

Entwicklung der mittleren Tidewasserstände an der deutschen Nordseeküste

(Zusammenfassung des Vortrages am
26.1.1990)

Führböter, Alfred

Veröffentlicht in:
Jahrbuch 1990 der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.11-16



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

Entwicklung der mittleren Tidewasserstände an der deutschen Nordseeküste

(Zusammenfassung des Vortrages am 26.1.1990)

Von Alfred Führböter

Im Vergleich zu den großen Meeresspiegeländerungen durch die Eiszeiten, die bei den stärksten Vereisungen den mittleren Wasserspiegel der Weltmeere um mehr als 100 Meter unter den heutigen Stand fielen ließen und die noch vor rd. 10 000 Jahren einen Meeresspiegel um 30 m unter dem heutigen bewirkten, sind die Meeresspiegel-lagen der letzten Jahrtausende als nahezu stabil anzusehen; geologische und archäologische Befunde lehren, daß bereits zum Ausgang des Neolithikums (in Nordeuropa etwa 2000 v. Chr.) der mittlere Meeresspiegel nur etwa 2 Meter niedriger als heute lag und in der Folgezeit mit örtlichen und zeitlichen Fluktuationen auf den gegenwärtigen Stand anstieg (vgl. z. B. STREIF und KÖSTER 1978). Exakte Messungen an Pegelstationen liegen allerdings erst seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts vor; sie zeigen einen weltweiten Trend, der als sogenannter Säkularanstieg in den letzten 100 Jahren einen Anstieg des mittleren Wasserspiegels der Weltozeane zwischen 1 und 2 Dezimetern bewirkte (vgl. z. B. BARNETT 1984).

Gerade aber wegen dieser – in geologischen Zeitspannen gesehen – nahezu stabilen Meeresspiegellage können Einflüsse bemerkbar werden, die durch anthropogene Einflüsse auf das Weltklima als sog. Treibhauseffekt bekannt geworden sind (vgl. z. B. zusammenfassende Darstellungen bei BACH 1982 und GRASSL und KLINGHOLZ 1990). Durch die anthropogen erzeugte Erwärmung der Erdatmosphäre wird sowohl ein weiteres Abschmelzen der Gletscher (das zwischen 10 000 bis 2000 v. Chr. den Hauptanteil des Meeresspiegelanstieges bewirkte) als auch eine Erwärmung der Ozeane mit der damit verbundenen Wärmeausdehnung erzeugt; an dem gegenwärtigen Meeresspiegelanstieg sind aus heutiger Sicht beide Effekte zu ungefähr gleichen Teilen beteiligt (vgl. GORNITZ et al. 1982).

Diese weltweite Entwicklung ist besonders stark an der deutschen Nordseeküste bemerkbar und wurde anfangs vorwiegend als Landsenkung angesehen (LÜDERS 1936, HENSEN 1938). Als Tideküste sind hier die Höhenlagen der mittleren Tidehochwasser (MThw) und der mittleren Tideniedrigwasser (MTnw) kennzeichnend für die Entwicklung des mittleren Meeresspiegels; als Jahresmittelwerte (= arithmetisches Mittel der rd. 705 Tiden je Jahr) sind für 10 deutsche Nordseepegel diese Werte auf Abb. 1 und 2 als Funktion der Zeit aufgetragen (JENSEN 1984, FÜHRBÖTER und JENSEN 1985).

Zunächst kann hier festgestellt werden, daß sowohl bei den Tidehochwassern (Abb. 1) als auch bei den Tideniedrigwassern (Abb. 2) synchron an allen Pegeln jährliche Fluktuationen auftreten, die vornehmlich meteorologisch bedingt sind; Jahre mit

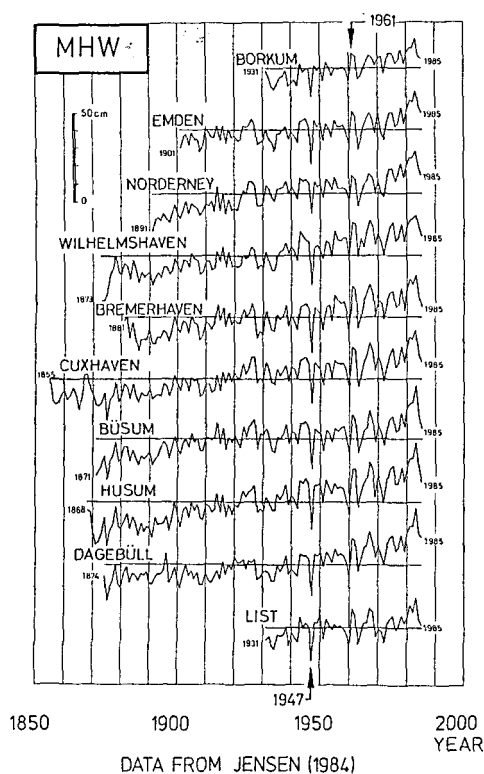


Abb. 1:

Mittleres Tidehochwasser MThw (= MHW)
von 10 deutschen Nordseepegeln

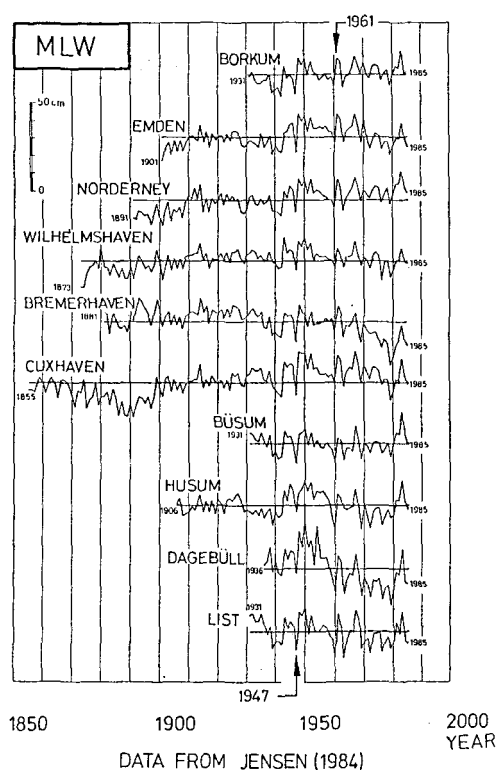


Abb. 2:

Mittleres Tideniedrigwasser MTnw (= MLW)
von 10 deutschen Nordseepegeln

vorwiegenden Hochdrucklagen, bei denen auch östliche Winde vorherrschend sind, erzeugen an der deutschen Nordseeküste sowohl durch den barometrischen Effekt als auch durch den Windsunk niedrige Wasserstände, bei Tiefdrucklagen mit vorwiegend westlichen Winden (Windstau, besonders bei Sturmfluten) tritt dagegen eine Erhöhung der Wasserstände ein. Besonders deutlich ist dies – sowohl bei den Tidehoch- als auch bei den Tideniedrigwasserständen – an Jahren mit meteorologischen Extremverhältnissen wie z.B. 1947 (Hochdruckwetterlagen) und 1961 (Tiefdruckwetterlagen) zu bemerken (Abb. 1 und 2). Außerdem sind aber an allen Pegeln gleichartige langfristige Entwicklungen zu erkennen. Um örtliche Einflüsse auszuschließen, kann hier aus einem Mittelwert dieser 10 Pegel dieser gemeinsame Trend sichtbar gemacht werden; zur Eliminierung auch der jährlichen Fluktuationen sind auf Abb. 3 die Mittelwerte aus den 10 Pegeln sowohl als Jahresmittel als auch als Fünfjahresmittel (Kreise) dargestellt (FÜHRBÖTTER 1986).

Auch bei den Fünfjahresmitteln sind gewisse unregelmäßige Schwankungen vorhanden; bei den Tidehochwassern ist aber eine deutlich ansteigende Tendenz durch den

Säkularanstieg vorherrschend, die sich nach 1950 verstärkt. Werden mit dem Verfahren der kleinsten Quadrate lineare Anstiegsfunktionen berechnet, so ergeben sich aus den einzelnen Zeitreihen folgende Anstiegsraten je Jahrhundert:

1886 bis 1985 (100 Jahre): $25,4 \pm 4,0$ cm/Jahrhundert

1936 bis 1985 (50 Jahre): $30,4 \pm 6,4$ cm/Jahrhundert

1961 bis 1985 (25 Jahre): $43,8 \pm 14,8$ cm/Jahrhundert

Die Werte aus den Reihen von 50 und 25 Jahren sind dabei Extrapolationen, die nicht als Prognosen verstanden werden dürfen; es könnte sich auch um vorübergehende Schwankungen handeln. Zunächst aber ist eine Beschleunigung des Säkularanstiegs in den letzten Jahrzehnten festzustellen.

Ein eigenartiges Verhalten zeigen die mittleren Tideniedrigwasser (MTnw). Wie aus Abb. 3 hervorgeht, folgen sie bis etwa 1950 mit ähnlichen Fluktuationen den mittleren Tidehochwassern; ab 1950 tritt aber statt eines weiteren Anstieges ein unregelmäßiger Abfall ein; dieses kann nicht auf anthropogene Einflüsse wie z.B. Baggerungen zurückgeführt werden, weil sich diese Erscheinung bei allen untersuchten Pegeln zeigt. Eine mögliche Erklärung ist die, daß die Nordsee als ein extrem flaches Randmeer auf den weltweiten Meeresspiegelanstieg mit nichtlinearen Reflexionen der einlaufenden Tidewellen reagiert (FÜHRBÖTER 1986); dies wird durch ein numerisches Modell für Wasserstände in Lagunen von MANN und MEHTA (1990) bestätigt. Die Anomalie in der Entwicklung der Tideniedrigwasserstände (die sich in abgeschwächter Form an der niederländischen Küste fortsetzt) tritt besonders deutlich hervor, wenn der mittlere Tidehub als Differenz zwischen MThw und MTnw betrachtet wird. Es werden dabei die meteorologisch bedingten jährlichen Schwankungen (Abb. 1 und 2) weitgehend eliminiert; es ist daher in dem Tidehub deutlich bis 1950 die astronomisch bedingte sog. Nodaltide mit einer Periode von 18,6 Jahren zu erkennen (Abb. 3). Nach 1950 aber tritt eine deutliche Veränderung in Form eines stetigen Anstieges hervor, der erst in den letzten Jahren etwas abklingt (Abb. 3).

Diese Veränderungen des Tideverhaltens haben bereits jetzt gewisse Auswirkungen auf das Wattenmeer und auf die Tideflüsse. Eine Voraussage für die zukünftige Entwicklung ist schwierig, weil sie von meteorologisch-ozeanographischen Kausalketten abhängig ist, die trotz erheblicher Forschungsaktivitäten noch nicht exakt erfaßt werden können.

Bedenklich aber ist, daß gleichzeitig mit diesen Anomalien in der Entwicklung der mittleren Tidehochwasserstände auch eine deutliche Änderung der extremen Wasserstände aufgetreten ist; es haben nämlich in den letzten Jahrzehnten auch die Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste sowohl an Höhe als auch an Häufigkeit zugenommen (FÜHRBÖTER 1976 und 1979, JENSEN 1985, FÜHRBÖTER und TÖPPE 1991). Dies zeigen am Beispiel des Pegels List/Sylt die Auftragungen der höchsten jährlichen Sturmflutwasserstände (Abb. 4 oben) und die der jährlichen Verweilzeiten oberhalb eines bestimmten Bezugshorizontes (NN + 200 cm = rd. 1,3 m über MThw, Abb. 4 unten), durch die die Sturmfluthäufigkeit ausgedrückt werden kann. Aus Abb. 4 (oben) geht hervor, daß die vier höchsten Sturmfluten dieses Jahrhunderts

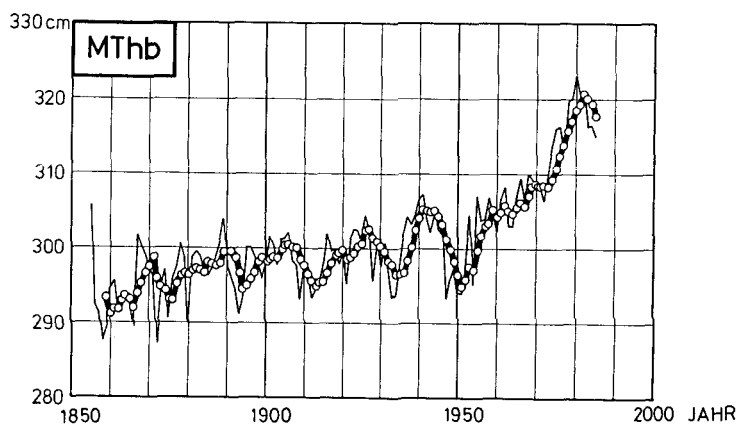
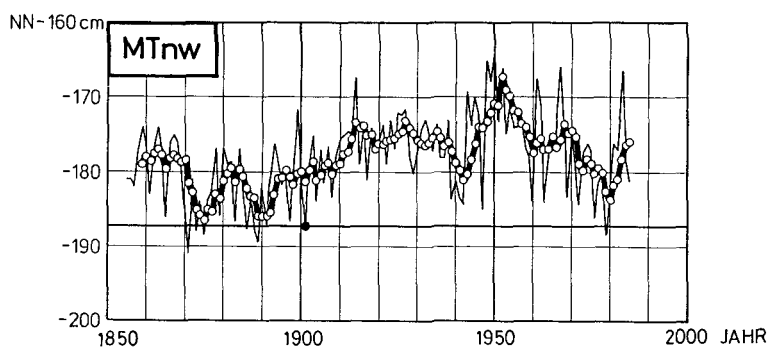
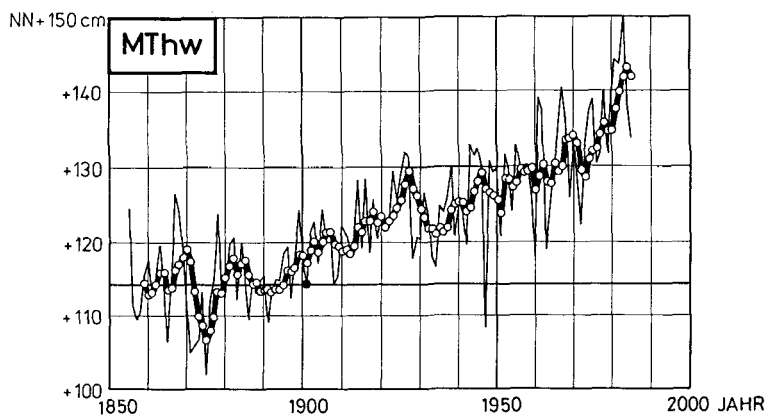


Abb. 3:

Mittelwert von 10 Nordseepegeln (vgl. Abb. 1 und 2):

oben: Mittleres Tidehochwasser MThw

Mitte: Mittleres Tideniedrigwasser MTnw

unten: Mittlerer Tidehub MThb

(1962, 1976, 1981 und 1990) in den Jahren nach 1960 auftraten; Verweilzeiten von mehr als 24 Stunden wurden in den 60 Jahren vor 1960 nur zweimal, in den nur 30 Jahren bis 1990 dagegen zehnmal festgestellt; mit rd. 53 Stunden lieferten dabei die Sturmfluten im Januar und Februar 1990 den Höchstwert der jährlichen Verweilzeiten seit 1900 (Abb. 4).

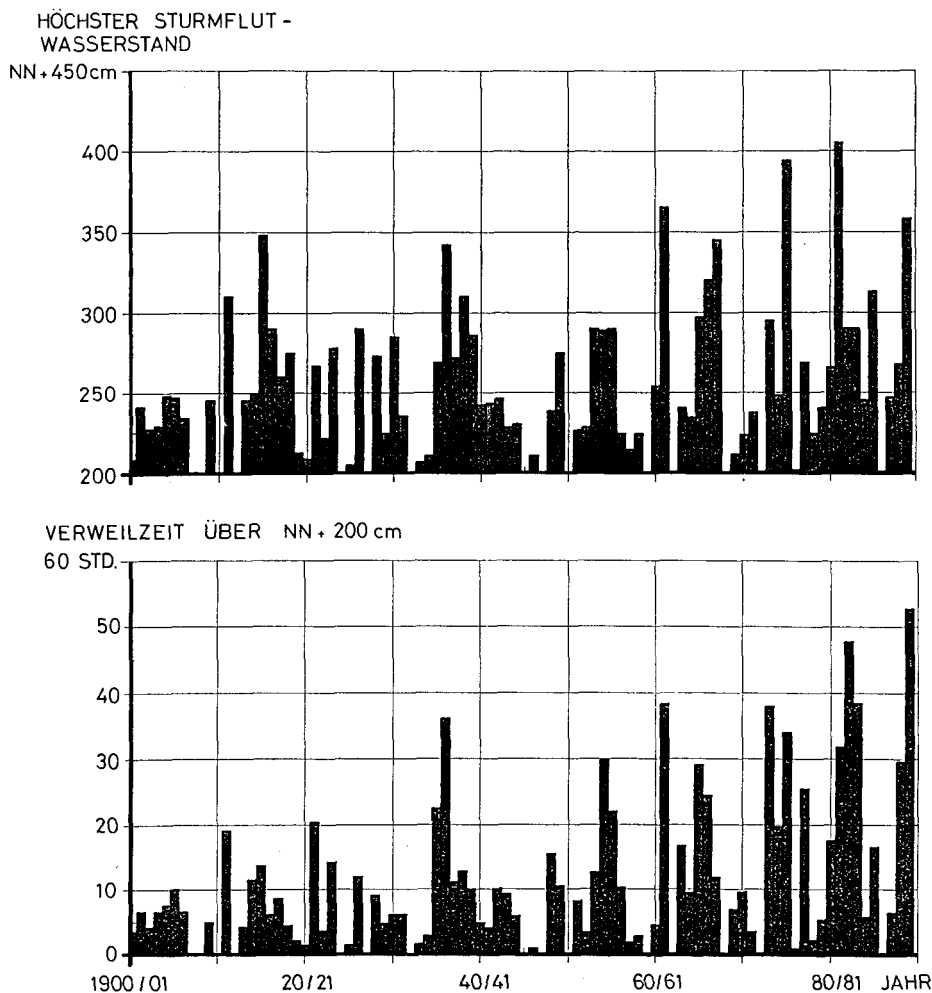


Abb. 4:

Pegel List/Sylt:

oben: Zunahme der Höhe der Sturmflutwasserstände

unten: Zunahme der Häufigkeiten der Sturmfluten am Beispiel der jährlichen Verweilzeiten oberhalb des Horizontes NN + 200 cm (rd. 1,3 m über MThw)

Da diese Zunahme der Sturmflutaktivitäten mit einer Verstärkung der atmosphärischen Zirkulation und diese wiederum eng mit einer Zunahme des Temperaturgradienten zwischen dem Äquator und der Arktis zusammenhängt, ist auch hier ein Kausalzusammenhang mit großräumigen Klimaänderungen vorhanden. Gerade die Nordsee als ein sehr flaches Randmeer reagiert mit ihren Wasserständen wie ein hochempfindliches Meßinstrument auf diese globalen Entwicklungen und sollte als solches sehr aufmerksam beobachtet werden.

Schrifttum

- BACH, W. (1982): Gefahr für unser Klima, Wege aus der CO₂-Bedrohung durch sinnvollen Energieeinsatz, Verlag C. F. Müller, Karlsruhe, 1982.
- BARNETT, T. P. (1984): The estimation of „Global“ sea level change: A problem of uniqueness, J. Geophys. Res. 89 (C), 1984.
- FÜHRBÖTER, A. (1976): Über zeitliche Änderungen der Wahrscheinlichkeit von Extremsturmfluten an der deutschen Nordseeküste, Mitt. Leichtweiß-Institut für Wasserbau der Techn. Univ. Braunschweig, Heft 51, 1976.
- FÜHRBÖTER, A. (1979): Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten von Extremsturmfluten. Die Küste, Heft 34, 1979.
- FÜHRBÖTER, A. (1986): Veränderungen des Säkularanstieges an der deutschen Nordseeküste. Wasser und Boden 38, 1986.
- FÜHRBÖTER, A., JENSEN, J. (1985): Säkularänderungen der mittleren Tidewasserstände in der Deutschen Bucht. Die Küste, Heft 42, 1985.
- FÜHRBÖTER, A., TÖPPE, A. (1991): Duration of Storm Tides at High Water Levels. UNESCO, Intern. Hydrological Programme, Storm Surges, River Flow and Combined Effects, Intern. Workshop „Storm 91“, April 1991 in Hamburg.
- GORNITZ, V., LEBEDEFF, S., HANSEN, J. (1982): Global Sea Level Trend in the Past Century. SCIENCE, Vol. 215, 26 March 1982.
- GRASSL, H., KLINGHOLZ, R. (1990): Wir Klimamacher. S. Fischer Verlag GmbH, Frankfurt, 1990.
- HENSEN, W. (1938): Über die Ursache der Wasserstandshebung an der deutschen Nordseeküste. Bautechnik 16, 1938.
- JENSEN, J. (1984): Änderungen der mittleren Tidewasserstände an der Nordseeküste. Mitt. Leichtweiß-Institut für Wasserbau der Techn. Univ. Braunschweig, Heft 83, 1984.
- JENSEN, J. (1985): Über instationäre Entwicklungen der Wasserstände an der deutschen Nordseeküste. Mitt. Leichtweiß-Institut für Wasserbau der Techn. Univ. Braunschweig, Heft 88, 1985.
- LÜDERS, K. (1936): Über das Ansteigen der Wasserstände an der deutschen Nordseeküste. Zbl. Bauverw. 56, 1936.
- MANN, D. W., MEHTA, A. J. (1990): Problems in measuring Sea Level Rise in Inlets and Bays. Beaches: Lessons of Hurricane Hugo, Proc. of the Third Annual National Beach Preservation Technology Conference, St. Petersburg, Florida, February 1990.
- STREIF, H., KÖSTER, R. (1978): Zur Geologie der deutschen Nordseeküste. Die Küste, Heft 32, 1978.