

# SCHIFFSINDUZIERTE WELLEN BEI DER REVIERFAHRT VON POST-PANMAX SCHIFFEN AM BEISPIEL DES HAFENS STADE-BÜTZFLETH

von

Andreas Matheja<sup>1</sup>  
Lutz Schweter<sup>2</sup>

## ABSTRACT

In the port of Stade-Bützfleth at the tidal river Elbe water level measurements were accomplished over a period of approx. 6 weeks. Motivation for these measurements was the observation that due to the ship-sizes and –speeds in recent past an increase of the wave attack and thus an increase of loads up to failures of the mooring system of large ships moored in the port of Stade-Bützfleth was observed.

To determinate the ship-induced loads and their origin, wave measurements were linked with the corresponding ship passage data (ship name, length, width, draught, position, passing distance and speed over ground).

Evaluations showed that highest loads are caused by Post-Panmax ships at subcritical speed during the evening and night hours and in the early morning respectively.

## 1 EINLEITUNG

Die historisch gewachsenen Seehäfen der Nordrange wurden an den relativ geschützten Ästuaren angelegt, um die Schiffe dem rauen Seegangsklima im Küstenbereich zu entziehen und die Transporte unmittelbar zum Empfänger zu leiten, z.B. in den Großraum Hamburg.

Dies bedingt eine Revierfahrt, bei der es durch die in der jüngsten Vergangenheit realisierten Schiffsgrößen und -geschwindigkeiten zu einer erheblichen Belastung der Gewässer-sole und der Deckwerke kommt.

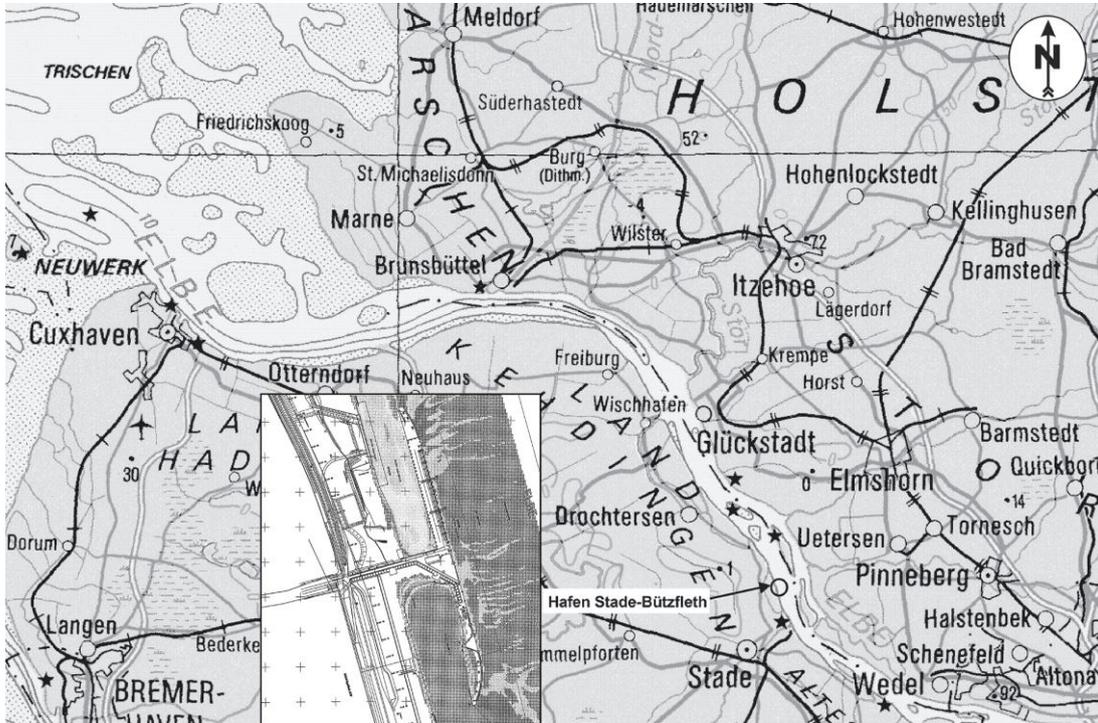
Diese schiffsinduzierten Belastungen können sich auch in angrenzenden Hafenbereichen bemerkbar machen, die eine direkte Anbindung an den Strom haben. Dort kann es zu einer verstärkten Wellenunruhe und einer langperiodischen Absenkung des Wasserstandes führen, dem das vertäute Schiff folgt, bis hin zum Versagen des Vertäuungssystems.

---

<sup>1</sup> Dr.-Ing., Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Leibniz Universität Hannover, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, Email: andreas.matheja@fi.uni-hannover.de

<sup>2</sup> Dipl.-Ing., Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Leibniz Universität Hannover, Nienburger Straße 4, 30167 Hannover, Email: schweter@fi.uni-hannover.de

Zur Bestimmung solcher schiffsinduzierten Belastungen und ihren Verursachern wurden in einem Zeitraum von 6 Wochen Naturmessungen im Hafen Stade-Bützfleth (Abb. 1) durchgeführt. Der Hafen befindet sich am westlichen Ufer der Unterelbe, bei Elbe-km 657-658, rund 66 Strom-km oberstrom Cuxhavens.



**Abb. 1: Lageplan [Kartengrundlage: Topographische Übersichtskarte Niedersachsen, M 1:1.000.000; © LGN Hannover, 2004] und Draufsicht des Hafens Stade-Bützfleth [NIEDERSACHSEN PORTS, 2006]**

Da nach dem vorliegenden Kenntnisstand davon auszugehen ist, dass die erhöhten Schiffsgeschwindigkeiten weiterhin zu erheblichen Schäden an Hafenanlagen bzw. Trossen führen werden, wurden im Rahmen der hier dargestellten Untersuchung die schiffserzeugten Belastungen dokumentiert. Die erhobenen Messdaten wurden mit den Schiffspassagedaten der Verkehrszentrale Brunsbüttel verknüpft, um die ermittelten Schiffswellen den verursachenden Schiffen und ihren Charakteristika (Länge, Breite, Tiefgang, Fahrgeschwindigkeit und Fahrtrichtung) zuordnen zu können.

## 2 DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DER MESSUNGEN

Zur Messung der durch die passierenden Schiffe hervorgerufenen Wellen wurden Druckmessdosen verwendet. Der Messbereich der Druckmessdosen liegt zwischen 0 und 1000 mBar. Die Toleranz liegt bei +/- 1 cm.

Die Speicherung der Messwerte erfolgte mit 4 Hz im Dauerbetrieb. Hierdurch wird sichergestellt, dass die Schiffswellen (primäres und sekundäres Wellensystem) korrekt erfasst werden.

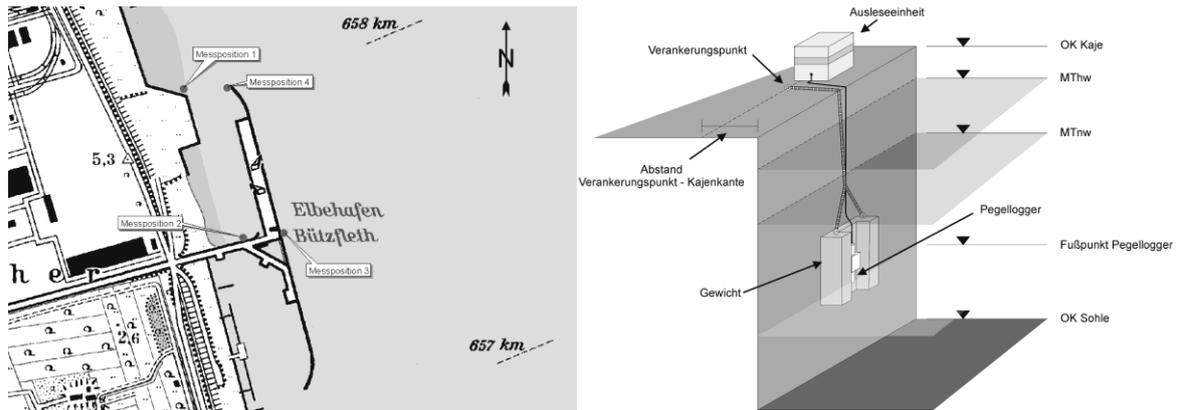
Die vier zur Verfügung stehenden Pegel wurden an hydrodynamisch wichtigen Punkten des Hafens positioniert (Lageplan und Aufbau der Pegel: Abb. 2).

Messposition 1: Westseite der Einfahrt in den Nordhafen (Hafeneinfahrtsfeuer)

Messposition 2: Nordseite der Zufahrtsbrücke innerhalb des Nordhafens

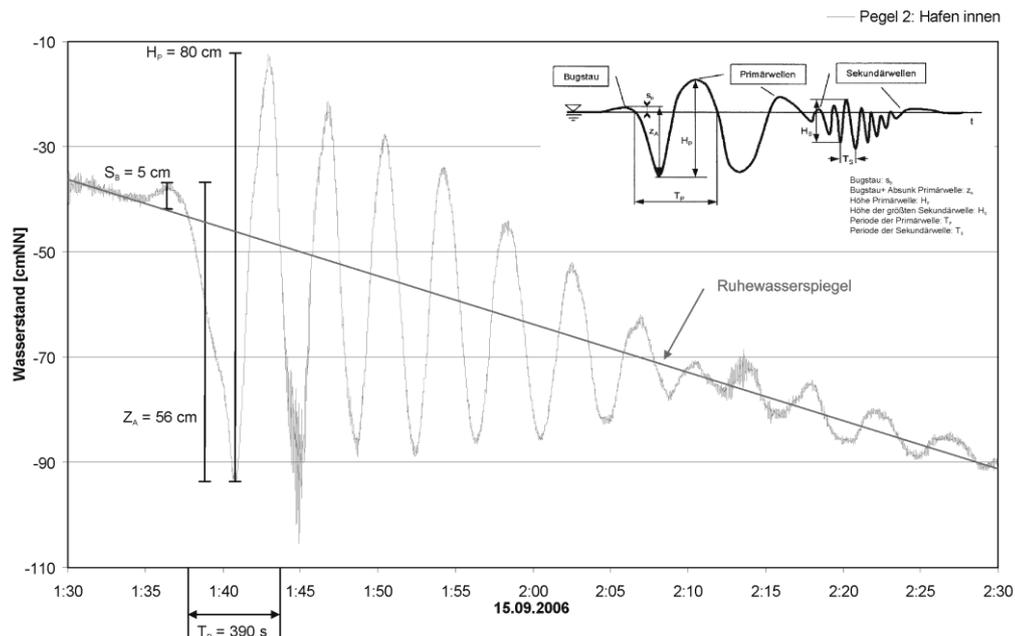
Messposition 3: Liegewanne vor der Stromkaje auf der Höhe des Betriebsgebäudes

Messposition 4: Westseite des nördlichen Leitwandkopfes



**Abb. 2:** Lage der Messpositionen 1 bis 4 (links) [Kartengrundlage: Topographische Übersichtskarte Niedersachsen, M 1:25.000; © LGN Hannover, 2004] und Aufbau der Pegel (rechts)

Die gemessenen Wasserstände stellen eine Überlagerung von Tidewellen, Windwellen und Schiffswellen dar. Die Tide hat eine im Vergleich zu den beiden anderen Wellensystemen sehr lange Periode ( $T_T \approx 12,5 \text{ h}$ ). Windwellen entstehen überwiegend aus lokal erzeugtem Seegang und haben eine kurze Periode, die auf Grund der in Frage kommenden Windwirklängen und –dauern  $T_W \leq 2 \text{ s}$  beträgt. Die Schiffswellen stellen eine Überlagerung mehrerer unterschiedlicher Wellensysteme dar. Auf Grund dieser unterschiedlichen Perioden der drei Wellensysteme sind die zu untersuchenden Schiffswellen einfach zu erkennen. Daher erfolgte die Auswertung der Wasserspiegelauslenkungen anhand der ungefilterten Messdaten. Für vertäut liegende große Schiffe werden kurzperiodische Belastungen auf Grund ihrer Eigenfrequenz nicht wirksam. Dagegen wirken schiffserzeugte langperiodische Anteile in Abhängigkeit beider Schiffslängen (Festlieger und Vorbeifahrer) auf die Trossen. Die Trossenkräfte sind somit von der Amplitude des Absunks abhängig [BAW, 2006]. Aus diesem Grund wurde bei Post-Panmax Schiffen auf die Auswertung des sekundären Wellensystems verzichtet. Die Messungen wurden anhand der folgender Parameter ausgewertet (Abb. 3): Bugstau  $s_B$ , Bugstau + Absunk Primärwelle  $z_A$ , Primärwellenhöhe  $H_P$  und Periode der Primärwelle  $T_P$ .



**Abb. 3:** Bestimmung der Wellenparameter

Nach der Identifikation der höchsten schiffsbedingten Wellen aus den ungefilterten Messdaten wurden für ausgewählte Ereignisse die Schiffspassagedaten für den in Frage kommenden Zeitraum von der Verkehrszentrale Brunsbüttel zur Verfügung gestellt. Diese Daten stellen einen Datenbankauszug der Schiffspassagedaten im 1-min-Raster um den Bereich des Hafens Stade-Bützfleth dar. Sie enthalten folgende Informationen:

- Schiffsname, Kennzeichen und Rufzeichen
- Länge, Breite und Tiefgang
- Fahrtrichtung (stromauf, -ab), Bestimmungshafen
- Fahrtgeschwindigkeit (über Grund), Kurs und Position (Elbe-km)

Zusätzlich steht ein Plot der Schiffspassagedaten zur Verfügung, der den Bereich des Hafens Stade-Bützfleth abdeckt. Auf diesem sind die Schiffspassagedaten in einem 1-min-Raster geplottet. Anhand dieser Karte wurden die Passageabstände ermittelt (Abb. 4).

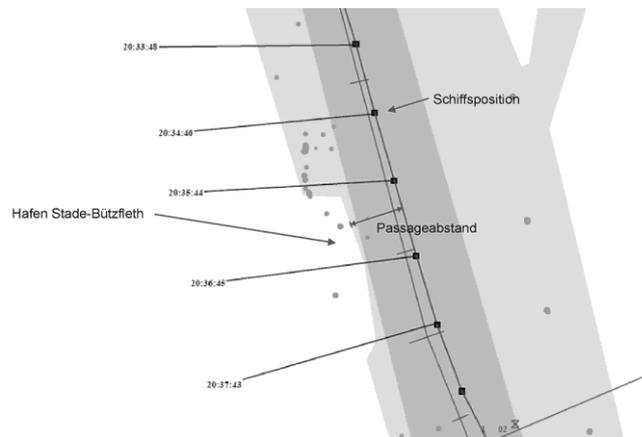


Abb. 4: Ausschnitt aus dem Plot der Schiffspassagedaten um den Hafen Stade-Bützfleth

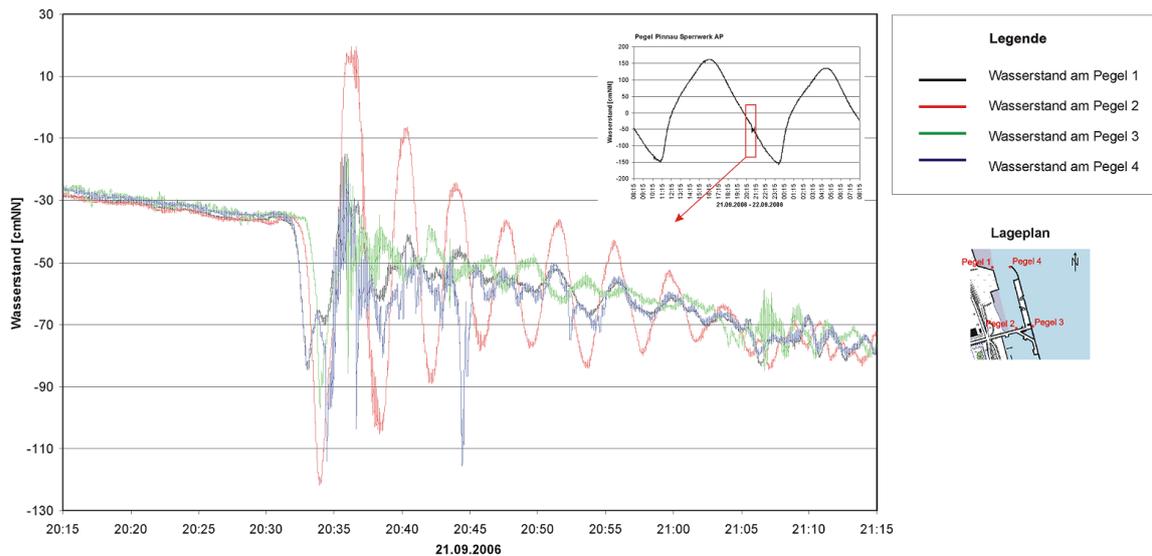
### 3 ERGEBNISSE

Bei der Zuordnung der maximal gemessenen primären Wellenhöhen an Pegel 2 (Hafenbecken) zu den Schiffspassagedaten ergab sich, dass diese jeweils von derselben Schiffsklasse hervorgerufen wurden (Post-Panmax Schiffe, Verdrängerfahrt). Diese Ereignisse fanden jeweils in den Abend- und Nachtstunden bzw. am frühen Morgen statt. Auffällig ist auch, dass die maximalen Ereignisse meist bei ablaufendem Wasser kurz vor Tideniedrigwasser stattfinden. Die verursachenden Schiffe sind vorwiegend stromauf (Richtung Hamburg) fahrende Schiffe. Sie passieren daher den Hafen Stade-Bützfleth in ca. 200-300 m Abstand. Charakteristisch für Wellenbilder von Post-Panmax Schiffen ist der große Absunk, der auf Grund der langen Dauer (Periode des Primärwellensystems: ca. 4-5 Minuten) zu hohen Strömungsbelastungen führen kann. Die Höhe der Wellen infolge des Bugstaus beträgt an Pegel 2 ca. 3 bis 10 cm.

Tab. 1 fasst die wichtigsten Daten der drei maximalen Ereignisse zusammen. In Abb. 5 befindet sich eine detaillierte Auswertung zu dem Maximalereignis.

Tab. 1: Daten der drei maximalen gemessenen Wellenhöhen im Hafen Stade-Bützfleth

Name	Primärwellenhöhe [cm]	Zeit	Tidezeit	Abmessungen [m]	Passierabstand [m]
Post-Panmax 1	142	20:35	Thw+4 h	334 * 42,8 * 12,3	ca. 285
Post-Panmax 2	112	18:02	Tnw+2 h	334 * 42,8 * 12,7	ca. 230
Post-Panmax 3	103	20:30	Thw+5 h	300 * 40,0 * 12,8	ca. 215



Wellenkennwerte (Pegel 2):

Bugstau:  $s_b = 3$  cm  
 Bugstau+ Absunk Primärwelle:  $z_i = 90$  cm  
 Höhe Primärwelle:  $H_p = 142$  cm  
 Periode der Primärwelle:  $T_p = 300$  s  
 Dämpfung der Welle im Hafen  
 (Pegel 2, 20 Min. nach der Passage):  $H_w/H = 40/142 = 28\%$   
 Dämpfung der Welle außerhalb des Hafens  
 (Pegel 3, 20 Min. nach der Passage):  $H_w/H = 10/80 = 12,5\%$

Schiffskennwerte:

Name: Post-Panmax 1  
 Länge \* Breite:  $L_{\text{gesamt}} * b = 334 \text{ m} * 42,8 \text{ m}$   
 Tiefgang:  $T = 12,3 \text{ m}$   
 Geschwindigkeit am Hafen (über Grund):  $v_g = 14,2 \text{ kn}$   
 Passierabstand:  $L = \text{ca. } 285 \text{ m}$   
 Fahrtrichtung: Hamburg  
 Passagezeit: 21.09.2006 20:35

**Abb. 5: Darstellung der durch die Passage der Post-Panmax 1 am Hafen Stade-Bützfleth verursachten Wellen**

#### 4 ZUSAMMENFASSUNG

Im Hafen Stade-Bützfleth wurden an vier Positionen Wasserstandsmessungen über einen Zeitraum von ca. 6 Wochen durchgeführt. Für die Messungen wurden Druckmessdosen mit einer Messgenauigkeit von +/- 1 cm eingesetzt. Die Messdaten wurden mit 4 Hz erfasst und kontinuierlich gespeichert.

Auf Grund der klar voneinander zu trennenden Wellensysteme (Tide-, Wind- und Schiffswellen) wurde die Auswertung anhand der Rohdaten vorgenommen. Die Messungen hatten das Ziel, die schiffsinduzierten Belastungen und deren Verursacher zu ermitteln und zu dokumentieren. Die Verknüpfung der gemessenen Wellen mit den dazugehörigen Schiffspassagedaten (Schiffsname, Länge, Breite, Tiefgang, Position, Passierabstand und Fahrgeschwindigkeit über Grund) geschah mit Hilfe der Verkehrszentrale Brunsbüttel, die für ausgewählte Extremereignisse die entsprechende Daten zur Verfügung stellte.

Die Auswertungen zeigten, dass die höchsten Belastungen durch Post-Panmax Schiffe in Verdrängerfahrt während der Abend- und Nachtstunden bzw. am frühen Morgen verursacht werden.

Als maximales Ereignis (Primärwellenhöhe: 142 cm, Wellenperiode: 5 Minuten) konnte die Passierfahrt der Post-Panmax 1, stromauf fahrend bei einem Passierabstand von ca. 285 m und einer Fahrtgeschwindigkeit über Grund von 14,2 kn, identifiziert werden.

#### 5 SCHRIFTTUM

LGN HANNOVER: Landesvermessung + Geobasisinformation Niedersachsen: Top50, 2004  
 NIEDERSACHSEN PORTS: Kontrollpeilung, 2006

ULICZKA, K. (BAW): Gutachten zur ausbaubedingten Änderung schiffserzeugter Belastungen, Gutachten der BAW, 5.02.10048.00-3, Hamburg, 2006 (Weitere Informationen unter: [www.weseranpassung.de](http://www.weseranpassung.de))