CFD-BERECHNUNG DER BÖSCHUNGSBELASTUNG

Computational Fluid Dynamics (CFD) Modellierung von propellerinduzierten Strömungen am Bubendey-Ufer

Die Hamburg Port Authority (HPA) ist zuständig für das Management des Hamburger Hafens und damit auch verantwortlich für Instandsetzungsarbeiten und den Neubau von Uferböschungen. Für die Instandsetzung und den Neubau von Böschungssicherungen kann im Bereich von Binnenwasserstraßen auf ein Standardverfahren der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) „*Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherung an Binnenwasserstraßen*“ (GBB) zurückgegriffen werden.

Im Bereich von Seewasserstraßen und Seehäfen ist dieses Verfahren nur eingeschränkt geeignet. Infolge der unterschiedlichen Rahmenbedingungen führt die Anwendung dieses Verfahrens im Vergleich zu Naturmessungen zu sehr konservativen Ergebnissen. Aus diesem Grund beauftragte die HPA das DHI mit einer detaillierten Abschätzung der propeller-induzierten Strömungen auf Deckwerke. DHI wählte hierfür ein dreidimensionales Strömungsmodell (*Computational Fluid Dynamics*). Das Modell wurde mit Hilfe von Vorort-Messungen kalibriert und validiert. Darüber hinaus war ein Vergleich mit den Ergebnissen nach dem GBB-Verfahren durchzuführen sowie die Übertragbarkeit des Modells auf andere Schiffs- und Böschungsszenarien sicherzustellen.

DIE DATENERHEBUNG

Am Bubendey-Ufer wurde ein Messrahmen rechtwinklig zur Uferlinie mit jeweils 3 Geschwindigkeitssensoren für die horizontalen Komponenten und 16 Druck-sensoren von DHI Sense installiert. Der Schlepper „Schleppko 7“, wurde an einem Stelzenponton und mit der Böschung vertäut.

Messkampagne am Bubendey-Ufer (Hamburg, Deutschland), September 2014. © DHI

© DHI

KUNDE

Hamburg Port Authority (HPA)

HERAUSFORDERUNG

- Überprüfung der Böschungsbelastung infolge Propulsionsangriff
- Übertragbarkeit des Modells auf andere Böschungen

LÖSUNG

Aufbau eines generalisierten CFD-Modells zur Darstellung unterschiedlicher Belastungsszenarien und Geometrien

NUTZEN

- Bedarfsgerechte Dimensionierung der Böschungssicherungen infolge von Propulsionsangriff
- Finanzielle Einsparungen (Wirtschaftlichkeit) beim Bau und bedarfsgerechter Instandsetzung von Böschungssicherungen
- Nachhaltigkeit, Ressourcenschonung

ORT / LAND

Hamburger Hafen, Deutschland

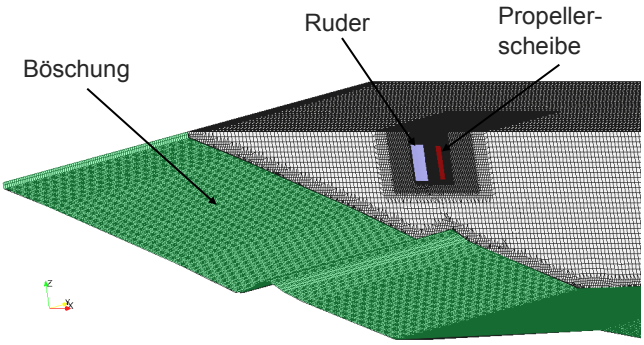
Hierdurch konnte das Gieren, Rollen und Stampfen des Schleppers minimiert werden so dass der Propellerstrahl während der Messungen nahezu direkt auf den Messrahmen und die Böschung gerichtet war. Die diversen Messkampagnen wurden mit unterschiedlichen Maschinen-auslastungen durchgeführt.

DAS CFD-MODELL

Um ein Modell zu erhalten, das relativ einfach und preiswert auf andere Böschungs- und Schiffsszenarien übertragbar ist, wurde der generalisierten Beschreibung der vorherrschenden natürlichen Bedingungen ein großes Gewicht eingeräumt. Also Modellplattform wurde das Paket OpenFOAM® gewählt.

Vergleichende Untersuchungen mehrerer Propellerstrahl-ausbreitungsmodelle zeigten, dass mit einem sogenannten Momentenquellmodell sowohl die tangentialen und radialen Momente, als auch die Auswirkungen des Ruderblattes auf die propellerinduzierte Strömung für diese Aufgabenstellung ausreichend genau beschrieben werden.

Entscheidend für die Bestimmung der maßgebenden Geschwindigkeiten, die auf die Böschung wirken, ist das Impulsfeld des Propellers. Es kann mit Hilfe von Koeffizienten beschrieben werden. Aufgrund der strömungslenkenden und -teilenden Wirkung des Ruderblattes kommt der modelltechnischen Abbildung des Ruderblattes eine maßgebliche Bedeutung zu. Im Gegensatz hierzu hat eine exakte Geometrie des Propellers und der Schiffshülle nur einen vergleichsweise vernachlässigbaren Einfluss auf die propellerinduzierte Strömung, weshalb auf die modelltechnische Abbildung verzichtet werden kann.

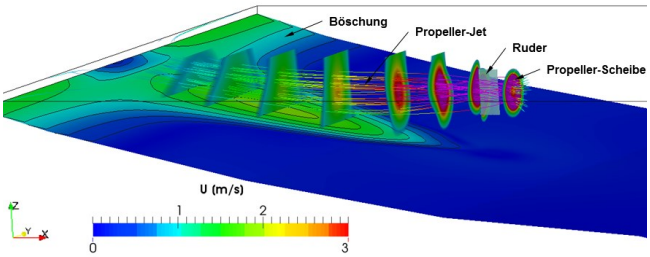


Schnitt durch Berechnungsgitter des Modell Bubendey-Ufer inklusive des Ruders © 2015, DHI

Der im Modell abgebildete Bereich ist 60m breit und 85m lang. Im Bereich des Ruders, des Momentenquellfeldes und der Böschungsoberfläche wurde das Berechnungsnetz stark verfeinert. Insgesamt bestand das Berechnungsnetz aus rd. 3 Millionen Elementen.

Zur Beschreibung des Impulsfeldes, das vom Propeller ausgeht, wurden der Propellerdurchmesser, die Propeller-tiefe, die maximale Drehzahl, die maximale Maschinen-leistung, sowie der Auslastungsfaktor zur einsetzbaren Propellerdrehzahl benötigt.

Im Berechnungsnetz sind den Modellelementen, die sich innerhalb des Propellerdurchmessers befinden, Koeffizienten zugewiesen, die sich aus den oben genannten Eigenschaften ergeben.



3D-Darstellung der Modellergebnisse für den 70% Lastfall. Das Ruder ist durchscheinend dargestellt © 2015, DHI

Das Modell wurde an den gemessenen Daten mit einer Maschinenauslastung von 50% kalibriert und anschließend mit den Messdaten der Motorleistungen von 25% und 70% erfolgreich validiert.

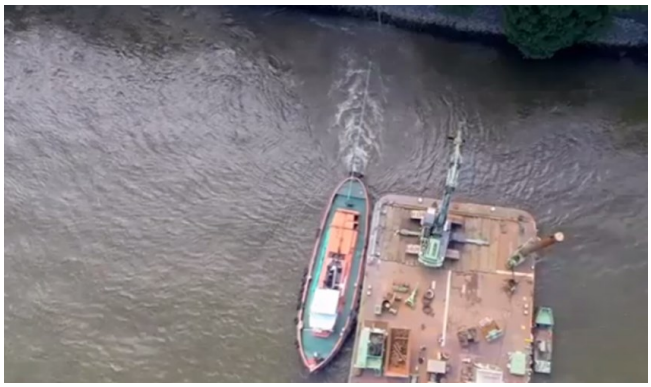
ERGEBNISSE

Der Vergleich der Modellergebnisse mit den Messdaten zeigt, dass das CFD-Modell konservative Werte liefert. Die Modellergebnisse liegen ca. 30% unterhalb der durch eine Vergleichsrechnung nach GBB ermittelten Werte, womit sich das CFD-Modell als eine ökonomische Planungsalternative qualifiziert.

SCHLUSSFOLGERUNG

In dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, dass das CFD-Modell belastbare Ergebnisse liefert, um eine Böschungssicherung infolge Propulsionsangriff an exponierten Standorten im Bereich von Seehäfen nachhaltig und kosteneffizient zu dimensionieren.

Das CFD-Modell kann aufgrund seiner Skalierbarkeit jedwede Belastungssituation und Geometrie (inklusive Bermen, Spundwände etc.) berücksichtigen. Hierdurch ist das CFD-Modell bereits in der Vor- bzw. Entwurfsplanungs-phase ein geeignetes Werkzeug, um Bemessungsgrößen für die Dimensionierung zu bestimmen.



Luftaufnahme des Bubendey-Ufers während der Mess-Kampagne © 2014, DHI

Kontakt: info@dhi-wasy.de

Für zusätzliche Informationen besuchen Sie: www.dhigroup.de

© DHI all photos © DHI