



## Ausmaß und Folgen isostatischer Erdkrustenbewegungen an der Ostseeküste NE-Deutschlands

REINHARD LAMPE\*)

2 Abbildungen

*Deutschland  
Mecklenburg-Vorpommern  
Ostsee  
Isostasie  
Eustasie  
Neotektonik  
Nehrung*

### Inhalt

Zusammenfassung .....	179
Abstract .....	179
1. Einleitung und Fragestellung .....	179
2. Untersuchungsgebiet und Methoden .....	180
3. Ergebnisse und Diskussion .....	180
4. Schlussfolgerungen .....	181
Literatur .....	181

### Zusammenfassung

Basierend auf umfangreichen Felduntersuchungen wird das Zusammenspiel zwischen Meeresspiegelentwicklung, Erdkrustenbewegung und der Entwicklung des Akkumulationsraums bei der Genese der Küste Mecklenburg-Vorpommerns untersucht. Drei lokale Meeresspiegelkurven werden abgeleitet, aus denen auf den Umfang der isostatischen Bewegung und deren Auswirkungen auf die Küstengenese geschlossen wird.

### Extent and Consequences of Isostatic Movements on the Baltic Sea Coast (Northeastern Germany)

#### Abstract

Based on intensive field surveys the interplay between sea level development, crustal movement, and accumulation space on the coastal evolution in Mecklenburg-Vorpommern is investigated. Three local sea level curves are established, from which the extent of the isostatic movement and its effects on the coastal evolution are deduced.

### 1. Einleitung und Fragestellung

Die spätquartäre Meeresspiegelgeschichte im Nordwesten Europas widerspiegelt den Einfluss eustatischer, isostatischer, tektonischer und – im lokalen Maßstab – anderer Faktoren wie Sedimentkompaktion und Halokinetik. Die vielfältigen Kombinationen dieser Faktoren in einem vergleichsweise kleinen Raum machten NW-Europa zu einem intensiv untersuchten „Meeresspiegellabor“ (MÖRNER, 1980). In dieser Region stellt die südliche Ostseeküste die

Übergangszone zwischen Baltischem Schild und Mitteleuropäischer Senkungszone dar, in der glazialisostatische Hebung im Norden abgelöst wird durch neotektonische und/oder glazialisostatische Subsidenz im Süden.

Ein weitverbreitetes Referenzniveau für die Bestimmung der neotektonischen Vertikalbewegung im NW und NE Deutschlands stellt die Basis des marinen Rupelian dar (Unteres Oligozän, 34 Ma). Die Hauptsenkungszone folgt

\*) Prof. REINHARD LAMPE: Universität Greifswald, Institut für Geographie und Geologie, Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße 16, D 17489 Greifswald. lampe@uni-greifswald.de.

einer von Hamburg über Berlin reichenden Achse, die sich weiter nach Südpolen verfolgen lässt. Am Nordrand der Senkungszone klingen die Rupel-Ablagerungen aus und deuten eine Hebungstruktur an, die von Rügen über Sjælland bis zum Ringkøping-Fyn-Hoch Dänemarks reicht. Die Trennlinie zwischen dem Senkungs- und dem Hebungsbe- reich kreuzt die heutige Küstenlinie NE von Rostock, von wo aus sie nach SE bis in den Bereich südlich der Oder- Mündung verläuft (GARETSKY et al., 2001; LUDWIG, 2001). Die mittleren Bewegungsraten sind vergleichsweise klein und betragen  $-0,006 \text{ mm a}^{-1}$  für das Wismarer Gebiet und  $+0,004 \text{ mm a}^{-1}$  für Rügen.

Während des Pleistozäns wurde dieses Bewegungsmu- ster durch die von mehreren Vereisungen ausgelösten gla- zialisostatischen Ausgleichsbewegungen überprägt. Seit dem letzten glazialen Maximum wurde Fennoscandia mehr- ere hundert Meter gehoben. Die gegenwärtige Vertikalbe- wegung nimmt von etwa ca.  $9 \text{ mm a}^{-1}$  im Zentrum der Auf- wölbung radial nach außen ab und wird in den anschlie- ßenden Gebieten Weißrusslands, N-Polens, N-Deutschlands und der Niederlande abgelöst von schwachen Sen- kungstendenzen (FRISCHBUTTER & SCHWAB, 1995). Diese Senkungsgebiete sind wiederholt als kollabierender Ring- wulst gedeutet worden, der sich infolge des Gewichtes des skandinavischen Eisschildes gebildet hatte (FJELDSKAAR, 1994; LAMBECK et al., 1998). Die andauernde Senkung im Bereich dieser peripheren Aufwölbung soll u.a. für die Unterschiede im relativen Meeresspiegelanstieg zwischen Belgien, den Niederlanden und NW-Deutschland verant- wortlich sein (KIDEN et al., 2002; VINK et al., 2007)

Die südliche Ostseeküste ist nördlich dieses Ringwulstes gelegen, so dass das Gebiet durch Hebung gekennzeich- net sein sollte. Die gegenwärtigen relativen Meeresspie- gelbewegungen in diesem Bereich, die sich aus der Analyse langfristiger Pegelaufzeichnungen ergeben, zeigen allerdings eine Kippung mit Hebung im Norden (Rügen) und Senkung im SW (Wismar) an (DIETRICH & LIEBSCH, 2000). Die gegenwärtige eustatische Komponente wird auf  $1$  bis  $1,2 \text{ mm a}^{-1}$  geschätzt (STIGGE, 2003), was mit der Relativbewegung im Raum Rostock bis Fischland überein- stimmt und zeigt, dass in diesem Bereich die glazialisosta- tische Bewegungskomponente verschwindet. Der Bereich nördlich davon würde dann zum Hebungsgebiet, der sich südwestlich anschließende Bereich zum Senkungsgebiet gehören (EKMAN, 1996).

Die vorliegende Untersuchung verfolgte das Ziel, den Anstieg des relativen Meeresspiegels (rsl) an der südlichen Ostseeküste seit Einsetzen der Littorina-Transgression (ca. 7200 BC) zu rekonstruieren und aus dem Vergleich mit rsl-Kurven benachbarter Gebiete Aussagen zu Verlauf und

Ausmaß isostatischer Bewegungen abzuleiten. Aus der räumlichen Differenzierung des Bewegungsmusters ergä- ben sich dann Schlussfolgerungen für die Küstenentwick- lung in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

## 2. Untersuchungsgebiet und Methoden

Rsl-Kurven, die aus regional verteilten Daten abgeleitet sind, können durch differentielle Krustenbewegungen innerhalb der Region verfälscht sein. Um diesen Fehler zu vermeiden, schlugen KIDEN et al. (2002) vor, lokal gültige Kurven zu etablieren, die nur für Gebiete mit Durchmes- sern zwischen  $15$  bis  $30 \text{ km}$  gültig sind. Für die vorliegende Studie wurden dazu Daten aus drei Untersuchungsgebie- ten (USG) erhoben, die entlang des Gradienten der säku- laren rsl-Änderung lokalisiert sind. Die USG Wismar-Bucht, Fischland und N-Rügen/Hiddensee besitzen Durchmesser  $<25 \text{ km}$  und die für sie repräsentativen Pegel Wismar, Barth und Saßnitz zeigen säkulare rsl-Anstiege von  $1,4 \text{ mm a}^{-1}$ ,  $1,0 \text{ mm a}^{-1}$  und  $0,6 \text{ mm a}^{-1}$  (Abb. 1).

In diesen Gebieten wurden aus Bohrungen im Onshore- und Offshore-Bereich Torfproben gesammelt, auf ihr Ablagerungsmilieu hin untersucht (Pollen-, Diatomeen-, Makrorest-Analyse) und – soweit möglich – Makroreste von Landpflanzen für die AMS- $^{14}\text{C}$ -Datierung isoliert. Bei stark zersetzten Torfen musste auf Bulk-Proben ausgewichen werden. Zusätzlich standen zahlreiche Datierungen von unterwasserarchäologischen Untersuchungen sowie von Baumstämmen ertrunkener Wälder zur Verfügung (LAMPE et al., 2005; LÜBKE & TERBERGER, 2005). Nur in einigen Fällen wurden auch ältere konventionelle  $^{14}\text{C}$ -Daten heran- gezogen. Alle Daten wurden mit dem Programm CalPal kalibriert (DANZEGLOCKE et al., 2007) und das  $2\sigma$ -Intervall als Zeitfehler bestimmt. Für die Identifizierung der Paläo- Meeresspiegellage wurden das Ablagerungsmilieu, die Kompaktion der Torfe und weitere Fehler der Höhenbe- stimmung berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der Zeit- und Höhenfehler wurden die rsl-Hüllkurven im Zeit/Tiefen- Diagramm konstruiert (LAMPE et al., im Druck).

## 3. Ergebnisse und Diskussion

In jedem Untersuchungsgebiet wurden ausreichend viele geeignete Proben gefunden, die eine Rekonstruktion der rsl-Entwicklung seit mindestens 6000 BC zulassen. Dabei ist die Datenlage im USG Wismar-Bucht wegen zahlreicher UW-archäologischer Funde und UW-Funde von Baum- stämmen besonders günstig, während im USG Fischland dergleichen Funde bisher völlig fehlen. Die aus  $144$   $^{14}\text{C}$ - Daten resultierenden Hüllkurven der Meeresspiegelent- wicklung sind in Abb. 2 dargestellt. Sie zeigen einen prinzipiell ähn- lichen Verlauf, auch der rapide Anstieg endet bei allen drei Kurven bei etwa 5800 BC. Die einzige Perio- de, wo aus allen USG keine oder sehr wenige Daten vorliegen, reicht von 2000 BC bis 800 AD und ist durch geringe Torfakkumulation infolge geringen rsl-Anstiegs verur-

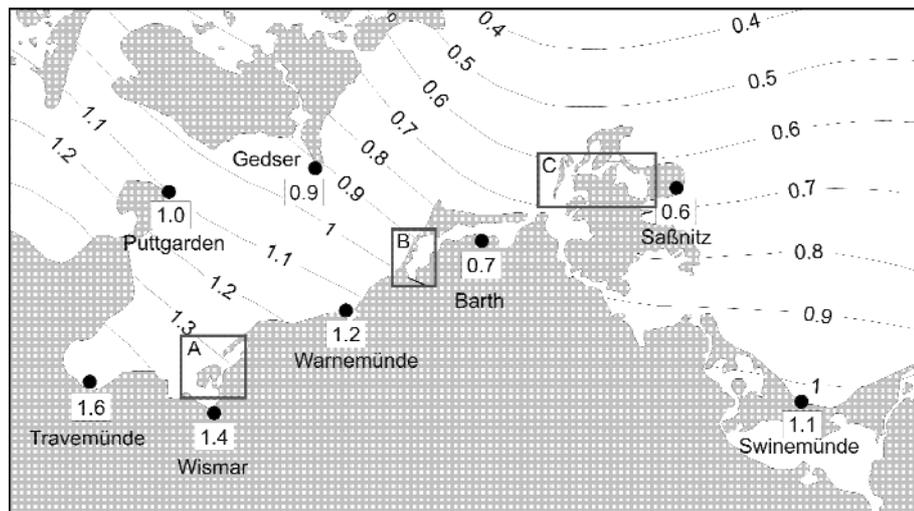


Abb. 1. Säkulare Anstieg des relativen Meeresspiegels im südlichen Ostseeraum (in  $\text{mm a}^{-1}$ , nach DIETRICH & LIEBSCH [2000]) und Lage der Untersuchungsgebiete Wismar-Bucht (A), Fischland (B) und N-Rügen/Hiddensee (C).

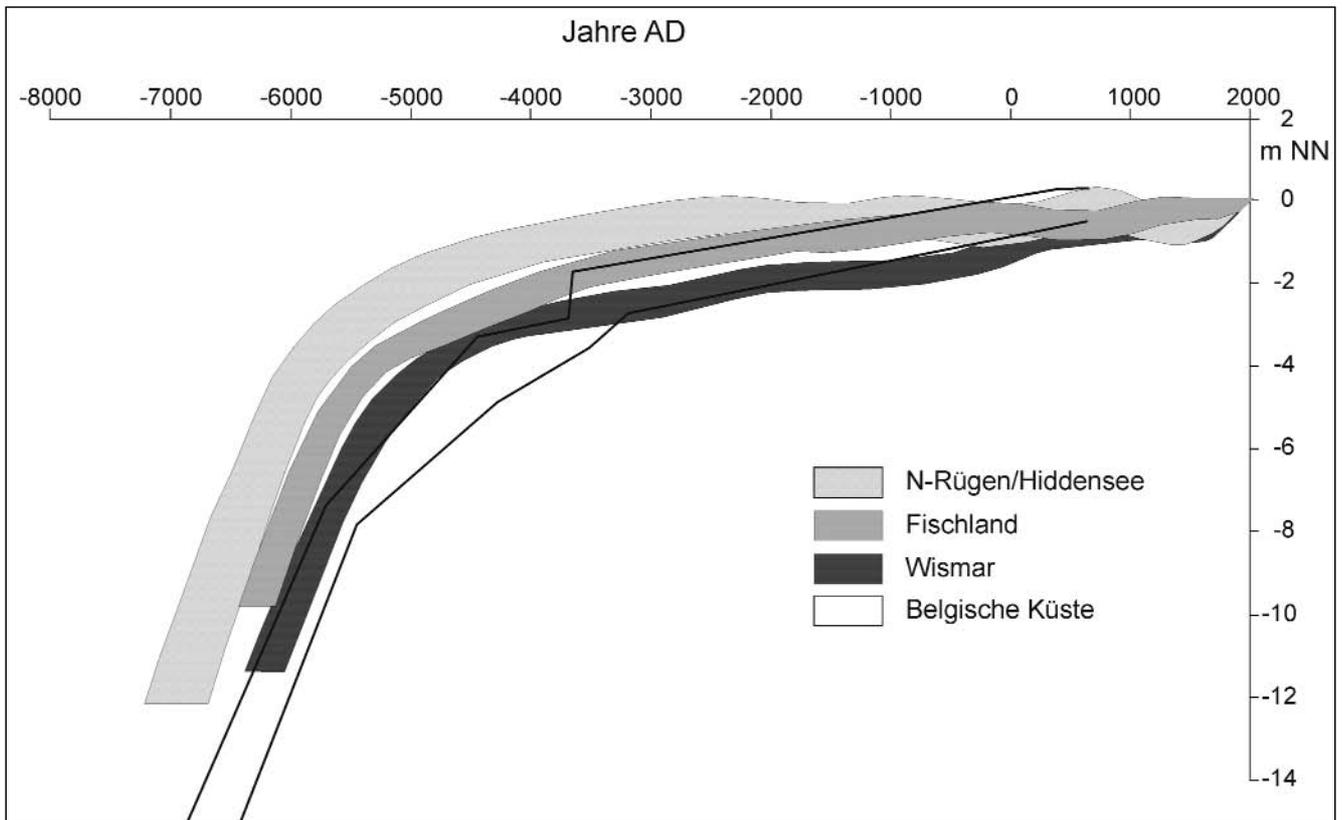


Abb. 2.  
Rsl-Hüllkurven für die Untersuchungsgebiete Wismar-Bucht, Fischland und N-Rügen/Hiddensee.  
Zum Vergleich ist die Hüllkurve der tektonisch/isostatisch stabilen belgischen Küste angegeben (KIDEN et al., 2002).

sacht. Erst nach 800 AD, mit dem Einsetzen der Jungsubatlantischen Transgressionsphase, nimmt das Torfwachstum wieder zu. Lediglich eine signifikante Meeresspiegelschwankung kann aus den Daten abgeleitet und mit einer prominenten Torfdegradationsschicht korreliert werden. Diese entstand während der Kleinen Eiszeit und ist verbreitet entlang der Küsten der Ost- und Nordsee zu finden (FREUND & STREIF, 1999; LAMPE & JANKE, 2004; GEHRELS et al., 2006). Zwar gibt es vage Indizien für einige weitere Oszillationen, doch kann deren Amplitude nur sehr gering gewesen sein.

Die Kurven unterscheiden sich allerdings signifikant in der Höhenlage und zeigen damit eine andauernde Kippung der Erdkruste im Bereich der südlichen Ostsee an, wofür vorrangig glazialisostatische Bewegungen als Ursache in Frage kommen. Eine Vorstellung von der Größe der isostatischen Komponente kann nur gewonnen werden durch den Vergleich mit rsl-Kurven aus tektonisch ±stabilen Gebieten, wofür sich die nächstgelegene Kurve der belgischen Küste anbietet (DENYS & BAETEMAN, 1995; KIDEN et al., 2002). Bildet man die Differenz zwischen den Kurven von der südlichen Ostseeküste und der aus Belgien, zeigt sich, dass die isostatischen Hebungen in den USG Wismar-Bucht und Fischland seit 5000 bzw. 3000 Jahren abgeklungen sind, auf Rügen dagegen mit nachlassender Intensität andauern. Für den Bereich der Wismar-Bucht macht der Vergleich außerdem eine leichte Subsidenz wahrscheinlich, so dass insgesamt das gegenwärtige, durch die Pegelanalyse ermittelte Bewegungsbild als bereits lang andauernd bestätigt wird.

#### 4. Schlussfolgerungen

Die drei lokalen rsl-Kurven untermauern bisherige Erkenntnisse (KLIEWE & JANKE, 1982), wonach der steile Ast des Transgressionsverlaufs um etwa 5800 BC endet und

danach ein nur noch schwacher Anstieg erfolgt. Separiert man mit Hilfe der als im Wesentlichen eustatisch anzusehenden belgischen rsl-Kurve den isostatischen Anteil, dann ist die resultierende Hebung auf Rügen rund dreimal so groß wie die in der Wismar-Bucht. Entsprechend schnell muss sich auf Rügen der Akkumulationsraum verringert haben, der für eine potentielle Ablagerung von Sedimenten aus dem Küstenabbruch zur Verfügung stand. Gleiches Sedimentangebot vorausgesetzt, sollten sich deshalb die Nehrungen auf Rügen schneller gebildet und eine stärkere Progradation erfahren haben als in den beiden anderen USG. Während der leichten Meeresspiegelsenkung im Zuge der Kleinen Eiszeit war infolge der andauernden Hebung auf Rügen eine schwache Regression die Folge (Inaktivierung der Kliffe [SCHNICK, 2006]), während dies in der Wismar-Bucht nur eine abgeschwächte Transgression bedeutete. Da inzwischen die Rate des Meeresspiegelanstiegs die Hebungsrates aller drei USG übertrifft, ist generell ein Anwachsen des Akkumulationsraums, der Erosion der Kliffe und Nehrungen und eine Destabilisierung der Küstenlinie zu beobachten. Bei einem zukünftig schneller steigenden Meeresspiegel muss mit einer weiteren Intensivierung dieser Erscheinungen gerechnet werden, die sich in der Wismar-Bucht verstärkt, auf Rügen abgeschwächt bemerkbar machen werden.

#### Literatur

- DANZEGLOCKE, U., JÖRIS, O. & WENINGER, B.: CalPal-2007online. – <http://www.calpal-online.de/> accessed 2007/10.
- DENYS, L. & BAETEMAN, C.: Holocene evolution of relative sea level and local mean high water spring tides in Belgium – a first assessment. – *Marine Geology*, **124**, 1–19, 1995.
- DIETRICH, R. & LIEBSCH, G.: Zur Variabilität des Meeresspiegels an der Küste von Mecklenburg-Vorpommern. – *Zeitschrift für Geologische Wissenschaften*, **28**(6), 615–624, Berlin 2000.

- EKMAN, M.: A consistent map of the postglacial uplift of Fennoscandia. – *Terra Nova*, **8**(2), 158–165, 1996.
- FJELDSKAAR, W.: The amplitude and decay of the glacial forebulge in Fennoscandia. – *Norsk Geologisk Tidsskrift*, **74**, 2–8, 1994.
- FREUND, H. & STREIF, H.: Natürliche Pegelmarken für Meeresspiegelschwankungen der letzten 2000 Jahre im Bereich der Insel Juist. – *Petermanns Geographische Mitteilungen*, **143**, Piloheft 2000, 34–45, Gotha 1999.
- FRISCHBUTTER, A. & SCHWAB, G.: Karte der rezenten vertikalen Krustenbewegungen in der Umrahmung der Ostseedepression. Ein Beitrag zu IGCP-Projekt Nr. 346 „Neodynamica Baltica“. – *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge*, **2**(2), 59–67, Kleinmachnow 1995.
- GARETSKY, R.G., LUDWIG, A.O., SCHWAB, G. & STACKEBRANDT, W.: Neogeodynamics of the Baltic Sea depression and adjacent areas – Results of IGCP project 346. – *Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge*, **8**(1), 1–47, Kleinmachnow 2001.
- GEHRELS, W.R., SZKORNIK, K., BARTHOLDY, J., KIRBY, J.R., BRADLEY, S.L., MARSHALL, W.A., HEINEMEIER, J. & PEDERSEN, J.B.T.: Late Holocene sea-level changes and isostasy in western Denmark. – *Quaternary Research*, **66**(2), 288–302, 2006.
- KIDEN, P., DENYS, L. & JOHNSTON, P.: Late Quaternary sea-level change and isostatic and tectonic land movements along the Belgian-Dutch North Sea coast: geological data and model results. – *Journal of Quaternary Science*, **17**, 535–546, 2002.
- KLIEWE, H. & JANKE, W.: Der holozäne Wasserspiegelanstieg der Ostsee im nordöstlichen Küstengebiet der DDR. – *Petermanns Geographische Mitteilungen*, **126**(2), 65–74, Gotha 1982.
- LAMBECK, K., SMITHER, C. & JOHNSTON, P.: Sea-level change, glacial rebound and mantle viscosity for northern Europe. – *Geophysical Journal International*, **134**(1), 102–144, 1998.
- LAMPE, R. & JANKE, W.: The Holocene sea-level rise in the Southern Baltic as reflected in coastal peat sequences. – *Polish Geological Institute Special Papers*, **11**, 19–30, Warszawa 2004.
- LAMPE, R., ENDTMANN, E., JANKE, W., MEYER, H., LÜBKE, H., HARFF, J. & LEMKE, W.: A new relative sea-level curve for the Wismar Bay, NE-German Baltic coast. – *Meyniana*, **57**, 5–35, Kiel 2005.
- LAMPE, R., MEYER, H., ZIEKUR, R., JANKE, W. & ENDTMANN, E.: Holocene evolution of the irregularly sinking southern Baltic Sea coast and the interactions of sea-level rise, accumulation space and sediment supply. – *Berichte der Römisch-Germanischen Kommission*, Frankfurt a.M. im Druck.
- LÜBKE, H. & TERBERGER, T.: Das Endmesolithikum in Vorpommern und auf Rügen im Lichte neuer Daten. – *Bodendenkmalpflege in Mecklenburg-Vorpommern, Jahrbuch 2004*, **52**, 243–255, Schwerin 2005.
- LUDWIG, A.O.: Die neotektonische Ausgestaltung des südlichen Ostseeraumes. – *Zeitschrift für geologische Wissenschaften*, **29**(1/2), 149–167, Berlin 2001.
- MÖRNER, N.-A.: The northwest European „sea-level laboratory“ and regional Holocene eustasy. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **29**, 281–300, 1980.
- SCHNICK, H.: Zur Morphogenese der Steilufer Ost-Jasmunds (Insel Rügen) – eine landschaftsgeschichtliche Betrachtung. – *Zeitschrift für geologische Wissenschaften*, **34**(1/2), 73–97, Berlin 2003.
- STIGGE, H.-J.: Beobachtete Wasserstandsvariationen an der deutschen Ostseeküste im 19. und 20. Jahrhundert. – *Küste*, **66**, 79–102, Heide i. Holstein 2003.
- VINK, A., STEFFEN, H., REINHARDT, L. & KAUFMANN, G.: Holocene relative sea-level change, isostatic subsidence and the radial viscosity structure of the mantle of northwest Europe (Belgium, the Netherlands, Germany, southern North Sea). – *Quaternary Science Reviews*, **26**(25–28), 3249–3275, 2007.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 9. Juni 2008