



**Schlussbericht zum FuE-Vorhaben
„Dynamic Positioning von Schiffen und Plattformen mit
Motionstabilisierung unter Verwendung von x/y-Logik -
DPMotion“**

**Teilvorhaben
„Experimentelle Simulation von Schiffsbewegungen für die
Auslegung von Dynamic Positioning mit Motionstabilisierung -
DPApp“**

Bericht 4539

Potsdam, Juni 2016

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel	
<p>Experimentelle Simulation von Schiffsbewegungen für die Auslegung von Dynamic Positioning mit Motionstabilisierung</p> <p>Schlussbericht zum FuE-Vorhaben „Dynamic Positioning von Schiffen und Plattformen mit Motionstabilisierung unter Verwendung von x/y-Logik - DPMotion“</p> <p>Teilvorhaben „Experimentelle Simulation von Schiffsbewegungen für die Auslegung von Dynamic Positioning mit Motionstabilisierung - DPApp“</p>	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]	5. Abschlussdatum des Vorhabens
Steinwand, M.	31.03.2016
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH Marquardter Chaussee 100 14469 Potsdam	4539
	10. Förderkennzeichen
	03SX351B
	11. Seitenzahl
	45
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)	13. Literaturangaben
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	17
Projektträger Jülich Postfach 61 02 47 10923 Berlin	14. Tabellen
	1
	15. Abbildungen
	32
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung	
<p>Im Verbundprojekt sollten für den Voith-Schneider-Propeller (VSP) methodischen Grundlagen für ein DP-System mit Rollstabilisierung geschaffen werden. Ziel des Teilvorhabens der SVA im Verbundvorhaben war, die notwendige, experimentelle Untersuchungsumgebung für die Auslegung von Dynamic-Positioning (DP)-Systemen mit Motionstabilisierung zu schaffen und an geeigneten Versuchsträgern zu erproben. Zudem sollte die Auslegung von Dynamic-Positioning (DP)-Systemen mit Motionstabilisierung auf Basis von Messungen ermöglicht bzw. unterstützt werden. Im Ergebnis des Verbundvorhabens ist die SVA in der Lage sein, ein Basissystem zur Auslegung und Optimierung von DP-Systemen zur Verfügung zu haben, das sich auch auf andere Antriebskonfigurationen von Schiff, Antriebs- und Steuersystem und Umweltbedingung adaptieren und erweitern lässt. In Abstimmung mit den Projektpartnern wurden ein Offshore Supply Vessel (OSV) und ein Schlepper ausgewählt, die im Zusammenhang mit dem FuE-Thema untersucht werden sollten. Eine Erweiterung des Positionsbestimmungssystems in der Schlepprinne der SVA wurde in den Versuchsbetrieb überführt. Zur Auswahl und Konstruktion einer geeigneten Windanlage wurden Untersuchungen mithilfe von CFD-Berechnungen durchgeführt. Anordnung, Positionierung und Leistung der winderzeugenden Ventilatoren wurden dadurch bestimmt. Die Windanlage wurde in den Versuchsbetrieb überführt. Die Messtechnik und Messsoftware wurde für die Anforderung der Ansteuerung der unterschiedlichen Steuerorgane VSP, Z-Antrieb und Querstrahler angepasst. Auf Basis sämtlicher Vorversuche und der Abstimmung mit den Projektpartnern wurden die finalen DP-Versuche in der SVA durchgeführt. Es wurde das Modell des OSVs verwendet. In diesen Versuchen wurde die entwickelte Regelung der Universität Rostock und die von Voith entwickelte Allokation erfolgreich getestet und verwendet. Es wurden begleitend Großausführungsmessungen durchgeführt.</p>	
19. Schlagwörter	
Dynamisches Positionieren, Manövrieren, Allokation, Regelung, Modellversuche, Großausführungsmessungen	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication)
<p>3. title</p> <p style="text-align: center;">Investigation of the DP behaviour of an Offshore Support Vessel</p> <p style="text-align: center;">Final report of the R&D-project „Dynamic positioning of ships and platforms with the use of a x/y-logic motion stabilisation“</p> <p style="text-align: center;">Partial project „Experimental simulation of ship motions for the layout of dynamic positioning with motion stabilisation“</p>	
4. author(s) (family name, first name(s))	5. end of project
Steinwand, M.	31.03.2016
	6. publication date
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address)	9. originator's report no.
Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH Marquardter Chaussee 100 14469 Potsdam	4539
	10. reference no.
	03SX351B
	11. no. of pages
	45
12. sponsoring agency (name, address)	13. no. of references
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Projektträger Jülich Postfach 61 02 47 10923 Berlin	17
	14. no. of tables
	1
	15. no. of figures
	32
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
<p>18. abstract</p> <p>In this joint project, the methodology for a DP system with roll stabilization should be created for the Voith-Schneider-Propeller (VSP). The aim of the SVA subproject was to enable and support the design of Dynamic Positioning (DP) systems with motion stabilization by measurements. The necessary experimental equipment was created and tested on suitable test equipment. As a result of the joint project, SVA is able to provide a basic system for design and optimization of DP systems, which should also be adapted and extended to other drive configurations of ship, propulsion and control systems as well as for environmental conditions. In coordination with the project partners, an offshore supply vessel (OSV) and a tug were selected, which should be examined in the context of the R & D topic. An extension of the position determination system in the towing tank of the SVA was developed. For the selection and construction of suitable wind turbines, investigations were carried out using CFD calculations. The arrangement, positioning and performance of the wind-generating fans were thereby determined. The wind-generating system was installed in the towing tank of the SVA as standard equipment. The measuring technology and measuring software has been adapted to the requirements of control of the various control elements like VSP, Z-drive and tunnel thruster. On the basis of all preliminary tests and coordination with the project partners, the final DP tests were carried out in the towing tank of the SVA. The model of the OSV was used for these tests. In these experiments the developed closed loop control of the University of Rostock and the allocation developed by Voith were successfully tested and used. Full-scale measurements were carried out.</p>	
<p>19. keywords</p> <p>dynamic positioning, manoeuvring, allocation, closed loop control, model tests, full-scale tests</p>	
20. publisher	21. price

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Schlussbericht für das Forschungsvorhaben 03SX351B

Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH
Schlussbericht für das Forschungsvorhaben 2053

„Dynamic Positioning von Schiffen und Plattformen mit
Motionstabilisierung unter Verwendung von x/y-Logik - DPMotion“

Teilvorhaben „Experimentelle Simulation von Schiffsbewegungen für die
Auslegung von Dynamic Positioning mit Motionstabilisierung - DPApp“

**„Experimentelle Simulation von Schiffsbewegungen für die
Auslegung von Dynamic Positioning mit Motionstabilisierung“**

von

Dipl.-Ing. Marc Steinwand

beteiligte Forschungseinrichtung

- Voith Voith Schneider Propulsion GmbH & Co. KG
 Dr.-Ing. Dirk Jürgens
 Alexanderstr. 18
 89522 Heidenheim
 Tel.: +49 7321 37 6583
 Email: dirk.juergens@voith.de
- TUHH Technische Universität Hamburg-Harburg
 Institut für Fluidodynamik & Schiffstheorie (FDS)
 Prof. Dr.-Ing. Moustafa Abdel-Maksoud
 Schwarzenbergstraße 95 C
 21073 Hamburg
 Tel.: +49 40 42878 6052
 Email: m.abdel-maksoud@tuhh.de
- URO Universität Rostock – CeMarIS (URO)
 Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. Bernhard Lampe
 Richard-Wagner-Str. 31 / Haus 8
 18119 Rostock
 Tel.: +49 381 498 7703
 Email: bernhard.lampe@uni-rostock.de
- SVA Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH
 Marquardter Chaussee 100
 Dipl.-Ing. Marc Steinwand
 14469 Potsdam
 Tel.: +49 0331 567 12 11
 Email: steinwand@sva-potsdam.de

**„Experimentelle Simulation von Schiffsbewegungen für die
Auslegung von Dynamic Positioning mit Motionstabilisierung“**

Schlussbericht zum FuE-Vorhaben

„Dynamic Positioning von Schiffen und Plattformen mit
Motionstabilisierung unter Verwendung von x/y-Logik - DPMotion“

Teilvorhaben „Experimentelle Simulation von Schiffsbewegungen für die
Auslegung von Dynamic Positioning mit Motionstabilisierung - DPApp“

Die Durchführung des Forschungsvorhabens in der Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH wurde dankenswerterweise vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie durch die Bereitstellung von Fördermitteln ermöglicht.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der SVA wurden im Rahmen des Vorhabens im Zeitraum 01.04.2013 bis 31.03.2016 realisiert.

Dipl.-Ing. Marc Steinwand
Projektleiter

Dr.-Ing. Christian Masilge
Geschäftsführer

Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH

Juni 2016

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Kurzdarstellung	5
I.1 Aufgabenstellung	5
I.2 Voraussetzungen	10
I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens	11
I.4 Stand Wissenschaft und Technik	16
I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	19
II. Eingehende Darstellung	20
II.1 Ergebnisse des FuE-Vorhabens	20
II.2 Zahlenmäßiger Nachweis	41
II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	42
II.4 Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit der Ergebnisse	43
II.5 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	44
II.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen	44

I. Kurzdarstellung

I.1 Aufgabenstellung

Ziel des Teilvorhabens der SVA Potsdam im Verbundvorhaben war es, die Auslegung von Dynamic-Positioning (DP)-Systemen mit Motionstabilisierung auf Basis von Messungen zu ermöglichen bzw. zu unterstützen. Die dafür notwendigen experimentellen Untersuchungen sollten geschaffen und an geeigneten Versuchsträgern erprobt werden.

Zur Erreichung der Ziele des FuE-Vorhabens hat die SVA Potsdam in sehr enger Kooperation mit den Partnern in den folgenden Arbeitspaketen des Verbundvorhabens mitgearbeitet:

AP 1: Analyse der Szenarien des Dynamischen Positionierens (DP)

1.1 Definition von Aufgaben und Szenarien des DP sowie der zugehörigen Anforderungen

Bei der Definition der Aufgaben und Szenarien sollten die Erfahrungen der SVA in diesem Bereich mit eingebracht werden.

1.2 Systematisierung von Schiffstypen bzw. Plattformen (Hauptdaten, Leistung etc.)

Die statistische Erfassung der in der SVA untersuchten Schiffe bzw. Plattformen sollten in der Systematisierung berücksichtigt werden.

1.3 Spezifizierung relevanter Seegebiete und deren charakteristischer Eigenschaften

Im Diskurs mit den Projektpartnern sollte die Spezifizierung mit deren charakteristischen Eigenschaften erfolgen.

1.4 Analyse von DP-Operationen (Einsatzgrenzen) und Erweiterungspotenziale durch VSP-Technik

Die Analyse möglicher, zukünftiger Einsatzbedingungen von DP-Operationen mit Motionstabilisierung sollte von der SVA unterstützt werden.

1.5 Spezifizierung der Plattform (Schiff oder Bohrplattform) für DP-Tests in der SVA Potsdam

In Zusammenarbeit mit den Partnern sollte ein Untersuchungsobjekt (Schiff oder Bohrplattform) ausgewählt werden.

AP2: Entwicklung eines DP-Regelungssystems

2.1 Struktur eines DP-Regelungssystems mit Motionsteuerung

Die SVA sollte den Partnern durch Ihre Erfahrung beim Regeln von Schiffsmodellen bei der Struktur assistieren.

2.3 Regelungsentwürfe

Die Partner sollten beim Entwurf des Regelungssystem zusammenarbeiten. Die SVA sollte durch Vorgaben für die Modelltechnik, der Signalstruktur und der typischen Verarbeitungszeiten von Signalen in der Messerfassungssoftware die Partner unterstützen.

2.4 Messdatenfusion und –filterung

Es sollte eine Abstimmung über die Qualität der von der SVA zur Verfügung gestellten Messdaten für die Regelung erfolgen.

2.5 Integration des DP-Regelungssystems

Für die Definition der Schnittstellen zwischen Regelungssystem und Versuchstechnik und der Einbindung in das Messwerterfassungssystem der SVA sollten die Softwareprotokolle und die Datenstruktur abgestimmt werden.

2.6 Labortests

Die SVA sollte durch ihre Erfahrung die Labortests der Partner unterstützen.

AP8: Durchführung von Versuchen

8.1 Teilnahme an den Versuchen bei Voith

Die SVA sollte in diesem Arbeitsgebiet beobachtend an den Versuchen bei Voith teilnehmen, um Rückschlüsse für die eigenen Versuche zu ziehen und die eigene Versuchstechnik an die entwickelten Modelle von Voith anzupassen.

AP9: Entwicklung und Bau von DP-relevanter Versuchstechnik

9.1 Erzeugung von definierten Wind in der Schlepprinne der SVA

Für die Durchführung von Modellversuche, die die Arbeitsbedingungen von Offshore-Schiffen wiedergeben, war die Erzeugung von definiertem Wind notwendig. Die SVA sollte in diesem Arbeitspunkt eine Windanlage entwickeln, installieren und kalibrieren, um die notwendigen Windverhältnisse im Modellmaßstab zu erzeugen. Die Windanlage sollte aus einer Lüfterbank bestehen, die in der Schlepprinne am Schleppwagen installiert wird. Die besondere Herausforderung war dabei die Beherrschung bzw. Beeinflussung der Windverhältnisse in der Schlepprinne. Es mussten Möglichkeiten für stabile Luftströmungen geschaffen werden. Dafür wurden im Vorfeld CFD-Berechnungen zur Analyse durchgeführt, die in die Konstruktion mit eingeflossen sind.

Nach dem abschließenden Aufmessen der Windverhältnisse und der damit einhergehenden Kalibration sollte die Anlage für Modellversuche zur Verfügung gestellt werden.

9.2 Erweiterung des Positionsbestimmungssystems in der Schlepprinne der SVA

In der SVA ist ein optisches System von der Firma Qualysis zur Aufnahme der Position und der Beschleunigungen von Schiffsmodellen vorhanden. Dieses optische System deckt für Standard Manövrier- und Seegangversuche einen entsprechenden Bereich in der Schlepprinne der SVA ab, um damit zuverlässig Versuche durchführen zu können. Für die anstehenden Versuche für die DP-Regelung sollte das System erweitert werden, damit auch Randzonen der Schlepprinne, die bei kleinen Modellgeschwindigkeiten oder im Stand wichtig sind, vom optischen System mit erfasst werden können. Besonders, wenn sich das Modell z.B. quer in die Schlepprinne stellt (um Querbewegungen zu simulieren und zu untersuchen) wird es nicht mehr ganz von den vorhandenen Sensoren erfasst.

9.3 Entwicklung der Ansteuerbarkeit von bestimmten Steuerorganen

In dem Forschungsprojekt wurden als Steuereinheiten neben Voith-Schneider-Propeller auch Querstrahler und Z-Antriebe untersucht. Während die VSP-Antriebe von Voith zur Verfügung gestellt wurden, wurden Z-Antriebe und Querstrahler von der SVA gefertigt bzw. ausgewählt und für die Versuche mechanisch als auch elektrotechnisch vorbereitet. Notwendige Anpassungen für die im Forschungsvorhaben entstehenden Anforderungen waren notwendig und wurden von der SVA durchgeführt. In diesem Arbeitspunkt wurden die konzeptionellen Voraussetzungen geschaffen, um die Konstruktion und die Fertigung der Steuerorgane zu realisieren.

9.4 Realisierung der notwendigen Messtechnik/Schnittstellen – Anpassung Messsoftware

Hier arbeitete die SVA mit der Universität Rostock zusammen, die dabei auftretenden Probleme und Abstimmungsschwierigkeiten bei der Realisierung der notwendigen Messtechnik/Schnittstellen zu lösen. Um den von der Universität Rostock entwickelten Regelungsalgorithmus im Modellversuch einsetzen zu können, wurden Programmierarbeiten an der vorhandenen Messsoftware der SVA notwendig. Es sollten für den Versuchingenieur Bedien- und

Auswahlmöglichkeiten geschaffen werden. Im Hinblick auf die Großausführungsmessungen sollte die Datensicherung und –verarbeitung abgestimmt werden. Definition und Abstimmung der benötigten Schnittstellen zur Datenübertragung (Input und Output der Regelung, Datenformat, etc.) waren ebenso Bestandteil wie die Anpassung der Messtechnik.

9.5 Entwicklung des Messsystems für Großausführungsmessungen

Ein Basissystem für Großausführungsmessungen ist in der SVA vorhanden. Für die Anforderungen der Großausführungsmessungen sollte das Messsystem unabhängig vom Messsystem der Schlepprinne der SVA erweitert und zum Teil neu entwickelt werden, damit den Anforderungen der DP-Regelung Rechnung getragen wird. Hier sind intelligente Anpassungen an die neu zu erwerbenden Komponenten zur Datenerfassung und -verarbeitung notwendig. Für die Einstellung der DP-Regelung in der Großausführung sollten die dafür notwendigen Daten entweder von den einzelnen Steuerorganen oder von der Brücke des Schiffes abgegriffen werden. Die Daten der Globalen Schiffsposition und –bewegung in allen 6 Freiheitsgraden sollten für das Regelungssystem eingesammelt und diesem für die Regelung zur Verfügung gestellt werden.

AP10: Vorbereitung und Durchführung von Modellversuchen

10.1 Auswahl, Fertigung und Vorbereitung von 2 Schiffsgeometrien

Für die Untersuchung im Modellmaßstab sollten Versuchsträger gefertigt werden. Dabei sollte es sich um Schiffmodelle aus Holz von einem Offshore-Versorger und einem Schlepper handeln. Da für beide Schiffsgeometrien jeweils VSPs und Z-Antriebe untersucht werden sollten, war es notwendig für das Modell des Offshore-Versorgers 2 Hinterschiffe einzuplanen und für das Modell des Schleppers zwei komplette Varianten zu fertigen. Eines der Modelle sollte auch der Universität Rostock für Voruntersuchungen zur Verfügung gestellt werden.

Für die Modelle sollten auch die Überwasserstrukturen modelliert werden, um die angreifenden Windkräfte realistisch modellieren zu können.

10.2 Entwicklung und Fertigung von Steuerorganen (Z-Antrieb)

Es sollten entsprechend der Aufgabenstellung Z-Antriebsmodelle entwickelt und gefertigt werden. Die konstruktiven und fertigungstechnischen Herausforderungen lagen hierbei bei der Aufgabenstellung, dass die Z-Antriebe über mehr als 360° drehbar sein sollten. Durch bisher notwendige Kabelverbindungen für Strom und Daten können existierende Z-Antriebe zwar über 360° gedreht werden, aber nicht weiter. Für DP-Regelungen müssen die Antriebe jedoch oft in der Lage sein sich mehrmals um die eigene Achse drehen zu können. Diese Möglichkeit sollte durch die neu zu entwickelnden Z-Antriebe angestrebt werden. Dafür war eine komplette Neukonstruktion und Neufertigung notwendig.

10.3 Laborversuche in der Schlepprinne der SVA mit Labormodell I, Auswertung/Analyse

Entsprechend den Anforderungen der Projektpartner sollten Modellversuche als Vorversuche zur Validierung der numerischen Berechnungen und der Entwicklung der DP-Regelung bzw. als weitergehende Versuche für die Einstellung der Regelung durchgeführt werden. Der Aufwand sollte sich auf die von den Projektpartnern angegebenen Versuchsmatrizen beziehen.

10.4 Laborversuche in der Schlepprinne der SVA mit Labormodell II, Auswertung/Analyse

Entsprechend den Anforderungen der Projektpartner sollten Modellversuche als Vorversuche zur Validierung der numerischen Berechnungen und der Entwicklung der DP-Regelung bzw. als weitergehende Versuche für die Einstellung der Regelung durchgeführt werden. Der Aufwand sollte sich auf die von den Projektpartnern angegebenen Versuchsmatrizen beziehen.

Dieses Modell sollte auch der Universität Rostock für Vorversuche zur Verfügung gestellt werden.

AP11: Durchführung von Großausführungsmessungen

11.1 Erprobung und Anwendung der ermittelten Messtechnik

Die Messtechnik für die Großausführungsmessungen sollte an Land erprobt und falls nötig modifiziert werden. Dabei sollte die Messtechnik unterteilt werden in die, die notwendig ist, um die Umweltbedingungen aufzunehmen (Wind, Seegang) und die Messtechnik die Schiffseigenen Vorgänge aufzeichnet. Mit der Messtechnik sollten die Großausführungsversuche in Zusammenarbeit mit der Universität Rostock und Voith durchgeführt werden. Das Schiff für die Großausführungsmessungen sollte dabei von Voith zur Verfügung gestellt werden. Das Regelsystem sollte auf dem Schiff installiert werden und letzte Einstellungen sollten auf Basis der gemessenen Daten vorgenommen werden. Die Funktionsfähigkeit des Regelsystems sollte getestet werden. Ein enges Kooperieren der Partner ist für die erfolgreiche Durchführung dieser Messungen Grundvoraussetzung. Die Zeit für Großausführungsmessungen bei betriebenen Schiffen ist naturgemäß sehr beschränkt. Daher war die konzentrierte Vorbereitung der Messungen und das Bereithalten von redundanter Messtechnik während der Messungen von Seiten der SVA zu gewährleisten.

11.2 Überprüfung der Modellversuchsergebnisse und des DP-Regelalgorithmus

Auf Basis der Messergebnisse von Modell und Großausführungen sollten vergleichende Betrachtungen durchgeführt werden. Besonderes Augenmerk lag für die SVA dabei auf der Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse auf die Großausführung und die Notwendigkeit der Feinjustierung der Regelung in der Großausführung

11.3 Zusammenfassende Analyse und Schlussfolgerung

Letztendlich sollten die Ergebnisse aller Arbeitspunkte analysiert und für die Auswertung entsprechend aufbereitet werden. Es sollte ein Soll-Ist-Vergleich durchgeführt werden und Perspektiven für die Anwendung und die zukünftige Erweiterung des entwickelten Systems aufgezeigt werden.

Dieser Punkt sollte in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern durchgeführt werden.

I.2 Voraussetzungen

Die SVA beschäftigt sich seit über 50 Jahren mit der Untersuchung von Schiffskörpern. Auf dem Gebiet des Bewegungsverhaltens von Schiffen wurde in der SVA langjährig gearbeitet, wie es die folgenden Veröffentlichungen aus dem letzten Jahrzehnt nur beispielhaft verdeutlichen können [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8], [9].

In Zusammenarbeit mit der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt wurde ein Simulationsalgorithmus im Forschungsvorhaben „SLOWMAN“ entwickelt, der das Bewegungsverhalten von Schiffen bei kleinen Geschwindigkeiten simuliert. Dabei gehen die Widerstandsbeiwerte, die Windkräfte und die Seegangskräfte 2. Ordnung von Schiffen über den Umfang von 360° ein [1], [5]. Hier wurden für drei konventionelle Schiffsförmungen die Widerstandsbeiwerte berechnet und im Modellversuch untersucht.

Im Forschungsvorhaben (gefördert durch das BMWi) „Thruster für dynamische Positionierung“ [2], [3] wurde die Interaktion zwischen einer Plattform und angebrachten Steuerantrieben untersucht. Ein solches Szenario ist beispielhaft für die Untersuchung eines Teilaspekts zur Bestimmung der DP Capability für Schiffe und Plattformen.

Aktuell wird im Forschungsvorhaben (gefördert durch BMWi) „Bestimmung der Kräfte und Momente auf das Unterwasserschiff über Anströmwinkel von 360°“ die Kräfte über 360° durch stationäre Strömung auf spezielle Schiffe, wie sie im Offshore-Bereich zu Anwendung kommen, untersucht.

Das Manövrierverhalten von konventionellen Schiffen mit einem Pod-Antrieb wurde in [7] vorgestellt. Diese Ergebnisse wurden im FuE-Vorhaben „Manövrieruntersuchungen für Einschraubenschiffe mit Pod-Antrieb“ gewonnen.

In [9] wurde ein Verfahren entwickelt, dessen Ziel es war, Grundlagen für ein System zur Bestimmung der Manövierkennwerte seegehender Schiffe zu schaffen. Dazu gehören Verfahren zur Beschreibung der Schiffsbewegungen einschließlich der hydrostatischen Beiwerte,

Analyseverfahren für Elementarmanöver, ein spezielles Datenbanksystem zur Speicherung der Manövrierkennwerte.

Zudem sind mehrere Forschungsthemen und Industrieprojekte in Zusammenarbeit mit Voith erfolgreich durchgeführt worden, in denen der VSP-Antrieb und dessen Anwendung thematisiert wurde [10], [11], [12], [13], [14], [15], u.a.

I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben DPMotion war auf eine Gesamtlaufzeit von drei Jahren angelegt. Die zeitliche Planung für alle Partner ist dem Balkenplan der Tabelle in Abbildung 1 zu entnehmen.

Arbeiten der SVA im Zeitraum 04.01.2013 – 31.03.2014

Die Analyse der Szenarien des dynamischen Positionierens wurde in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern abgeschlossen.

Zur Auswahl und Konstruktion einer geeigneten Windanlage wurden Untersuchungen mithilfe von CFD-Berechnungen durchgeführt (Abbildung 1). Anordnung, Positionierung und Leistung der winderzeugenden Ventilatoren wurden dadurch bestimmt.

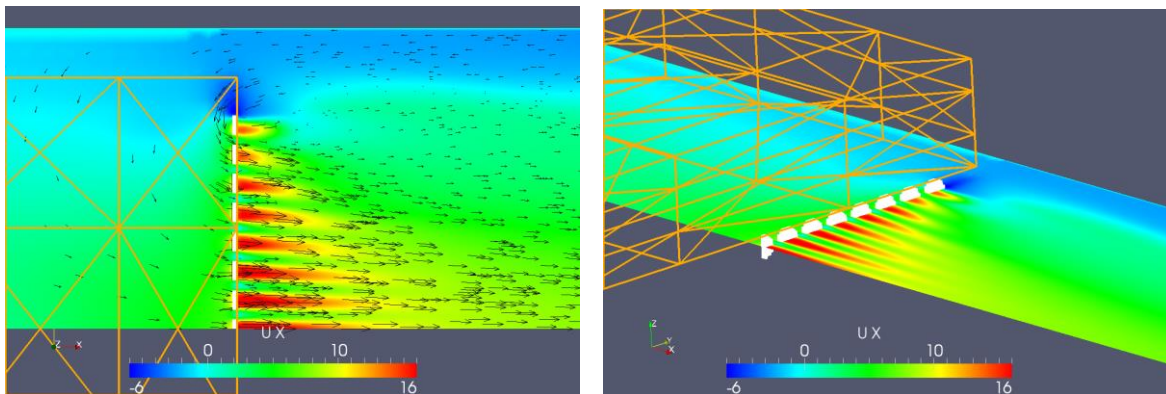


Abbildung 2: Ergebnisse der viskosen Berechnungen der Windverhältnisse in der Schlepprinne

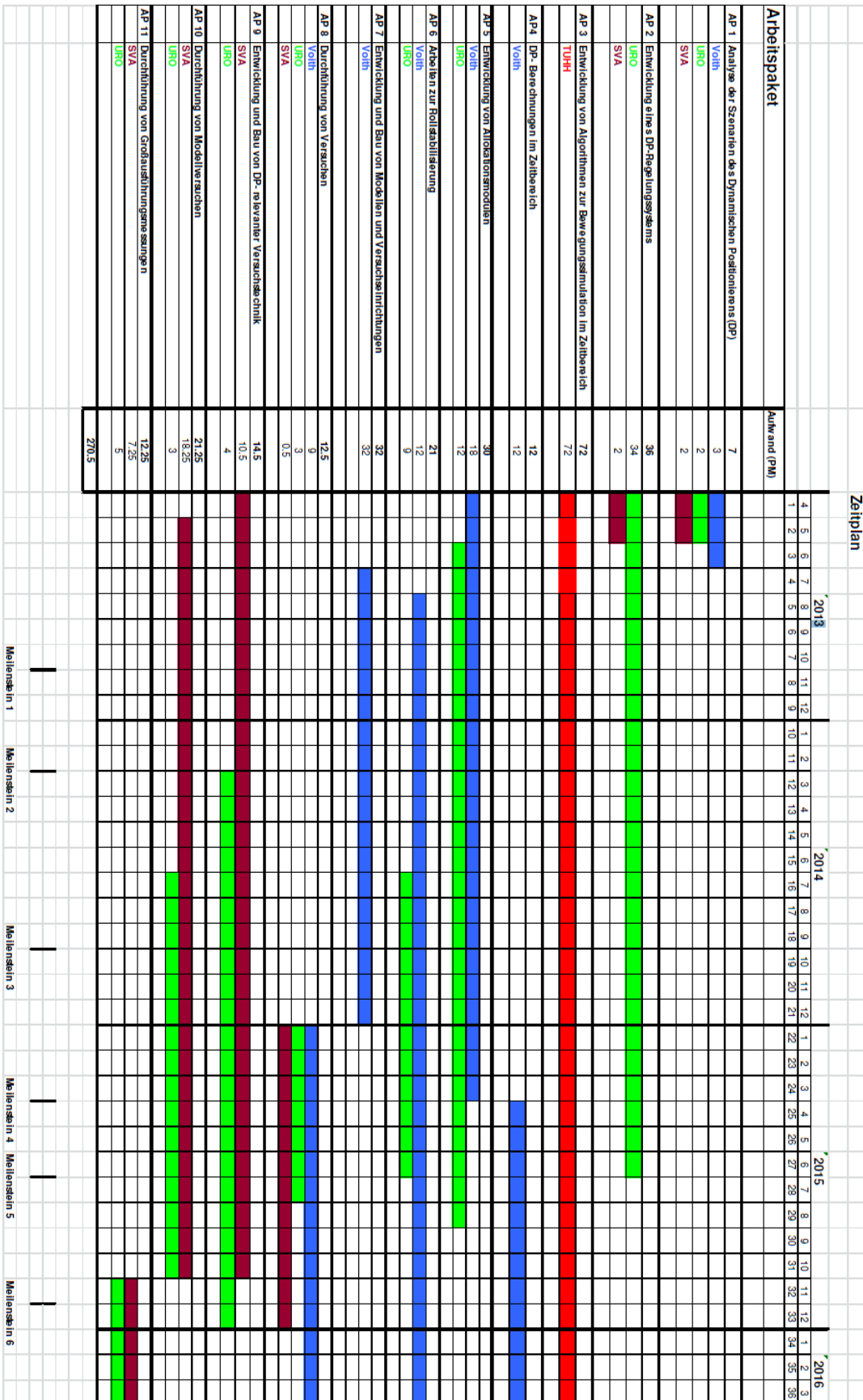


Abbildung 1: Zeitplanung des Verbundvorhabens DPMotion

In Abstimmung mit den Projektpartnern wurden 2 typische Schiffstypen ausgewählt, die im Zusammenhang mit dem FuE-Thema untersucht werden sollen. Dabei handelte es sich um ein Offshore Supply Vessel und um einen Schlepper. Beide Schiffe/Schiffstypen sind typische Anwendungen für Voith Schneider Propeller. Die Wahl des Offshore Supply Vessels (Abbildung 3) wurde auch auf Basis der Möglichkeit dort Großausführungsmessungen durchzuführen, ausgewählt.



Abbildung 3: Ausgewählte Schiffe mit Voith Schneider Propellern

Die Erweiterung des Positionsbestimmungssystems in der Schlepprinne der SVA wurde in den Versuchsbetrieb überführt.

Die SVA Messtechnik und die Messsoftware der SVA wurden auf die steuerbaren Modellantriebe von Voith abgestimmt. Ansteuerung und Messung der Werte für Drehzahl, Schub und Schubwinkel sind jetzt möglich.

Die in Abstimmung mit den Projektpartnern ausgewählten 2 typischen Schiffstypen als Modell gefertigt und für die Modellversuche vorbereitet.

Es wurden erste Laborversuche durchgeführt und die Ergebnisse den Projektpartnern zur Verfügung gestellt (Abbildung 4).

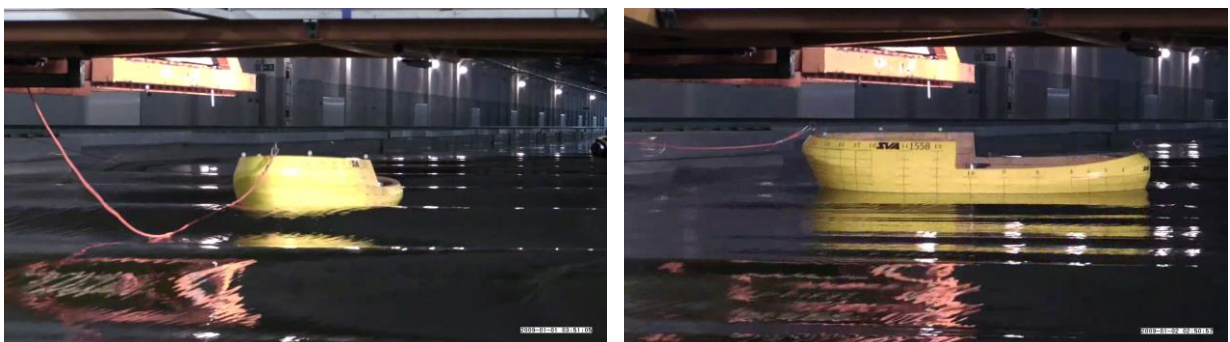


Abbildung 4: Laborversuche in der Schlepprinne der SVA Potsdam

Arbeiten der SVA im Zeitraum 04.01.2014 – 31.03.2015

Es wurden die notwendigen Anpassungen für die Anforderung der Ansteuerung der unterschiedlichen Steuerorgane Voith-Schneider-Propeller, Z-Antrieb und Querstrahler durchgeführt, die bei Anwendung und Erprobung des Regelungsalgorithmus im Modellversuche noch angepasst und optimiert werden.

Es wurden vorgezogene Großausführungsmessungen durchgeführt, um den Projektpartner eine möglichst Datenbasis zur Verfügung zu stellen. Als Ergebnis wurden wertvolle Informationen für die Partner gesammelt, die diese in die Entwicklung der Berechnungs- und Regelungssoftware einfließen lassen (Abbildung 5).



Abbildung 5: Beispiele der aufgenommenen Daten bei den Großausführungsmessungen

Es wurden weitere Vorversuche für die Projektpartner durchgeführt. Die Daten aus den Versuchen dienen den Partnern zur Validierung der Simulationssoftware und zur Entwicklung des Regelalgorithmus.

Die Windanlage in der Schlepprinne der SVA wurde in den Versuchsbetrieb überführt (Abbildung 6).



Abbildung 6: Installierte Windanlage in der Schlepprinne der SVA

Arbeiten der SVA im Zeitraum 04.01.2015 – 31.03.2016

Im Vorfeld der finalen DP-Versuche mussten Mess- und Steuerungstechnik aufeinander abgestimmt werden. Dazu gehörten die Definition der Inhalte der Datenpakete zwischen den Rechnern (Ist-Werte vom SVA-Messrechner, Soll-Werte von der Allokation/Regelung) als auch die Integration in die Datenerfassungssoftware der SVA.

Ein Blockschaltbild der Mess- und Steuerungstechnik sowie der Datenschnittstellen wurden gemeinsam mit den Projektpartnern ausgearbeitet (Abbildung 7)

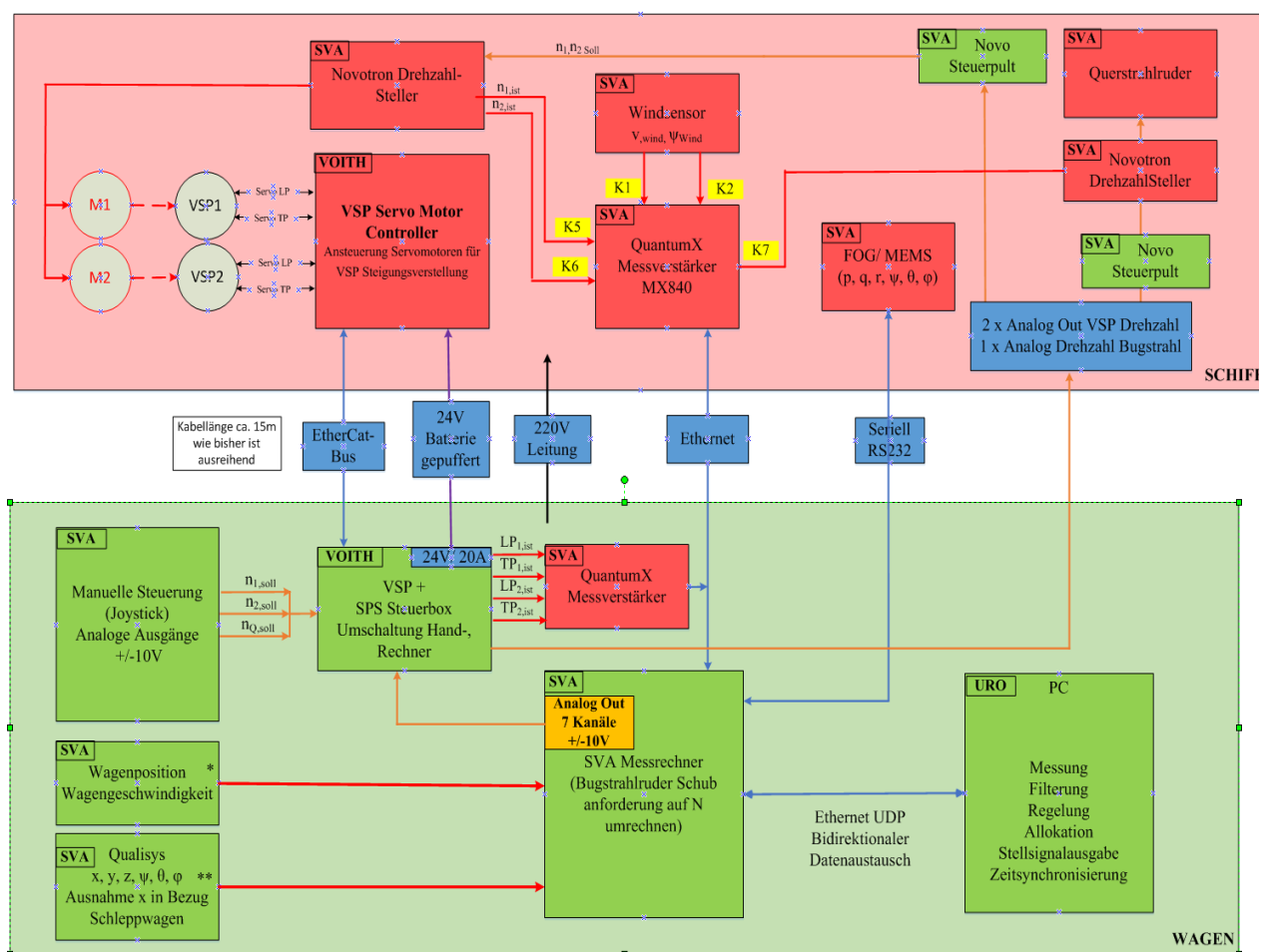


Abbildung 7: Blockschaltbild Mess- und Steuerungstechnik sowie Datenschnittstellen

Auf Basis sämtlicher Vorversuche und der Abstimmung mit den Projektpartnern wurden die finalen DP-Versuche in der Schlepprinne der SVA durchgeführt. Es wurde das Modell M1600 des Offshore-Versorgers „Edda Fram“ verwendet. Ziel der Versuche war es die von der Universität Rostock entwickelte Regelung und die von Voith entwickelte Allokation zu testen und definierte Manöver zu realisieren. Die Versuchsserie führte all die von den Projektpartnern entwickelten Komponenten in einem Modellversuch zusammen. Es wurden verschiedene Versuchsserien durchgeführt (Abbildung 8).

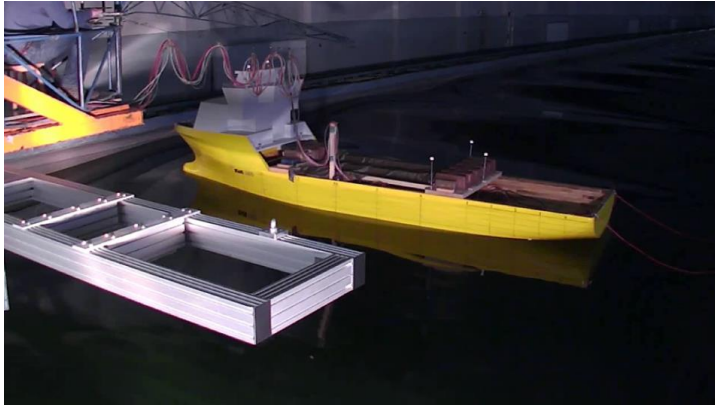


Abbildung 8: Versuchsaufbau finale DP-Versuche

Die Versuchsergebnisse wurden den Projektpartnern zur weiteren Auswertung zur Verfügung gestellt.

I.4 Stand Wissenschaft und Technik

Bekannte Konstruktionen, Verfahren, Schutzrechte

Für Neubauten von Schiffen die im Stand operieren müssen, werden sogenannte Dynamic-Positioning-Capability Plots (DP-Plots) gefordert, um nachzuweisen, dass für gegebene Umweltbedingungen (Strömung, Wind und Seegang) das zuverlässige Operieren des Schiffes im Stand auch bei Ausfall einzelner oder mehrerer Steuer- und Antriebsorganen gewährleistet ist. Die International Maritime Organization (IMO) hat dafür sog. DP-Klassen formuliert [16], in denen festgelegt ist, welche Redundanz an Steuersystemen für das Erreichen einer Klasse notwendig ist. Es werden sogenannte DP-Plots erstellt, in denen für eine bestimmte Umweltbedingung dargestellt wird, welche Kraft die im Schiff installierten Steuer- und Antriebsorgane aufbringen müssen. Auf Basis der DP-Plots werden die Steuerorgane und Leistung auf dem Schiff ausgelegt.

Die Erstellung solcher Dynamic-Capability-Plots auf Basis von Modellversuchen ist Standard in Schiffbau-Versuchsanstalten. Für die DP-Plots werden jedoch nur die statischen Kräfte betrachtet. Zudem sind Manövrierversuche bei großen und kleinen Geschwindigkeiten Standardversuche in Schiffbauversuchsanstalten.

Die Einstellung der dynamischen Regelung erfolgt in der Regel an der Großausführung und wird von spezialisierten Firmen durchgeführt (Kongsberg, Converteam, Sirehna, etc.), die die entsprechenden Regelungssysteme entwickeln und bereitstellen. Dynamische DP-Versuche werden aktuell in den Schiffbau-Versuchsanstalten etabliert und finden in Abstimmung mit den Entwicklern von DP-Regelungssystemen statt [17].

Versuche für Schiffe mit VSP-Antrieben zur Rollstabilisierung für den Normalbetrieb sind in der SVA schon erfolgreich durchgeführt worden. Diese Technik findet in der Großausführung isoliert

schon ihre Anwendung. Andere Rollstabilisierungssysteme auf dem Weltmarkt (Rolltanks, Stabilisierungsflossen, Schlingerkiele, etc.) sind immer zusätzlich zu den bestehenden Haupttriebssystemen installiert. Einzig Anwendungen mit Z-Antrieben, die jedoch nicht die Dynamik von VSP-Antrieben besitzen, sind im Einsatz und vergleichbar mit den Fähigkeiten von VSPs.

Ein Regelungssystem zum dynamischen Positionieren, das die besonderen dynamischen Eigenschaften von VSPs ausnutzt und darüber hinaus mit einer aktiven Rollstabilisierung kombiniert wird, existiert nicht und würde gegenüber den auf dem Weltmarkt vorhandenen Systemen Vorteile besitzen.

Fachliteratur

- [1] Fröhlich, M.
Roll Damping Tests with the Model of an Offshore Platform Supply Vessel with an active Controller of a Voith-Schneider Propeller
SVA Bericht 3474, 2008 (unveröffentlicht)
- [2] Steinwand, M.
Manoeuvring Tests and Escort Force Measurements, Project: RAVE
SVA Bericht 3788, 2011 (unveröffentlicht)
- [3] IMO Resolution 645, Annex 7
Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems
1994
- [4] HSVA Newswave 2012/2
HSVA, 2012
- [5] Steinwand, M.
Prognose quasistationärer Rumpfkkräfte anhand von Vergleichsschiffen, numerische Modellierung von Steuer- und Propulsionsorganen und Verifikation simulierter Manöver
SVA Potsdam Bericht 3743, Potsdam, Januar 2011
- [6] Heinke, C.
Kraftmessungen zur Untersuchung der gegenseitigen Beeinflussung von vier Thrustern an einer Plattform
Bericht Nr. 3823, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, August 2011
- [7] Heinke, C.
Freifahrtversuche mit Voith Radial Propellern (VRP)
Bericht Nr. 3768, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, Juni 2011
- [8] Heinke, C.
Freifahrtversuche mit dem Düsenpropeller DVP249-1524
Bericht Nr. 3549, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, Juni 2011
- [9] Steinwand, M.
SLOWMAN – Simulation von Manövrieren bei kleinen Geschwindigkeiten
3. SVA-Forschungsforum „Theoria cum praxi“, Januar 2010, Potsdam

- [10] Steinwand, M.
Maßstabeffekte bei der Bestimmung des Manövrierhaltens von Unterwasserfahrzeugen durch Modellversuche
Abschlussbericht FuE-Vorhaben MANUV, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, 2009
- [11] Steinwand, M.
Manoeuvrability of a Single Screw Ship with Pod
Hydronav'2003, Gdansk, Poland, 2003
- [12] Mach, K.-P., Schulz, U., Steinwand, M.
Unterwasserfahrzeuge - Identifikation des Bewegungsverhaltens
STG-Sprechtage Manövrieren, Hamburg, 2005
- [13] Weede, H.
Entwicklung eines Systems zur Bestimmung der Manöviereigenschaften seegehender Schiffe
Abschlussbericht FuE-Vorhaben, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, 2000
- [14] Nietzschmann
Widerstands- und Propulsionsversuch mit dem Modell eines Arbeitsschiffes mit Voith-Schneider-Propellern
SVA Bericht 3298, 2007 (unveröffentlicht)
- [15] Nietzschmann
Propulsion tests with a model of a Cable laying Vessel with Voith-Schneider-Propeller
SVA Bericht 3146, 2005 (unveröffentlicht)
- [16] Heinke, H.-J.
Optimierung von hochbelasteten Flügeln für Vertikal-Achsen-Rotoren
Schlussbericht FuE-Vorhaben, SVA Bericht 3227, 2006
- [17] Fröhlich, M.
Roll Tests with the Model of a Motor Yacht with an active Controller of Voith-Schneider Propellers
SVA Bericht 3275, 2006 (unveröffentlicht)

I.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im FuE-Vorhaben wurde mit den Projektpartnern Voith Schneider Propulsion GmbH & Co. KG, Technische Universität Hamburg-Harburg und Universität Rostock – CeMarIS zusammengearbeitet.

II. Eingehende Darstellung

II.1 Ergebnisse des FuE-Vorhabens

- **Windanlage**

Es sollte eine Windanlage entwickelt werden, die zum einen den Randbedingungen der Schlepprinne der SVA genügt. Zum anderen sollte die Windanlage unter den gegebenen Randbedingungen die, zu den von der Wellenanlage generierbaren Seegängen, entsprechenden Windgeschwindigkeiten erzeugen können.

Da die Winderzeugung für DP-Untersuchungen in der Schlepprinne der SVA vorgesehen war, in der durch den fahrenden Schleppwagen auch eine Umströmung des Schiffsrumpfes simuliert werden soll, musste eine Installation der Windanlage am Schleppwagen vorgesehen werden. Die Seegangs- und Manövrieruntersuchungen in der SVA finden hauptsächlich mit dem Modell hinter dem Schleppwagen statt. Somit musste auch die Position der Windanlage hinter dem Schleppwagen sein. Damit die Ventilatoren frei angeströmt werden können und keine Verblockung eintritt, sollten diese in der Höhe zwischen Schleppwagen und Wasseroberfläche der Schlepprinne aufgehängt werden. Dabei musste die Wellenhöhe des maximal erzeugbaren Seegangs in der Schlepprinne berücksichtigt werden, damit die Ventilatoren während des Versuchs nicht überspült werden. Um ein möglichst gleichmäßiges Windprofil zu erreichen, wurde entschieden, eine lineare Anordnung der Ventilatoren zu verwirklichen, die sich über die Breite der Schlepprinne erstreckt.

Im Vorfeld der Installation der Ventilatoren in der Schlepprinne wurden umfangreiche CFD-Berechnungen durchgeführt. Die Berechnungen hatten das Ziel die Strömungsverhältnisse für die geplante Aufhängung zu untersuchen, sowie eine Optimierung der Aufhängung als auch der Volumenströme der einzelnen Ventilatoren zu realisieren. Es sollte ein möglichst gleichmäßiges Windprofil über die Schlepprinnenbreite zu verwirklichen.

Die CFD-Berechnungen wurden mit dem Programm Open-Foam durchgeführt. Tabelle 1 zeigt die Vorgaben für die Berechnungen:

Tabelle 1: Vorgaben für die CFD-Berechnungen/-Optimierung

Vorgaben für die CFD-Berechnungen		
Anzahl der Ventilatoren	[-]	<15
Durchmesser der Ventilatoren	[m]	0.40
Höher über Wasserlinie (Rotationsachse)	[m]	0.60
Austritts-Windgeschwindigkeit am Ventilator	[m/s]	25
Modellierung der Schlepprinne und des Schleppwagens		
Anbringung unter dem Schleppwagen, Richtung		
Trimmtank		
Abstand der einzelnen Ventilatoren zueinander (Rotationsachse)	[m]	0.58

Der Schleppwagen wurde zunächst als windundurchlässiger Block und in einer zweiten Phase real modelliert. Die Berechnungen wurden mit 9 bzw. 15 arbeitenden Ventilatoren durchgeführt.

Zunächst wurde mit 15 arbeitenden Ventilatoren der Einfluss der vertikalen Winkeländerung untersucht. Es wurden Berechnungen für die Neigungswinkel 0° , 7° und 10° durchgeführt (Abbildung 9). Es zeigte sich, dass ein Neigungswinkel der Ventilatoren um 7° in der vertikalen Ebene die günstigsten Windeigenschaften auf Höhe des imaginären Schiffmodells erzeugt. Dieser Neigungswinkel wurde für die nachfolgenden Berechnungen beibehalten.

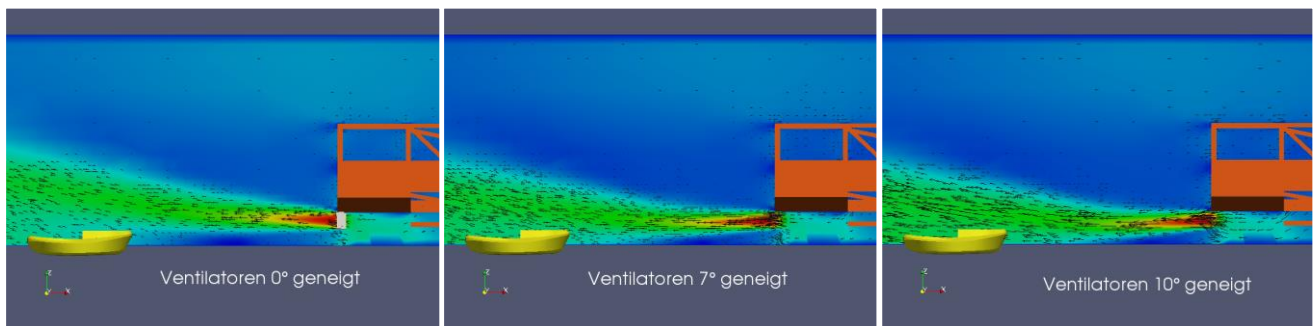


Abbildung 9: CFD-Berechnungen zu Einfluss des Vertikalwinkels der Windventilatoren

Die ersten CFD-Berechnungen haben gezeigt, dass die erzeugte Windgeschwindigkeit an den äußeren Ventilatoren abfällt. Der Grund für den Abfall ist die äußere Rückströmung. Eine Idee, die Beeinflussung der äußeren Ventilatoren durch die Rückströmung zu verhindern, war das Berücksichtigen von Leitwänden, um eine Interaktion der beiden Strömungen unmittelbar vor den Ventilatoren zu vermeiden.

Es wurden für die Konfiguration mit 9 arbeitenden Ventilatoren 2.20 m lange und 0.88 m hohe (ausgehend von der Wasseroberfläche) Leitwände direkt neben den Ventilatoren in den CFD-Berechnungen integriert. Durch die Leitwände konnte ein größeres Gebiet nahezu konstanter Windgeschwindigkeit über die Schleppprinnenbreite erzeugt werden. Alle Ventilatoren wurden mit der gleichen Volumenkraft belegt.

Zusätzlich zu den Leitwänden wurden vor den drei äußeren Ventilatoren drei weitere in einem Abstand 1 m davor, in den CFD-Berechnungen berücksichtigt. Diese sollten die Zuströmung zu den äußeren Ventilatoren verbessern und somit zu einer weiteren Vergleichmäßigung der Geschwindigkeitsverteilung führen. In den Ergebnissen (Abbildung 10) ist ein positiver Effekt dieser Maßnahme zu sehen.

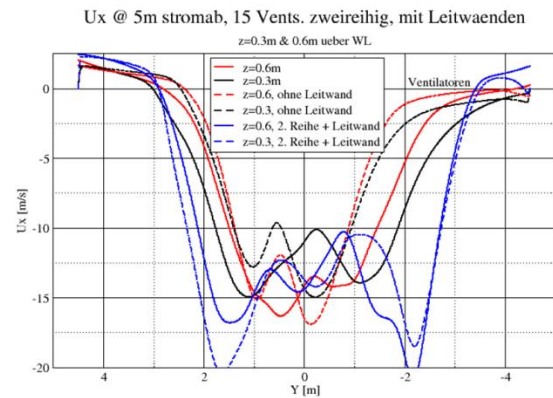
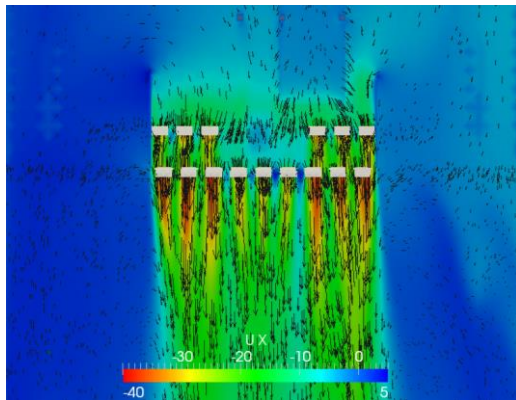


Abbildung 10: Vergleich der Windgeschwindigkeitsverteilung über die Schlepprinnenbreite mit Leitwänden, ohne Leitwände und mit 2. Reihe von Ventilatoren

In allen bisherigen Untersuchungen zur Vergleichmäßigung des Windprofils über die Schlepprinnenbreite wurden alle Ventilatoren mit der gleichen Volumenkraft belegt. Die Optimierung des Volumenstroms der einzelnen Ventilatoren war das Ziel der nächsten Untersuchungen. Die Optimierung hatte zum Ziel die Volumenkraft für jeden einzelnen der 15 betrachteten Ventilatoren so anzupassen, dass über einen weiten Bereich der Schlepprinnenbreite eine homogene Anströmung für das Modell erreicht werden kann. Die beiden äußeren Ventilatoren sollten aber in jedem Fall mit 100% möglicher Volumenkraft betrieben werden. Es wurde ein Optimierungszyklus mit dem Friendship-Optimierer entworfen. Dabei wurde nur die x -Komponente der Windgeschwindigkeit von 15 einreihig installierten Ventilatoren betrachtet. Die Gütefunktion wurde folgend definiert:

Auswertung des axialen Geschwindigkeitsprofils U_x entlang einer Linie bei:

- 5m stromab von den Ventilatoren
- $y = -6 \text{ m} - 6 \text{ m}$
- $z = 0.6 \text{ m}$ über WL (Höhe der Vent.-Achsen)
- Summe des Fehlerquadrats an 1000 Punkten
- Evaluation der Gütefunktion nach 1000 Iterationen (mit konvergierter Startlösung)

Als Optimierer wurde der genetische Algorithmus NSGA2 mit 100 Generationen mit je 4 Populationen (400 Evaluationen) verwendet. Als Gradienten-Methode wurde das Verfahren T-Search gewählt.

Die Ergebnisse der Optimierung sind in Abbildung 11 dargestellt. Im linken Diagramm ist die Ausgangs-Geschwindigkeitsverteilung dargestellt und im rechten die Verteilung nach 400 Iterationsschritten.

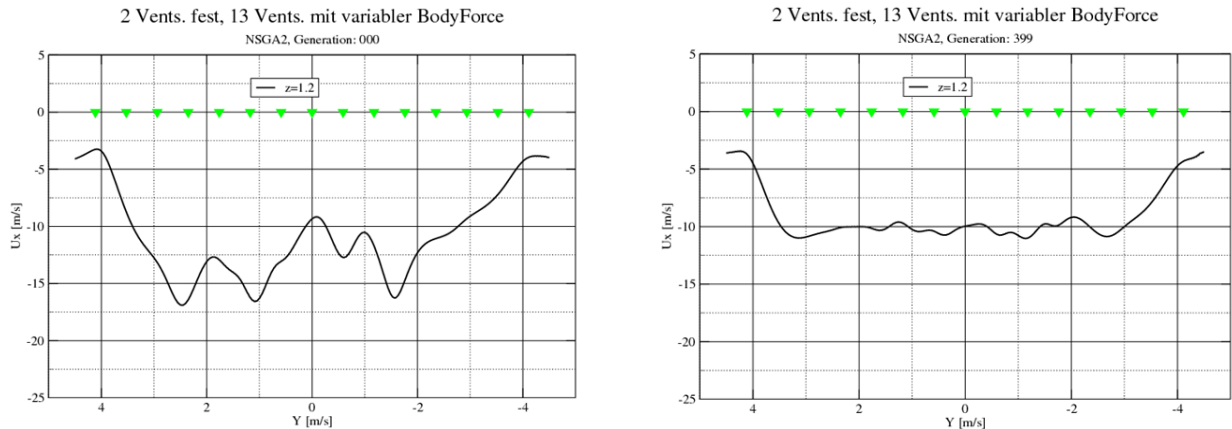


Abbildung 11: Ergebnisse der Optimierung des Volumenstroms. Ausgangsgeschwindigkeitsverteilung (links) und optimierte Verteilung (rechts)

Abbildung 12 zeigt den Verlauf des Gütekriteriums während der Optimierung. Die Optimierung ergab, dass es möglich ist, einen 6 m breiten Bereich mit nahezu konstanter Windgeschwindigkeit in der 9 m breiten Schlepprinne zu realisieren.

Verlauf Guetekriterium, NSGA2: 13 Vents. frei, 2 fix, & TSearch: 3 Vents.
Kriterium: $\text{Summe}(lv_i + 10l)$

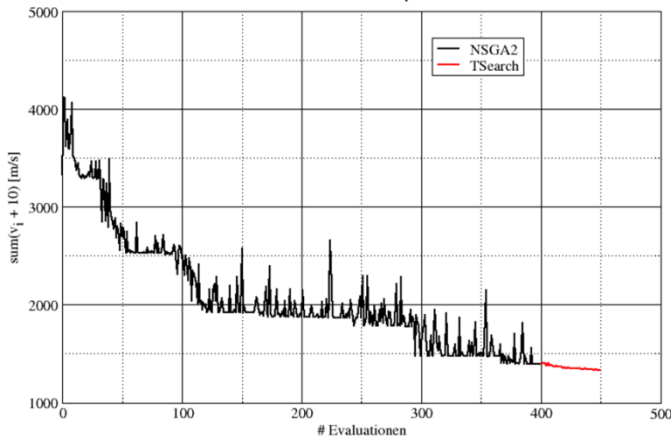


Abbildung 12: Verlauf des Gütekriteriums während der Optimierung

Auf Basis der Ergebnisse der CFD-Berechnungen wurden die zu verwendenden Ventilatoren ausgewählt und die Aufhängung konstruiert. Das Ergebnis der Vorgaben und der Konstruktion ist in Abbildung 13 dargestellt. Es wurden drei 3er Gruppen konstruiert. An den beiden äußeren Gruppen ist die Möglichkeit vorhanden, einen weiteren Ventilator anzusetzen, so dass max. 11 Ventilatoren aufgebaut werden können.



Abbildung 13: Installierte Windanlage in der Schlepprinne der SVA

Mit der konstruierten Aufhängung an dem Schleppwagenausleger ist nun folgendes möglich:

- Die Höhe der Ventilatoren anzupassen (0 m – ca. 2 m über der Wasseroberfläche)
- Den vertikalen Winkel der Ventilatoren um $> 15^\circ$ nach unten zu neigen.
- Der horizontale Winkel ist um 360° verstellbar.
- Variation der Anzahl der eingesetzten Ventilatoren zwischen 3 und 11 Stück

Mit diesen Möglichkeiten war die geforderte Flexibilität für künftige Versuchsaufgaben gegeben.

- **Erweiterung des Positions-/Beschleunigungsbestimmungssystems in der Schlepprinne der SVA**

In der SVA ist ein optisches System von der Firma Qualysis zur Aufnahme der Position und der Beschleunigungen von Schiffsmodellen vorhanden. Dieses optische System deckt für Standard Manövrier- und Seegangversuche einen entsprechenden Bereich in der Schlepprinne der SVA ab, um damit zuverlässig Versuche durchführen zu können (Abbildung 14, links). Für die Versuche für die DP-Regelung sollte das System erweitert werden, damit auch Randzonen der Schlepprinne, die bei kleinen Modellgeschwindigkeiten oder im Stand wichtig sind, vom optischen System mit erfasst werden können (Abbildung 14, rechts). Besonders, wenn sich das Modell z.B. quer in die Schlepprinne stellt (um Querbewegungen zu simulieren und zu untersuchen) würde es nicht mehr im Ganzen von der vorhandenen Sensorik erfasst.

Das Positions-/Beschleunigungsbestimmungssystem wurde um zwei zusätzlich Kameras erweitert und erfolgreich in den Versuchsbetrieb übernommen (Abbildung 15).

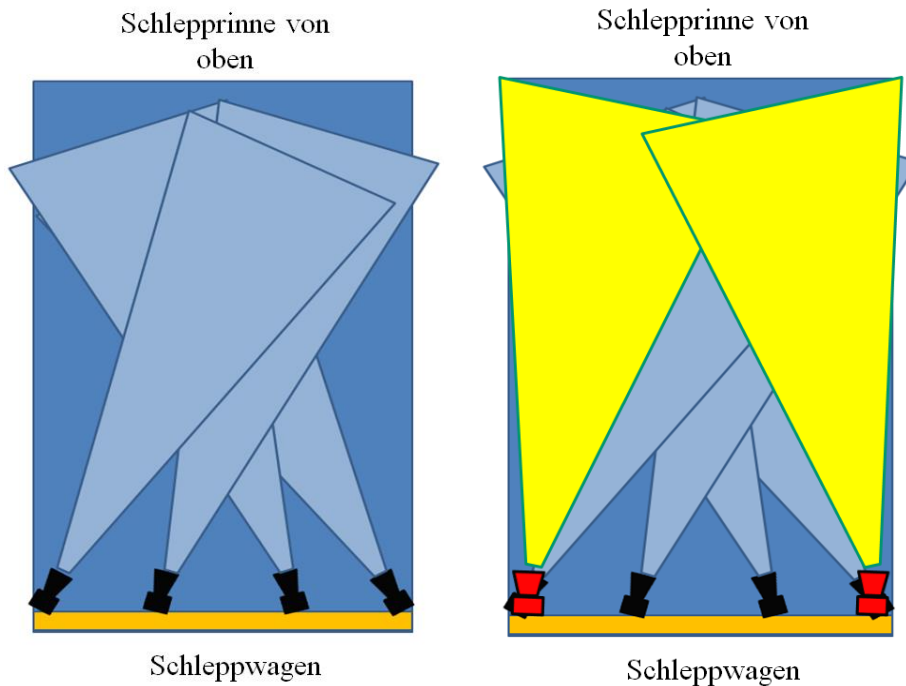


Abbildung 14: Erweiterung des Positions-/Beschleunigungsbestimmungssystems in der Schlepprinne der SVA. Altes System links, neues System rechts



Abbildung 15: Überführung des Positions-/Beschleunigungsbestimmungssystems in den Versuchsbetrieb

- **Konzeptionelle Entwicklung der Ansteuerbarkeit von bestimmten Steuerorganen und Realisierung der notwendigen Messtechnik und Schaffung von Schnittstellen zur Anwendung des DP-Regelalgorithmus – Anpassung der Messsoftware**

Ein wesentlicher Punkt für die Durchführung von Versuchen zur Bestimmung der DP-Fähigkeit war die Anpassung der Messsoftware an die neue Aufgabenstellung. Die Herausforderung lag dabei nicht nur in der Aufnahme aller Messwerte sondern auch Koordinierung der Regelung und der Allokation der Projektpartner. Die für die Versuche notwendig aufzunehmenden Messgrößen waren:

- Qualysis Kamerasystem
 - x, y, z Positionen des Schwerpunktes (Erdfest in Bezug auf den Schleppwagen)
 - φ, θ, ψ Lagewinkel (Erdfest) [°]
- Faseroptischer Kreisel
 - φ, θ, ψ Lagewinkel (Erdfest) [°]
 - p, q, r Drehraten um den Schwerpunkt (Erdfest) [°/s]
 - a_x, a_y, a_z Beschleunigungen im erd- und modellfesten Koordinatensystem
- Windgeschwindigkeit
- Hauptantriebe (VSP/Z-Antrieb)
 - Drehzahl
 - Schubrichtung
 - Flügelsteigung
 - Drehmoment
- Querstrahlruder
 - Drehzahl
 - Drehrichtung
- Schleppwagengeschwindigkeit
- Wellenhöhe

Es wurde mit den Projektpartnern abgestimmt für die Energieversorgung und die Datenübertragung Kabel zwischen Ausleger und Modell zu legen, da eingeschätzt wurde, dass der kabellose Aufbau der Versuche den Versuchsablauf wegen der begrenzten Akku-Laufzeiten zeitlich einschränken würde. Die Anzahl der Kabel sollte so gering wie möglich gehalten werden.

Der konzeptionelle Austausch der Daten zwischen den Partnern, Modell und Basisstation auf dem Schleppwagen ist in Abbildung 16 illustriert. Die Regelung der Antriebe wurde von der Universität Rostock durchgeführt. Die Voith Schneider Propulsion GmbH & Co. KG war verantwortlich für die Ansteuerung der Modell-VSPs und die Allokation der Antriebe.

* Körperfeste Größen
** Erdfeste Größen im Schwerpunkt und Drehgeschwindigkeiten körperfest

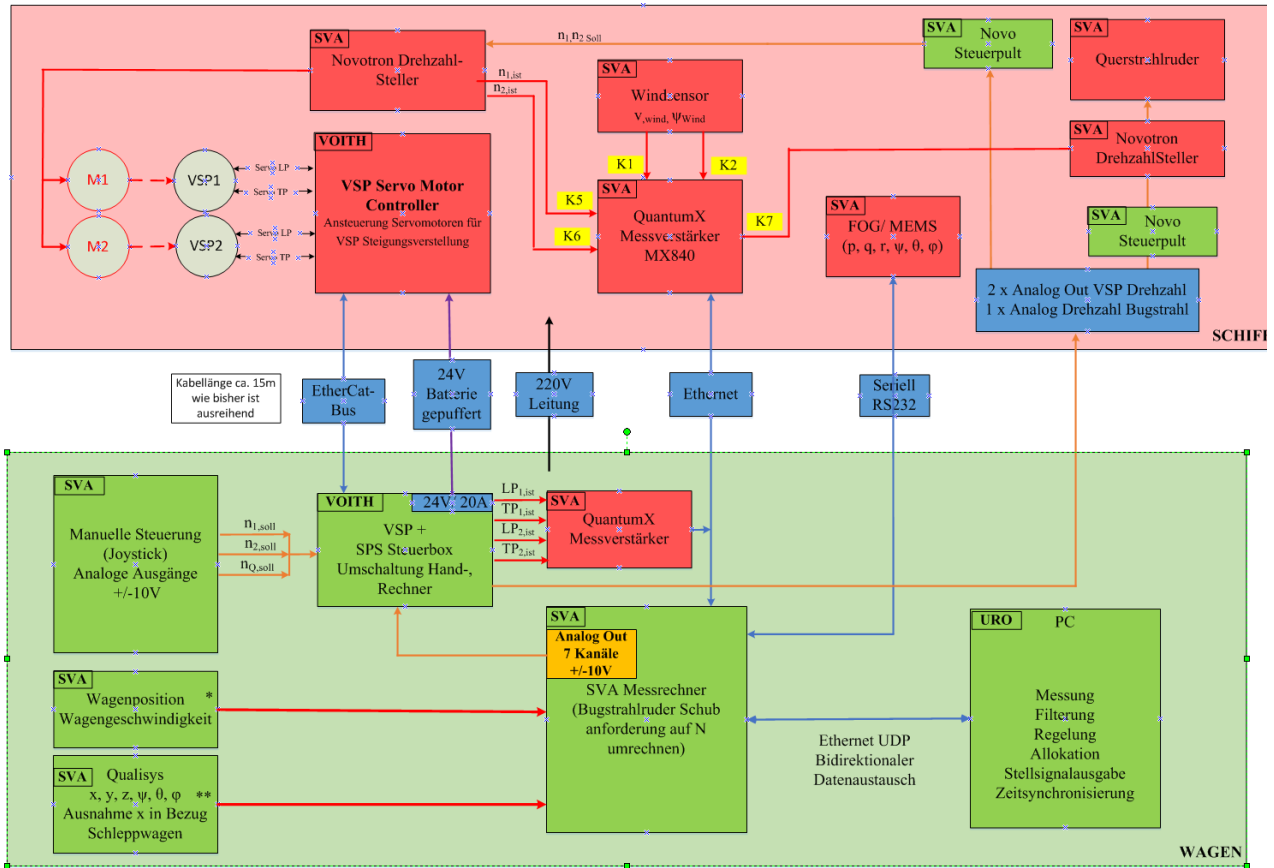


Abbildung 16: Übersicht zu den Schnittstellen zwischen Modell, Regelung, Allokation und Messrechner

Für den Test des Versuchsaufbaus, der Kommunikation sowie der Regelung wurde das Modell in der SVA in der Halle für die Modellvorbereitung aufgestellt. Bei diesem Test lieferte das Qualisys System keine Daten. Die X, Y Position wurde extern über Schieberegler simuliert, über den Kreiselsystem stand der Kurswinkel zur Verfügung und konnte für die Regelung verwendet werden. Folgende Arbeitspunkte wurden im Vorfeld der eigentlichen DP-Versuche mit den Partnern abgearbeitet:

- Aufbau des Gesamtsystems mit Mess- und Rechentechnik
- Erprobung Datenaustausch und Ansteuerung der Aktoren
- Abgleich der Koordinatensysteme und Vorzeichen
- Anpassung und Erweiterung der Schnittstellen
- Erste einfache Tests zur Erprobung des DP Algorithmus durch Vorgabe von simulierten Istwerten

Auf Basis der Vorbesprechungen und Tests des Versuchsaufbaus konnte die Messsoftware für die Versuche finalisiert werden (Abbildung 17).

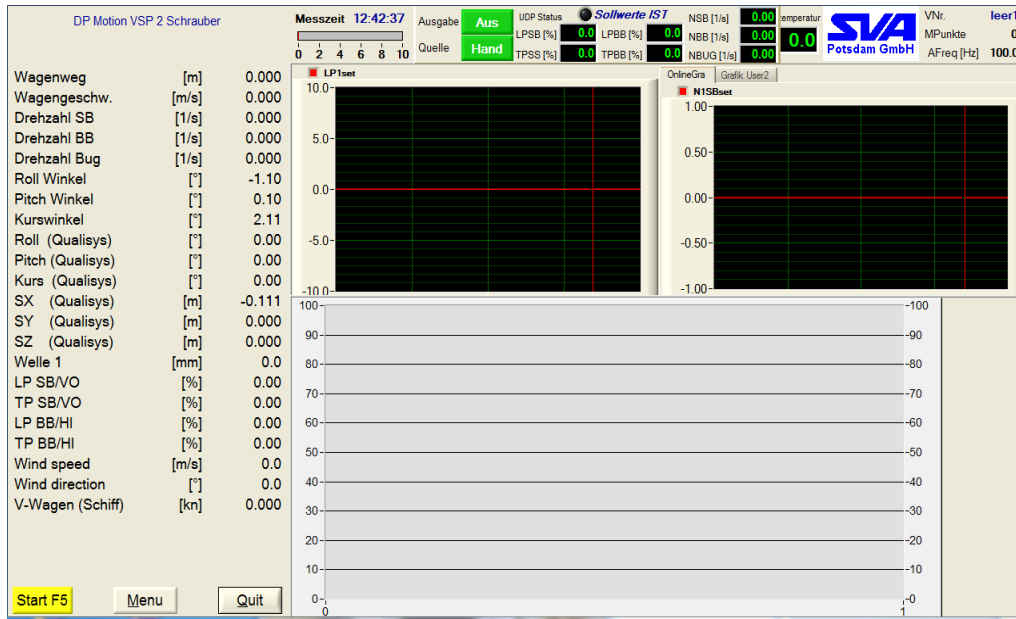


Abbildung 17: Aufbau der Messsoftware für die DP-Versuche

- **Entwicklung des Messsystems für Großausführungsmessungen**

Ein Basissystem für Großausführungsmessungen war in der SVA vorhanden. Für die Anforderungen der Großausführungsmessungen musste das Messsystem unabhängig vom Messsystem der Schlepprinne der SVA erweitert werden, damit den Anforderungen der DP-Untersuchungen Rechnung getragen werden. Hier waren intelligente Anpassungen an die neu zu erwerbenden Komponenten zur Datenerfassung und -verarbeitung notwendig. Für die Einstellung der DP-Regelung in der Großausführung sollten die dafür notwendigen Daten entweder von den einzelnen Steuerorganen oder von der Brücke des Schiffes abgegriffen werden. Die Daten der globalen Schiffsposition und -bewegung in allen 6 Freiheitsgraden sollten für das Regelungssystem eingesammelt und diesem für die Regelung zur Verfügung gestellt werden.

Es waren in Vorbereitung zu den Großausführungsmessungen Systeme für die Erfassung der Schiffsbewegungen und -beschleunigungen, sowie für die Datenspeicherung erworben und konfiguriert worden (Abbildung 18). Der Fokus lag dabei auf den Messungen der Schiffsbewegungen/-beschleunigungen in vier Freiheitsgraden (in Schifflängsrichtung, in Schiffsquerrichtung, gieren und rollen), als auch auf der Windgeschwindigkeit, als einziger, direkt gemessenen, Umweltgröße.

Die Messkomponenten wurden entsprechend den Anforderungen konfiguriert und für die Großausführungsmessungen vorbereitet.



Abbildung 18: Messkomponenten für die Großausführungsmessungen

- **Auswahl, Fertigung und Vorbereitung von 2 Schiffsgemetrien**

Für die Untersuchungen im Modellmaßstab mussten Versuchsträger gefertigt werden. Dabei sollte es sich um Schiffmodelle aus Holz von je einem Offshore-Versorger und einem Schlepper handeln. Eines der Modelle sollte auch der Universität Rostock für Voruntersuchungen zur Verfügung gestellt.

Für eines Modelle sollte auch die Überwasserstrukturen modelliert, um die angreifenden Windkräfte realistisch modellieren zu können.

In Absprache mit den Projektpartnern wurden Modelle des Offshore-Versorgers „Edda Fram“ (SVA Modell Nr. M1600) und eines SAFE Tugs (Schlepper, SVA Modell Nr. M1558) gefertigt (Abbildung 19).

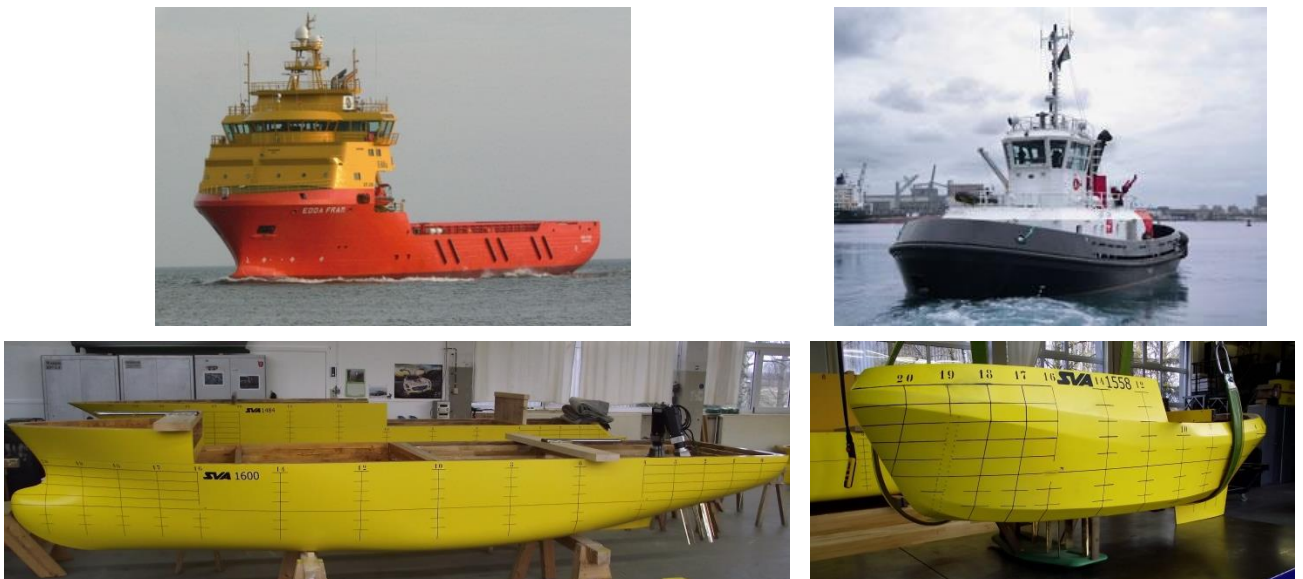


Abbildung 19: Modelle der beiden untersuchten Schiffsgemetrien – Offshore Versorger (links) und Schlepper (rechts)

Beide Modelle wurden für Vorversuche vorbereitet. Zudem wurde das Modell M1558 an die Projektpartner versendet, um parallel Untersuchungen für die Regelung durchführen zu können. Mit dem Modell der „Edda Fram“ sollten finalen DP-Versuche zur Validierung der Regelung und Allokation bei gegebenen Umweltbedingungen durchgeführt werden. Für dieses Modell wurde die Überwassergeometrie gefertigt, um Windkräfte und –momente auf das Modell wirklichkeitsgetreu erzeugen zu können (Abbildung 20).



Abbildung 20: Modell des Offshore-Versorgers (SVA Modell Nr. M1600) mit Aufbauten

- **Konstruktion und Fertigung von Steuerorganen**

Querstrahler

Für die Modellierung des DP-Verhaltens mussten auch die im Offshore-Versorger vorhandenen Querstrahler als Steuerorgan im Modell gefertigt werden. In der Großausführung besitzt der Offshore-Versorger „Edda Fram“ drei Bugstrahler mit den in Abbildung 21 angegebenen Eigenschaften.



Bugstrahler Nr. 1
Durchmesser: 2.50 m
Leistung: 1400 kW

Bugstrahler Nr. 2
Durchmesser: 2.50 m
Leistung: 1400 kW

Bugstrahler Nr. 3
Durchmesser: 1.75 m
Leistung: 800 kW

Abbildung 21: Anordnung der Bugstrahler beim Offshore-Versorger (SVA Modell Nr. M1600)

Für die Durchführung von Versuchen zur Untersuchung der DP-Fähigkeit genügt jedoch ein Bugstrahler, der die Leistungen der drei geometrisch dicht aneinander liegenden Bugstrahler der Großausführung vereint. Im Modell wurden die drei Bugstrahler durch einen ersetzt, der den Gesamtschub der drei Bugstrahler erzeugen konnte. Für diesen Bugstrahler war eine Neukonstruktion und Fertigung notwendig, da Bugstrahler für den gegebenen Modellmaßstab mit dieser Leistungsklasse in der SVA nicht vorhanden waren.

Der Bugstrahlpropeller wurde so entworfen, dass die Schubvorgaben aus der Großausführung eingehalten wurden. In Abbildung 22 ist der Bugstrahler ohne und mit Ummantelung als Zeichnung und letztendlich im eingebauten Zustand im Modell des Offshore-Versorgers dargestellt.

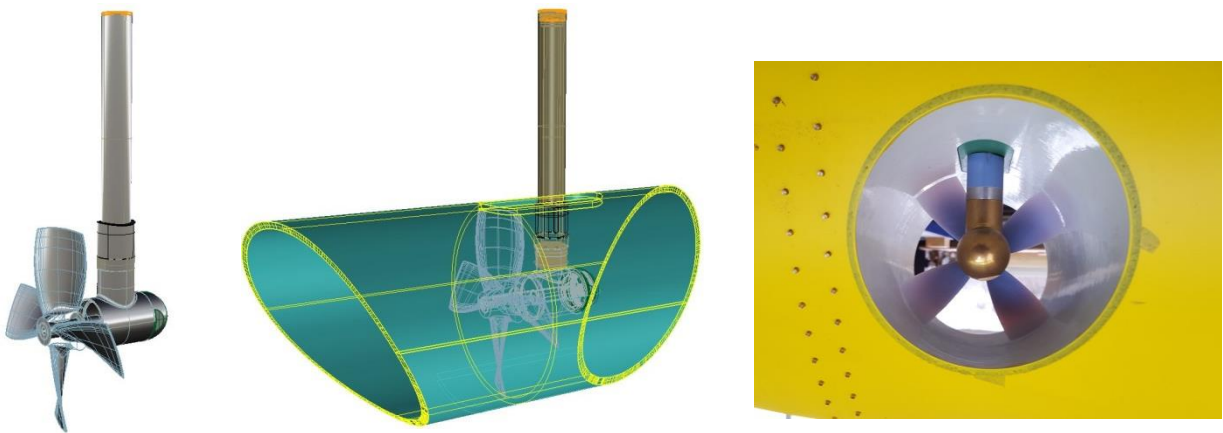


Abbildung 22: Bugstrahler für das Modell des Offshore-Versorgers

Z-Antriebe

In der SVA existieren zahlreiche Z-Antriebssysteme für die sich Anstellwinkel von 0° - 360° realisieren lassen. Eine weiterführende Drehung, z.B. 3 x um die eigene Achse, ist jedoch aufgrund der Schmierölversorgung der Getriebe nicht möglich. Die Antriebe müssen nach jeder 360° Drehung zurückgestellt werden. Damit sind sie für Untersuchungen zur DP-Fähigkeit ungeeignet, in der die unbeschränkte Anstellung der Z-Antriebe weite über 360° hinaus gefordert ist. Für das Forschungsprojekt mussten somit neue Z-Antriebe konstruiert und gefertigt werden.

Die Konstruktion der Z-Antriebe war vorgesehen, um alternative Antriebe für die VSPs zu erhalten und die Ergebnisse des Forschungsvorhabens auch auf diese alternativen Antriebssysteme übertragen zu können.

Auswahl und Leistungsklasse der Z-Antriebe richtete ich nach den Vorgaben der im Offshore-Versorger eingebauten VSPs. Es wurde in Abstimmung mit den Projektpartnern die Geometrie eines Voith Radial Propellers (VRP) ausgewählt.

Die Z-Antriebe wurden so konstruiert, dass ein elektrischer Antriebsmotor im inneren der Gondel angeordnet ist und über Schleifabnehmer am Schaft mit dem notwendigen Strom versorgt wird (Abbildung 23). Mit diesem Konzept ist ein Einsatz der Antriebe für DP-Versuche gewährleistet.

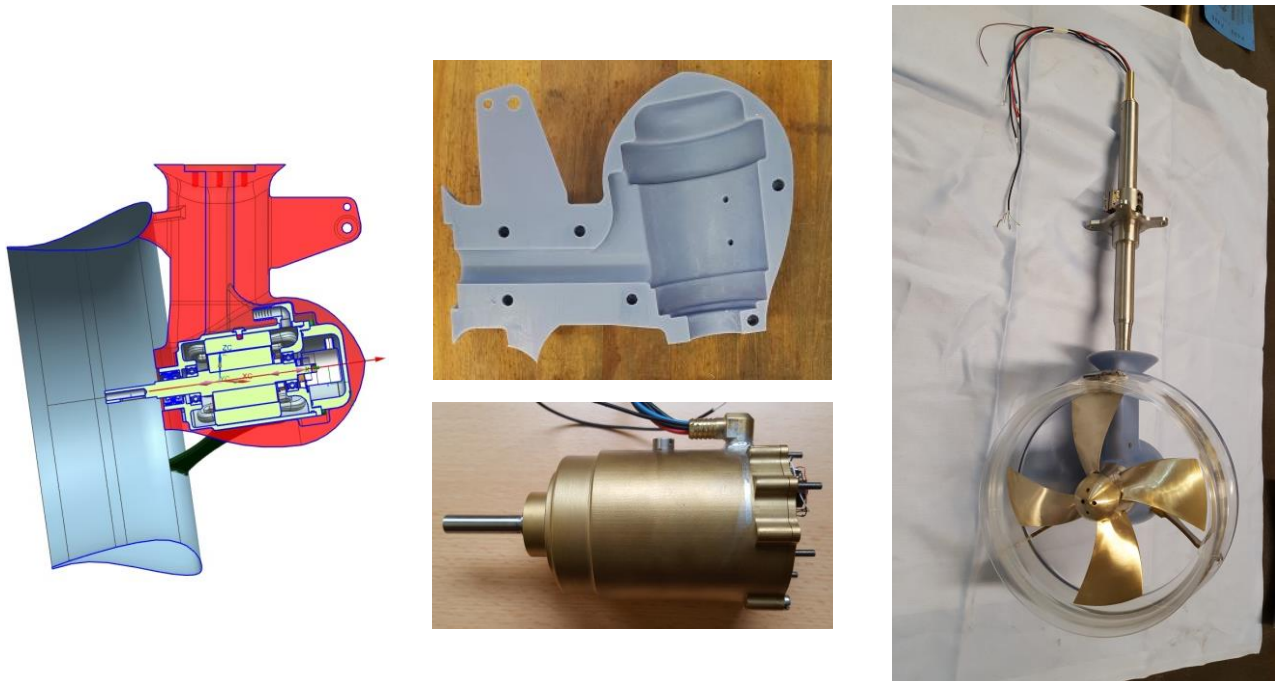


Abbildung 23: Z-Antrieb für das Modell des Offshore-Versorgers

- **Laborversuche mit den Schiffsmodellen – Vorversuche und Versuche zur Validierung und Einstellung des DP-Regelsystems sowie Test der Regelalgorithmen unter dynamischen Umweltbedingungen**

Für diese Versuche wurden auch die, vom Projektpartner Voith neu entwickelten, ansteuerbaren VSP-Antriebe verwendet.

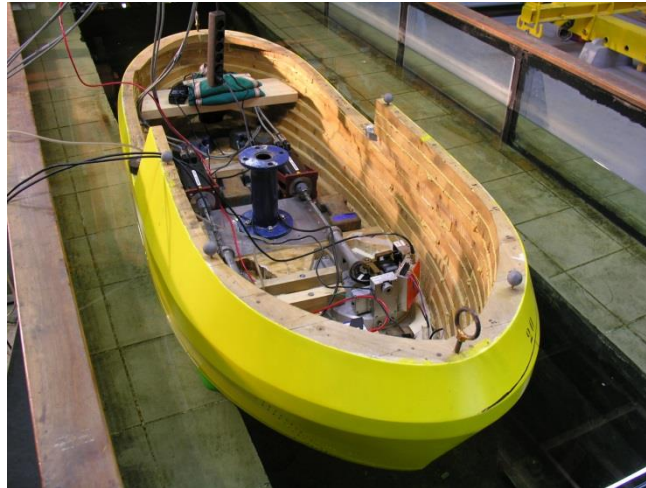
SAFE TUG (M1558)

Als Vorversuche zur Einstellung und Validierung des Regelungssystems wurden mit dem Modell des SAFE TUGs Seegangsversuche und Kraftmessungen in Wellen durchgeführt (Abbildung 24). Die Untersuchungen erfolgten in verschiedenen Laborversuchsserien bei Variation der Anhänge, der Seegangstärke und der Wellenbegegnungswinkel in regulären und irregulären Wellen sowie in Wellenpaketen.

Um verschiedene Modellkonfigurationen zu untersuchen waren Versuchsserien sowohl ohne eingebaute Antriebe, ohne montierte Schutzplatte als auch mit eingebauten Antrieben und montierter Schutzplatte vorgesehen. Diese Versuchsserien wurden für beide Konfigurationen auf Fahrtgeschwindigkeit $V = 0$ kn begrenzt, wobei bei eingebauten Antrieben keine Ansteuerung erfolgte.

Die Versuche wurden in der Schlepprinne der SVA durchgeführt. Es wurden Bewegungs- und Kraftmessungen in vier verschiedenen regulären Wellen, in irregulären Wellen bei einer Seegangstärke in einem JONSWAP Spektrum und in einem Wellenpaket durchgeführt. Bei der Konfiguration Modell mit Antrieben und Schutzplatte wurden bei den Bewegungsmessungen fünf

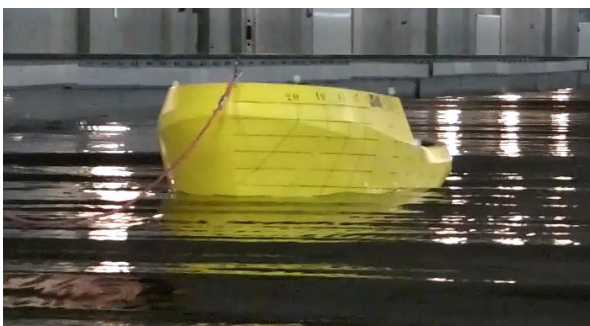
und bei den Kraftmessungen drei Wellenbegegnungswinkel untersucht. Sämtliche Versuche erfolgten mit dem Modell ohne Fahrtgeschwindigkeit. Zur besseren Reproduzierbarkeit wurde jede Parameterkombination dreimal gemessen. Bei den Messungen in regulären Wellen wurden jeweils zwei unterschiedliche Wellenlängen in einer Messreihe untersucht.



Modell im Trimmtank



Kraftmessungen



Bewegungsmessungen

Abbildung 24: Fotos der Versuche mit dem SAFE TUG (M1558)

Das Modell wurde bei gleichlastiger Schwimmlage eingetrimmt. Die Messung der Bewegungen des Modells erfolgte mit dem optischen Positionsbestimmungssystem von Qualisys. Die anlaufenden Wellen wurden mit einer Ultraschallwellensonde gemessen. Diese wurde an der Vorderseite des

Schleppwagens mit großem Abstand zum Modell positioniert, um Störungen, der durch die Modellbewegungen verursachten Wellen, zu vermeiden.

Bewegungsmessungen erfolgten am Modell mit Antrieben und Schutzplatte. Kraftmessungen erfolgten mit dem Modell sowohl mit Antrieben und Schutzplatte als auch mit dem Modell ohne Antriebe und ohne Schutzplatte. Insgesamt wurden knapp 50 Versuche mit diesem Modell durchgeführt.

Die Abbildungen 25, 26, 27 zeigen ausgewählte Ergebnisse dieser Messungen, die sämtlich den Projektpartnern zur weiteren Analyse zur Verfügung gestellt wurden.

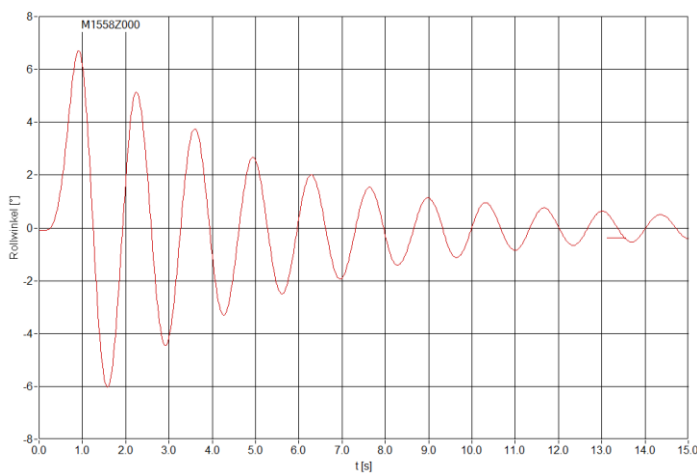


Abbildung 25: Rollauschwingversuch mit dem SAFE TUG (M1558)

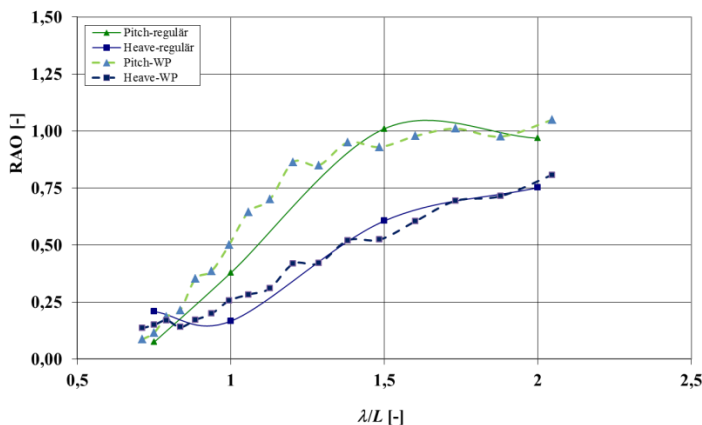


Abbildung 26: Vergleich von Übertragungsfunktionen bei $V = 0$ kn. Bestimmt durch reguläre Wellen und durch Wellenpakete (WP), SAFE TUG (M1558)

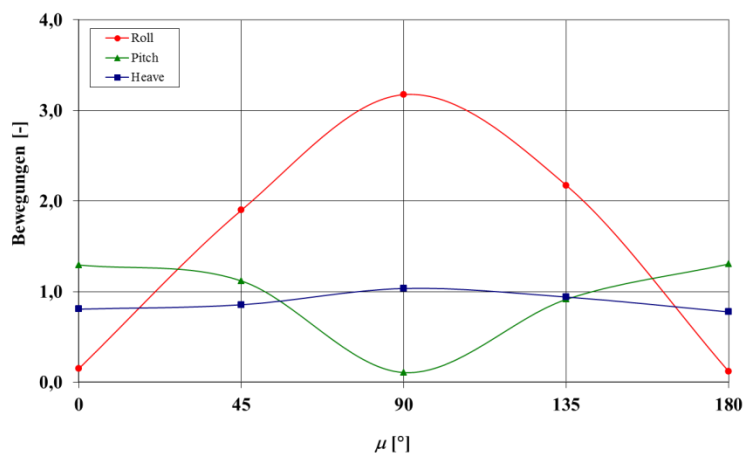


Abbildung 27: Bewegungen durch Wellen aus verschiedenen Richtungen bei $V = 0$ kn, SAFE TUG (M1558)

Im Anschluss an die Versuche wurde das Modell mit ausgerüsteten Antrieben zu den Projektpartnern der TUHH geliefert.

Offshore-Versorger (M1600)

Weitere und umfangreichere Modellversuche wurden mit dem Modell des Offshore-Versorgers durchgeführt. Neben den Vorversuchen (Seegangversuche und Kraftmessungen) zur Einstellung und Validierung des Regelungssystems in Wellen wurden Versuche durchgeführt, die die Regelungs- und Allokationsalgorithmen validieren sollten und bei denen final die Regelungs- und Allokationsalgorithmen unter realistischen Umweltbedingungen angewendet werden sollten. Alle Versuche wurden in der Schlepprinne der SVA durchgeführt.

Vorversuche

Entsprechend den Versuchen mit dem SAFE TUG wurden Vorversuche durchgeführt, um Kräfte auf das Schiff und Schiffsbewegungen durch einzelne Kraft- und Anregungsquellen zu identifizieren und damit die Regelungsalgorithmen einzustellen. Die Versuche gliederten sich in Kraft- und Bewegungsmessungen. Abbildung 28 zeigt das Modell während der Versuche.

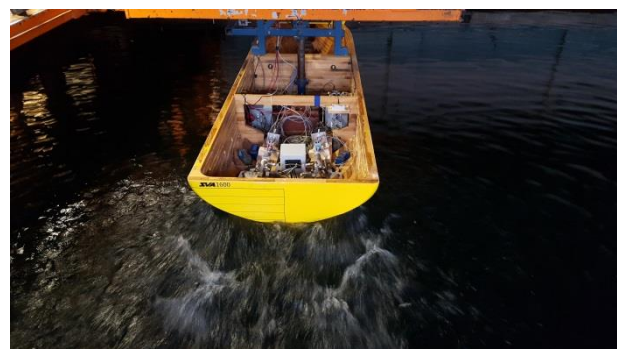
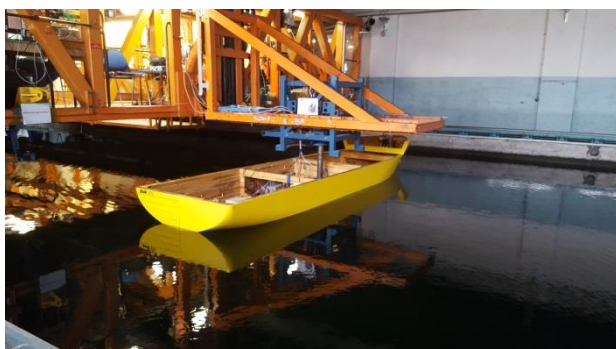


Abbildung 28: Fotos der Vorversuche mit dem Offshore-Versorger (M1600)

Es wurden verschiedene Vorversuchsserien durchgeführt, die sich folgend zusammensetzten:

- Roll- und Stampfausschwingversuche
 - ohne Antriebe
 - mit Antrieben
- Bewegungsmessungen im Stand
 - regelmäßige Wellen
 - unregelmäßige Wellen
- Strömungskraftmessungen über 360° Anströmwinkel
- Wellenkraftmessungen
 - regelmäßige Wellen
 - unregelmäßige Wellen
- Freie Bewegung mit Antrieben im Glattwasser
- Bewegungsmessungen mit Antrieben bei Fahrt im Seegang
- Kraftmessungen bei Ansteuerung der Antriebe zur Bestimmung der Wechselwirkungskräfte

Unterteilen lassen sich die Vorversuche in Versuche, die die Eigenschaften des Schiffes zum Untersuchungsgegenstand hatten (Roll- und Stampfausschwingversuche, Bewegungsmessungen im Stand), Versuche, die die Kräfte auf das Schiff aufgrund von Umweltbedingungen untersuchten (Strömungskraftmessungen, Wellenkraftmessungen) und in Versuche, die die Auswirkung der Antriebe auf Kräfte und Bewegungen auf das Schiff erforschten (freie Bewegung mit Antrieben im Glattwasser, Bewegungsmessungen mit Antrieben bei Fahrt im Seegang, Kraftmessungen bei Ansteuerung der Antriebe zur Bestimmung der Wechselwirkungskräfte). Die Ergebnisse aller Messungen wurden den Projektpartnern zur Verfügung gestellt.

Versuche zur Validierung der Regelung und der Allokation

Die Erprobung und Anwendung von Regelung und Allokation im Modellversuch war das Ziel des Projektes. Erprobung und Anwendung wurden in zwei gesonderten, großen Versuchsserien realisiert. In diese Versuchsserien flossen alle Erkenntnisse der Vorversuche und die darauf aufbauenden Einstellungen in der Regelung mit ein. Die Reihenfolge der Versuche richtete sich an der Steigerung der Komplexität der Regelungsaufgaben. Es wurden folgende Versuche durchgeführt:

- Test der Regelung und Allokation in Glattwasser, Vorgabe Kraft / Moment - Messung der Bewegungen
- Driften in Glattwasser
- Halten der Position zum Schleppwagen mit Strömung
- Halten der Position zum Schleppwagen mit Strömung und regelmäßige Welle
- Halten der Position zum Schleppwagen mit Strömung und unregelmäßige Welle
- Halten der Position zum Schleppwagen mit Strömung, unregelmäßige Welle und Wind

- Halten der Position zum Schleppwagen und Rollstabilisierung mit Strömung, unregelmäßige Welle und Wind

Zur Überprüfung der aus den Vorversuchen gewonnenen Erkenntnisse wurden am Anfang die Kräfte und Momente auf das Schiff durch die angesteuerten Antriebe aufgenommen und mit den Vorgaben verglichen. Modifikationen der Einstellung waren dadurch möglich.

Die Versuche wurden mit dem freifahrenden Modell fortgesetzt. Es wurden zunächst einfache Manöver, wie Driften in Glattwasser und Halten der Position in Strömung, durchgeführt. Der Einfluss von Seegang bewirkte dynamische Änderungen der Umweltkräfte auf das Schiff, die die Regelung kompensieren musste. Mit Strömung, Welle und Wind wurde das Modell gleichzeitig den Einflüssen der drei in der Großausführung vorherrschenden Umwelteinflüssen auf das Schiff ausgesetzt. Am Ende der Versuchsserie wurde zudem die Rollstabilisierung aktiviert. Abbildung 29 zeigt Bilder von den Versuchsreihen.

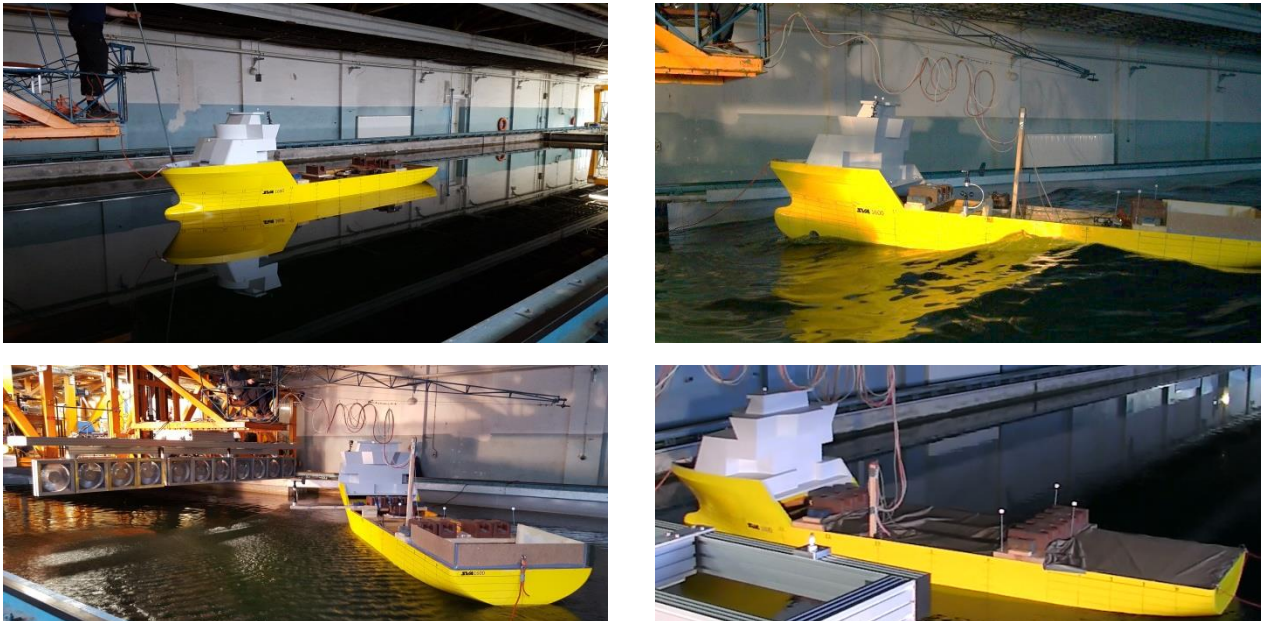
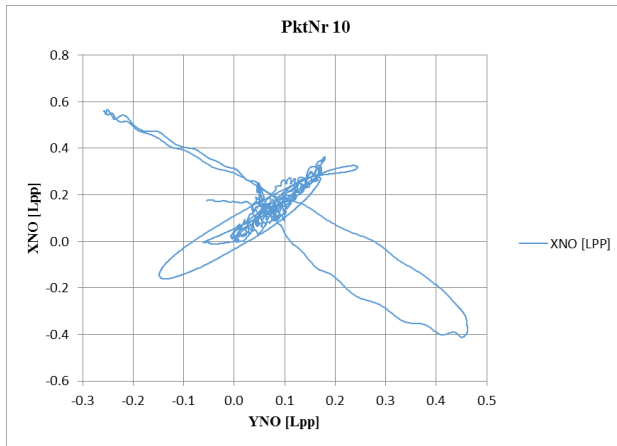
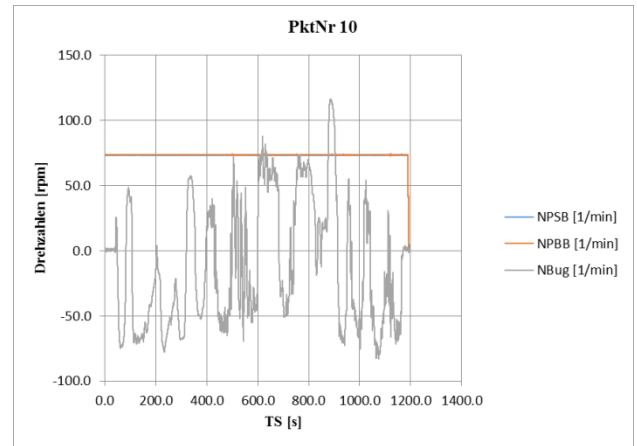


Abbildung 29: Modellversuche zur Erprobung und Anwendung von Regelung und Allokation

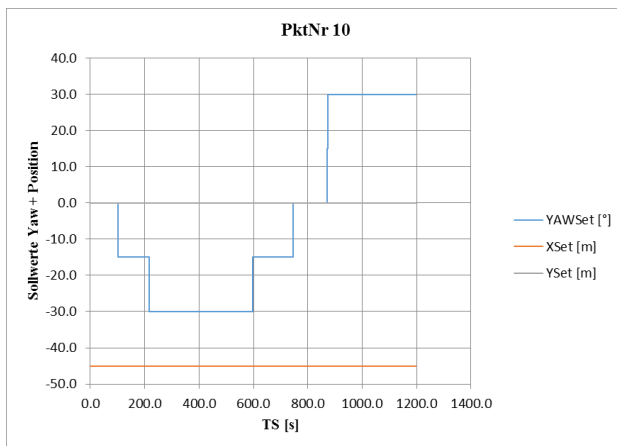
In Abbildung 30 sind Ergebnisse der Messungen aufgetragen. Es handelt sich dabei um eine Messung zum Position halten bei regulären Wellen und der Änderung des vorgegebenen Soll-Schiffwinkels zur Wellenrichtung. Die Drehzahlen der Antriebe waren während des Versuchs konstant. Es wurde in diesem Fall nur durch die Änderung der Schubrichtung und der Flügelsteigung gesteuert. Der Bugstrahler änderte den Schub über die Drehzahl. Gut zu sehen ist, wie der Ist-Winkel des Modells entsprechend dem Soll-Winkel im Seegang (reguläre Wellen) gehalten wird.



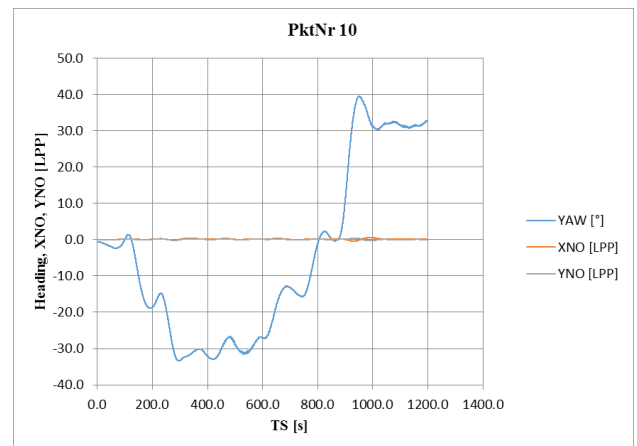
Position des Modells



Drehzahlen Antriebe/Bugstrahler



Soll-Winkel und Position des Modells



Ist-Winkel und Position des Modells

Abbildung 30: Messung zum Halten der Position und definierter Änderung des Winkels des Schiffes zur Wellenrichtung, M1600 (Versuchsnr. 15SO118610)

Die Messtechnik und die Messsoftware konnten bei den Messungen die Erwartungen erfüllen. Es waren dank der Vorbereitenden Arbeiten nur noch kleine Modifikationen am Messkonzept notwendig, die während der Messserie durchgeführt werden konnten.

- **Großausführungsmessungen**

Großausführungsmessungen waren Bestandteil des Forschungsprojektes. Ziel war es die notwendige Messtechnik dafür aufzubauen und sich die Fähigkeiten anzueignen Großausführungsmessungen auf Schiffen mit einem DP-System mit Rollstabilisierung durchführen zu können.

Im Zusammenhang mit anderen Aufgabenstellungen ergab sich relativ früh im Projekt die Möglichkeit Großausführungsmessungen an einem Schwesterschiff der „Edda Fram“, der „Edda Ferd“ durchzuführen.

Die Seerprobungen des OSV „Edda Ferd“ erfolgten vor Gijón /Spanien (Abbildung 31). Trackaufzeichnungen wurden über die gesamte Erprobungsdauer mit zwei GPS-Geräten am Bug und Heck zur genauen Lagebestimmung des Schiffes durchgeführt. Für die Ermittlung des Bewegungsverhaltens stand zusätzlich ein elektronischer Kreisel zur Verfügung.

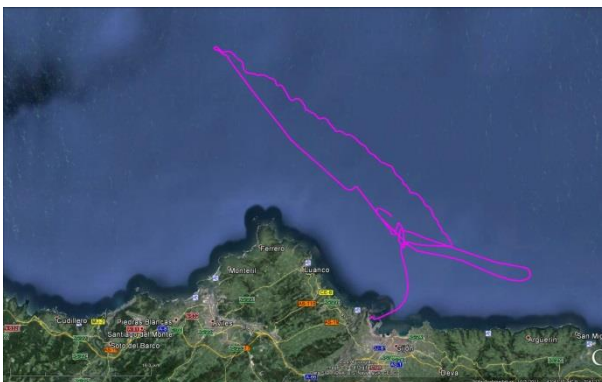


Abbildung 31: Seerprobungen des OSV „Edda Ferd“ erfolgten vor Gijón /Spanien

Es konnten definierte Bewegungsabläufe aufgezeichnet werden (Abbildung 32). Im Wesentlichen beschränkte sich dies jedoch auf Aufzeichnungen bei der Durchführung anderer Einstellarbeiten am Schiff. Aus den Erfahrungen der Großausführungsmessungen konnten verschiedene Handlungsoptionen für zukünftige Seerprobungen zur Bestimmung der Bewegungsabläufe, insbesondere im DP-Betrieb, abgeleitet werden. So hat sich die Aufzeichnung der Schiffstrajektorien mittels zweier GPS-Geräte am Bug und Heck bewährt. Mit einem dritten GPS-Gerät ist es möglich auch den Rollwinkel aufzunehmen. Bei der Berechnung der Schiffsrichtung (bzw. des Gierwinkels) könnte auf einen Magnetkompass verzichtet werden, wenn die Schiffslänge mehr als 10 m beträgt. Ein elektronischer Kreisel hat sich zur Erfassung und Berechnung der Eulerwinkel für die Schiffsbewegungen unterstützend bewährt. Bei sehr langsamen Winkelbewegungen (insbesondere für den Gierwinkel) sollte ein Magnetkompass zur Referenzierung mit genutzt werden, bzw. sollte durch die GPS-Aufzeichnungen (nur für Gierwinkel

gültig) ergänzt werden. Für die Aufnahme von Schiffsbeschleunigungen wären Beschleunigungsaufnehmer das geeignete Mittel.

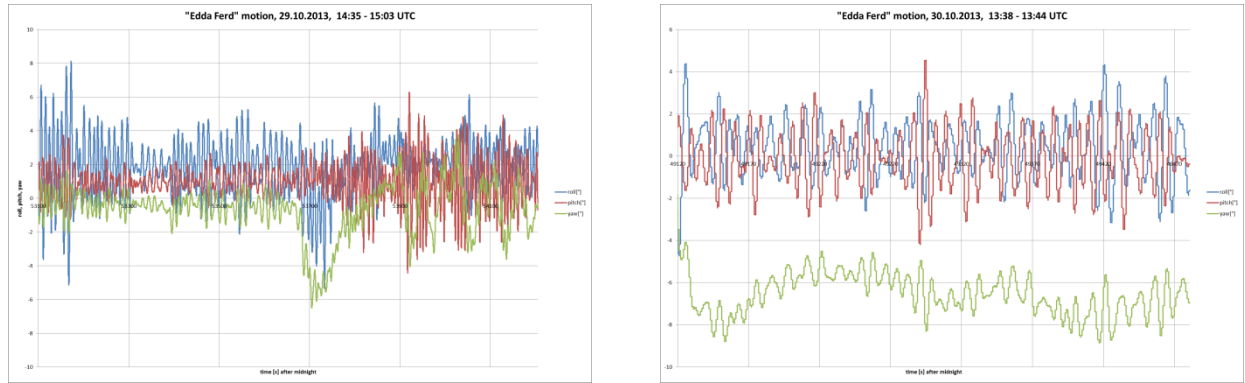


Abbildung 32: Aufnahme der Eulerwinkel während der Großausführungsmessungen mit der Edda Ferd

Im Einvernehmen mit den Projektpartnern wurden weitere Großausführungsmessungen als nicht notwendig angesehen, da die Daten der ersten Messungen für die SVA ausreichen, um die notwendigen Erkenntnisse für weitere Messungen im DP-Betrieb zu erhalten. Mit den Partnern und unter Rücksprache mit dem Förderer wurde beschlossen, dass die Mittel, für die am Ende des Projektes geplanten Großausführungsmessungen, für zusätzliche Modellversuche eingesetzt werden sollten.

II.2 Zahlenmäßiger Nachweis

Position	Gesamtvorkalkulation (€)	Gesamtnachkalkulation (€)
0831 Material	39.627,00	39.187,66
0823 FE-Fremdleistungen	6.426,00	6.426,00
0837 Personalkosten	334.495,00	340.211,04
0838 Reisekosten	4.080,00	2.087,87
0847 Abschreibungen auf vorhaben- spezifische Anlagen	26.187,00	15.211,77
0848 Abschreibungen auf sonstige genutzte Anlagen des FE-Bereichs		
0850 sonstige unmittelbare Vorhabens- kosten	45.036,00	45.159,00
0855 Summe unmittelbare Vorhaben- kosten (Pos. 0813 – 0850)	455.851,00	448.283,34
0856 Kosten innerbetrieblicher Leistungen		
0860 Verwaltungskosten		
0881 gesamte Selbstkosten des Vor- habens (Summe Pos. 0855 - 0860)	455.851,00	448.283,34

II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Durchführung von Versuchen zum dynamischen Positionieren mit Regelung und Allokation unter Berücksichtigung der signifikanten Umweltbedingungen Wind, Seegang und Strömung war und ist sehr anspruchsvoll und risikobehaftet. Der spezielle Ansatz der SVA bestand in der Schaffung einer anspruchsvollen, wirklichkeitsnahen Versuchsumgebung und Durchführung von Versuchen mit einem freifahrenden Modell unter Berücksichtigung der Einspeisung der Regelungs- und Allokationsparameter für die vorhandenen Steuerorgane. Wie der Verlauf des Projektes zeigte war die Programmierung bzw. Einstellung der Regelung/Allokation und deren Validierung im Modellversuch anspruchsvoller als geplant. Zudem hatten die Ergebnisse der schon vorfristig am Anfang des Projektes durchgeführten Großausführungsmessungen hatten die notwendigen, vorgesehenen Erkenntnisse erbracht. Es wurden daher vorhandene Mittel für Großausführungsmessungen für weitere Modellversuche verwendet und die Messkampagne damit gegenüber der ursprünglichen Planung deutlich erweitert. Alle Mess- und Entwicklungsergebnisse der SVA wurden in ausführlichen Teilberichten dargelegt.

FuE-Teilberichte der SVA

- [A1] Schulze, R.
Bewegungsverhalten des OSV „Edda Ferd“
Bericht 4211, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, Potsdam, November 2013

- [A2] Steinwand, M.
Die Windanlage der SVA Potsdam
Bericht 4329, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, Potsdam, Juli 2015

- [A3] Fröhlich, M.
Bewegungs- und Kraftmessungen am Modell eines Voith Water Tractors
Bericht 4334, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, Potsdam, August 2015

- [A4] Fröhlich, M.
Bewegungs- und Kraftmessungen am Modell der „Edda Fram“
Bericht 4335, Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam, Potsdam, April 2015

II.4 Voraussichtlicher Nutzen, Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die SVA nutzt die gewonnenen Ergebnisse in Form von Know-how Transfer bei jedem Industrieauftrag. Der direkte Nutzen für die SVA ergibt sich durch die Akquirierung von Industrieaufträgen mit einem Gesamtvolumen von ca. 380 T€ auf dem Gebiet der Untersuchungen von Offshore Support Vessels, Plattformen, Bestimmung der DP-Fähigkeit von Schiffen, Experimentelle Durchführung von DP-Versuchen unter Berücksichtigung der Umweltbedingungen Wind, Strömung und Seegang und Seegangversuchen.

Indirekt ergibt sich ein Nutzen für die SVA durch die Verbesserung der Reputation und den Nachweis der notwendigen Kenntnisse auf dem Gebiet des dynamischen Positionierens, was dann wiederum zu Industrieaufträgen führt.

Die SVA Potsdam erzielt jährlich Umsätze von ca. 1,7 Millionen EURO aus Industrieaufträgen. Ca. 20% (380 T€) dieser Aufträge beinhalten die Untersuchung zu Seegangseigenschaften und die Auslegung und Optimierung von Rollstabilisierungssystemen bzw. DP-Systemen.

Ein wesentlicher Nutzen fällt beim Kunden (Werft, Designbüro, Hersteller von Düsenpropellern) an, der ein wettbewerbsfähigeres Produkt dem Reeder oder Schiffseigner anbieten kann, während der betriebswirtschaftliche Nutzen insgesamt dem Schiffsbetreiber zufällt. Positiv auf das Betriebsergebnis wirken sich auch die höhere Schiffssicherheit und die Vermeidung von Schäden und Ausfallzeiten bei Schiffen aus.

Zur weiteren Verwertung der Ergebnisse des FuE-Vorhabens sollen folgende Arbeiten in der SVA durchgeführt werden:

1. Integration der Ergebnisse des FuE-Vorhabens in die Vorbereitung und Durchführung von Seegangversuchen und Versuchen zur Untersuchung der Fähigkeit des dynamischen Positionierens von Schiffen und Plattformen in der SVA
2. Verwendung der Ergebnisse und Erfahrungen für Großausführungsmessungen
3. Weiterentwicklung der Auswert- und Analyseverfahren als auch der Versuchsdurchführung für Untersuchungen zum dynamischen Positionieren

II.5 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Fortschritte auf dem Gebiet des dynamischen Positionierens von Schiffen und Plattformen mit Motionstabilisierung sind in den letzten Jahren den vorliegenden Informationen nach von anderen Stellen nicht erreicht worden.

II.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen

Ausgewählte Ergebnisse des FuE-Vorhabens wurden in den folgenden Beiträgen veröffentlicht.

- [V1] Jürgens, D.; Palm, M.
„DPMotion – Von der Kunst des Stillstehens“
Ingenieurspiegel – Fachmagazin für Ingenieure, 2/2016

- [V2] Detlefsen, O.; Theilen, L.; Abdel-Maksoud, M.
„Time domain simulation of dynamic positioning manoeuvres based on impulse response functions“
ECCO-MAS Marine, Rom, 2015

- [V3] Koschorrek, C.; Siebert, C.; Haghani, A.; Jeinsch, T.
„Dynamic Positioning with Active Roll Reduction using Voith Schneider Propeller“
IFAC Conference on Manoeuvring and Control of Marine Craft, Kopenhagen, 2015

- [V4] Steinwand, M.
„Dynamic Positioning von Schiffen und Plattformen mit Motionstabilisierung unter Verwendung von x/y-Logik“
8. SVA-Forschungsforum „Theoria cum praxi“, Januar 2015

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Experimentelle Simulation von Schiffsbewegungen für die Auslegung von Dynamic Positioning mit Motionstabilisierung Schlussbericht zum FuE-Vorhaben „Dynamic Positioning von Schiffen und Plattformen mit Motionstabilisierung unter Verwendung von x/y-Logik - DPMotion“ Teilvorhaben „Experimentelle Simulation von Schiffsbewegungen für die Auslegung von Dynamic Positioning mit Motionstabilisierung - DPApp“	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Steinwand, M.	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.03.2016
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH Marquardtter Chaussee 100 14469 Potsdam	9. Ber. Nr. Durchführende Institution 4539
	10. Förderkennzeichen 03SX351B
	11. Seitenzahl 45
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Projektträger Jülich Postfach 61 02 47 10923 Berlin	13. Literaturangaben 17
	14. Tabellen 1
	15. Abbildungen 32
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Im Verbundprojekt sollten für den Voith-Schneider-Propeller (VSP) methodischen Grundlagen für ein DP-System mit Rollstabilisierung geschaffen werden. Ziel des Teilvorhabens der SVA im Verbundvorhaben war, die notwendige, experimentelle Untersuchungsumgebung für die Auslegung von Dynamic-Positioning (DP)-Systemen mit Motionstabilisierung zu schaffen und an geeigneten Versuchsträgern zu erproben. Zudem sollte die Auslegung von Dynamic-Positioning (DP)-Systemen mit Motionstabilisierung auf Basis von Messungen ermöglicht bzw. unterstützt werden. Im Ergebnis des Verbundvorhabens ist die SVA in der Lage sein, ein Basissystem zur Auslegung und Optimierung von DP-Systemen zur Verfügung zu haben, das sich auch auf andere Antriebskonfigurationen von Schiff, Antriebs- und Steuersystem und Umweltbedingung adaptieren und erweitern lässt. In Abstimmung mit den Projektpartnern wurden ein Offshore Supply Vessel (OSV) und ein Schlepper ausgewählt, die im Zusammenhang mit dem FuE-Thema untersucht werden sollten. Eine Erweiterung des Positionsbestimmungssystems in der Schlepprinne der SVA wurde in den Versuchsbetrieb überführt. Zur Auswahl und Konstruktion einer geeigneten Windanlage wurden Untersuchungen mithilfe von CFD-Berechnungen durchgeführt. Anordnung, Positionierung und Leistung der winderzeugenden Ventilatoren wurden dadurch bestimmt. Die Windanlage wurde in den Versuchsbetrieb überführt. Die Messtechnik und Messsoftware wurde für die Anforderung der Ansteuerung der unterschiedlichen Steuerorgane VSP, Z-Antrieb und Querstrahler angepasst. Auf Basis sämtlicher Vorversuche und der Abstimmung mit den Projektpartnern wurden die finalen DP-Versuche in der SVA durchgeführt. Es wurde das Modell des OSVs verwendet. In diesen Versuchen wurde die entwickelte Regelung der Universität Rostock und die von Voith entwickelte Allokation erfolgreich getestet und verwendet. Es wurden begleitend Großausführungsmessungen durchgeführt.	
19. Schlagwörter Dynamisches Positionieren, Manövrieren, Allokation, Regelung, Modellversuche, Großausführungsmessungen	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication)
<p>3. title</p> <p style="text-align: center;">Investigation of the DP behaviour of an Offshore Support Vessel</p> <p style="text-align: center;">Final report of the R&D-project „Dynamic positioning of ships and platforms with the use of a x/y-logic motion stabilisation“</p> <p style="text-align: center;">Partial project „Experimental simulation of ship motions for the layout of dynamic positioning with motion stabilisation“</p>	
4. author(s) (family name, first name(s)) Steinwand, M.	5. end of project 31.03.2016
	6. publication date
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam GmbH Marquardter Chaussee 100 14469 Potsdam	9. originator's report no. 4539
	10. reference no. 03SX351B
	11. no. of pages 45
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie Projekträger Jülich Postfach 61 02 47 10923 Berlin	13. no. of references 17
	14. no. of tables 1
	15. no. of figures 32
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
<p>18. abstract</p> <p>In this joint project, the methodology for a DP system with roll stabilization should be created for the Voith-Schneider-Propeller (VSP). The aim of the SVA subproject was to enable and support the design of Dynamic Positioning (DP) systems with motion stabilization by measurements. The necessary experimental equipment was created and tested on suitable test equipment. As a result of the joint project, SVA is able to provide a basic system for design and optimization of DP systems, which should also be adapted and extended to other drive configurations of ship, propulsion and control systems as well as for environmental conditions. In coordination with the project partners, an offshore supply vessel (OSV) and a tug were selected, which should be examined in the context of the R & D topic. An extension of the position determination system in the towing tank of the SVA was developed. For the selection and construction of suitable wind turbines, investigations were carried out using CFD calculations. The arrangement, positioning and performance of the wind-generating fans were thereby determined. The wind-generating system was installed in the towing tank of the SVA as standard equipment. The measuring technology and measuring software has been adapted to the requirements of control of the various control elements like VSP, Z-drive and tunnel thruster. On the basis of all preliminary tests and coordination with the project partners, the final DP tests were carried out in the towing tank of the SVA. The model of the OSV was used for these tests. In these experiments the developed closed loop control of the University of Rostock and the allocation developed by Voith were successfully tested and used. Full-scale measurements were carried out.</p>	
19. keywords dynamic positioning, manoeuvring, allocation, closed loop control, model tests, full-scale tests	
20. publisher	21. price