Kollisionsversuche im Schiffbau

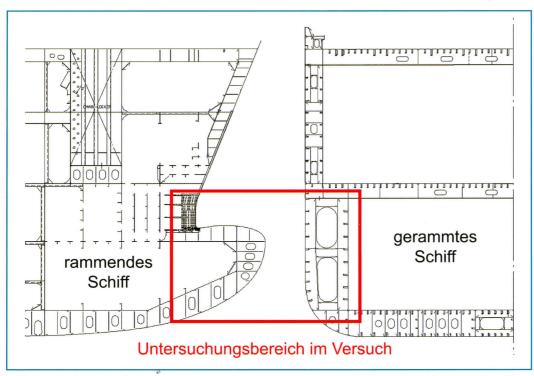


Bild 1: Betrachtetes Kollisionsszenario

Die systematische, versuchstechnische Untersuchung der Sicherheit von Schiffskonstruktionen im Kollisionsfall wurde bereits in den 1960er Jahren parallel zur Erprobung nuklearer Antriebstechnik in der Handelsschiffahrt begonnen. Ende der 1990er Jahre wurden unter dem Eindruck schwerer Tankerunfälle weitere Kollisionsversuche durchgeführt, die zur Validierung der zwischenzeitlich bereits deutlich fortgeschrit-Berechnungstechniken tenen dienten. Im Fokus dieser Versuche stand die Konstruktion des gerammten Schiffes und dessen Energieaufnahmevermögen. Der rammende Kollisionsgegner wurde bei den Versuchen der jüngeren Vergangenheit als ideal starr angesehen.

Tatsächlich existieren im Schiffbau noch keine Vorschriften für die kollisionsfreundliche Gestaltung von Vorschiffsstrukturen. Insbesondere sehr scharf geformte Bugwülste werden daher in der Praxis ausgesprochen steif konstruiert, was im Kollisionsfall zu besonders schweren Beschädigungen des

gerammten Schiffes führen kann. Mehrere in den letzten Jahren veröffentlichte Simulationsergebnisse legen aber den Schluss nahe, dass eine kollisionsfreundliche Konstruktion dieser Strukturen - vergleichbar mit der Knautschzone eines PKWs – erheblichen Einfluss auf das Energieaufnahmevermögen des gerammten Schiffes haben dürfte. Allerdings ist die Simulation der Schiffskollision unter Berücksichtigung auch der Verformung des gerammten Schiffes eine sehr komplexe Aufgabe. Im Rahmen eines auf mehrere Jahre angesetzten Forschungsvorhabens werden daher derzeit Kollisionsversuche durchgeführt, die zur Validierung und Absicherung zukünftiger Berechnungen verwendet werden sollen.

Die hier vorgestellten Versuche legen das zur Bewertung der Kollisionssicherheit von Seeschiffen weitgehend blierte Kollisionsszenario mit einem Kollisionswinkel 90° zu Grunde. Die Versuche beschränken sich auf den Bereich der reinen Bugwulstkollision und auf die Abbildung der sogenannten inneren Kollisionsmechanik, also der reinen strukturmechanischen Vorgänge ohne Berücksichtigung der Schiffsbewegungen. Der Untersuchungsbereich ist in Bild 1 am Beispiel der Kollision zweier dargestellt. RoRo-Fährschiffe Das gerammte Schiff besitzt

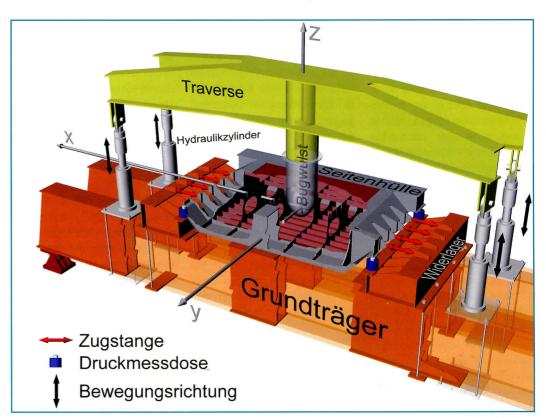


Bild 2: Versuchsaufbau für Kollisionsversuche

im Untersuchungsbereich eine konventionelle Doppelhüllenkonstruktion.

Die Kollisionsgegner wurden im interessierenden Kollisionsbereich modellhaft dargestellt. Bei einer Skalierung von etwa 1:3 werden die wesentlichen konstruktiven Merkmale der Referenzkonstruktionen wiedergegeben. Grundsätzlich ist der Energieeintrag bei Schiffskollisionen sehr stark massedominiert, d.h. die Kollisionen finden bei verhältnismäßig geringen Geschwindigkeiten statt. Dynamische Effekte, insbesondere der Einfluss der Dehnungsgeschwindigkeit des Materials, können daher i.d.R. vernachlässigt werden. Dies ermöglicht eine quasi-statische Betrachtung der Kollisionsmechanik im Versuch. Die quasi-statische Versuchsdurchführung bietet den weiteren Vorteil, dass der Versagensprozess sehr detailliert beobachtet und dokumentiert werden kann.

Bild 2 zeigt den gewählten Versuchsaufbau, wobei die Kollision hier senkrecht erfolgt. Der Modellbereich der Seitenhülle (dunkelrot) gibt eine typische schiffbauliche Doppelhüllenstruktur wieder. Er ist in einen sehr steif ausgeführten Stahlrahmen eingeschweißt (grau), der die Randbedingungen der umgebenden Schiffsstruktur abbildet. Die Seitenhülle ist in x-Richtung über je vier instrumentierte Zugstangen mit je einem Widerlager auf beiden Modellseiten verbunden. Diese Widerlager nehmen ebenfalls Kräfte in z-Richtung über insgesamt vier Druckmessdosen auf. Die Krafteinleitung erfolgt über insgesamt vier servo-hydraulisch gesteuerte Hydraulikzylinder die über eine 10 m lange Traverse verbunden wurden. Mit dieser Anordnung können maximale Kollisionskräfte von 4.000 kN aufgebracht werden. Die Traverse wird mit einem rotationssymmetrischen, bugwulstähnlichen Kollisionskörper verbunden. Der beschriebene Versuchsaufbau ist mit zwei parallel angeordneten massiven

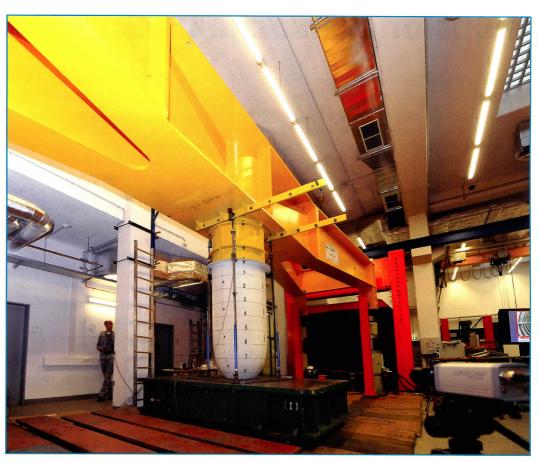


Bild 3: Versuchsaufbau mit Bugwulst und starrem Gegner

Grundträgern verbunden, so dass ein geschlossener Kraftfluss innerhalb des Versuchsaufbaus gewährleistet werden kann.

Insgesamt werden in dieser Anordnung vier Versuche durchgeführt, von denen zwei bereits abgeschlossen sind. Untersucht wurde bisher jeweils ein Seitenhüllenmodell mit Doppelhülle in konventioneller Bauweise, gegen das im ersten Versuch ein starrer Bugwulst geführt wurde. Im zweiten Versuch wurde die Konstruktion des Bugwulstes so verändert, dass sich dieser im vorderen Bereich leichter verformen kann. Lagen die maximalen Kollisionskräfte beim Versagen der Außenhaut im ersten Versuch noch bei unter 1.000 kN stiegen diese im zweiten Versuch durch den erheblich stumpferen Kollisionsvorgang des verformbaren Wulstes auf über 2.500 kN an. Auch stellt sich das Versagen der Außenhaut bei Verwendung des verformbaren Bugwulstes erst bei deutlich größeren Kollisionswegen ein. Dies führt in

der Großausführung dazu, dass auch die über Wasser befindlichen Vorschiffsstrukturen weiter eindringen. Dadurch kann kinetische Energie in Bereichen des gerammten Schiffes dissipiert werden, die weniger gefährdet sind als der Unterwasserbereich.

In der ersten Projektphase wurden in einem gegenüber Bild 2 etwas vereinfachten Versuchsaufbau insgesamt zwei Bugwulststrukturen gegen einen starren Gegner geführt um zunächst das Verformungsverhalten des Bugwulstes separat zu untersuchen. Bild 3 stellt einen dieser Versuche dar. Gemeinsam mit den Ergebnissen der beschriebenen Kollisionsversuche werden derzeit die numerischen Simulationsmodelle validiert. Nach Abschluss dieser Arbeiten sind diverse Computer-Simulationen Schiffskollisionen geplant, die von beiden Gegnern möglichst alle relevanten Strukturbereiche beinhalten sollen. Diese Berechnungen bilden dann die Basis für die Arbeit an einem

Konstruktionsvorschlag für einen kollisionsfreundlichen Bugwulst, der sowohl den Anforderungen der Betriebslasten z.B. aus dem Seegang oder der Eisfahrt genügen muss, als auch im Kollisionsfall eine signifikante Verbesserung gegenüber konventionellen Konstruktionen aufweisen sollte.

Die vorgestellten Arbeiten sind Bestandtteil des Forschungsvorhabens ELKOS, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen 03SX284B. Die Autoren bedanken sich bei dem Projektträger Jülich, der die Fördermittel für die hier vorgestellte Arbeit verwaltet, für die gute Zusammenarbeit. Weiterer Dank gilt der Flensburger Schiffbau-Gesellschaft mbH für die Fertigung der Traverse und der Widerlager sowie der Versuchsmodelle.

Ingo Tautz, Institut für Konstruktion und Festigkeit von Schiffen, Technische Universität Hamburg-Harburg