

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Author's Postprint

Kastens, Marko

Ermittlung der Schiffsdynamik von Seeschiffen mit Computersimulationen

Forum der Geoökologie

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104568>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Kastens, Marko (2014): Ermittlung der Schiffsdynamik von Seeschiffen mit Computersimulationen. In: Forum der Geoökologie 1 (Bd. 25). S. 49-51.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Erstveröffentlichung in FORUM DER GEOÖKOLOGIE 1 (2014), S. 49-51.

Für eine korrekte Zitierbarkeit ist die Seitennummerierung der Originalveröffentlichung für jede Seite kenntlich gemacht.

S. 49

Ermittlung der Schiffsdynamik von Seeschiffen mit Computersimulationen

Von Marko Kastens, Hamburg

Zukünftig sollen Computersimulationen (hier speziell CFD: computational fluid dynamics) die klassische Bestimmung von Schiffsparemtern (Squat und Trimm) durch hydraulische Modelle ergänzen. Es wird ausgelotet, wie weit die CFD-Simulation im Grenzbereich von extremen Flachwasserbedingungen einsetzbar und belastbar ist.

Einleitung

Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) ist eine technisch-wissenschaftliche Bundesoberbehörde und zentraler Dienstleister für die Beratung und Unterstützung der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV). Daneben ist sie eine Ressortforschungseinrichtung und bildet eine Schnittstelle zwischen der universitären Forschung und der Praxis. Eines der zahlreichen Themen der BAW umfasst die Wechselwirkung zwischen Seeschiffen und ihren Seeschifffahrtsstraßen.

Squat und Trimm

Eine sehr offensichtliche Wechselwirkung ist die Belastung der Seitenbereiche der Schifffahrtsstraßen durch Schiffswellen. Aber auch Schiffe selbst können durch die Seeschifffahrtsstraße – beispielsweise ein Ästuar oder ein Kanal – in ihrem Manövrierverhalten beeinflusst werden.

Bewegt sich ein Schiff durch das Wasser, so muss das Wasser um das Schiff herumströmen (Verdrängungsströmung). Der Energieerhaltung folgend, nimmt mit Zunahme der kinetischen Energie (Strömung) die Lageenergie des Wassers ab und es kommt zum Absenk des Wasserspiegels entlang des Schiffes (Bernoulli-Effekt). Zusammen mit dem Bugstau und der Heckwelle entsteht so das Primärwellensystem eines Schiffes (Abbildung 1). Wird das Verhältnis der Querschnittsfläche von Wasser (etwa im Ästuar oder Kanal) zu eingetauchtem Schiff geringer, so verstärkt sich dieser Effekt. Eine höhere Relativgeschwindigkeit des Schiffes gegenüber dem Wasser verstärkt diesen Effekt ebenfalls. Der Absenk entlang des Schiffes führt zu einer Bewegung des Schiffes selbst (genannt Squat: das Schiff setzt sich in seine Welle). Je nach Schiffsforn ist diese Bewegung nach unten nicht über die gesamte Länge gleichmäßig: das Schiff vertrimmt sich – ändert seine Neigung entlang der Längsachse.

Große Seeschiffe, deren Tiefgang nahe an die zulässige Tiefe der Seeschiffahrtsstraße heranreicht, bedürfen in Punkto Sicherheit besonderer Aufmerksamkeit. Ein hypothetisches Beispiel soll das Problem der geringen Kielfreiheit schildern: Ein Schiff mit der Länge von 360 m und einem Tiefgang von 13,5 m hat in einem Gewässer mit 14,4 m Tiefe nur 90 cm Kielfreiheit. Beträgt der

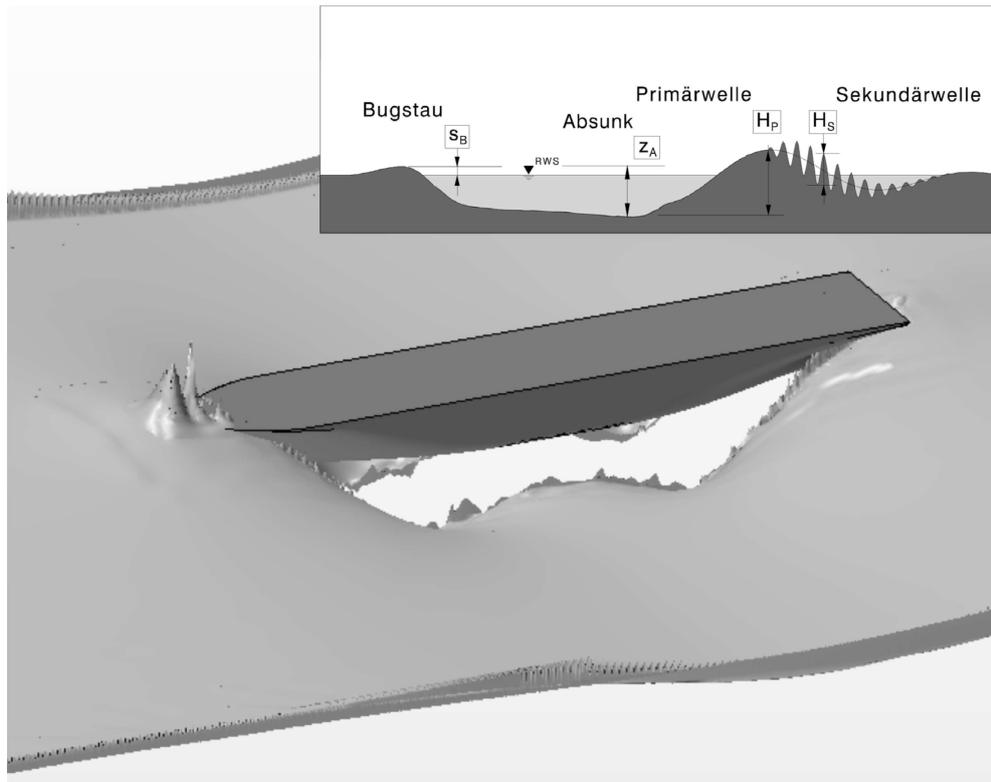


Abbildung 1: Wellensystem eines Schiffs (oben schematisch); Ergebnis aus einer CFD-Simulation (die Auslenkung der Wasseroberfläche ist hier um den Faktor 40 erhöht).

Kastens: Ermittlung der Schiffsdynamik von Seeschiffen mit Computersimulationen S. 50
FORUM DER GEOÖKOLOGIE 1 (2014), S. 49-51.

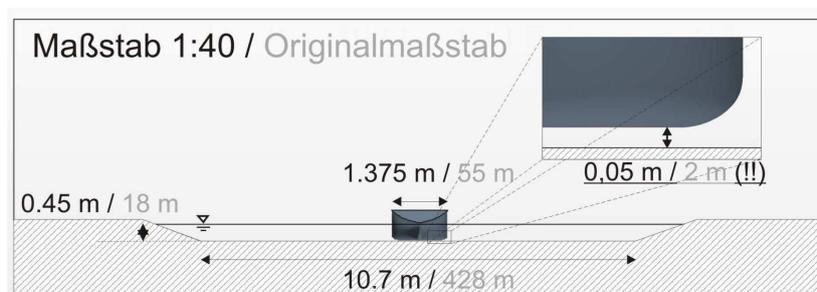


Abbildung 2: Querschnitt durch den Versuchsaufbau mit Abmessungen.

Squat des Schiffes 40 cm, so ist die verbleibende Reserve von 50 cm aufgebraucht, wenn sich das Schiff um einen Winkel von etwas mehr als 0,13 Grad vertrimmt.

Die Werte von Squat und Trimm hängen maßgeblich von der Schiffsgeschwindigkeit durch das Wasser, aber auch vom Tiefgang, dem Abstand zu den Seitenbänken, der Schiffsförm, dem Untergrund sowie der Massenverteilung im Schiff ab. Diese Werte zu ermitteln, ist ein aufwändiges Unterfangen. Sie zu kennen, ist jedoch sehr wichtig für den Betrieb und die wirtschaftliche Ausnutzung der Wasserstraße sowie für zukünftige Planungen an letzterer.

Methoden

Squat- und Trimm-Werte wurden in der BAW beispielsweise für ein Post-Panmax-Containerschiff mit der Breite von 55 m in einem hydraulischen Modell im Modellmaßstab 1:40 ermittelt (Flügge und Uliczka 2001). Diese Versuchsmodelle aufzubauen und zu betreiben, ist ressourcenintensiv, jedoch viel leichter durchzuführen als Messungen an Großausführungen der Schiffe.

Im Jahr 2009 wurde nach längerer Vorlaufforschung ein BAW-internes Forschungs- und Entwicklungsprojekt (FuE-Projekt) aufgelegt, in dem die oben beschriebenen Versuche mit Computersimulationen (CFD) durchgeführt werden sollen. Die Ziele des FuE-Projektes sind unter anderem die Ermittlung des Arbeitsaufwandes von Aufbau und Betrieb der CFD-Simulationen sowie das Sammeln von Erfahrungen im Umgang mit der Software (Fehleranfälligkeit, Sensitivitäten der Modellparameter, Abhängigkeiten von Modellparametern). Ein weiteres wichtiges Ziel ist die Einschätzung der Belastbarkeit der Ergebnisse aus den numerischen Modellsimulationen. Sowohl die Simulationssoftware als auch die Hardware hatten im Jahr 2009 einen Entwicklungsstand erreicht, der hoffen ließ, solche Versuche im Computer nachsimulieren zu können.

Validierung

Als Versuchssetup wurde eine Hallenversuchsreihe ausgewählt, deren Ergebnisse mit einem numerischen Simulationsmodell reproduziert werden sollten. Die Anforderungen an die Simulation sind dabei sehr hoch. Die folgende Abbildung 2 zeigt einen Querschnitt durch den Versuchsaufbau.

Das Schiff hat eine sehr geringe Kielfreiheit h (Wasserstand)/ T (Tiefgang) = $18\text{m}/16\text{m} = 1,125$. Ab einem h/T von kleiner 1,2 spricht man von extremem Flachwasser. Der Querschnitt des Kanals ist sehr eng (Verhältnis Querschnitt Kanal zu eingetauchtem Querschnitt Schiff liegt bei etwa 10). Aufgrund einer Vereinfachung im numerischen Modell wird das Schiff angeströmt und zwar soweit, dass der dadurch resultierende Squat und Trimm des Schiffes dazu führen kann, dass das Schiff nahezu aufsetzt. Da mit einem be-

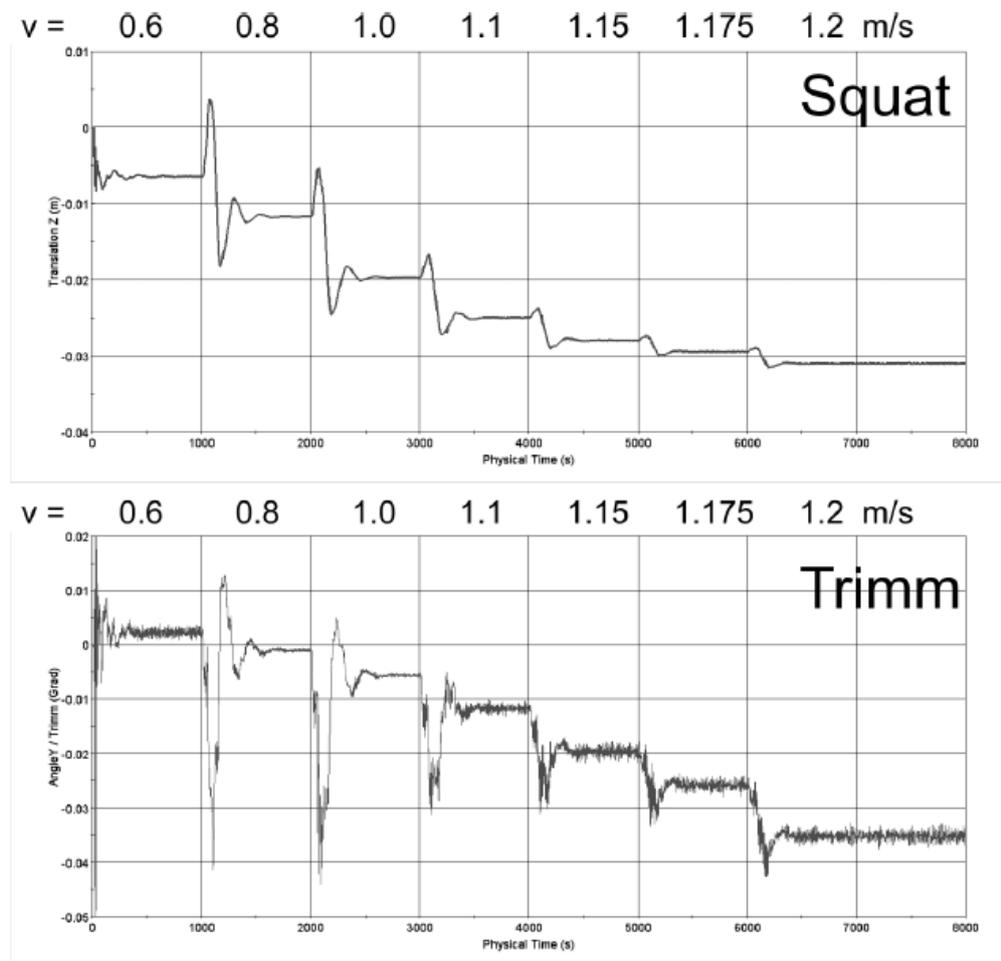


Abbildung 3: Zeitreihen der Parameter Squat und Trimm einer Simulation.

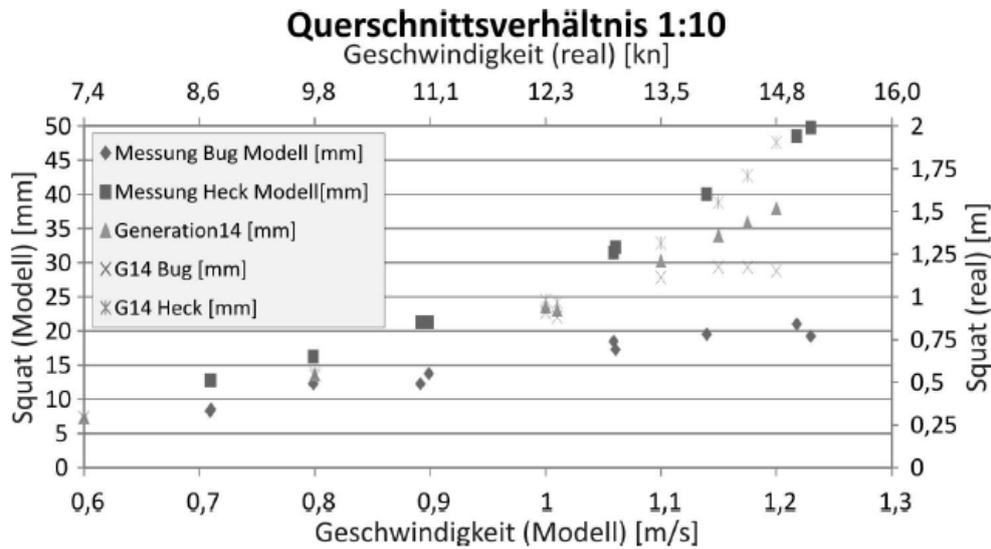


Abbildung 4: Zeitreihen der Parameter Squat und Trimm einer Simulation.

weglichen Berechnungsnetz gearbeitet wird, können sich die Zellvolumina unterhalb des Schiffsrumpfes gegen Null verringern. Sollten einige Zellen zu klein werden, bricht die Numerik zusammen und die Simulation ist gescheitert.

Es wurden viele Simulationsmodelle aufgebaut, die jeweils mehrere Millionen Zellen enthalten, um die Physik der Schiffsumströmung abbilden zu können. Sowohl die Aufbereitung des Schiffsrumpfes für die Simulation als auch die Konstruktion des Simulationsnetzes sind sehr zeitaufwändig. Die Simulation auf einem Cluster mit 32 beziehungsweise 64 Berechnungskernen ist ebenfalls aufwändig und benötigt bis zu 100 Stunden Simulationszeit.

Ergebnisse und Bewertung

Ein Ergebnis der freien Wasseroberfläche ist in Abbildung 1 zu sehen. Ein Versuch startet mit der geringsten Anströmgeschwindigkeit und wird nach erreichter Konvergenz der Zielparameter Squat und Trimm weiter gesteigert. Die Lage des Schiffes wird während der Simulation protokolliert (Abbildung 3).

Sehr viele dieser Simulationen wurden durchgeführt, um die Sensitivität diverser Modellparameter zu ermitteln und das Modell möglichst gut einzustellen. Schließlich wurden wie im realen Experiment die Parameter Schiffsgeschwindigkeit und Querschnittsverhältnis variiert, um die entsprechenden Daten für die Validierung zu ermitteln. Trimmwinkel und Squat im Schwerpunkt der Schiffe wurden umgerechnet zu Auslenkungen / Squat an Bug und Heck (Abbildung 4). Weitere

Autorenfassung

Kastens: Ermittlung der Schiffsdynamik von Seeschiffen mit Computersimulationen, 2014

Ergebnisse können auf der Internetseite der BAW abgerufen werden¹. Die Ergebnisse zur Berechnung des Squats werden als sehr gut bewertet, die des Trimmwinkels als verbesserungswürdig. Die Analyse der Sensitivitäten des Trimmwinkels ist Gegenstand aktueller Untersuchungen.

Ausblick

Zukünftig sollen diese CFD Simulationen die Messungen in der Versuchshalle am Modell unterstützen und ergänzen. Ihr Einsatz liegt in den weniger extremen Versuchsbedingungen. Ein Ersatz der Messungen ist nicht vorgesehen, da diese belastbarer sind als Modelle und das numerische Modell anhand der Messungen erst richtig eingestellt werden muss. Besonders wichtig sind diese Messungen im Hinblick auf noch nicht verstandene Phänomene. Durch sie lassen sich physikalische Prozesse erlernen, während das Simulationsmodell nur das wiedergeben kann, was Anwender und Softwareentwickler hineingesteckt haben. Eine Abkehr von hydraulischen Versuchen in diesem Grenzbereich ist somit auf längere Sicht nicht möglich.

Literatur

Flügge, Gerd; Uliczka, Klemens (2001): Dynamisches Fahrverhalten und Wechselwirkungen mit der Fahrriemensohle von sehr großen Containerschiffen unter extremen Flachwasserbedingungen. In: Hansa 138 (12).

¹ www.vzb.baw.de/publikationen.php?file=kolloquien/0/7_Kastens_WSSNumerik_mk.pdf.



Marko Kastens

Der Autor hat an der TU-Braunschweig Diplom-Geoökologie studiert. Diplomarbeit und erste Jobberfahrungen entstanden am IMKIFU in Garmisch-Partenkirchen (Forschungszentrum Karlsruhe / KIT). Nach einer Anstellung in der Rückversicherungswirtschaft wechselte er zur Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord und schließlich an die BAW in Hamburg.

Bundesanstalt für Wasserbau

Dienststelle Hamburg, Referat K2

Wedeler Landstr. 157

22559 Hamburg

Marko.Kastens_at_baw.de