conditions that fluctuates between 1.8 and 4.9 mm/a (Frihy et al. 2010). The highest rates generally occur near the Rosetta promontory while there is less sea level rise near the harbor of

Alexandria. These differences can be attributed to the local tectonic settings. Recent measurements at the tide gauge station in Alexandria using global positioning systems (GPS) yield a relative sea level rise of 1.7 mm/a (Shaker et al. 2011). Taking into account tectonic settling of the area at the rate of -0.47 mm/a, the measurement-based estimate of absolute sea level rise at the northwest Mediterranean coast of Egypt is almost 2.2 mm/a (ibid.). This corresponds well with tidal gauge measurements at different sites that indicate an increase in water level in the past decades between 1.0 mm/a in Burullus and 2.3 mm/a in Port Said (Frihy 2003).

Nonetheless, these current rates of eustatic sea level rise that have been measured do not yet pose a threat to the Nile Delta (Hereher 2010). There are coastal sand dunes, ridges and elevated strips along the coast that serve as initial barriers. Furthermore, there are already active coastal protection measures such as seawalls and the elevated design of the international coastal highway that protect the delta against the sea. On the other hand, there are processes that lead to the submergence of parts of the delta. These include the removal of coastal dunes and subsidence from water pumping from fossil aquifers, which can reach up to 5 mm/a (Stanley 1998) and occur because of tectonics and sediment compaction.

Such land subsidence, which shows the highest rates in the area of Alexandria, is an important issue. In addition to coseismic subsidence, which mainly occurs in non-continuous fashion after e.g. earthquakes, the influence of aseismic land subsidence, which occurs as a consequence of soil compaction and water withdrawal from aquifers, plays a considerable role in this region. Subsidence of the coastal regions of Egypt has been accounted for in the past. Subsidence after major tectonic activity has already been confirmed in the fourth century A.D. (Frihy 2003). In combination with the low elevations and flat character of large parts of the coastal areas along the Mediterranean coast of Egypt, subsidence can pose considerable problems should the sea level continue to rise. Assessments with digital elevation models indicate that almost 20% of the Nile River Delta already lies below the mean sea level (Hereher 2010) and that another 25 % lies below an elevation of 2 m. These include drained lagoons that are now agriculturally used. All of these areas are prone to flooding if the sea level rose as projected.

Because of the diverse use of the coastal zones of Egypt, it is already necessary to protect the coast against the current moderate increase in sea level. However, there would be widespread consequences if the sea level rose at a considerably higher rate in the Eastern Mediterranean as this would pose an

additional burden on the protective measures that may overstretch the adaptive capacity of the Egyptian society. Such impacts are not only confined to land losses through inundation and erosion but also affect the population of this area in many direct and indirect ways.

3 Ecological and economic consequences of accelerated sea level rise in Egypt

When looking at the implications of sea level rise for the Egyptian coastal zones, it is important to note that it is a combination of several factors that contribute to the vulnerability of the regions. Of course, one key factor is the extent of increase in the sea level due to changing climatic conditions (Frihy 2003). But additionally, the tectonic setting of the individual parts of the coastline also has to be addressed: does the land subside or does it currently emerge? And how do human activities influence the local development of the coastal zones as large scale removal of water from ground water aquifers contributes significantly to land subsidence? Furthermore, short term meteorological events such as storm surges also have an impact on the coastal zones that should not be disregarded.

Assessments of the vulnerability of the Mediterranean coastline of Egypt that take into account a combination of the factors mentioned above indicate that approximately 30 % are considered to be vulnerable to sea level rise (Frihy, 2003). These areas mainly consist of narrow natural sand barriers, the low and flat coastal plain and some low-lying beaches consisting of very fine sand. In contrast, about 55 % of the coast is naturally protected and thus fairly safe from sea level rise. The remaining part of the coast (15 %) is artificially protected and continuously needs to be protected this way to maintain the integrity of the Egyptian Mediterranean coast (ibid.).

A vulnerability ranking of the different geographic sectors of the Egyptian Mediterranean coast indicates that in the northwestern coastal sector, the low-lying beaches are particularly vulnerable to sea level rise (Tab. 1, Frihy and El-Sayed 2012). The same holds for the region of Alexandria. In the Nile Delta region, also the coastal lagoon barriers are extremely vulnerable. All these are subject to subsidence or high rates of coastal erosion. The moderately vulnerable zones are naturally protected, whereas the artificially protected areas can be considered to now have a low vulnerability to the current rate of sea level rise.

When the sea level rises, increased storm surges become a more prominent threat to the coastal areas. An assessment of the impacts of these climate change impacts indicates that the area of the coastal zones in Egypt affected by storm surges would almost double as a consequence of higher storm surge intensity (Dasgupta et al. 2009b). More than 2.6 million people would then be additionally affected by increased inundation, with an emphasis on the region around Port Said, the urban area that is considered to be the most adversely affected city in the Mediterranean North African region with respect to the consequences of sea level rise (Elsharkawy et al. 2009).

Tab. 1: Vulnerabilities of the Egyptian Mediterranean coasts with regard to sea level rise (adapted from Frihy and El-Sayed 2012)

Sector	vulnerability
Northwest coast: coastal plain	vulnerable only in extreme events or safe
Northwest coast: low-lying beaches	highly vulnerable
Alexandria: coastal plain	vulnerable only in extreme events or safe
Alexandria: low land	vulnerable only in extreme events
Alexandria: low-lying beaches	highly vulnerable
Nile Delta: around Rosetta extension	moderately or hardly vulnerable
Nile Delta: west of Damietta port	moderately or hardly vulnerable
Nile Delta: coastal lagoon barrier	highly or moderately vulnerable
Nile Delta: sand dunes	safe
Nile Delta: accretional beaches	safe
Nile Delta: low-lying beaches	highly vulnerable
North Sinai: coastal plain	vulnerable only in extreme events or safe
North Sinai: Bardawil Lagoon	hardly vulnerable
North Sinai: flash flood drains	vulnerable only in extreme events
North Sinai: low-lying beaches	highly vulnerable

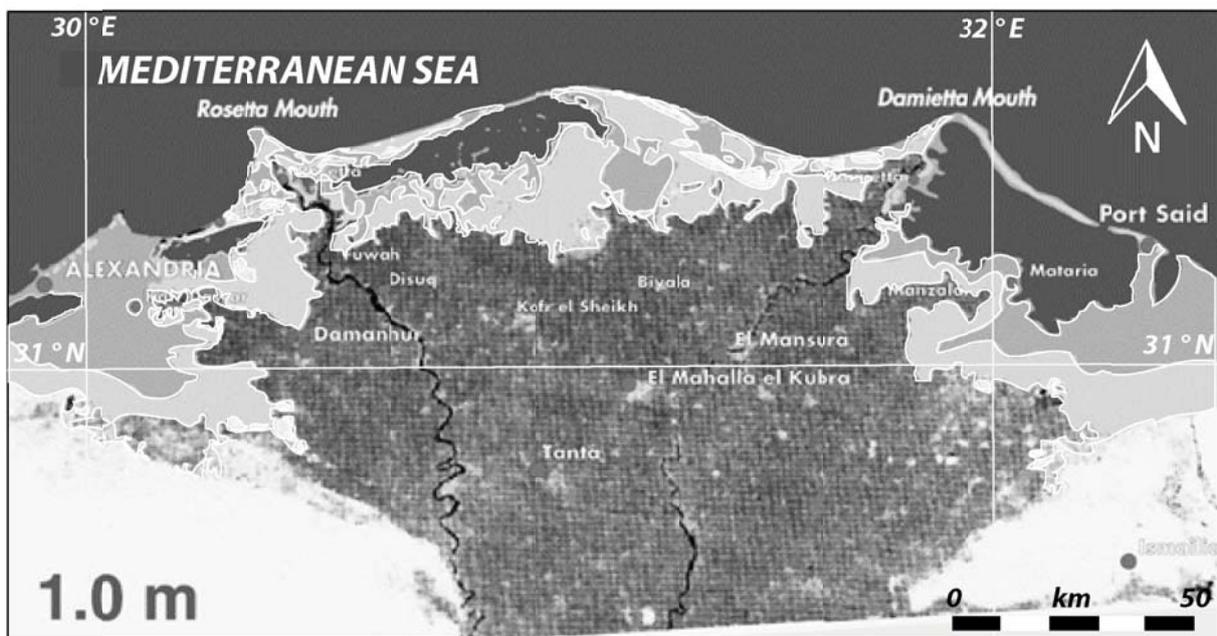


Fig. 2: The land areas in the Nile Delta that would be flooded if the sea level rose by 0.5 m and by 1.0 m (FitzGerald et al., 2008): The Mediterranean is shown in dark grey, the areas affected by an increase in sea level of 0.5 m are shown in medium grey, and the areas affected by a sea level rise of 1.0 m are shown in light grey.

In addition to the impacts of more extensive extreme events, inundation of the flat and low-lying coastal land is the prime danger arising from sea level rise. Simulation results indicate that the Nile River Delta is one of the regions that would be most affected worldwide by a rise in sea level of one meter (Dasgupta et al. 2011). Vast areas of the directly exposed parts of the coastal zone would be flooded. If the sea level only rose by 0.5 m, more than 1800 km² of agricultural land would be lost (Fig. 2), affecting approximately 3.8 million people

(FitzGerald et al., 2008). If the sea level rose by 1 m, the number of people that would need to leave their land would increase to more than 6 million (Dasgupta et al. 2009a), as approximately 4500 km² of land become uninhabitable. But because of the heterogeneous terrain in the Nile Delta, not the entire plain is affected by sea level rise in the same way. However, continued sea level rise also increases the risk of coastal erosion and saltwater intrusion, which are the other key impacts in addition to direct land losses (Frihy et al. 2010).

Salt water intrusion into ground water aquifers is a severe problem particularly in those areas of the coastal zones, which have an elevation that is only slightly above the current sea level. Model simulations suggest that an increase in sea level by 0.5 m leads to an intrusion of salt water into the Nile Delta aquifers, which could reach up to nine kilometers inland (Sherif and Singh 1999). Recent studies have confirmed this order of magnitude (Werner and Simmons 2009). Degeneration of fresh water sources over such a large area is likely to have a substantial negative impact on agricultural production in this area. Additionally, this implies a considerable challenge to provide the large number of Egyptians that live in the coastal zones with adequate amounts of clean potable water. Should it become impossible to sustain the population currently living near the Egyptian coasts, large numbers of coastal inhabitants would need to migrate into other parts of the country.

However, the most direct economic impacts of sea level rise on Egypt arise from losses of agricultural land due to inundation. Depending on the extent of losses of agricultural land in the Nile Delta, the economic consequences can vary considerably. If only the northernmost coastal areas in the Nile Delta are affected, the economic impact may remain limited (Frihy and El-Sayed 2012). But for a more pronounced sea level rise, the effects may become particularly devastating to the Egyptian economy since the Nile Delta is one of the few parts of the country that can be used for large scale agricultural production. Although coastal lagoons are expected to be able to adjust to salinity changes in environmental boundary conditions (Frihy 2003), declines in fish catches in the lakes and lagoons in northern Egypt are likely, which in turn leads to the abandonment of the fisheries by many fishermen and the subsequent decline in Egyptian GDP (Elsharkawy et al. 2009).

Assessments of the economic consequences of sea level rise highlight the necessity of artificial coastal protection in Egypt on a large scale because even the economic losses incurred by an increase in sea level by only 0.5 m without any adaptation measures would be considerable. More than 1.5 million people only in the vicinity of the city of Alexandria would have to be relocated (El

Raey 1997). The damage to land and infrastructure, e.g. due to the abandonment of the harbor of Alexandria would amount to more than 30 billion US-Dollars (ibid.).

But even with considerable artificial protection, the Egyptian economy would be seriously affected by an extensive rise in sea level (Dasgupta et al. 2011). If the sea level rose by one meter, the gross domestic product would decline by almost 6.5 % with the agricultural sector being hit disproportionately strong with a decline by 12.5 % (ibid.). Such a development is a direct threat to food security for the rapidly growing population, as the needs for fundamental food crops could be fulfilled to a far lesser degree than at present.

However, agriculture and fisheries are not the only economic sectors that would be adversely affected by sea level rise. Particularly the western part of the Mediterranean coast of Egypt has experienced a considerable development of tourism infrastructure and recreational activities. Assessments indicate that sea level rise is likely to cause local erosion and inundation of sandy beaches, which would have negative implications for the affected resorts and tourist destinations (Frihy and El-Sayed 2012). These impacts can be expected to be very serious although no assessments quantifying these consequences have been carried out yet. Similarly, there are possible impacts of sea level rise on oil and gas exploration in the Nile Delta, on road infrastructure (e.g. the coastal road from Rafah to Matruh), and on coastal ecosystems and wetlands. As with the impacts on tourism, impacts on all the latter sectors have, until now, only been assessed qualitatively.

4 Impacts on societal stability

Sea level is just one of several environmental factors that may be altered considerably by climate change. In combination with other factors of climate change, it may have strong long-term impacts on the most downstream country of the Nile. A reduction in the amount of agricultural land available for food production and a decline in fresh water availability can force large numbers of people living in the coastal areas of Egypt to migrate to other parts of the country. Such a development may increase the conflict potential within the Egyptian population and thus contribute to a destabilization of the society as a whole.

But due to their different environmental characteristics, there needs to be a differentiation of the risks among the different coastal zones of Egypt. A qualitative assessment of the risks with regard to the consequences of sea level rise indicates that there are definite geographical differences (Tab. 2). The Nile

Delta region faces the highest risks, and in all coastal sectors the economic risks from sea level rise are more prominent than the ecological risks or the direct risks for the population. Despite the relatively low effectiveness of coastal protection, it appears to be adequate for the current sea level (Frihy and El-Sayed 2012). However, protective structures have to be maintained and even improved if the sea level rise accelerates. This requires substantial financial investments that may no longer be available if the country is affected by the combination of several climate change impacts such as increasing temperatures, less precipitation in conjunction with a higher sea level and a possible increase in the frequency of storms.

Tab. 2: Risks with regard to sea level rise for different sectors of the Egyptian Mediterranean coasts (adapted from Frihy and El-Sayed 2012)

	population	economy	environment	effectiveness of protection
Northwest coast	low risk	moderate risk	low risk	low
Alexandria	moderate risk	high risk	moderate risk	moderate
Nile Delta	moderate risk	high risk	high risk	moderate
North Sinai	low risk	moderate risk	low risk	low

The impacts of climate change affect many parts of the society and cause a multitude of responses. Some of them lead to increased cooperation and some may cause conflicts, possibly even violent conflicts (Link et al. 2012). These responses do not follow a simple pattern that can directly relate the occurrence of conflict to a particular change in environmental conditions. Instead, these responses are the result of the influence of the environment on the individuals living in the coastal zones of Egypt who then act and also interact with each other. These interactions between the various actors in the Nile River Basin and in this case particularly in Egypt are the basis of a model that has been developed at the Research Group Climate Change and Security (*CLISEC*) at the University of Hamburg (Scheffran et al. 2012b). It looks at the consequences of (climate change induced) environmental change for societal stability and considers the complex interactions between climate change, environmental

impacts, resource availability, individual human wellbeing and societal stability (see Fig. 3).

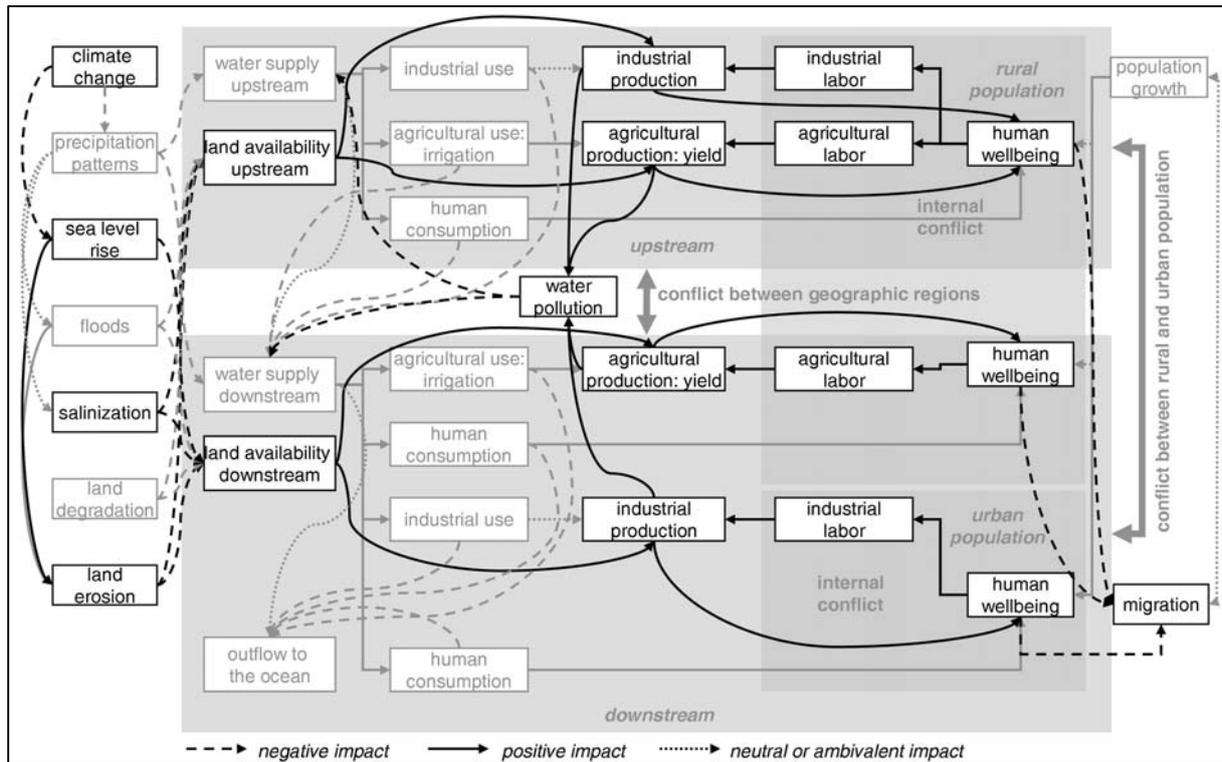


Fig. 3: Schematic representation of the interactions between actors and issues in the Nile River Basin in times of climate change with a particular focus on the impacts of sea level rise (adapted from Scheffran et al. 2012b).

Sea level rise is one of the factors directly influenced by climate change that has to be considered in this context as it aggravates the already difficult situation to adequately supply the Egyptian population with fundamental resources such as drinking water and fundamental crops. In the model framework, a combination of sea level rise, salinization of water resources, and land erosion affects the coastal zones of Egypt. This affects land availability, mainly in the far downstream part of the Nile in the Nile Delta but also to a lesser extent in the eastern part of Egypt along the Red Sea coast. Land availability has an influence on agricultural and industrial production and also affects value added from tourism. Human wellbeing declines because of reduced economic revenues, which in turn further reduces the number of jobs available. Consequently, there is a self-reinforcing feedback loop back to economic output. Reduced job availability triggers out-migration into the other (presumably less affected) parts of the country, possibly upsetting the stability of the social systems and causing unrest and conflict.

More detailed assessments of the particular implications of sea level rise on the coastal zones of Egypt and their societal consequences are subject of future research to support this qualitative framework with results of quantitative model simulations. But the already existing results of initial assessments of the impacts of sea level rise on the Egyptian coastal zones indicate that large scale coastal protection is mandatory if the worst impacts, particularly due to inundation of the sea, are to be avoided.

5 Strategies to deal with sea level rise

There are already a number of measures taken to protect the Egyptian coast against the consequences of sea level rise. Already, more than US\$ 300 million have been spent to install sea walls along the most severely threatened parts of the coast (Elsharkawy et al. 2009). In some parts of the coast it is possible to rely on natural features with an elevation that is high enough to serve as protection (Frihy and El-Sayed 2012). These include extensive sand dunes and ridges that run parallel to the shoreline. They are complemented by artificial structures such as seawalls or breakwaters. In particular, the outer parts of the promontories where the Nile River meets the sea are protected by seawalls. In these areas, erosion has declined considerably near the seawalls or has in some instances even changed to sand accumulation (Frihy et al. 2003). However, in the areas adjacent to these protective structures erosion has intensified in the downstream direction of the seawalls.

Prior to the Arab Spring in 2011, the Egyptian government had also started protecting the areas at risk by establishing new environmental regulations (Elsharkawy et al. 2009). First efforts to reduce the adverse impacts of sea level rise on water resources by implementing a National Improvement Plan are supposed to reach their targets by 2017. However, these plans have been criticized for mainly protecting tourism infrastructure. A more comprehensive protection plan would need to include stronger monitoring efforts and better enforcement of the measures. This includes the establishment of an Integrated Coastal Zone Management Committee and the improvement of community awareness of the risks of climate change to the coastal zones.

6 Conclusion

The current political situation in Egypt could prove to be a real problem when it comes to coastal protection. Assessments of the adaptive measures that have already been implemented indicate that these are currently insufficient to

adequately prepare the Egyptian coastal zones for a future increase in sea level rise (Dasgupta et al. 2009a). But in times of political turmoil and power changing hands, environmental protection often takes a back seat in comparison to individual rights and economic considerations of many. It is not clear how the importance of coastal protection will rank among the priorities of the many problems that need to be addressed by the new Egyptian administration in the coming years. Furthermore, it is not easy to implement plans for coastal protection as they require joint actions by all administrative levels in the country and a substantial increase in awareness of the expected problems that will arise in conjunction with sea level rise.

So, despite the efforts to protect the Egyptian coasts against the impacts of sea level rise, particularly the coast along the Nile Delta is only protected in a very fragmented manner (Malm 2012). This is mainly due to the limited resources available in Egypt to invest into adaptation measures to climate change and the fact that some tourism developments directly on the edge of the sea need particular protection. The protective measures for this infrastructure consume the majority of the available resources as considerable economic assets would be lost if these tourism resorts were abandoned. However, it is unlikely that coastal protection in Egypt can be successful if the prioritization in protection projects remains unaltered. If Egypt aims at successfully adapting to the consequences of sea level rise, it needs to abandon the business-as-usual protection strategies of the coasts and to implement a “revolutionary sea wall” (Malm, 2012: 23) that includes the raising of public awareness and public participation which includes the whole society.

Acknowledgements

Research for this paper was supported through the Cluster of Excellence 'CliSAP' (EXC177), University of Hamburg, which is funded through the German Science Foundation (DFG).

Literature

- Becker, R. H. & M. Sultan (2009): Land subsidence in the Nile Delta: inferences from radar interferometry. *The Holocene* 19: 949-954.
- Church, J. A., T. Aarup, P. L. Woodworth, W. S. Wilson, R. J. Nicholls, R. Rayner, K. Lambeck, G. T. Mitchum, K. Steffen, A. Cazenave, G. Blewitt, J. X. Mitrovica & J. A. Lowe (2010): Sea-level Rise and Variability - Synthesis and Outlook for the Future. In: Church, J. A., P. L. Woodworth, T. Aarup & W. S. Wilson (eds.), *Understanding Sea Level Rise and Variability*, Wiley-Blackwell, Chichester, UK, 402-420.

- Dasgupta, S., B. Laplante, C. Meisner, D. Wheeler & J. Yan (2009a): The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis. *Climatic Change* 93: 379-388.
- Dasgupta, S., B. Laplante, S. Murray & D. Wheeler (2009b): *Sea-Level Rise and Storm Surges: A Comparative Analysis of Impacts in Developing Countries*. The World Bank, Washington, DC, 1-41.
- Dasgupta, S., B. Laplante, S. Murray & D. Wheeler (2011): Exposure of developing countries to sea-level rise and storm surges. *Climatic Change* 106: 567-579.
- El-Asmar, H. M. & M. E. Hereher (2011): Change detection of the coastal zone east of the Nile Delta using remote sensing. *Environmental Earth Sciences* 62: 769-777.
- El Banna, M. M. & O. E. Frihy (2009): Human-induced changes in the geomorphology of the northeastern coast of the Nile delta, Egypt. *Geomorphology* 107: 72-78.
- El Raey, M. (1997): Vulnerability assessment of the coastal zone of the Nile delta of Egypt, to the impacts of sea level rise. *Ocean & Coastal Management* 37: 29-40.
- El Raey, M. (2011): Mapping Areas Affected by Sea-Level Rise due to Climate Change in the Nile Delta Until 2100. In: Brauch, H. G., Ú. Oswald Spring, C. Mesjasz, J. Grin, P. Kameri-Mbote, B. Chourou, P. Dunay & J. Birkmann (eds.), *Coping with Global Environmental Change, Disasters and Security*, Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 773-788.
- Elsharkawy, H., H. Rashed & I. Rached (2009): Climate Change: The Impacts of Sea Level Rise on Egypt. 45th ISOCARP Congress, Porto, Portugal, 1-11.
- FitzGerald, D. M., M. S. Fenster, B. A. Argow & I. V. Buynevich (2008): Coastal Impacts Due to Sea-Level Rise. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 36: 601-647.
- Frihy, O. E. (2003): The Nile Delta-Alexandria Coast: Vulnerability to Sea-Level Rise, Consequences and Adaptation. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 8: 115-138.
- Frihy, O. E., E. A. Deabes, S. M. Shereet & F. A. Abdalla (2010): Alexandria-Nile Delta coast, Egypt: update and future projection of sea-level rise. *Environmental Earth Sciences* 61: 253-273.
- Frihy, O. E., E. A. Debes & W. R. El Sayed (2003): Processes reshaping the Nile delta promontories of Egypt: pre- and post-protection. *Geomorphology* 53: 263-279.
- Frihy, O. E. & M. K. El-Sayed (2012): Vulnerability risk assessment and adaptation to climate change induced sea level rise along the Mediterranean coast of Egypt. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*: online first
- Frihy, O. E., S. M. Shereet & M. M. El Banna (2008): Pattern of Beach Erosion and Scour Depth along the Rosetta Promontory and their Effect on the Existing Protection Works, Nile Delta, Egypt. *Journal of Coastal Research* 24: 857-866.
- Hereher, M. E. (2010): Vulnerability of the Nile Delta to sea level rise: an assessment using remote sensing. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 1: 315-321.
- Jacob, T., J. Wahr, W. T. Pfeffer & S. Swenson (2012): Recent contributions of glaciers and ice caps to sea level rise. *Nature* 482: 514-518.
- Link, P. M., F. Piontek, J. Scheffran & J. Schilling (2012): On foes and flows: vulnerabilities, adaptive capacities and transboundary relations in the Nile River Basin in times of climate change. *L'Europe en formation* 365: 99-138.
- Malm, A. (2012): Sea Wall Politics: Uneven and Combined Protection of the Nile Delta Coastline in the Face of Sea Level Rise. *Critical Sociology*: 1 -30.
- McGranahan, G., D. Balk & B. Anderson (2007): The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *Environment & Urbanization* 19: 17-37.

- Nicholls, R. J., S. E. Hanson, J. A. Lowe, R. A. Warrick, X. Lu, A. J. Long & T. R. Carter (2011): Constructing Sea-Level Scenarios for Impact and Adaptation Assessment of Coastal Area: A Guidance Document. Intergovernmental Panel on Climate Change Task Group on Data and Scenario Support for Impacts and Climate Analysis (TGICA), 1-47.
- Rahmstorf, S. (2012): Modeling Sea Level Rise. *Nature Education Knowledge* 3: 4.
- Rahmstorf, S., A. Cazenave, J. A. Church, J. E. Hansen, R. F. Keeling, D. E. Parker & R. C. J. Somerville (2007): Recent Climate Observations Compared to Projections. *Science* 316: 709.
- Schaeffer, M., W. Hare, S. Rahmstorf & M. Vermeer (2012): Long-term sea-level rise implied by 1.5 °C and 2 °C warming levels. *Nature Climate Change* 2: 867-870.
- Scheffran, J., M. Brzoska, J. Kominek, P. M. Link & J. Schilling (2012a): Climate Change and Violent Conflict. *Science* 336: 869-871.
- Scheffran, J., P. M. Link & J. Schilling (2012b): Theories and Models of the Climate-Security Interaction: Framework and Application to a Climate Hot Spot in North Africa In: Scheffran, J., M. Brzoska, H. G. Brauch, P. M. Link & J. Schilling (eds.), *Climate Change, Human Security and Violent Conflict*, Springer, Berlin, 91-131.
- Shaker, A. A., D. Alnaggar, A. A. Saad & H. Faisal (2011): Absolute Sea Level Rise Estimation at Alexandria Using Tide Records and GPS Observations. FIG Working Week 2011, Marrakech, Morocco, 1-14.
- Sherif, M. M. & V. J. Singh (1999): Effect of climate change on sea water intrusion in coastal aquifers. *Hydrological Processes* 13: 1277-1287.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor & H. L. Miller (eds.) (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 996 pp.
- Stammer, D. (2008): Response of the global ocean to Greenland and Antarctic ice melting. *Journal of Geophysical Research* 113: C06022.
- Stanley, D. L. (1998): Explaining persistent conflict among resource users: The case of Honduran mariculture. *Society & Natural Resources* 11: 267-278.
- Syvitski, J. P. M., A. J. Kettner, I. Overeem, E. W. H. Hutton, M. T. Hannon, G. R. Brakenridge, J. Day, C. J. Vörösmarty, Y. Saito, L. Giosan & R. J. Nicholls (2009): Sinking deltas due to human activities. *Nature Geoscience* 2: 681-686.
- Werner, A. D. & C. T. Simmons (2009): Impact of Sea-Level Rise on Sea Water Intrusion in Coastal Aquifers. *Ground Water* 47: 197-204.

Addresses of the Author

Dr. Peter Michael Link
 University of Hamburg
 Research Group Climate Change and Security
 KlimaCampus
 Grindelberg 7
 20144 Hamburg, Germany
 michael.link@zmaw.de

Jasmin Kominek, Prof. Dr. Jürgen Scheffran
 University of Hamburg
 Research Group Climate Change and Security
 KlimaCampus
 Grindelberg 7
 20144 Hamburg, Germany
 jasmin.kominek@zmaw.de
 juergen.scheffran@zmaw.de

MERKMALE EINES HISTORISCHEN TSUNAMIS IN DER NORDSEE

Jürgen Newig

Zusammenfassung

Am 5. Juni 1858 kam es zu einem Tsunami im englischen Kanal und in der Nordsee, der bisher in der Wissenschaft weitgehend unbeachtet blieb. Die spärliche ältere Literatur geht in der Regel von einem lokal begrenzten Ereignis aus. Meist erst nach dem pazifischen Tsunami von 2004 wurde der historische Tsunami von 1858 von dänischen, französischen und amerikanischen Institutionen tabellarisch oder mit Anmerkungen vorsichtig registriert (z. B. von der NOAA als „questionable tsunami“), jedoch stets auf der Grundlage der Annahme eines begrenzten regionalen Phänomens.

In einem Aufsatz in der Zeitschrift „Journal of Coastal Research“ stellten Dieter Kelletat und Jürgen Newig (2011) erstmals alle verfügbaren Quellen zusammen und konnten ermitteln, dass es sich bei dem Ereignis von 1858 um einen Tsunami handelt, der sowohl den östlichen Ausgang des Atlantik im Kanal als auch die kontinentale Nordseeküste umfasste und eine klare zeitliche Folge von Süden nach Norden zeigt. Das Maximum des Wellenaufbaus wurde an der dänischen Ausgleichsküste mit bis zu 6 m Höhe beobachtet, während im Kanalbereich nur Auflauhöhen bis zu 2,40 m vorkamen (Newig & Kelletat 2011).

Es scheint einen grundlegenden Unterschied zwischen dem Wellenverhalten im Kanal und der Nordsee gegeben zu haben, der mit der komplizierten Küstenkonfiguration der Nordsee zusammenhängen könnte: Das für einen Tsunami so typische Zurückweichen des Meeres vor dem erhöhten Wellenaufbau wurde nur im Kanal, nicht aber in der Nordsee beobachtet. Aufschlussreich sind zahlreiche Detailbeobachtungen von meteorologischen Begleiterscheinungen, wie kurzfristige heftige Gewitter, Tornados und plötzliche Geräuschbildungen. Diese Beobachtungen regen dazu an, das Luftpolster oberhalb des Meeresspiegels mehr als bisher in Tsunami-Untersuchungen einzubeziehen. Um alle möglichen Einflussfaktoren zu berücksichtigen, sollte man also das Phänomen Tsunami als ein Gemisch aus allen drei Aggregatzuständen auffassen: flüssig (Meerwasser), fest (bathy-

metrische und topographische Bedingungen der Küste) sowie gasförmig (atmosphärische Bedingungen bzw. das die Wellen begleitende Luftpolster). Die Vielfalt der Erscheinungsformen und Beobachtungen im Zusammenhang mit dem historischen Tsunami zeigt, dass wir hinsichtlich der Erforschung in einem stark gegliederten Nebenmeer wie der Nordsee erst am Anfang stehen.

1 Einführung

Am 5. Juni 1858 kam es zu einem Tsunami in der Nordsee, der in Umfang und Verbreitung bis vor kurzem nicht recht in den Blick der Fachleute gelangt ist. Die spärliche ältere und auch neuere Literatur geht in der Regel von einem lokal begrenzten Ereignis aus.

Der historische Tsunami wird in einschlägigen Listen als lokales und regionales Phänomen registriert. Das gilt sowohl für das amerikanische NGCD/NOAA, das ihn als „questionable tsunami“ einstuft als auch für das französische BRGM und das Danish Meteorological Institute. Das BRGM hat übrigens zu jedem Tsunami alle ihm erreichbaren historischen Quellen ins Netz gestellt, so dass wir auf diese Weise einige (nicht alle) historische Tageszeitungen für den Kanalbereich bequem auswerten konnten. Das Dänische Meteorologische Institut hat nach 2004 eine gründliche Bestandsaufnahme unternommen und in einem breiten Ansatz auch historische Tsunamis einbezogen. Es kommt bei der Bewertung zu Ergebnissen, die sich von den in Deutschland nach 2004 modellierten deutlich unterscheiden (Danish Meteorological Institute, Copenhagen 2005). Bei Annahme einer ein Meter hohen Welle am Eingang der Nordsee bei Schottland kann es nach dänischer Vorstellung zu run-ups an der jütländischen Küste von vier bis fünf Metern kommen; etwa alle 1000 Jahre käme es auch zu einem „katastrophalen Tsunami“ in der Nordsee.

Was die Auswirkungen auf den Menschen angeht, so meinen die Dänen, dass größere Schäden an Deichen durch Tsunamis nicht zu erwarten sind. Wohl aber können die Auswirkungen auf die Bereiche vor dem Deich gravierend sein. Sollte ein größerer Tsunami an einem warmen Sommertag stattfinden, so wird er zahlreiche Menschenleben fordern (Danish Meteorological Institute 2005: 38).

Die Dänen zweifeln nicht an der Glaubwürdigkeit der Augenzeugenberichte im Zusammenhang mit dem Tsunami von 1858. Wörtlich übersetzt heißt es: „Es scheint keinen Zweifel daran zu geben, dass die Nordsee bei dieser Gelegenheit von einem Tsunami mit regionaler Ausprägung getroffen wurde“ (Danish Meteorological Institute 2005: 35).

Die gegenwärtige deutsche Diskussion ist wohl am stärksten durch die Untersuchungen von Lehfeldt et al. (2007) sowie von Bork et al. (2007) geprägt. Dort werden für die deutsche Nordseeküste nur geringe Tsunami-run-up-Höhen eingeräumt. Die Autoren kommen zu folgendem abschließenden Ergebnis: „Obwohl Prozesse im Küstennahbereich bei den Simulationen nicht realistisch behandelt werden konnten, scheint zusammenfassend dennoch die Aussage zulässig, dass die Deutsche Bucht durch ihre Lage im Wellenschatten von Norwegen, am Ende eines breiten, flachen Schelfgebiets sowie durch die Kanallänge vor katastrophalen Auswirkungen eines hypothetischen, aus dem Atlantik in die Nordsee einlaufenden Tsunamis geschützt ist“ (Bork et al. 2007: 99).

2 Historische Quellen und Quellenperzeption

Die Quellenbeschaffung war nicht einfach, und ich möchte an dieser Stelle der Fernleihe der Universitätsbibliothek Kiel und der dänischen Zentralbibliothek in Flensburg (Harald Wolbersen) meinen Dank für ihren Einsatz bei der Beschaffung von Mikrofilmen und historischer Originalliteratur aussprechen. Ferner gilt mein Dank den Herren Prof. Dr. Martin Rheinheimer und Dr. Peter Hopp für ihre Hilfen bei der Feinübersetzung dänischer Texte.

Die Berichte über den Tsunami von 1858 stammen vorwiegend von Fischern, denn diese waren es, die sich am Unglückstag hauptsächlich am Strand aufhielten. Es gab auch viele andere Zuträger, z. B. zwei ehemalige Kapitäne (Westerland und List), einen Pastor (Husby), einen Vogt in oldenburgischen Diensten (Wangerooge), einen Strandvogt (Westerland) und einen Hafenmeister in Ramsgate (England) sowie Chronisten. In Frankreich und England, wo das Nachrichtenwesen, z. B. die Ausstattung mit den damals hochmodernen Fernschreibern, schon weiter fortgeschritten war, berichteten bereits auch Journalisten. Die unmittelbaren Berichte wurden zumeist in den lokalen Tageszeitungen veröffentlicht, angefangen vom Thisteder Anzeiger in Nordjütland bis zum Courier von Le Havre in Frankreich. Gelegentlich griffen auch überregionale Tageszeitungen, wie der offiziöse „Moniteur Universel“ in Paris das Thema auf oder auch Wochenmagazine, wie die erst kürzlich eingestellten „Illustrated London News“. Auch in Wissensmagazinen, etwa dem „Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg“ und den „Mittheilungen des Vereins nördlich der Elbe zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse“ (Fack 1858) wurde das Ereignis gewürdigt.

1871 nahm sich der berühmte dänische Naturforscher, Prof. Iapetus Steenstrup der Sache an und präsentierte Zeitungsartikel von 1858. Er wollte eine Beziehung zwischen diesem Wellenaufwurf und einem katastrophalen Drei-Wellen-Ereignis aus dem altnorwegischen „Königsspiegel“ von vor ca. 1000 Jahren herstellen, und diesem Impetus verdanken wir seine Literatursammlung und -auseinandersetzung. 1900 erschien von S. H. A. Rambusch eine Monographie über den Ringkøbing-Fjord, in der einer der wichtigsten Augenzeugenberichte des Tsunami von 1858 zu Wort kam.

Im Jahre 1915 setzte sich E. G. Harboe in den „Mitteilungen der Dänischen Geologischen Vereinigung“ kritisch mit Steenstrups Hypothese einer Erdbebenursache auseinander und stellte eine meteorologische dagegen (Harboe 1915). Nach Jahrzehnten der wissenschaftlichen Funkstille arbeitete das Dänische Meteorologische Institut im Jahre 2005 auch historische Arbeiten auf, und verwertete unter anderem diejenige von Rambusch, jedoch nicht die von Steenstrup. Dieser präsentierte u. a. eine der wichtigsten Zeitungsquellen zum Tsunami von 1858 für den Bereich der jütischen Westküste. Es handelt sich um die Beobachtungen eines Lister Zollkreuzer-Assistenten, der sich zum Zeitpunkt des Eintreffens des Tsunamis auf Dienstfahrt im Lister Tief aufhielt. Der Bericht soll wörtlich wieder gegeben werden - einerseits wegen seiner zahlreichen präzisen Angaben, andererseits, weil es sich hier um den einzigen Standort handelt, der aus einem Gezeitenstrom stammt.

„Das Wetter war an diesem Tag sehr stabil, mit schöner Wärme, das Meer ruhig und fast kein Wind rührte sich... [Ausgangspunkt war ein Ankerplatz ca. 2 Meilen vor der Einfahrt ins Lister Tief]. Ungefähr bei der ersten Tonne zur Einfahrt wurde achtern ein merkwürdiges Schauspiel bemerkt:

Es sah aus, als ob Himmel und Meer mit einem Male sich vereinigten zu einer riesigen Wand, die sich mit der Geschwindigkeit eines Kanonenschusses näherte. Es war mit einem nicht geringen Erstaunen, dass die Besatzung die mit so enormer Fahrt heranwühlende Welle wahrnahm, die einem die Haare zu Berge stehen ließ. Die notwendigen Vorsichtsmaßnahmen wurden schnell getroffen, und das kleine Fahrzeug hob sich und senkte sich wieder, als ob es eine gewöhnliche Welle gewesen wäre, über die es geritten war. Oberhalb der Welle brauste der Wind mit der Kraft eines Wirbelwindes ... Ungefähr 10 Minuten später wurde sie von einer genauso turmhohen Welle abgelöst, der nach dem Verlauf von weiteren 10 Minuten eine entsprechende folgte....

Als diese Wellen die Sandbänke vor dem Salzsand und dem Risten erreichten, wurden sie bei einer Wassertiefe von vier Faden mit einigen furchtbaren Donnerschlägen gebrochen, wie von einer größeren Menge von

Kanonenschüssen. Und sie warfen den Schaum hoch in die Luft, als sie in die Sanddünen fast bis zur Höhe [also Kuppe Ng] der Dünen hochrollten. Jedes Fahrzeug (Schiff), das zu diesem Zeitpunkt in der Nähe gewesen wäre, hätte augenblicklich zerschmettert werden müssen. ... Den ganzen Tag später blieb das Wetter ruhig, und es gab überhaupt nichts, was zur Vermutung eines solchen Phänomens hätte führen können.“ (Vestslesvigske Tidende, Nr. 3 vom 7. Juli 1858 a, in Steenstrup 1871: 20).

Zur modernen Perzeption gehört auch die Internetverständigung über entsprechende Informationen. So gab es bereits wenige Tage nach Veröffentlichung unseres Beitrages im „Journal of Coastal Research“ eine positive Stellungnahme durch Syke van Heteren vom Geological Survey of the Netherlands, in der er nicht nur für Katwijk, sondern auch für die 60 km nördliche Petten-Region eine Aufzeichnung meldet, in der sowohl die Uhrzeit als auch der Wellenauflauf exakt festgehalten wurden. So konnte eine Ausbreitungsdifferenz von einer halben Stunde auf 60 km Entfernung registriert werden. Der run-up war in beiden Fällen ca. 1,30 m.

Was die Beobachtungsorte angeht, so fällt auf, dass für viele Abschnitte der Küste keine Beobachtungen vorliegen, so z. B. Eiderstedt oder die nordfriesische Halligwelt. Dazu ist zu sagen, dass damals Nachrichten nur aus größeren Hafenorten oder Orten mit einer gewissen Infrastruktur die Chance hatten, weitergeleitet zu werden. Natürlich spielte auch die Intensität des Ereignisses als solches für eine schriftliche Aufzeichnung eine Rolle. Nicht zuletzt werden Interferenzen, die stellenweise zu großen Auflaufhöhen geführt haben, an anderer Stelle Minimierungen mit sich gebracht haben, so wie z. B. beim Tsunami von 2004 an der Ostküste von Madagaskar, wo bei einem durchschnittlichen run-up von ca. 2,4 m die Spannweite von Null bis ca. 5,5 m rangierte.

3 Fallbeispiel Årgab

Ein modellhafter Fall für eine unmittelbare Beobachtung liegt glücklicherweise genau von der Gegend vor, wo der Tsunami von 1858 am höchsten aufgelaufen ist: am Nehrungshaken Holmsklit des Ringkøbing-Fjords nahe Hvidesande in Årgab.

Modellhaft ist die Situation bei Årgab aus vier Gründen:

1. In dieser Gegend gibt es einen Tidenhub von nur plus/minus 0,5 m, so dass der Wasserstand sich unabhängig von der Gezeit dicht an der Mittelwasserlinie bewegt.

2. Es gab, wie überall an diesem Tag an der Ostküste der Nordsee, wegen des guten Wetters kaum Wellengang, so dass die isolierten Tsunami-Wellen deutlich hervortraten.

3. Das Ereignis geschah am Nachmittag, also zufällig zu Zeit der Rückkehr der Fischer vom Fang, so dass viele Augenzeugen vorhanden waren. Für alle drei wichtigen Stadien des Auflaufens der Welle gab es quasi einen Beobachterposten, so dass an diesem Beispiel auch zweifelsfrei nachgewiesen werden kann, dass es sich wirklich um eine Tsunami-Welle handelt.

4. Zufällig wurde im Rahmen der Landesaufnahme der dänischen topographischen Karte das Gelände des Ringkøbing Fjords etwa zur Zeit des Tsunamis vermessen (veröffentlicht 1870). Somit lassen sich zuverlässige Aussagen über die Dünenhöhen machen.

Den wertvollen Bericht des sogar namentlich genannten Fischers (Enevold Nielsen) gibt Rambusch (1900: 186-187) wieder:

"Wir waren vom Fischen zurück, hatten die Boote auf dem Strand geankert und waren auf dem Weg nach Hause, da hörten wir plötzlich ein Brausen von Südwest. Es war etwa 4 Uhr nachmittags. Wir liefen zum Strand, und konnten kaum glauben, als wir mit unseren eigenen Augen sahen, dass das Meer in den Dünen stand, und unser Boot und ein zweites oben auf den Dünen saß, obgleich wir sie auf dem Strand geankert hatten. Das Wasser wird ca. 20 Fuß gestiegen sein. Die 3 großen Wellen kamen, als wir das Meer erreichten; wir sahen 6 kleinere Wellen, je 3 auf einmal; sie brachen ca. 1000 Ellen [620 m] von der Küste entfernt und waren so lang in Südnord-Richtung, dass wir ihr Ende nicht sehen konnten. Sie kamen aus WNW; 2 weitere Boote [...] waren draußen am selben Tag. Das eine war drei Meilen vom Land entfernt und hatte von den Wellen nichts bemerkt. Die Mannschaft meinte, dass der Rücken zu breit war, als daß man die Woge hätte bemerken können. Das zweite Boot war nur eine Viertelmeile entfernt vom Land, es wurde so hoch gehoben, dass die Mannschaft die hinter den Dünen liegenden Kornfelder sehen konnte."

Die Abb. 1 gibt eine Vorstellung von der damaligen Situation im Bereich des Nehrungshakens bei Årgab. Beim ersten Beobachtungspunkt, drei Meilen von der Küste entfernt, konnten die dort sich aufhaltenden Fischer keine nennenswerte Aufwölbung der Welle registrieren. Beim zweiten Beobachtungspunkt, eine Viertelmeile vor der Küste, wurden die Boote so hoch gehoben, dass die Fischer ihre Felder hinter dem Nehrungswall erkennen konnten. Als die dritte Station können wir die Dünenfront bezeichnen, auf die die Boote aufgrund des hohen run-ups geschleudert wurden. Die Aufsteilung kurz vor der Brechung der Wellen bestätigt den Charakter als Tsunami-Wellen.

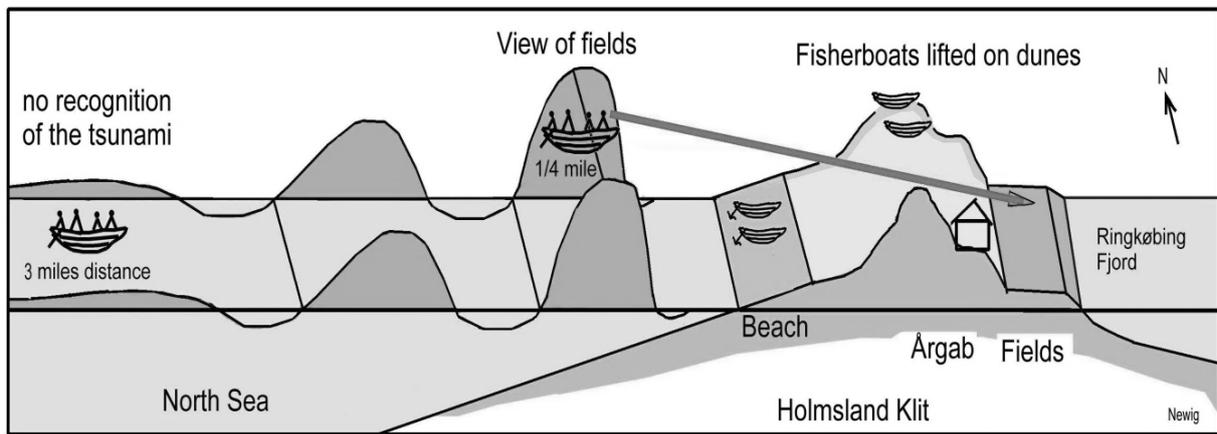


Abb. 1: Schematischer Querschnitt durch den Nehrungshaken von Holmsland Klit mit Stationen der Wahrnehmung der Tsunami-Wellen.

Was die topographische Situation angeht, so war damals der geschlossene Dünengürtel ausweislich der topographischen Karte stets mindestens mehr als 4,5 m über NN hoch, so dass eine geringere Wellenhöhe als 6 m den Blick auf die Felder nicht erlaubt hätte. Andererseits sind oberhalb von 6 m Höhe zusammenhängende Dünenflächen nur noch fleckhaft vertreten, so dass genügend Lücken blieben, um die Felder zu erkennen.

Die ausführliche Untersuchung der Situation bei Årgab hatte auch zum Ziel, die Angaben zum extrem hohen run-up des Nordsee-Tsunamis zu überprüfen, denn an dieser Messlatte sollten sich zukünftige Vorsorgemaßnahmen orientieren.

Hohe Aufläufe gab es damals nicht nur in Dänemark, sondern auch im Norden der deutschen Nordseeküste. So berichtete ein Sylter Fischer (Fack 1858: 48), dass er und seine Kollegen eine Welle in der Ferne ankommen sahen, die sich erst „auf dem Außenriff in unermesslicher Höhe“ brach. Er sah sie dann „brausend etwa haushoch dem Strand zurollen“. Der Sylter Chronist C. P. Hansen (in Fack: 47) spricht von einem „Wellenberg“ oder „Wasserwall“, der mit einem „furchtbaren Getöse herannahte, auf dem äußern Strandriff der Insel sich thurmhoch bäumte, dann sich über das Sandufer bis an die hohen Dünen und sogar in die sogenannten Glaaten [Dünetäler] hinein ergoß [...]“.

4 Verbreitungsgebiet des Tsunamis von 1858

Im Gegensatz zur Annahme der meisten Autoren war das Ereignis von 1858 nicht lokal begrenzt, sondern umfasste die gesamte östliche Nordseeküste sowie die Straße von Dover bis Le Havre, erstreckte sich also über eine Länge von ca.

1000 km. Erstaunlicherweise wies aber der Naturwissenschaftler Ernst Boll bereits im Jahre 1858 auf die große Ausdehnung des Verbreitungsgebiets hin. Er vermutete im Übrigen eine vulkanische Hebung oder eine „Erschütterung des Meeresbodens“ als Ursache (1858: 184).

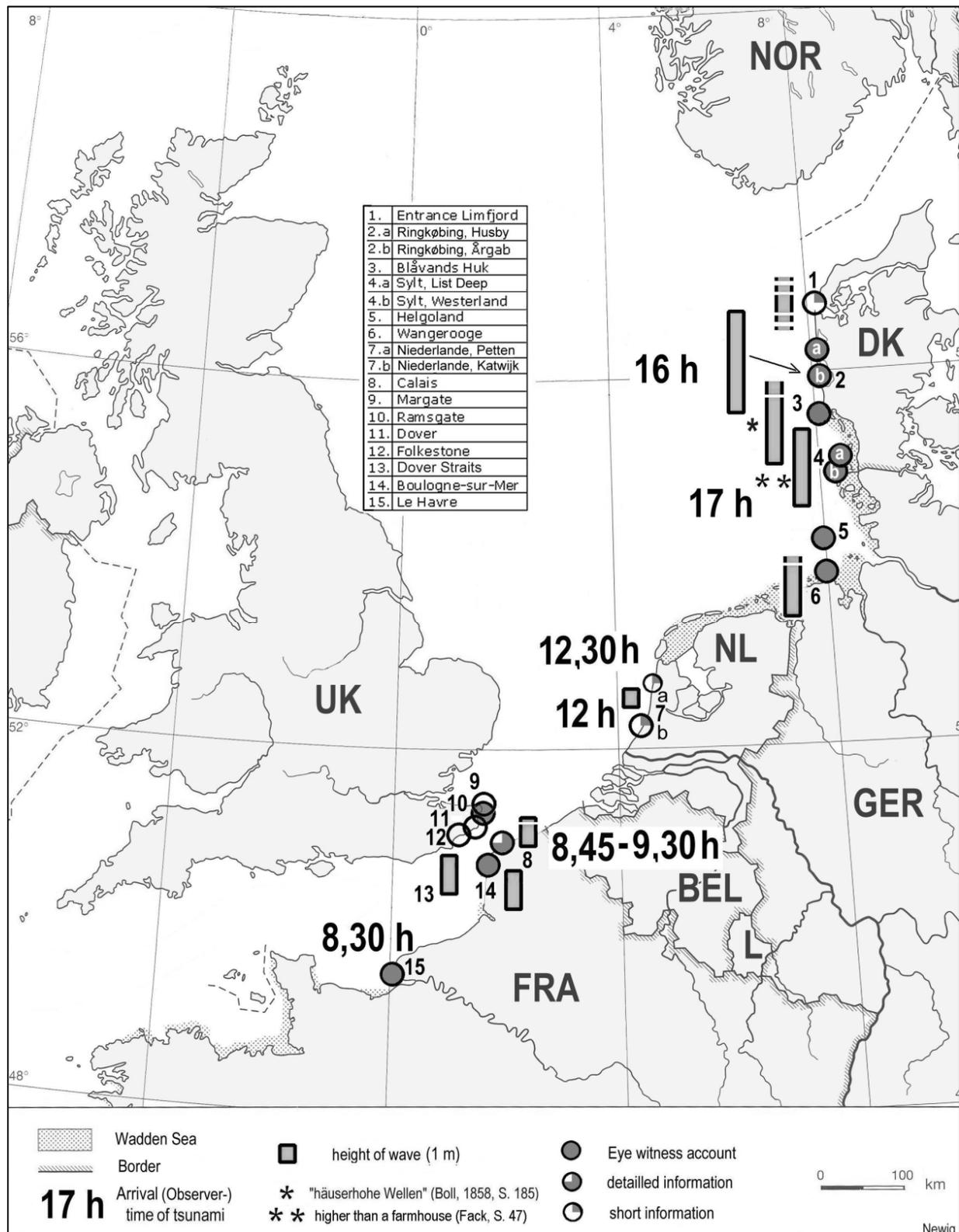


Abb. 2: Beobachtete Eintrittszeiten der Tsunami-Welle vom 5. Juni 1858 (verändert nach Newig & Kelletat 2011: 933).

Die Abb. 2 zeigt die Beobachtungszeitpunkte für den Eintritt der Tsunami-Wellen und lässt morgendliche Werte im Kanal bzw. der Straße von Dover und mittägliche bis nachmittägliche in der Nordsee erkennen. Die Tatsache, dass die Auflaufhöhen in den Niederlanden ein Minimum erreichen, spricht dafür, dass die „Kanalwelle“ offenbar nur einen begrenzten Einfluss in der Nordsee hatte. Demgegenüber stehen die sich steigernden Werte für alle Beobachtungspunkte ab Wangerooge und weiter nördlich. Da der Tsunami in Dänemark, wo er am höchsten auflief, nicht am späten Abend, sondern schon früher als auf Wangerooge, Sylt und Helgoland eintraf, liegt es nahe, hier ein Voranschreiten der Wellen von der nordwestlichen Nordsee her zu sehen. Auch die in Årgab beobachtete Richtung der Wellen aus WNW (Rambusch, 1900: 187) spricht dafür.

Auffällig ist die Gleichzeitigkeit des Eintretens der Welle auf Sylt und Helgoland sowie auf Wangerooge um 17 Uhr. Dort erschien die Welle als ein „schwarzblauer Streifen“ (Meyer 1858). Das Ereignis war dort nur von kurzer Dauer, denn als der Vogt mit dem Dünenarbeiter, der ihn aufgeregt herbeigerufen hatte, zurückkam, hatte sich das Meer schon wieder beruhigt.

5 Charakteristika des Tsunamis

Die folgende Grafik enthält eine Reihe von Informationen aus den einzelnen Berichten zum Tsunami (Abb. 3). Wir erkennen, dass es mehrere Orte in der Nordsee gegeben hat, wo eine stundenspäte Wiederholung der Welle registriert wurde. Im Kanalbereich gab es nur eine einzige Meldung von Boulogne über eine Wiederholung.

In der Regel trat die Welle als Dreierset auf. Im Ärmelkanal gab es einige Beobachtungen vom Zurückweichen des Meeres vor Einsetzen des Wellenberges – ein typisches Merkmal für einen Tsunami. Für die Nordsee hingegen wird dieser Effekt von keinem Beobachter mitgeteilt, was für die Kompliziertheit der Verhältnisse in einem kleingegliederten Meeresbecken spricht. Ein Alleinstellungsmerkmal für die Nordsee ist auch die Wiederholffrequenz nach mehreren Stunden.

Was die Höhe des Wellenauflaufes betrifft, so können wir den Berichten eine Reihe konkreter Angaben in Meter oder Fuß entnehmen. Gelegentlich erlauben indirekte Hinweise eine Schätzung, hier mit E = estimation gekennzeichnet.

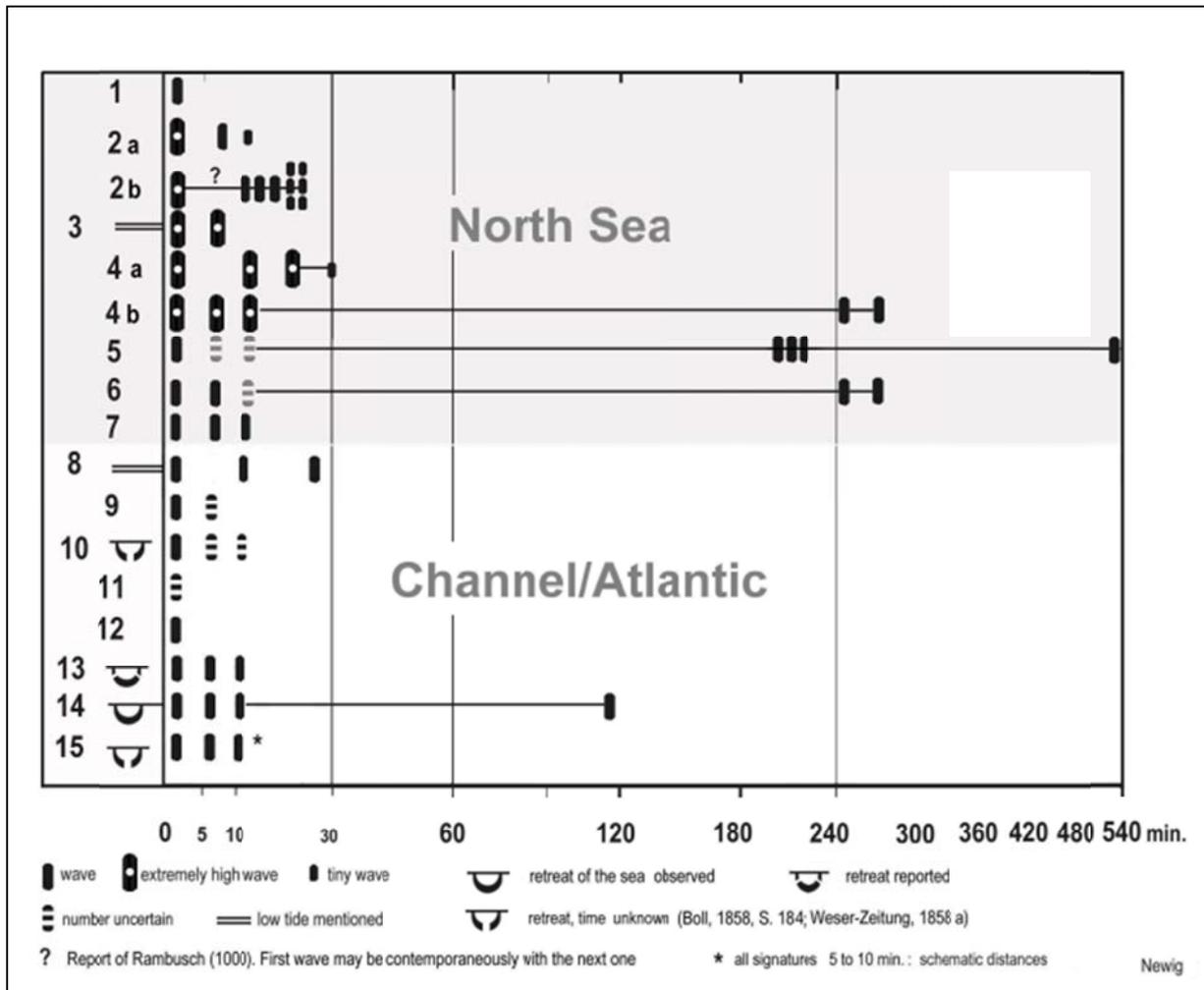


Abb. 3: Zusammenfassende Darstellung von Beobachtungen beim Tsunami von 1858.

Für einige Orte konnten wir auch nach Redaktionsschluss des Artikels im „Journal of Coastal Research“ noch weitere Fakten ermitteln, so für Westerland, wo Angaben für die Wellenhöhe wie „hofhoch“ im Bereich des Riffs (Fack 1858: 243) sowie das Hochschleudern von Fischerbooten auf die Düne dafür sprechen, dass wir mit unserer zunächst sehr konservativen Schätzung von 3,5-4 m wohl zu niedrig liegen und eher 4-5 m anzunehmen haben. In Verbindung mit den auch extrem hohen Aufläufen vor Blåvands Huk und Umgebung, wo Fische noch in die Dünen geschleudert wurden und sich im Strandhafer festbissen (Ringkøbing Avis 1858, Vesterjydsk Avis 1858), lässt sich wohl annehmen, dass der gesamte Küstenstrich von Årgab im Norden bis Westerland im Süden von besonders hohen Wellenaufläufen betroffen war.

Was die Auswirkungen auf den Menschen angeht, so entgingen die Menschen oft nur knapp dem Tode, z. B. die Shrimpfischer der Pegwell-Bucht bei Ramsgate (Martin 1858/59). Auf Wangerooge trug man einige Kinder „halbtot“ vom Strand und die Halmpflanzer am Strand rannten um ihr Leben

(Weserzeitung 1858), auf Helgoland konnte man mit knapper Not 30-40 Kinder retten (Vestslesvigske Tidende 1858b). Mehrere Fischer überall entlang der Küste erlitten Knochenbrüche.

Tab. 1: Wellenhöhen bzw. run-ups in den Beobachtungsorten und ihre Quellen, leicht ergänzt nach Newig/Kelletat (2011: 938), dort auch detaillierte Literaturangaben zur Tabelle.

Location	Area	Run up*	Main source
1	Entrance Limfjord (Agger)	1.20 m in 10 min	Thisted Amtstidende 1858, in: Danish Met. Institute, 2005; Thisted Avis, 12 June, 1858, in: Steenstrup, 1871
2 a	Ringkøbing region, Husby	5.0 m (E)	Pastor Østergaard, Fusbj, in: Steenstrup, 1871
2 b	Ringkøbing region, Årgab	6.0 m	Rambusch, 1900
3	Blåvands Huk	4,5-5 m (E)	Vesterjydsk Avis, June 11, 1858, in: Steenstrup, 1871; Boll, 1858, 1863
4 a	Sylt, List Deep	5 m (E)	Vestslesvigske Tidende, June 7 and July 7, 1858, in: Steenstrup, 1871
4 b	Sylt, Westerland	4 – 5 m (E)	Hansen, 1870, 1877, Fack, 1858
5	Helgoland		Stats- und Gelehrte Zeitung, 1858
6	Wangerooge	3.0–3.6 m later: 1.20–1.50 m	Weser-Zeitung, 1858b
7a	Dutch coast, Petten	1.25 m	van Heteren 2011 a). (according to J. van Malde's inventory of historical storm surges)
7	Dutch coast, Katwijk	1.20 m	Clement, 1858; Boll, 1863, van Heteren 2011 b)
8	Calais	1.50–1.80 m	Moniteur de Calais et de St. Pierre, 1858
9	Margate		NGDC, 2009a
10	Ramsgate		Martin, 1858–1859; Boll, 1863, Weser-Zeitung, 1858a
11	Dover		Boll, 1863
12	Folkestone	2.40 m	NGDC, 2009a; Impartial de Boulogne-sur-Mer, 1858
13	English Channel		Edmonds, 1862; Clement, 1858; NGDC 2009a
14	Boulogne-sur-Mer	2.40 m, 1.50 m	Impartial de Boulogne-sur-Mer, 1858; Colonne et L'Observateur (Boulogne-sur-Mer), 1858; Illustrated London News, 1858; NGDC, 2009a
15	Le Havre		Moniteur de Calais et de St-Pierre, 1858; Perrey, 1862

* relative rise above ambient water level; (E) = estimation by the authors

6 Meteorologische Beobachtungen der Augenzeugen

Tsunamis sind bei uns am besten sichtbar, wenn schönes Wetter in einer stabilen Hochdrucklage mit wenig Wind aus östlichen Richtungen für eine ruhige Wasseroberfläche sorgt. Dies war am 5. Juni 1858 der Fall, als über dem Kontinent und der Deutschen Bucht ein sonniges und schon morgens warmes Wetter herrschte.

Meldungen aus England beschreiben jedoch für den Morgen des 5. Juni zwischen 6 und 8 Uhr schwere Gewitterstürme über England (The Illustrated London News 12. 6. 1858, The Times 7. 6. 1858) die auch in Le Havre registriert wurden. An deren Ende trafen auch die Flutwellen ein.

Es wurden für die Zeit des Eintreffens der Wellen auch an den anderen Orten sehr oft gewittrige Ereignisse gemeldet, verbunden z. B. mit einem Aufrichten der Haare (Vestslesvigske Tidende 1858), offenbar durch elektrostatische Aufladungen, wie sie im Zusammenhang mit Blitzen geschehen. Plötzlich

einsetzende Gewitterstürme und Tornados sorgten für Sandstürme mit Sichtweiten von nur wenigen Metern in Le Havre (Moniteur Universel 1858). In Husby in Dänemark wurden die Blüten eines Apfelbaums in die Höhe gerissen und rieselten dann wie Schnee wieder herunter. (Steenstrup 1871: 19). Oft waren diese Erscheinungen in weniger als einer halben Stunde wieder vorüber und man hatte den Eindruck, dass überhaupt nichts geschehen wäre.

Die zahlreichen Detailbeobachtungen von meteorologischen Begleiterscheinungen und heftigen Geräuschbildungen legen es nahe, in der Forschung dem Luftpolster oberhalb des Meeresspiegels mehr Aufmerksamkeit als bisher zu schenken. In diesem Sinne wäre ein Tsunami dieser Art ein aus allen drei Aggregatzuständen bestehendes Phänomen: das Meerwasser (flüssig), die bathymetrischen Bedingungen des Untergrundes (fest) und das Luftpolster (gasförmig). Die Vielfalt der Erscheinungsformen im Zusammenhang mit dem historischen Tsunami von 1858 zeigt, dass wir hinsichtlich der Erforschung der Ursachen in einem stark gegliederten Nebenmeer erst am Anfang stehen.

7 Überlegungen zur Entstehungsursache

In unserem Aufsatz im „Journal of Coastal Research“ haben Kelletat und ich uns an den gängigen Entstehungsursachen orientiert und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass ein Meteoriteneinschlag als Ursache praktisch ausscheidet, da dieser extrem selten vorkommt und wohl auch irgendwo gesehen worden wäre. Am Tag des 5. Juni 1858 wurde jedoch auch kein großes Erdbeben registriert. Am ehesten bleibt die Erklärung durch eine Hangrutschung südwestlich des Verbreitungsgebiets, die aber kaum nachweisbar ist.

Immerhin wurde bereits 30 Jahre nach dem Ereignis die Erdbebenhypothese, insbesondere diejenige von J. Steenstrup, durch E. G. Harboe in den „Mitteilungen der Dänischen Geologischen Vereinigung“ infrage gestellt. Aus der Tatsache, dass für diesen Tag kein Erdbeben gemeldet wurde, folgerte Harboe, dass der Tsunami eine andere Ursache gehabt haben müsse. Seine Vermutung ist ein Barometerminimum im englischen Kanal. Er schreibt:

„Hinsichtlich der Flutwelle vom 5. Juni 1858 in der Nordsee gibt es Aufzeichnungen, die vermuten lassen, dass an diesem Tag ein örtlich begrenztes ausgeprägtes Tief (Barometerminimum) im Kanal zwischen Frankreich und England viel Wasser aufgesaugt und an die Küste der jütischen Halbinsel getrieben haben könnte, was zu den in Ringkøbing, Husby und Agger verzeichneten und halbwegs gleichzeitigen Gewittern passen würde“ (Harboe 1915: 411).

Neue Perspektiven für die Ursachenforschung könnten Überlegungen von David R. Tappin, BGS (British Geological Survey) eröffnen. Tappin veröffentlichte wenige Tage nach einem Wellenereignis vom 27. Juni 2011 in Südengland, Frankreich und Spanien im Internet die Vermutung, dass dieser Tsunami, der eine Gesamterstreckung von ca. 1000 km aufwies, meteorologisch bedingt sei. Seine dazu geplante Veröffentlichung erschien kürzlich. Die gemessenen Höhen von wenigen Dezimetern sind allerdings so gering, dass sie sich nicht mit denjenigen des Tsunami von 1858 vergleichen lassen.

8 Konsequenzen

Es sollten in Zukunft auch andere historische Wellenereignisse der Nordsee daraufhin untersucht werden, ob ein Tsunami vorgelegen hat, z. B. die große Mandränke von 1634.

Man sollte sich in Deutschland darauf einstellen, dass in der Nordsee Tsunami-Wellen auch jenseits von 1,2 - 1,5 m Höhe vorkommen können. Es bietet sich an, sich mit den Wahrscheinlichkeitsaussagen des Dänischen Meteorologischen Instituts auseinanderzusetzen, die von wesentlich größeren Höhen ausgehen.

Insgesamt ist nach 2004 auch in Europa einiges unternommen worden, um Tsunamis besser zu erkennen. Aber bis heute existiert noch kein automatischer internationaler Austausch von Daten. Die Ursachenforschung für Tsunamis in der Nordsee muss intensiviert werden, vor allem, um bessere Vorwarnzeiten zu erreichen.

Für den Küstentourismus bedeutet dies ganz praktisch, dass z. B. Rettungsschwimmer in ihrer Ausbildung auf die Bedeutung langer dunkler Wellenbänder in größerer Entfernung von der Küste hingewiesen werden und dass besondere Signale zu geben sind, die die Touristen dazu anhalten, unverzüglich den Strand in Richtung Dünen, Treppen oder Strandpromenaden zu verlassen.

Literatur

Ackermann, C.(1883): Beiträge zur Physischen Geographie der Ostsee, Hamburg.

Baptista, M. A. (2003): New study of the 1755 earthquake source based on multi-channel seismic survey data and tsunami modeling, in: Natural Hazards and Earth System Sciences 3, S. 333-340.

BGS (British Geological Survey) [Tappin, David u. a.] (2012): Tsunami or meteotsunami? updated 10.45 08.07.2011, <http://www.bgs.ac.uk/research/highlights/2011/tsunamiSWEngland2011.html?src=sfb>

- Boll, E., (Hrsg) (1858): Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Meklenburg, 12. Jg., Neubrandenburg.
- Bork, I., Dick, S., Kleine, E. u. S. H. Müller-Navarra (2007): Tsunami-Untersuchungen für die deutsche Nordseeküste, in: Die Küste, 72, S. 65-105.
- Bureau de recherches géologiques et minières : Tsunamis observés en France (2009), Catalogue général de tsunamis par ordre chronologiques, <http://www.tsunamis.fr>.
- Clement, K. J.: Bericht über das wunderbare Tiden-Phänomen, in: Kaiserlich-königliche Geologische Reichsanstalt, Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt Wien (1858): B. IX, Heft II
- Colonne et L'Observateur (Boulogne-sur-Mer) (1858): Zeitungsartikel vom 06.06.1858, Originalscan aus: BRGM. 2009.
- Danish Meteorological Institute, Copenhagen (2005): Tsunami: Risikovurdering for danske, færøske og grønlandske farvande, Kopenhagen, (DMI - Teknisk Rapport no. 05-08).
- Fack, M.W., (1858). Die Riesenwellen in der Ost[korr.:Nord]see am 5.Juni 1858, in: Mittheilungen des Vereins nördlich der Elbe zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, H. 2, S. 45–51.
- Hansen, C. P. (1870): Der Badeort Westerland auf Sylt und dessen Bewohner, Garding.
- Harboe, E. G. (1915): Meddelelser om Jordskælv og Vulkanudbrud i Danmark med Bilande i Tidsrummet 1909-1913, in: Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening, Bd. 4, H. 4, , S. 395 ff.
- Heimreich, A. (1668, 1918, 1982): Nordfresische Chronik, Bd. 2, Schleswig, Tondern, Leer.
- Illustrated London News (1858), Zeitungsartikel vom 12.06.1858.
- Perry: A. (2009): Notes sur les Tremblements, Bd. 13, Brüssel 1862, in : BRGM,.
- Lehfeldt, R.; Milbradt, P.; Plüß, A., & Schüttrumpf, H. (2007): Propagation of a tsunami wave in the North Sea. Die Küste, 72, S.105–124.
- Martin, K. B. [Harbour master of Ramsgate] (1858): Tidal phenomenon – with Tremora, or Tremor of the Earth, in: The Nautical Magazine and Naval Chronicle for 1858, a Journal of Papers on Subjects connected with maritime Affairs, London.
- Meyer, J. H. (1858): An Großherzogliches Amt Tettens, Bericht über das Wellenereignis am 5. Juni 1858, Wangerooge, 07.06.1858, Abschrift durch K. E. Behre.
- Newig, J. & Kelletat, D. (2011): The North Sea Tsunami of 1858, in: Journal of Coastal Research, 27 (5), S. 931-941.
- NGDC, National Geophysical Data Center (2009a): Tsunami Events Full Search, Zugriff 14.11.2009
- NGDC, National Geophysical Data Center (2009b): Tsunami Traveltime Maps http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_travel_time.shtml (Karte der Isotachen des Tsunami von Lissabon vom 1. 11. 1755, Zugriff 02.12.2009.
- NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration, siehe NGDC.
- Rambusch, S.H.A. (1900): Studier over Ringkøbing Fjord, Kopenhagen.
- Ringkjøbing Avis (1858): Bericht über Wellenauflauf, Zeitungsartikel vom 10. 06. 1858
- Stats- und Gelehrte Zeitung des hamburgischen unpartheiischen Correspondenten, 128. Jg. (1858): Zeitungsartikel vom 12.06. 1858 Hamburger Correspondent.
- Steenstrup, J. (1871): Hvad er Kongespejlets Havgjerdinger, in Tidsskrift for Nordisk Oldkyndighed.
- Sylter Zeitung (1926): Merkwürdiges Naturereignis auf Sylt, [sog. Brandakte im Sylter Archiv], o. O., Ausg. vom 22. 01. 1926.
- The Times (1858), Zeitungsartikel vom 07. 06. 1858, London.

- Tappin, D. R., Sibley, A., Horsburgh, K., Daubord, C., Cox, D., Long, D. (2013): The English Channel "tsunami" of 27 June 2011 - a probable meteorological source, in: *Weather*, 68, (6). S.144-152.
- Vesterjydsk Avis (1858): Beschreibung der Welle bei Blåvands Huk, 11. 05. 1858.
- Vestslesvigske Tidende (1858a): Bericht des Zollkreuzer-Assistenten aus List, Zeitungsartikel vom 07. 06. 1858.
- Vestslesvigske Tidende (1858b): [Bericht über das Wellenereignis von Helgoland], Zeitungsartikel vom 16. 6. 1858.
- Weser-Zeitung (1858): Bericht über ein Wellenereignis am 5. Juni, Nr. 4515, Zeitungsartikel vom 12.06.1858.

Adresse des Autors

Prof. Dr. Jürgen Newig
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Geographisches Institut
Ludewig-Meyn-Str. 14
24118 Kiel, Germany
newig@geographie.uni-kiel.de

NEUE SEDIMENTOLOGISCHE UND GEOMORPHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZUR KÜSTENENTWICKLUNG DES JADEBUSENS BEI IDAGRODEN (NIEDERSACHSEN)

Anja Lehmann, Holger Freund, Claudia Finkler, Peter Fischer, Hanna Hadler, Peter Henning,
Timo Willershäuser, Wolfram Wartenberg & Andreas Vött

Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen ist die Erfassung des holozänen Küstenwandels des Jadebusens bei Idagroden in Abhängigkeit von Schwankungen des relativen Meeresspiegels und Landgewinnungsmaßnahmen. Im April 2012 wurden zur Erfassung der lokalen stratigraphischen Verhältnisse mehrere Rammkernsondierungen und Geoelektrik-Messungen im westlichen Uferbereich des Jadebusens durchgeführt. In diesem Aufsatz werden vorwiegend Ergebnisse der Analyse des 6 m langen Kerns JBU 6A präsentiert. Die vorliegenden Auswertungen stratigraphischer, geophysikalischer und geochemischer Daten spiegeln komplexe Trans- und Regressionsphasen des Meeres wider, deren Ursachen diskutiert wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind im Rahmen der Bachelorarbeit der Erstautorin entstanden.

1 Einleitung

Der heutige Jadebusen ist eine 190 km² große Meeresbucht im Bereich des Wattenmeeres an der deutschen Nordseeküste in Niedersachsen (Abb. 1). Bei einem durchschnittlichen Tidenhub von 3,75 m (Reineck 1994) strömen zweimal täglich rund 450 Mio. m³ Meerwasser in den Jadebusen ein und wieder aus. Damit handelt es sich um den größten Tidenhub an der deutschen Küste (Streif 2004). An der breitesten Stelle misst die Bucht 18,5 km in W-E-Richtung (Wartenberg & Freund 2012). Die Verbindung zur offenen Nordsee wird über eine nur 4,5 km breite Meerenge östlich von Wilhelmshaven bewerkstelligt (Linke 1939). Der Jadebusen war in den vergangenen Jahrhunderten immer wieder stark veränderten Umweltbedingungen ausgesetzt. Auch anthropogene Einflüsse trugen wesentlich zu seiner heutigen Form bei.



Abb. 1: Untersuchungsraum bei Idagroden am Jadebusen (nach Bing Maps 2013).

Sedimentologische und geomorphologische Untersuchungen wurden im westlichen Uferbereich des Jadebusens bei Idagroden durchgeführt (Abb. 1).

Der Idagroden entstand 1880 als einer der letzten Groden durch Eindeichung ausgedehnter Marschlandbereiche zur Neulandgewinnung. Zusammen mit dem Petersgroden und dem Cäciliengroden grenzt der Idagroden im westlichen Jadebusengebiet heute unmittelbar an die Hauptdeichlinie (Schimmelpenning 2005, Behre 2006). Die Geländeuntersuchungen konzentrierten sich auf einen rund 200 m schmalen und 700 m langen, mit der Längsachse E-W-ausgerichteten Streifen von rund 1,4 km² Gesamtfläche, welcher sich von der heutigen Deichlinie landeinwärts erstreckt (Abb. 1).

Ziel der Untersuchung ist es, den bisherigen Forschungsstand weiter zu entwickeln und somit auch langfristig zu einer genaueren Rekonstruktion, nicht nur anhand historischer Quellen, sondern auch mithilfe wissenschaftlicher Belege, des norddeutschen Küstengebietes beizutragen. Dabei stehen vor allem die veränderten Umweltbedingungen in einem Zeitraum seit der letzten Eiszeit und die daraus resultierende Landschaftsentwicklung des Küstengebietes im Vordergrund.

2 Der Jadebusen und seine Entwicklung

Für die Entstehungsgeschichte des Jadebusens ist die ausgehende Weichsel-Kaltzeit, die bis ca. 11 500 Jahre vor heute andauerte, von Bedeutung (Streif 2004). Während des weichselglazialen Kältemaximums zwischen 22 000 und 18 000 Jahren vor heute lag der Meeresspiegel rund 130 m tiefer als heute (Streif 2004, Behre 2008). Mit den sich in Nordostdeutschland bis zur Brandenburger Eisrandlage ausbreitenden Gletschern des skandinavischen Inlandeisschildes wurden mit dem Schmelzwasser große Mengen Sediment entlang der Urstromtäler nach Nordwesten in das Gebiet der heutigen Nordsee transportiert (Mückenhausen 1993, Behre 2008). Nach dem Abtauen des Permafrostes kam es unter anderem zu Sandverwehungen, wodurch sich weiträumige Flugsanddecken aus pleistozänen Sanden bildeten (Behre 2008). Durch den bis heute eustatisch bedingt ansteigenden Meeresspiegel kam es im Anschluss an das letztglaziale Maximum zu einer weiträumigen Transgression der Nordsee in südlicher Richtung, wodurch sich die Küste um bis zu 600 km südwärts verlagerte (Heunisch et al. 2007, Bahlburg & Breitzkreuz 2008).

Zu Beginn des Holozäns stieg der Meeresspiegel um bis zu 1,25 m pro Jahrhundert von -32 auf -8 m NN an (Behre 2008), was folglich zu einem erheblichen Grundwasseranstieg führte. Im Gebiet des heutigen Jadebusens und darüber hinaus kam es dadurch zur Bildung ausgedehnter Moorlandschaften, beispielsweise in Form von Geestrandmooren. Während sich die vom Grundwasser gespeisten Niedermoore immer weiter Richtung Süden ausdehnten, wur-

den sie im Norden durch die transgredierende Nordsee allmählich überflutet und mit Ton und Sand überlagert. Der Torf dieser Moore wurde direkt über den pleistozänen Sanden abgelagert und wird als „Basistorf“ bezeichnet (Reineck 1994).

Im Zeitraum 5 000 v. Chr. bis heute verlangsamte sich der Meeresspiegelanstieg auf 0,14 m pro Jahrhundert (Behre 2008). Für das mittlere und junge Holozän können insgesamt sieben größeren Regressions-/Transgressionszyklen differenziert werden. Im Zuge von Regressionen dehnten sich die küstennahen Moore auf den bereits entstandenen marinen Sedimenten weiter in nördliche Richtung aus und wurden teilweise aufgrund des absinkenden Grundwassers zu Hochmooren umgewandelt (Behre 2008, Rothe 2009). Mit der Regression ging daher eine Versumpfung und die Bildung weiterer Torfschichten an der Nordseeküste einher (Behre 2006). Somit lässt sich das Nordsee-Gebiet in drei unterschiedliche Landschaftsformen gliedern. Dabei ist die älteste anzutreffende Form die Geest, die durch glaziale Prozesse aus pleistozänen Sanden der Schmelzwassersedimente aufgebaut ist. Daran anschließend befindet sich die Marsch, die durch wiederholte Meeresüberflutungen und damit einhergehendem Sedimentaufwuchs im Holozän entstand und als ehemaliges Wattgebiet anzusehen ist (Behre 1995). Die Marsch ist hauptsächlich aus Sedimenten einer Brackwasserfazies aufgebaut, in die Torflagen eingeschaltet sind (Streif 2004). An der deutschen Nordseeküste sind die natürlichen Küstenmarschen weitgehend eingedeicht. Lediglich an wenigen Stellen außerdeichs finden sich noch naturnahe Salzwiesen, die gelegentlich bei Spring- und Sturmfluten überschwemmt werden (Behre 1995). Im Bereich des Jadebusens beträgt die maximale Breite der Außendeichsmarsch nur rund 600 m. Den Marschen vorgelagert folgt das von Gezeiten geprägte Watt, welches aufgrund des täglichen Überflutens und Trockenfallens noch immer einen aktiven Sedimentationsraum darstellt (Reineck 1994). Das Watt im Bereich des Jadebusens liegt im geschützten Küstenbereich zwischen Festland und den im Meer vorgelagerten Barriereinseln und wird deshalb als Buchten- oder Rückseitenwatt bezeichnet (Behre 1995). Die Wattsedimente bestehen zum Großteil aus Schlick und Sand (Reineck 1994).

3 Sturmfluten und die Eindeichung des Jadebusens

Nach bisherigen Erkenntnissen entstanden durch Meereseinbrüche im 12. Jh. n. Chr. an der Nordsee mehrere Ingressionsbuchten, darunter auch der heutige Jadebusen. Insbesondere die „Erste Julianenflut“ im Februar 1164 n. Chr. wird mit der Bildung des heutigen Jadebusens in Zusammenhang gebracht (Schimmelpenning 2005). Die größte Ausdehnung erreichte der Jadebusen auf-

grund der „Antoniusflut“ von 1511 n. Chr. (Behre 2008) sowie weiterer Sturmfluten in den Jahren 1532 und 1570 n. Chr. (Schimmelpenning 2005), mit denen erneut erhebliche Veränderung der Küstenlinie einhergingen.

Die heutige Küstenlinie ist vor allem durch das meerwärtige Verschieben der Deichlinien und die damit verbundene Rückgewinnung des Landes zustande gekommen. Eine besondere Rolle spielte dabei der Ellenser Damm auf der westlichen Seite des Jadebusens, der vor allem der Eindeichung des „Schwarzen Bracks“ dienen sollte. Das „Schwarze Brack“ ist eine Bezeichnung für die ehemalige Westbucht des Jadebusens, die ebenfalls im Zusammenhang mit der Antoniusflut ihre größte Ausdehnung erreichte (Behre 2006). Aufgrund des damals unmittelbar an die Küste grenzenden Moorgebiets war eine aufwendige Wiederbedeichung zur Landrückgewinnung notwendig, die mit dem Bau des Dammes abgeschlossen wurde (Schimmelpenning 2005).

4 Bisheriger Forschungsstand

Jüngere, durch das Institut für Chemie und Biologie des Meeres der Universität Oldenburg (ICBM) koordinierte Forschungsprojekte über den Jadebusen hatten zum Ziel, ein natur- und kulturwissenschaftliches Gesamtbild des holozänen Küstenwandels zu erstellen. Dabei steht vor allem die Rekonstruktion früherer Küstenlinien im Vordergrund. Zudem sollen Auswirkungen anthropogener Einflüsse am Jadebusen untersucht werden (ICBM 2010).

In Idagroden wurden bereits im Zuge früherer Geländekampagnen Rammkernsondierungen abgeteuft (Obrocki et al. 2012). Die bisherigen Untersuchungen zeigten, dass die Region um den Jadebusen hauptsächlich aus brackischen und marinen Ablagerungen aufgebaut ist, in die unterschiedlich mächtige Torflagen eingeschaltet sind. Zudem dokumentieren die erfassten Stratigraphien über große Entfernungen hochenergetische Transgressionsereignisse, die sich auch mittels geochemischer Analysen und Magnetosuszeptibilitätsstudien nachweisen lassen (Obrocki et al. 2012). Die Basis der Ablagerungen bilden dabei sandige Geestablagerungen (Wartenberg & Freund 2012).

5 Methodik

Im Gelände wurden nach vorheriger geophysikalischer Prospektion Rammkernsondierungen durchgeführt. Hierfür kam ein Bohrgerät des Typs Atlas Copco Cobra mk1 zum Einsatz. Grundlage der hier vorgestellten Ergebnisse sind die Bohrkerne JBU 6A, 7A und 8A aus Idagroden (Abb. 2).

Zur Untersuchung des oberflächennahen Untergrundes wurden geoelektrische Tomographie-Messungen (Electrical Resistivity Tomography, ERT) entlang von insgesamt 13 Profilen durchgeführt. Als Elektrodenabstand wurde 1 m gewählt. Mittels einer Wenner-Schlumberger-Messanordnung war damit eine Tiefenprospektion bis ca. 6 m u. GOF möglich. Eingesetzt wurde eine Geoelektrik-Einheit des Typs IRIS Instruments Syscal Junior R1+ Switch 48. Der Verlauf der Profillinien ist in Abb. 2 abgebildet. Im Geolabor des Geographischen Instituts der Johannes Gutenberg-Universität Mainz wurden unter anderem Magnetosuszeptibilitätsmessungen durchgeführt, bei der der Anteil an magnetisierbaren Mineralen im Sediment ermittelt wird. Zusätzlich erfolgten an allen Kernen geochemische und mineralogische Analysen mittels Röntgenfluoreszenzanalyse unter Verwendung eines tragbaren Spektrometers (Thermo Niton XL3t 900S GOLDD) sowie Farbmessungen mittels eines portablen Photospektrometers (Konica Minolta CM-600d).



Abb. 2: Untersuchungsgebiet Idagroden: Lage der Bohrpunkte JBU 6A, 7A und 8A sowie Verlauf der ERT-Profile JBU ERT 12 bis 24 (nach Bing Maps 2013).

6 Ergebnisse

Bohrkern JBU 6A (Abb. 3) liegt in Idagroden bei N 53°27'47,11683", E 8°03'24,41593" und ist in einer Höhe von 1,09 m ü. NN abgeteuft worden. Bei der Kernansprache wurde insbesondere auf Korngröße, Farbe und Karbonatgehalt des Sediments sowie auf das Vorhandensein von Muschelfragmenten, Pflanzenresten und Anzeichen von Bioturbation geachtet.



Abb. 3: Bohrprofil des in Idagroden abgeteuften Kerns JBU 6A mit Faziesinterpretation.

Die Rammkernsondierung gibt Aufschluss über den Untergrund und führt zu einer Faziesinterpretation. Die Basis des Bohrprofils JBU 6A besteht aus entkalktem braunem Feinsand, dessen Schluffgehalt nach oben hin zunimmt (6,00 - 5,52 m u. GOF). Im Hangenden schließt sich eine etwa 1 m mächtige Torfschicht an (5,52 - 4,60 m u. GOF). Diese weist im unteren Übergangsbereich zunächst noch einen geringen Feinsandanteil auf, der ab 5,22 m u. GOF jedoch gänzlich verschwunden ist. Darüber befindet sich eine schwach schluffige Tonschicht gräulicher Färbung, die mit zahlreichen, bis zu 2 mm feinen Torfbändern durchsetzt ist (4,60 - 4,39 m u. GOF). Dieser Bereich kennzeichnet den Wechsel von einer semiterrestrischen zu einer marin beeinflussten Fazies. Überlagert werden diese Brackwassersedimente von bräunlich-grauem Torf, der wiederum einen geringen Anteil an Ton enthält (4,39 - 4,24 m u. GOF). Darüber folgt eine weitere, 1,10 m mächtige Torfschicht

(4,24 - 3,14 m u. GOF). In einer Tiefe von 3,14 m u. GOF befindet sich eine deutliche Erosionsdiskordanz, die zu marinen Ablagerungen überleitet und damit eine hochenergetische Transgression kennzeichnet. Die darauffolgende 1,68 m mächtige Schicht (3,14 - 1,46 m u. GOF) besteht vorwiegend aus grauem, feinsandigem Schluff, der marine Muschelfragmente enthält. Im oberen Bereich dieser Schicht sind bis zu 2 mm dicke Sandlinsen eingelagert. Zudem riecht das Sediment leicht nach Schwefelwasserstoff (H_2S), was auf anaerobe Bedingungen hinweist. Im Hangenden folgt grau-brauner toniger Schluff (1,46 - 0,20 m u. GOF), dessen starker Tongehalt nach oben hin leicht abnimmt. Die komplette Schicht weist zahlreiche Hydromorphiemerkmale auf und ist leicht kalkhaltig. Abschließend wurde schwach toniger Schluff dunkelbrauner Färbung erbohrt (0,20 - 0,00 m u. GOF).

Die Sedimente des Bohrkerns JBU 6A sind stratigraphisch nicht nur dem Holozän, sondern auch dem ausgehenden Pleistozän zuzuordnen. Zusammenfassend sind pleistozäne Sande, Torfe, Watt- und Marschsedimente vertreten. Der lediglich 1 m lange Bohrkern JBU 7/7A ist bei den Koordinaten N 53°27'46,08416" und E 8°03'21,08024" in einer Höhe von 1,10 m NN zur Erfassung des stratigraphischen Übergangs zwischen Torf- und Wattsedimenten abgeteuft worden. Die im Kern JBU 7A erfassten Wattablagerungen liegen auf der gleichen Höhe wie die Wattsedimente im Kern JBU 6A (Abb. 5).

Das Bohrprofil JBU 8A wurde bei N 53°27'48,82044", E 8°03'37,45847" in einer Höhe von 1,04 m NN in einer Entfernung von etwa 300 m vom Bohrpunkt JBU 6A erbohrt. Hierbei wurde eine ähnliche Sedimentabfolge wie im Kern JBU 6A erfasst (Abb. 5).

Magnetische Suszeptibilität des Bohrkerns JBU 6A (Abb. 5): Die Faziesabfolge spiegelt sich auch in der unterschiedlichen Magnetisierbarkeit der Sedimente wider. Demnach weisen die pleistozänen Sande eine sehr geringe und das organische Material der Torfe eine negative magnetische Suszeptibilität auf. Hingegen besitzen die Watt- und Marschsedimente eine vergleichsweise hohe Magnetisierbarkeit, die vor allem in den oberen 70 cm relativ stark ausgeprägt ist.

Röntgenfluoreszenzanalyse des Bohrkerns JBU 6A (Abb. 5): Die geochemische Analyse ausgewählter Elemente zeigt, dass Titan im gesamten Kern JBU 6A nur geringe Werte aufweist (0,01 - 0,46 %). Im Gegensatz dazu fanden sich für Calcium, welches besonders stark in den Watt- und Marschsedimenten vertreten ist, Gehalte bis 4 %. Kalium ist insbesondere in den verwitterten pleistozänen Sanden an der Basis des Kerns enthalten (bis 2,12 %).

Der Eisengehalt im Bohrkern liegt zwischen 0,20 - 2,80 % und ist insbesondere in hydromorph überprägten Marschsedimenten erhöht.

Electrical Resistivity Tomography: Die hier vorgestellten ERT-Profile JBU ERT 16 und ERT 17 verlaufen in unmittelbarer Nähe zum Bohrpunkt JBU 6A (Abb. 2) und erlauben die räumliche Interpolation der stratigraphischen Abfolge für die nähere Umgebung des Bohrpunktes. Abb. 4 zeigt die beiden Profile, die einen vertikalen Schnitt längs der ausgelegten Messstrecke darstellen. Dargestellt ist auf gleichen Skalen der scheinbare spezifische Widerstand von ca. 1,04 bis 14,2 Ωm . Die Pseudo-Vertikalschnitte zeigen eine deutliche Dreigliederung des oberflächennahen Untergrunds. Die sandige Geest an der Basis ist durch höhere Widerstände gekennzeichnet. Im Gegensatz dazu weisen die folgenden Torf-, Bucht- und Wattsedimente deutlich bessere Leitfähigkeiten auf. Die Marschsedimente im Hangenden sind wiederum durch leicht erhöhte Widerständigkeiten gekennzeichnet.

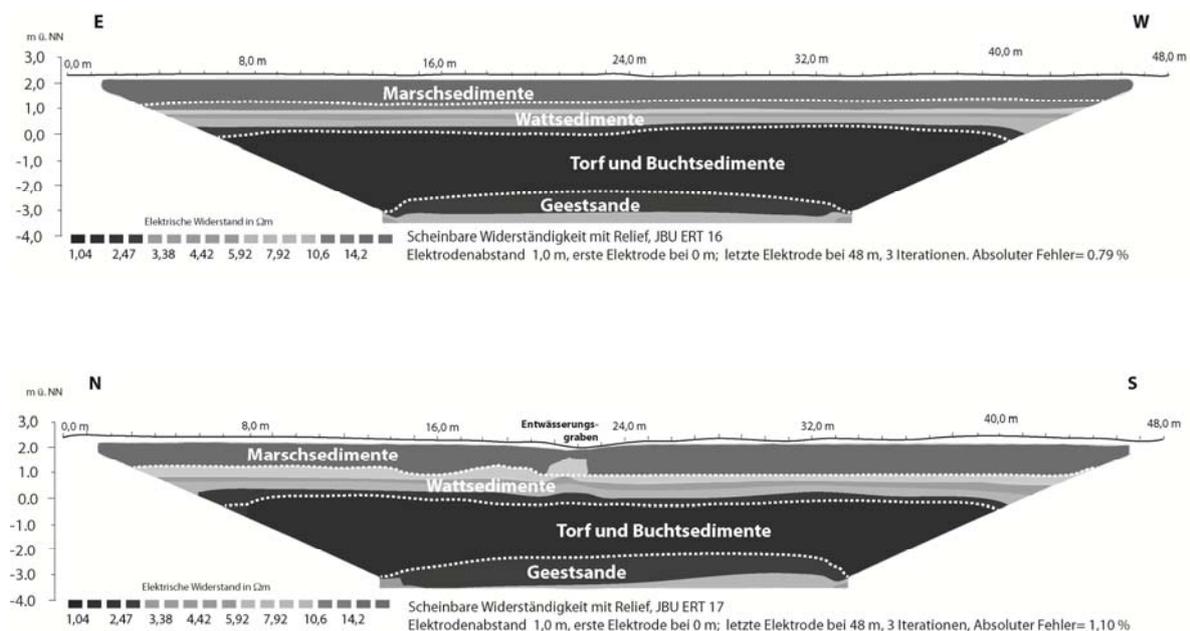


Abb. 4: Pseudo-Vertikalschnitt entlang der Multi-Elektroden-Geoelektrik-Profile JBU ERT 16 und ERT 17 bei Idagroden.

7 Interpretation

Insbesondere die Ergebnisse der Untersuchung des Sedimentkernes JBU 6A (Abb. 5) lassen mehrere Schlussfolgerungen für die Küstenentwicklung im Bereich des Jadebusens zu. Zunächst ist davon auszugehen, dass die Sande an der Basis des Kerns die ehemalige Geest an diesem Ort darstellen, die im Lauf der Zeit von jüngeren holozänen Ablagerungen überdeckt wurden. Des Weiteren repräsentiert die unterste Torfschicht, die von 5,38 - 4,60 m u. GOF erfasst

wurde, wahrscheinlich den aus der Literatur bekannten Basistorf, der aufgrund des im Verein mit dem ansteigenden Meeresspiegel erhöhten Grundwasserstands gebildet wurde. Der Übergang zwischen basalen Sanden und hangenden Torfen markiert damit den Wechsel von einer terrestrischen zu einer semiterrestrischen Fazies.

Die darüber liegenden Sedimente (4,60 - 4,39 m u. GOF) bestehen aus Schluff und Ton und können einer Brackwasser- bzw. marin beeinflussten Stillwasserfazies zugeordnet werden. Sie belegen deutlich eine erste Transgression des Meeres in Idagroden, welches sich, ausweislich der nachfolgenden organischen Sedimente, allerdings wieder zurückgezogen haben muss. Für die zwischengeschaltete Torfmudde (4,39 - 4,24 m u. GOF) deuten erhöhte K- und Fe-Konzentration einen Eintrag von nährstoffreichem Wasser an, der durch Verlandungsprozesse und erneutes Torfwachstum unterbrochen wurde. Es ist denkbar, dass es sich hierbei um das Resultat von Meeresspiegelschwankungen handelt, die zwischen 3 000 v. Chr. und 1 000 n. Chr. das Nordseegebiet beeinflusst haben (vgl. Abschnitt Kap. 2). Die ursprüngliche Mächtigkeit der darüber liegenden, zweiten Torfschicht (4,24 - 3,14 m u. GOF) ist nicht mehr eindeutig bestimmbar. Ausgehend von der markanten Erosionsdiskordanz an ihrem oberen Ende, muss davon ausgegangen werden dass durch Hochenergieeinwirkung Teile des ehemaligen Torfpaketes weggerissen wurden und der Torf heute geringmächtiger erscheint, als dies ursprünglich der Fall war. Im Hinblick auf den abrupten Übergang der Torfschicht zu tonigem und feinsandigem Schluff bei 3,14 m u. GOF im Hangenden ist ein abrupter Meereseinbruch wahrscheinlicher als eine allmähliche Transgression des Meeres. Hierauf deuten auch signifikant erhöhte Korngrößen der Transgressionsfazies in benachbarten Bohrprofilen hin (Obrocki et al. 2012). Wir gehen daher davon aus, dass die Faziesabfolge ein hochenergetisches Flutereignis widerspiegelt, welches die damalige Küstenkonfiguration langfristig und markant verändert haben muss. Der abrupte Wechsel zu einer rein marinen Fazies ist auch in den deutlich erhöhten Konzentrationen aller gemessenen Elemente sowie der Magneto-suszeptibilitätswerte des Sediments zu erkennen. Die in den Kernen JBU 6A, 7A und 8A erfassten Wattsedimente bestätigen das abrupte Ertrinken einer weitflächigen Moorlandschaft. Die Tatsache, dass die Wattsedimente einen hohen Anteil an Schluff mit wechselnden Anteilen von Feinsand und Ton aufweisen, ist durch die wechselnden Sedimentablagerungen im Zuge der Gezeitenschwankungen zu erklären.

Der im Bohrkern JBU 6A ab etwa 1,60 m u. GOF erfasste Wechsel zu einer Marschfazies ist mit der späteren Regression des Meeres im Zuge der

Eindeichung und Landgewinnung im Gebiet des Schwarzen Bracks zu erklären. Das Marschsediment im Kern JBU 6A weist spezifische Merkmale eines Marschkleis auf, der nach Mückenhausen (1993) meist aus schluff- und tonreichen Sedimenten besteht, welche mit Feinsandstreifen und Sandlinsen durchsetzt sind. Zudem sind auftretende feinsandreichere Lagen durch Sturmfluten in das Sediment eingetragen worden. Bodentypologisch betrachtet zeigt das Marschsediment in Idagroden die drei typischen Horizonte eines Gley-Bodens. Dabei ist der Reduktionshorizont (Gr-Horizont) in einer Tiefe von 1,60 - 1,40 m u. GOF anzusetzen und auf die örtliche Entwässerungsgräben eingestellt. Der darüber liegende Oxidationshorizont (Go-Horizont) ist ein wechselfeuchter Boden und weist daher typische Hydromorphiemerkmale wie rostfleckentartige Anreicherungen von Eisen(hydr)oxiden auf, wie sie durch die XRF-Analysen und Magnetosuszeptibilitätsstudien bestätigt wurden. Darüber befindet sich ein huminstoffhaltiger Mineralboden (Ah-Horizont). Das drastisch erniedrigte Konzentrationsniveau für K-, Ca- und Fe-Ionen hängt mit dem Bau des Deiches und der anschließenden, niederschlagsgebundenen Aussüßung der marinen Sedimente durch abwärtsgerichtete auswaschungsgebundene Stoffflüsse zusammen.

Die stratigraphische Zusammenschau der Einzelprofile JBU 6A und 8A zeigt Abb. 5. Bei nahezu identischer Höhe der Geländeoberfläche an den Bohrpunkten ist deutlich zu erkennen, dass die grundsätzliche stratigraphische Abfolge der Kerne JBU 6A und 8A gleich ist. Es existieren lediglich geringe Unterschiede in der Mächtigkeit der entsprechenden Schichten. Die für den Bohrpunkt JBU 7A vorliegenden Informationen passen in den durch die beiden anderen Bohrungen vorgegebenen Rahmen.

Abb. 5 zeigt ebenfalls, dass die pleistozänen Sande und der Basistorf in Richtung Deich etwa 1 m höher liegen. Dies ist mit Unterschieden im präholozänen Relief zu begründen. Da für die Bildung der Torfe Grundwasser-einfluss erforderlich war, ist davon auszugehen, dass die Torfbasis am Bohrpunkt JBU 6A älter ist als die Torfbasis am Bohrpunkt JBU 8A. Die in den Torf eingeschalteten Brackwassersedimente sind im Sedimentkern JBU 8A doppelt so mächtig wie im Sedimentkern JBU 6A. Im Gegensatz dazu sind am Standort JBU 8A die Wattsedimente wesentlich geringmächtiger. Die Wattsedimente im Kern JBU 7A liegen auf einer Höhe mit denen des Kerns JBU 6A. Die Marschsedimente an den Standorten JBU 6A und 8A weisen nahezu die gleiche Mächtigkeit auf.

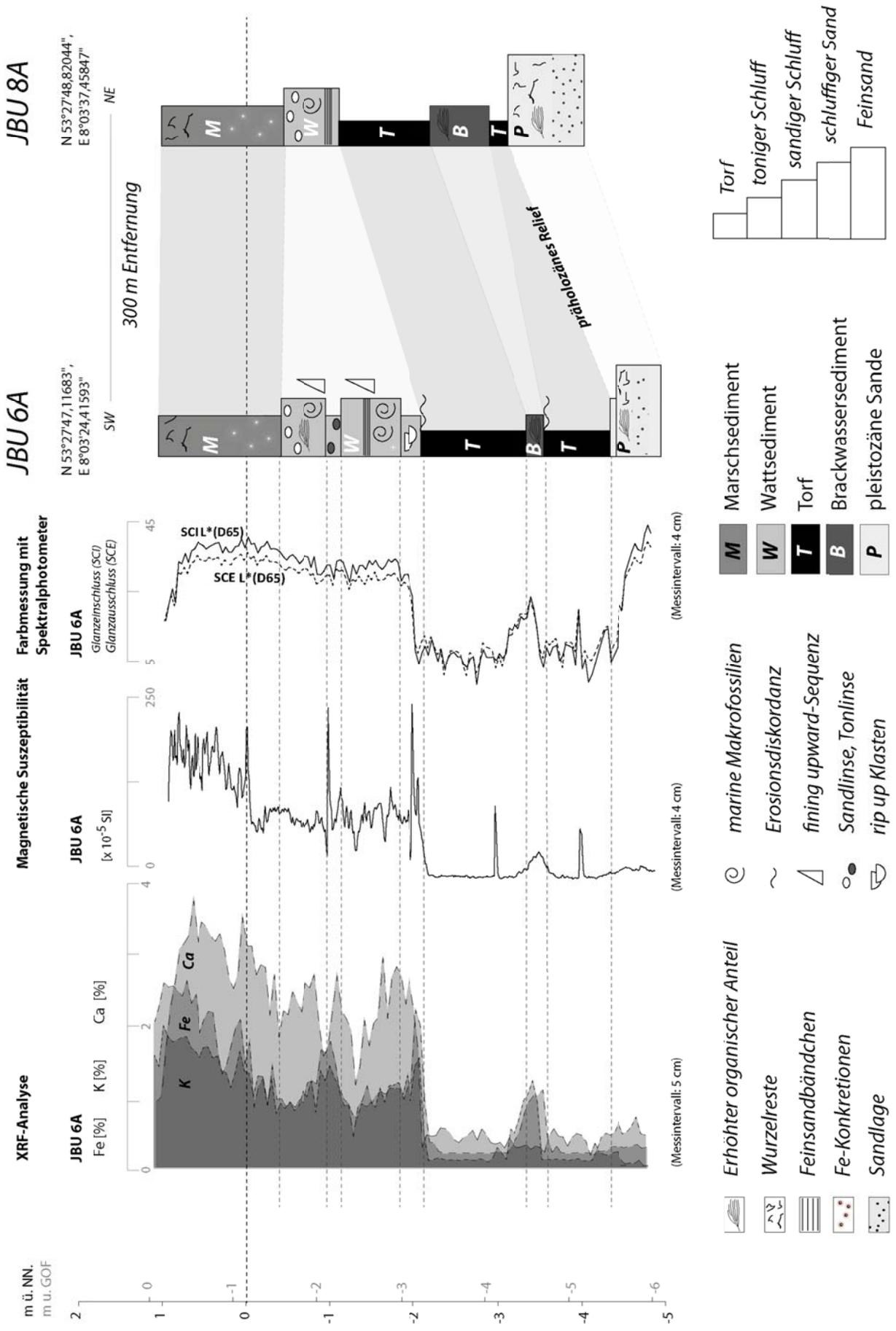


Abb. 5: Faziesabfolge entlang des Bohrprofiltransektes aus Sondierungen JBU 6A und 8A.

Aus dem Vergleich der Lokalstratigraphien ergibt sich eine allmähliche Nivellierung der Landschaftsoberfläche. Während das Geestrelief noch einen Höhenunterschied von 1 m aufweist, verringert sich dieser Abstand immer weiter mit jeder folgenden Schicht bis zur Marsch deren Oberfläche an allen Standorten auf annähernd gleicher Höhe über Meeresspiegel liegt.

Sämtliche im Untersuchungsgebiet gemessenen geoelektrischen Profile sind quasi-identisch und bestätigen die mittels Bohrung erfassten Strukturen des oberflächennahen Untergrunds mit ähnlichen Tendenzen hinsichtlich des präholozänen Reliefs und der allmählichen Nivellierung. Auf der 700 m langen Strecke von Idagroden bis zum Deich variiert die Höhenlage der pleistozänen Sande leicht, wie dies bereits die Bohrkernstratigraphien der Kerne JBU 6A und JBU 8A zu erkennen geben: in Richtung des Deiches ist ein leichter Anstieg festzustellen. Die Torfschichten sind vermutlich auf der gesamten Strecke durchgängig vorhanden. Jedoch gibt es auch hier geringe Schwankungen in der Mächtigkeit. Die Marschsedimente weisen in allen ERT-Profilen eine annähernd gleiche Mächtigkeit auf.

8 Fazit und Ausblick

Insgesamt lassen sich für das Gebiet Idagroden zwei Transgressionsphasen erkennen, die zum einen durch das aufwachsende Moor und die darüber liegenden Brackwassersedimente und zum anderen durch den Erosionskontakt zwischen Torf und Watt nachzuweisen sind. Hinsichtlich der jüngeren Transgression ist auffällig, dass sie uniform über weite Entfernungen nachweisbar ist und aufgrund der detektierten Erosionsdiskordanz mit einer hochenergetischen Dynamik einhergegangen sein muss (vgl. hierzu Obrocki et al. 2012). Dazwischen belegen die Sedimente eine deutliche Regressionsphase, die durch das Aufwachsen der zweiten Torfschicht gekennzeichnet ist. Der Deichbau führte letztendlich zur Verlandung des ehemaligen Schwarzen Bracks und zu der jetzigen Landschaftsform.

Die Untersuchungsergebnisse konnten die bisherigen Forschungsergebnisse aus dem Gebiet des westlichen Jadebusens bestätigen (Obrocki et al. 2012). Allerdings ist die Erfassung sedimentologischer Spuren der vielfach in der Literatur erwähnten mittelalterlichen Sturmfluten, welche die Bildung des Jadebusens erst verursacht haben sollen, im Sedimentarchiv problematisch. Diese Ereignisse sind eventuell in den Sandeinlagerungen der Watt- und Marschfazies zu finden oder durch Erosion bereits nicht mehr oder nur in Resten

vorhanden. Es bleibt festzuhalten, dass für Idagroden anhand der Bohrkerne JBU 6A, 7A und 8A holozäne Schichtabfolgen nachweisbar sind, die zwar in ihrer Mächtigkeit, jedoch nicht in ihrer Zusammensetzung variieren.

Nach Grabemann et al. (2004) ist für die deutsche Nordseeküste bei einer Klimaerwärmung mit einem Anstieg des Meeresspiegels, einem erhöhten Tidenhub und mit stärkeren Winden zu rechnen. Ob und wie weit speziell der Jadebusen und Idagroden davon betroffen sein werden, ist nur schwer vorauszusagen. Es ist jedoch anzunehmen, dass mittel- bis langfristige Küstenschutzmaßnahmen erforderlich sein werden, um die Nutzbarkeit der heutigen Küstengebiete auch zukünftig gewährleisten zu können.

Literatur

- Bahlburg, H., Breitzkreuz, C. (2008): Grundlagen der Geologie. 3. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- Behre, K.-E. (1995): Die deutsche Nordseeküste in Physische Geographie Deutschlands. In: Liedtke, H., Marcinek, J. (Hrsg.): Physische Geographie Deutschlands. 2. Auflage. Justus Perthes Verlag, Gotha.
- Behre, K.-E. (2006): Die Geschichte des Jadebusens. Wilhelmshavener Zeitung/Sonderdruck. Wilhelmshaven
- Behre, K.-E. (2008): Landschaftsgeschichte Norddeutschlands - Umwelt und Siedlung von der Steinzeit bis zur Gegenwart. 1. Auflage. Wachholtz Verlag, Neumünster.
- Grabemann, H.-J., Grabemann, I., Eppel, D. P. (2004): Climate change and hydrodynamic impact in the Jade-Weser area: a case study in Geographie der Meere und Küsten. Hrsg.: Schernewski, G. und Dolch, T., Coastline Reports 1, 83 – 91.
- Heunisch, C., Caspers, G., Elbracht, J., Langer, A., Röhling, H.-G., Schwarz, C., Streif, H. (2007): Erdgeschichte von Niedersachsen - Geologie und Landschaftsentwicklung. Hrsg.: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie. GeoBericht 6, 3 – 85.
- ICBM Terramare (2010): Eine Baseline Study zur Erfassung naturwissenschaftlicher und kulturwissenschaftlicher Grundlagendaten für eine niedersächsische Küstendatenbank. URL: <http://www.jade.icbm.de/44780.html> [Stand 07.09.2012].
- Liedtke, H., Marcinek, J. (1995): Das Norddeutsche Tiefland in Physische Geographie Deutschlands. Hrsg.: Liedtke, H. und Marcinek, J., 2. Auflage. Justus Perthes Verlag Gotha.
- Linke, O. (1939): Die Biota des Jadebusenwattes. Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 1. Auflage. Springer Verlag.
- Obrocki, L., Vött, A., Freund, H., Wartenberg, W., Willershäuser, T., Hadler, H., Schnaidt, S. (2012): Geowissenschaftliche Untersuchungen zum holozänen Landschaftswandel in Idagroden und Arngastsand (Jadebusen, Niedersächsisches Wattenmeer). In: Vött, A., Venzke, J.-F. (eds.): Beiträge der 29. Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“, 28. bis 30. April 2011 in Bremen. Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung 44, 77 – 86.
- Reineck, H.-E. (1994): Landschaftsgeschichte und Geologie Ostfrieslands - Ein Wanderführer für Geowissenschaftler und Naturfreunde durch Ostfriesland und das Wattenmeer. 1. Auflage. Sven von Loga, Köln.

- Rothe, P. (2009): Die Geologie Deutschlands - 48 Landschaften im Portrait. 3. Auflage. Primus Verlag, Darmstadt.
- Schimmelpennig, E. (2005): Der Jadebusen und das Schwarze Brack - Die Geschichte und Entwicklung der Küste im Bereich des westlichen Jadebusens. 2. Auflage. Heiber, Hartmut, Schortens/Heidmühle.
- Streif, H. (2004): Sedimentary record of Pleistocene and Holocene marine inundations along the North Sea coast of Lower Saxony, Germany. Elsevier, Quaternary International 122, 3 – 28.
- Wartenberg, W., Freund, H. (2012): Late Pleistocene and Holocene sedimentary record within the Jade Bay, Lower Saxony, Northwest Germany - New aspects for the palaeoecological record. Elsevier, Quaternary International 251, 31 – 41.

Adressen der Autoren

Anja Lehmann, B.Sc.
 Institut für Geowissenschaften
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz
 Johann-Joachim-Becher-Weg 21
 55099 Mainz
 anlehman@students.uni-mainz.de

PD Dr. Holger Freund
 ICBM - Institut für Chemie und Biologie des Meeres
 Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg
 Schleusenstraße 1
 26382 Wilhelmshaven

Dipl.-Geogr. Claudia Finkler, Dr. Peter Fischer,
 Dipl.-Geogr. Hanna Hadler,
 Dipl.-Geol. Peter Henning,
 Dipl.-Geogr. Timo Willershäuser &
 Prof. Dr. Andreas Vött
 Geographisches Institut
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz
 Johann-Joachim-Becher-Weg 21
 55099 Mainz

Dr. Wolfram Wartenberg
 Geothemen
 Stedinger Straße 11
 26419 Schortens

MAINZER GEOGRAPHISCHE STUDIEN

- 55 HENNING, Peter & Andreas VÖTT (Hrsg.): Die Küste als Lebensraum und Risikozone. Aspekte moderner Küstenforschung: 26-29. April 2012 in Mainz 130 Seiten, 26 Abbildungen, 10 Tabellen. 2013. ISBN 978-3-88250-061-5. € 24.
- 54 THOMAS, Axel: Geoinformatische Regionalisierungen von Klimadaten: Methodik und Anwendung für agrarökologische Tragfähigkeitsstudien am Beispiel China. 224 Seiten, 47 Abbildungen, 10 Tabellen, 16 Karten, 1 CD. 2007. ISBN 978-3-88250-055-4. € 20.
- 53 MENSE-STEFAN, Anna: Standortdifferenzierte Abschätzung von Sickerwasserraten in Hessen – ein Beitrag zur Ermittlung von Stofffrachten aus dem Boden. 229 Seiten, 55 Abbildungen, 25 Karten, 57 Tabellen. 2005. ISBN 3-88250-053-0. € 22.
- 52 SCHÄFER, Dirk (Hrsg.): Geoinformation und Geotechnologien. Anwendungsbeispiele aus der modernen Informations- und Kommunikationsgesellschaft. 154 Seiten, 59 Abbildungen, 13 Tabellen. 2004. ISBN 3-88250-052-2. € 14.
- 51 KÜHNE, Olaf: Umwelt und Transformation in Polen. Eine kybernetisch-systemtheoretische Analyse. 218 Seiten, 35 Abbildungen, 6 Tabellen. 2004. ISBN 3-88250-051-4. € 20.
- 50 MUND, Jan-Peter: Kleinbäuerlicher Nassreisanaubau in Bas-fonds der Côte d'Ivoire, Westafrika. 281 Seiten, 88 Abbildungen, 74 Tabellen, 3 Karten, 8 Photos. 2004. ISBN 3-88250-050-6. € 26.
- 49 SUN, Wanxiao: Land-use classification using high resolution satellite imagery, a new information fusion method. An application in Landau, Germany. 95 Seiten, 15 Abbildungen, 16 Tabellen, 3 Karten. 2003. ISBN 3-88250-049-2. € 10.
- 48 HILDEBRANDT, Helmut: Ausgewählte Schriften zur historischen Geographie deutscher Landschaften. 286 Seiten, 44 Abbildungen, 1 Karte. 2003. ISBN 3-88250-048-4. € 28.
- 47 KLEIN, Michael: Binnendünen im nördlichen Zentralasien – Uws Nuur Becken, nordwestl. Mongolei. 182 S., 42 Abbildungen, 26 Tabellen, 10 Karten. 2001. ISBN 3-88250-047-6. € 18.
- 46 FUCHS, Hans-Joachim: Typisierung der annuellen Niederschlagsvariationen in Nordostindien in Abhängigkeit vom indischen Monsunklima. 200 Seiten, 58 Abbildungen, 9 Tabellen. 2000. ISBN 3-88250-046-8. € 18.
- 45 PREUSS, Johannes & Frank EITELBERG: Hallschlag. Historisch-genetische Studie zur ehemaligen Fabrik für die Herstellung von Trinitrotoluol, Dinitrobenzol und Presskörpern aus Sprengstoffen sowie zur Verfüllung und Entlaborierung von Munition der Espagit AG. 384 Seiten, 83 Abbildungen, 24 Tabellen. 1999. ISBN 3-88250-045-X. € 20.
- 44 SCHMANKE, Volkhard: Untersuchungen zur Hanggefährdung im Bonner Raum. Eine Bewertung mit Hilfe unterschiedlicher Modellansätze. 146 Seiten, 66 Abbildungen, 20 Tabellen. 1999. ISBN 3-88250-044-1. € 13.
- 43 DENZER, Vera: Relikte und persistente Elemente einer ländlich geprägten Kulturlandschaft mit Vorschlägen zur Erhaltung und methodisch-didaktischen Aufbereitung am Beispiel von Waldhufensiedlungen im Südwest-Spessart. Ein Beitrag zur Angewandten Historischen Geographie. 287 Seiten, 78 Abbildungen, 15 Tabellen und 2 Kartenbeilagen. 1996. ISBN 3-88250-043-3. € 23.
- 42 ALBRECHT, Susanne: Der ländliche Raum Lothringens zwischen Verfall und Neubelebung. Politische Rahmenbedingungen und strukturelle Auswirkungen von Anpassungs- und Entwicklungsvorgängen in jüngerer Zeit. 313 Seiten, 51 Abbildungen, 43 Tabellen und 45 Karten. 1995. ISBN 3-88250-042-9. € 24,50.
- 41 KIRCHNER, Gerd: Physikalische Verwitterung in Trockengebieten unter Betonung der Salzverwitterung am Beispiel des Basin- and Range-Gebiets (südwestliche USA und nördliches Mexiko). 267 Seiten, 65 Abbildungen, 28 Tabellen und 5 Karten. 1995. ISBN 3-88250-041-7. € 20.
- 40 DOMRÖS, M & W. KLAER (Hrsg): Festschrift für Erdmann Gormsen zum 65. Geburtstag. 46 Beiträge, 652 Seiten mit 161 Abbildungen und 45 Tabellen. 1994. ISBN 3-88250-040-9. € 33.

- 39 HILDEBRANDT, Helmut (Hrsg.): Hachenburger Beiträge zur Angewandten Historischen Geographie. - Beiträge der 3. Fachtagung der Arbeitsgruppe "Angewandte Historische Geographie" im "Arbeitskreis für genetische Siedlungsforschung in Mitteleuropa" vom 18. bis 20. März 1993 in Hachenburg /Westerwald. 169 Seiten, 47 Schwarzweiß- und 4 Farbbildungen. 1994. ISBN 3-88250-039-5. € 20.
- 38 FUCHS, Friedhelm: Modellierung der Ozon-Immissionsbelastung in Rheinland-Pfalz. Studien zur physikochemischen Entwicklung von Oxidantien in anthropogen kontaminierten Luftmassen. 290 Seiten, 164 Abb., 62 Tabellen. 1993. ISBN 3-88250-038-7. € 23.
- 37 KÖNIG, Dieter: Erosionsschutz in Agroforstsystemen. Möglichkeiten zur Begrenzung der Bodenerosion in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft Rwandas im Rahmen standortgerechter Landnutzungssysteme. 212 Seiten, 52 Abb. und 30 Tabellen. 1992. ISBN 3-88250-037-9. € 20.
- 36 STADELBAUER, Jörg: Kolchozmärkte in der Sowjetunion. Geographische Studien zu Struktur, Tradition und Entwicklung des privaten Einzelhandels. 211 Seiten, 81 Abb., 23 Tabellen. 1991. ISBN 3-88250-036-0. € 23.
- 35 SCHREIBER, Michael: Großstadttourismus in der Bundesrepublik Deutschland am Beispiel einer segmentorientierten Untersuchung der Stadt Mainz. 195 Seiten, 49 Abb., 39 Tabellen. 1990. ISBN 3-88250-035-2. € 16.
- 34 DOMRÖS, M, EGGERS, H. & J. STADELBAUER (Hrsg): Festschrift für Wendelin Klaer zum 65. Geburtstag. 30 Beiträge, 536 Seiten mit 141 Abbildungen und 19 Tabellen. 1990. ISBN 3-88250-034-4. € 27,50.
- 33 AMEND, Stephan: Der Nationalpark "El Avila". Bedeutungswandel und Managementprobleme einer hauptstadtnahen Region in Venezuela. 181 Seiten, 19 Abb., 5 schwarzweiße und 2 farbige Faltkarten sowie 18 Tabellen. 1990. ISBN 3-88250-033-6. € 18.
- 32 AMEND, Thora: Marine und litorale Nationalparks in Venezuela - Anspruch, Wirklichkeit und Zukunftsperspektiven. 332 Seiten, 77 Abb., 23 Tabellen. 1990. ISBN 3-88250-032-8. € 18.
- 31 TÜRK, Matthias u.a.: Dorfentwicklung - Dorferneuerung: eine interdisziplinäre Bibliographie des deutschsprachigen Schrifttums. Ca. 2500 Titel, umfangreiches Register. 1988. ISBN 3-88250-031-X. Vergriffen
- 30 SEIMETZ, Hans-Jürgen: Raumstrukturelle Aspekte des Fernstraßenbaus. Auswirkungen von Autobahnen auf Arbeitsplatzwahl, Wohnortwahl und Einkaufsverhalten privater Haushalte (dargestellt am Autobahnteilstück Bingen-Koblenz der Autobahn A 61). 277 Seiten, 40 Abb., 53 Tabellen. 1987. ISBN 3-88250-030-1. Vergriffen
- 29 DÖPPERT, Michael: Die Entwicklung der ländlichen Kulturlandschaft in der ehemaligen Grafschaft Schlitzen unter besonderer Berücksichtigung der Landnutzungsformen von der Frühneuzeit bis zur Gegenwart. 202 Seiten, 52 Abb., 42 Tab. und Anhang. 1987. ISBN 3-88250-029-8. € 13.
- 28 BICKING, Barbara: Die Zimtwirtschaft auf Sri Lanka (Ceylon). Anbau und Vermarktung, historische Bindung und aktuelle Perspektiven eines traditionsgebundenen Produktes. 147 Seiten, 65 Abb., 19 Tabellen und 1 Karte. 1986. ISBN 3-88250-028-X. Vergriffen
- 27 NAUMANN, Michael: Mobile Erfassung von Temperatur und Luftfeuchte in ausgewählten Bereichen von Mainz und Wiesbaden. - KEHLBERGER, Stefanie: Luftverunreinigungen und Bioindikation im Verdichtungsraum Mainz-Wiesbaden. 224 Seiten, 44 Abb., 25 Tabellen und 27 Karten. 1986. ISBN 3-88250-027-1. € 13.
- 26 GORMSEN, Erdmann (ed.): The Impact of Tourism on Regional Development and Cultural Change. Papers of Symposium MULT. SY 11, 44th International Congress of Americanists, Manchester 1982. 11 Papers, 104 pages, 16 figures, 10 tables. 1985. ISBN 3-88250-026-3. € 8.
- 25 MÜLLER, Bernhard: Fremdenverkehr und Entwicklungspolitik zwischen Wachstum und Ausgleich: Folgen für die Stadt- und Regionalentwicklung in peripheren Räumen (Beispiel von der mexikanischen Pazifikküste). 217 Seiten, 40 Abb., 45 Tabellen. 1983. ISBN 3-88250-025-5. € 13.

- 24 GORMSEN, Erdmann & Robert H.T. SMITH (eds.): Market-Place Exchange: Empirical and Theoretical Studies. Papers Presented at the Meeting of the International Geographical Union Working Group on Market-Place Exchange Systems in Nagoya, Japan 1980. 12 Papers, 104 pages, 38 figures, 23 tables. 1982. ISBN 3-88250-024-7. € 11.
- 23 ABELE, Gerhard: Trockene Massenbewegungen, Schlammströme und rasche Abflüsse. Dominante morphologische Vorgänge in den chilenischen Anden. 102 Seiten, 29 Abb. 1981. ISBN 3-88250-023-9. € 12,50.
- 22 SCHÜRSMANN, Heinz: Sektorale polarisierte Entwicklung und regionale Partizipation in peripheren Räumen der Dritten Welt - Zur Problematik regionaler Entwicklung am Beispiel von Phosphatbergbau und Tourismus im südtunesischen Gouvernorat Gafsa unter besonderer Berücksichtigung demographischer Aspekte. 272 Seiten, 31 Abb., 19 Tabellen. 1986. ISBN 3-88250-022-0. € 14.
- 21 GORMSEN, Erdmann (Hrsg.): Periodische Märkte in verschiedenen Kulturkreisen. Vorträge der Fachsitzung 15 des 42. Deutschen Geographentages Göttingen 1979. - Periodic Markets in Different Cultural Realms. Papers Presented at Session 15 of the 42nd Conference of German Geographers, Göttingen 1979. 7 Beiträge, 82 Seiten, 18 Abb., 6 Tabellen. 1982. ISBN 3-88250-021-2. € 9.
- 20 KRIETER, Manfred: Bodenerosion in rheinhessischen Weinbergen - Ursachen, Folgen und Verhinderung aus landschaftsökologischer Sicht. 139 Seiten mit 39 Abb. und 28 Tabellen. 1985. ISBN 3-88250-020-0. € 12.
- 19 KRETH, Rüdiger: Die Versorgungslage der Mainzer Bevölkerung. Determinanten der stadtteilspezifischen Versorgungssituation und des distanzbezogenen Einkaufsverhaltens. 259 Seiten, 11 Abb., 38 Tabellen und 5 Karten. 1979. ISBN 3-88250-019-0. € 14.
- 18 BÜCHNER, Hans-Joachim: Die temporäre Arbeitskräftewanderung nach Westeuropa als bestimmender Faktor für den gegenwärtigen Strukturwandel der Todra-Oase (Südmorokko). 319 Seiten, 30 Abb., 30 Tabellen und Anhang. 1986. ISBN 3-88250-018-2. € 15.
- 17 SMITH, R.H.T. & E. GORMSON (eds.): Market-Place Exchange: Spatial Analysis and Policy. Papers presented at the Meeting of the International Geographical Union Working Group on Market-Place Exchange Systems in Zaria, Nigeria. 10 Papers, 100 pages, 16 figs., 29 tables. 1979. ISBN 3-88250-017-4. € 9.
- 16 PETERS, Wolfgang: Agrarklimatologische Theorie und ökonomische Praxis des Teeanbaus in Sri Lanka. 261 Seiten, 65 Abb. und 51 Tabellen. 1978. ISBN 3-88250-016-6. € 13.
- 15 WALDT, Hans-Otto: Sonderkulturen in Venezuela - Eine agrargeographische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der Standortproblematik. 214 Seiten mit 25 Abb. und 2 Faltkarten. 1978. ISBN 3-88250-015-8. € 12.
- 14 HILDEBRANDT, Helmut: Studien zum Zelgenproblem - Untersuchungen über flüchtigen Anbau aufgrund methodenkritischer Interpretationen agrargeschichtlicher Quellen, dargestellt an Beispielen aus dem deutschsprachigen Raum. 269 Seiten und 12 Abb. (2 Faltkarten). 1980. ISBN 3-88250-014-X. € 17.
- 13 CHEIKH DIBES, Mohamed: Die Wochenmärkte in Nordsyrien. 187 Seiten mit 26 Abb., 7 Karten, 4 Tabellen und 9 Figuren. 1978. ISBN 3-88250-013-1. € 11.
- 12 AMBOS, Robert: Untersuchungen zur pleistozänen Reliefentwicklung im Oberen Todrhagebiet am Südrand des Hohen Atlas (SE-Marokko). 144 Seiten, 35 Abb., 10 Karten, 25 Fig. und 13 Tab. 1977. ISBN 3-88250-012-3. € 15.
- 11 DOMRÖS, M., EGGERS, H., GORMSEN, E., KANDLER, O. & W. KLAER (Hrsg): Mainz und der Rhein-Main-Nahe-Raum - Festschrift zum 41. Deutschen Geographentag vom 30. Mai - 2. Juni 1977 in Mainz, 26 Beiträge, 421 Seiten mit 112 Abb. und 4 Beil. 1977. Vergriffen
- 10 GORMSEN, E. (ed.): Market Distribution Systems - Papers Submitted to the Symposium K-28 of the XXIII International Geographical Union Working Group on Market-Place Exchange Systems. 15 Papers, 100 pages with 19 figs. 1976. ISBN 3-88250-010-7. € 8.

- 9 ANDRES, Wolfgang: Studien zur jungquartären Reliefentwicklung des südlichen Anti-Atlas und seines saharischen Vorlandes (Marokko). 161 Seiten mit 75 Abb., 3 Karten und 2 Tabellen. 1977. € 15.
 - 8 KOPP, Inge: Untersuchungen zur Siedlungsgenese, Wirtschafts- und Sozialstruktur in Gemeinden des Südost-Spessarts. 147 Seiten mit 42 Abb. und 23 Tab. 1975. Vergriffen
 - 7 HEIN, Ekkehard: Zentralörtliche Gliederung und regionale Schulplanung. Eine Untersuchung in der Planungsregion Rheinhessen. 180 Seiten mit 32 Abb. 1974. € 15.
 - 6 VOLKMANN, Hartmut: Die Kulturlandschaft Norrbottens und ihre Wandlungen seit 1945. 173 Seiten mit 30 Abb. 1973. € 6,50.
 - 5 LÜCKE, Hartmut: Ostkorsika - Untersuchungen zum Kulturlandschaftswandel einer insularen Region. 460 Seiten mit 20 Karten, 176 Fig. und 38 Abb. in gesond. Bd. 1976. € 19.
 - 4 BECK, Nordwin: Studien zur klimagenetischen Geomorphologie im Hoch- und Mittelgebirge des lukanisch-kalabrischen Apennin (M. Pollino). 112 Seiten mit 47 Abb. und einer Faltkarte. 1972. € 5.
 - 3 KANDLER, Otto: Untersuchungen zur quartären Entwicklung des Rheintales zwischen Mainz/Wiesbaden und Bingen/Rüdesheim. 92 Seiten mit 35 Abb. und 1 farb. Faltkarte. 1970. Vergriffen
 - 2 NIEUWOLT, Simon: Klimageographie der malaiischen Halbinsel. 152 Seiten mit 28 Abb. 1969. € 9,50.
 - 1 HAFEMANN, D., H. KASTRUP & R. KLÖPPER (Hrsg.) Festgabe zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Wolfgang Panzer. 176 Seiten. 1961. Vergriffen
-
- S6 SONDERBAND 6: PREUSS, Johannes & EITELBERG, Frank: Die Teuto-Metallwerke GmbH in Osnabrück. Rekonstruktion einer Fabrik für Infanteriepatronen und Hülsen für Bordwaffenmunition der Jahre 1935 - 1945. 247 Seiten, 146 Abbildungen, 41 Tabellen, 12 Baubeschreibungen, 3 Dokumente, Anhang mit weiteren 22 Luftbildausschnitten und Tabellen, 1 Luftbild-Faltplan. ISBN 978-3-00-030346-3. Preis: 24,50 €
 - S5 SONDERBAND 5: RATTER, Beate; FRANKE, Nils M. & Thomas TREILING: Heimat und Regionalentwicklung an Mosel, Rhein und Nahe. 87 Seiten, 8 Abbildungen, 5 Karten, 10 Tabellen, 21 Fotos. 2009. ISBN 978-3-88250-060-8. 12 €
 - S4 SONDERBAND 4: RATTER, Beate & Thomas TREILING: Heimat und Naturschutz im Nahetal. 64 Seiten, 11 Abbildungen, 5 Karten, 10 Tabellen. 2008. ISBN 978-3-88250-058-5 (Bei Bestellung bitte immer zusätzlich Autor/Titel angeben, ISBN versehentlich doppelt). 12 €
 - S3 SONDERBAND 3: HILDEBRANDT, Helmut; HEUSER-HILDEBRANDT, Birgit & WOLTERS, Steffen: Kulturlandschaftsgenese und Bestandsgeschichtliche Untersuchungen anhand von Kohlholzspektren aus historischen Meilerplätzen, Pollendiagrammen und archivalischen Quellen im Naturpark Pfälzerwald, Forstamt Johanniskreuz. 189 Seiten, 73 Abbildungen, 11 Tabellen, 8 Anlagen. 2007. ISBN 978-3-88250-058-5 (Bei Bestellung bitte immer zusätzlich Autor/Titel angeben, ISBN versehentlich doppelt). € 18.
 - S2 SONDERBAND 2: RATTER, Beate (Hrsg.): Heimat und Naturschutz im Mittelrheintal. 61 Seiten, 24 Abbildungen, 7 Karten, 7 Tabellen. 2005. 2005. ISBN 3-88250-054-9.
 - S1 SONDERBAND 1: PREUSS, Johannes & Frank EITELBERG: Heeres-Munitionsanstalt Lübbecke. Vorgeschichte der Stadt Espelkamp. 498 Seiten, 175 Abbildungen, 44 Tabellen. 2003. ISBN 3-00-012863-8. € 29 Vergriffen.

Dieser neue Sammelband der Reihe Mainzer Geographische Studien beinhaltet sieben Beiträge mit aktuellen Ergebnissen der Meeres- und Küstenforschung aus den Fachdisziplinen Geographie, Geologie, Sedimentologie und Fischereiwesen.

Die vorliegenden Beiträge der 30. Jubiläums-Jahrestagung des Arbeitskreises „Geographie der Meere und Küsten“ (AMK) in Mainz werden in diesem Buch einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Damit wird die Tradition der bislang durchgehenden Reihe der Veröffentlichungen zu den AMK-Jahrestagungen ohne Unterbrechung bis ins 30-jährige Bestehen des Arbeitskreises fortgesetzt.



mainzer 
geographische
studien

