

# Szenarien und Projektionen: bestehen sie den Test der Zeit? Der Fall der Sturmfluten in Cuxhaven

Hans von Storch, Lidia Gaslikova, Katja Woth und Ralf Weisse

## Abstract

Seit fast 40 Jahren werden Szenarien generiert, die darstellen, wie sich die zukünftige Statistik des Wetters (Klima) verändern kann. Diese Szenarien werden laufend durch neue Szenarien, oder Projektionen, ergänzt; oft auch mit nennenswerten Änderungen aktualisiert. Dabei kommt es aber nur selten zu einer verzögerte „Nachschau“, also eine qualitätssichernde Überprüfung, ob die Zukunft-beschreibenden Szenarien nach einigen Jahren konsistent sind mit der zwischenzeitlich zur Gegenwart gewordenen Zukunft. Für die globale Lufttemperatur ist dies erfolgreich geschehen; für regionale und lokale aussagen eher nicht.

Wir haben diese Überprüfung für einen Fall durchgeführt – für Szenarien für erwartete Maxima von Sturmfluthöhen in Cuxhaven (Grossmann, I., K. Woth and H. von Storch, 2007: Localization of global climate change: Storm surge scenarios for Hamburg in 2030 and 2085. *Die Küste* 71, 169-182), mit Ergebnissen von 2005. Heute, in 2021 gibt es 15 neu dokumentierte jährliche Statistiken, die es erlauben, die damaligen Szenarien zu bewerten.

Dazu werden Änderungen der Tidenhochwasserstände in Cuxhaven ausgewertet, und die für 2030 formulierten Szenarien skaliert auf den Zeithorizont von 2020. Dabei ergibt sich eine erwartete Änderung gegenüber Zeitraum 1961-1990 von 8-12 cm mit einer Unschärfe von  $\pm 3$  cm, bei einem Anstieg des Meeresspiegels um ca. 6 cm und einer Änderung des Windstaus von 2-6 cm. Der aktuelle Anstieg der Tidenhochwasser beläuft sich in 2005-2020 auf 7 cm im Mittel und ca. 1 cm im Windstau, zusammen also 8 cm. Demnach ist das 2007 publizierte Szenario konsistent mit den Veränderungen in den vergangenen Jahren.

Man muß sich aber vergegenwärtigen, dass diese „Konsistenz“ nur in den Zahlen besteht, nicht aber notwendigerweise in den im Szenario angenommenen Mechanismen. Die beobachteten Änderungen liegen im Rahmen der natürlichen Schwankungen und können daher auch als zufällig verstanden werden. Tatsächlich gibt es Fragen, insbesondere – inwieweit der Anstieg des mittleren Meeresspiegels in Cuxhaven vollständig dem Klimawandel geschuldet ist, - wieso die numerische Konsistenz für einen anderen untersuchten Ort, nämlich Husum, nicht besteht, wo es zu einer Minderung des Windstaus seit 2005 im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990 gekommen ist.

Zusammenfassend darf festgestellt werden, dass die Veränderungen sowohl in Cuxhaven als auch in Husum in den vergangene 15 Jahren gering gegenüber den Jahren zuvor sind. Dies war auch von den Szenarien in Aussicht gestellt. Jedoch erlaubt diese Konsistenz nicht den Schluss, dass die im Szenario wirkenden Mechanismen für die beobachteten Veränderungen verantwortlich sind.

## Der Befund

In der Veröffentlichung

Grossmann, I., K. Woth and H. von Storch, 2007: Localization of global climate change: Storm surge scenarios for Hamburg in 2030 and 2085. *Die Küste* 71, 169-182

wurde mit Modellrechnungen abgeschätzt, mit welchen maximalen Sturmfluthöhen in Cuxhaven bis zum Ende des 21ten Jahrhunderts gerechnet werden muß. Konkret wurden Zahlen für den Zeithorizont 2030 und 2085 angegeben (Abbildung)

Seitdem sind Sturmflutwasserstände in 15 folgenden Jahren zur Datensammlung hinzugekommen, und wir haben mithilfe der Beobachtungsdaten von Cuxhaven sowohl den Anstieg des mittleren Meeresspiegels anhand der Jahresmittel des MTHW sowie der maximalen jährlichen Abweichung von diesem Jahres Mittel für die Jahre bestimmt.

Danach ergibt sich für den Zeitraum 2005-2020 eine Erhöhung von 9 cm gegenüber dem Referenzzeitraum 1961-1990.

***Demnach ist die in de Szenario angegebene Zukunft mi der jetzt festgestellten Gegenwart konsistent – was die Zahlen angeht. Aber verweist die Konsistenz darauf, dass die Veränderungen durch die im Szenario angenommenen Faktoren bewirkt sind?***

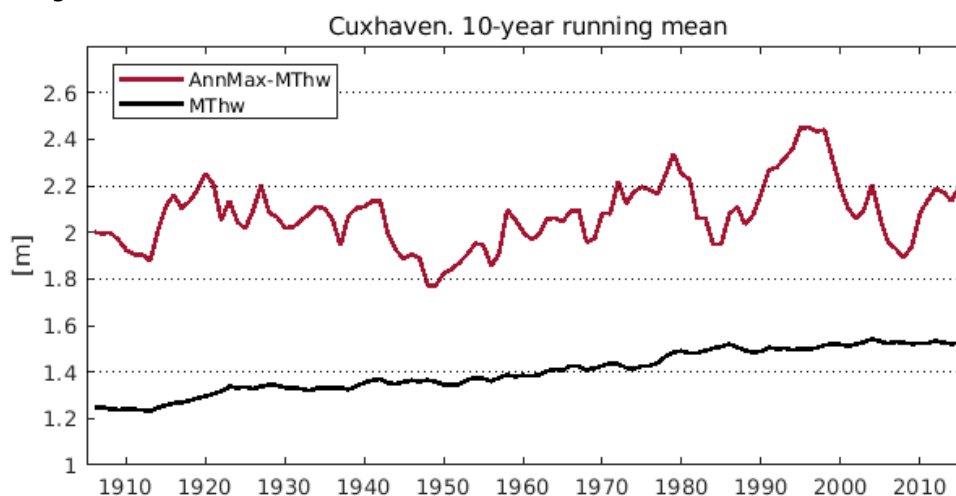
## Vorbehalte

Es gibt eine Reihe von Vorbehalten

1. Kann man durch MTHW in Cuxhaven die Änderung des MSL abschätzen? Ein Vergleich mit den Änderungen aufgrund stündlicher werte sagt: *Ja, man kann.*
2. Sind die Pegeldata in Cuxhaven homogen in der betrachteten Zeit; sind die Zahlen repräsentativ für den Standort? Literatur<sup>1</sup> belegt: *Ja, die Daten sind homogen und repräsentativ*
3. Ist der Vergleich 2005-2020 mit 1961-1990 repräsentativ für die Veränderungen in jüngster Zeit? *Nein, wenn der Zeitraum 1961-1990 ersetzt wird durch 1979-2004, dann vermindert sich der Anstieg auf 2 cm. Dieser ist ausschließlich auf den Anstieg des MTHW zurückzuführen, der Wetteranteil hat dagegen um 2 cm abgenommen.*

	1979-2004 (1)	1989-2004 (2)	2005-2020 (3)	(3) – (1)
MThw	1.51m	1.51m	1.53m	0.02m
AnnMax	3.68m	3.82m	3.68m	0
AnnMax-MTwh	2.17m	2.31m	2.15m	-0.02m

4. Sind die Veränderungen am Ort Cuxhaven tatsächlich auf den Klimawandel zurückzuführen? *Die Reihe in Cuxhaven zeigt seit Anfang der Beobachtungen einen fast linearen Anstieg, der so durch den sich entfaltenden Klimawandel nicht allein erklärt werden kann. Da gibt es zum einen die fast konstante Landsenkung wie die den säkularen Meeresspiegelanstieg, dessen Ursachen nicht vollständig geklärt sind. In jedem Falle ist ein Teil des Meeresspiegelanstieges in Cuxhaven nicht dem Klimawandel geschuldet.*  
*Bemerkenswerterweise zeigt der Anstieg des jährlich mittleren MTHW in Cuxhaven (und in Husum) keine Beschleunigung in jüngerer Zeit, was im Falle eines Klimawandel-bedingten Anstieges zu erwarten wäre.*

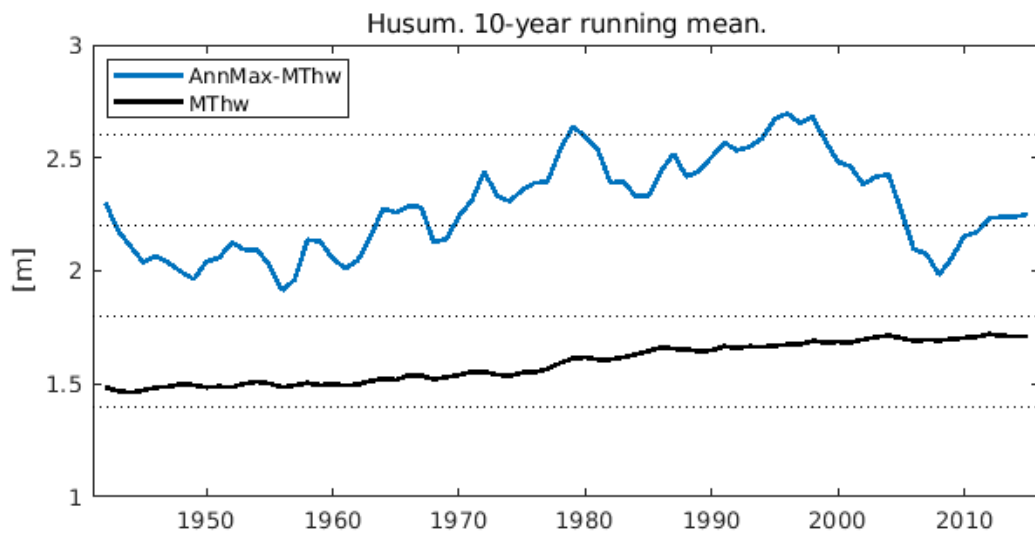


<sup>1</sup> Vgl. Niehüser, S.; J. Jensen, T. Wahl, S. Dangendorf, und J. Hofstede, Jacobus, 2016: Zum Einfluss möglicher Setzungserscheinungen am Leuchtturm Cuxhaven auf die langjährigen Wasserstandsaufzeichnungen am Pegel Cuxhaven Steubenhöft. In: *Die Küste* 84. 119-145.

5. Ist das Szenario auch an deren Orten längs der deutschen Nordseeküste konsistent mit den Veränderungen der letzten Jahre?

*Für Husum gibt es ein entsprechendes Szenario<sup>2</sup>, aber in der jüngeren Vergangenheit ist das MTHW um ca. 5 cm angestiegen, aber der wetterbedingte Beitrag ist um 32 cm zurückgegangen. Die Daten für Husum sind nicht offensichtlich inhomogen, trotz Umsetzungen in 1960 und 1975. Weitere Untersuchungen sind nötig.*

	1979-2004 (1)	1989-2004 (2)	2005-2020 (3)	(3) – (1)
MThw	1.66m	1.68m	1.71m	0.05m
AnnMax	4.16m	4.28m	3.9m	-0.26m
AnnMax-MTwh	2.5m	2.6m	2.18m	-0.32m



<sup>2</sup> Woth, K., and R. Weisse, 2007: Spatially high resolved projections of possible future changes in North Sea storm surge extremes. *JCOMM Scientific and Technical Symposium on Storm Surges*, 2–6 October 2007, Seoul, Korea Rep

## Abschließende Bewertung

Die Anfang der 2000er Jahre avisierten Veränderungen der Sturmfluthöhen in Cuxhaven passen zu den seitdem erhobenen Beobachtungsdaten, aber es ist möglich, dass die Erhöhungen im Szenario und in den letzten Jahren nicht aus den gleichen Gründen eingetreten sind. In diesem Sinne können die Szenarien **falsch** sein.

Aber ist die Frage nach der Validierung der Szenarien anhand der neuen 15 „neuen“ Jahre richtig gestellt? – *Nein, sie ist es nicht*, denn: Tatsächlich beschreiben die Szenarien aber NICHT die erwarteten maximalen Wasserstände, sondern geben an, wie sich die Wahrscheinlichkeitsverteilungen verändern – die Szenarien geben an, dass diese um ca. 0.1m hin zu höheren Werten verschoben sind. Da aber die Verteilungen breit sind (hohe Jahr-zu-Jahr-Variabilität), und die klimawandelbedingten, avisierten Änderungen des erwarteten Mittelwerts gering sind im Vergleich zur Standardabweichung der sturmbedingten Variationen, ist zu erwarten, dass die aktuellen Werte deutlich von den mittleren erwarteten Werten (den Szenarien) abweichen. Die Veränderungen sowohl in Husum und Cuxhaven sind überwiegend Ausdruck von Zufälligkeiten im Wettergeschehen.<sup>3</sup>

Ein fortgesetztes Monitoring<sup>4</sup> und Bewerten der Wasserstandsverläufe an der deutschen Nordseeküste ist daher unverzichtbar.

Die Szenarien sind aber **richtig** in dem Sinne, dass es derzeit längs der deutschen Nordseeküste nur zu geringen klimawandelbedingten Änderungen in den Sturmfluthöhen kommt. Dies bedeutet nicht, dass zukünftig sich keine relevanten Änderungen herausbilden werden.

---

<sup>3</sup> Vgl. Ivan D. Haigh, Thomas Wahl, Eelco J. Rohling, René M. Price, Charitha B. Pattiaratchi, Francisco M. Calafat & Sönke Dangendorf, 2014: Timescales for detecting a significant acceleration in sea level rise. NATURE COMMUNICATIONS | 5:3635 | DOI: 10.1038/ncomms4635

<sup>4</sup> <https://meeresspiegel-monitor.de/>