



Projekt 3:

Zustandsbasierte Manöveranzeigen zur Beratung der Schiffsführung (ZuMANZ)

Teilvorhaben 3a:

Methoden und Verfahren für zustandsbasierte Manöveranzeigen in der Schiffsführung

Schlussbericht

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. habil. Knud Benedict
Dr.-Ing. Michael Baldauf

Bearbeiter: Dr.-Ing. Michael Gluch
Dipl.-Ing. Matthias Kirchhoff
Dipl.-Ing. Sandro Fischer
Dipl.-Ing. Walter Köpnick

Dienststelle: Hochschule Wismar
Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung
Fachbereich Seefahrt

Rostock, Okt. 2009

Das diesem Bericht zugrunde gelegte Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03WKE12N gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Zielstellung.....	9
2.1	Einordnung und Abgrenzung der Zielstellung	10
2.2	Einordnung in das Bündnis „Maritime Safety Assistance Rostock“	11
3	Konzept des "On-line Manoeuvring Assistant" und dessen Einbindung in die Schiffsführung	11
3.1	Gegenwärtiger Stand der Technik und Forschung auf dem Gebiet von Manöveranzeigen und Prädiktionen	11
3.1.1	Stand der Technik	12
3.1.2	Stand Wissenschaft & Forschung.....	13
3.2	Definition und Spezifikation der Funktionalität des Moduls	14
3.2.1	Definitionen.....	14
3.2.2	Voraussetzungen	15
3.2.3	Anforderungen	16
3.3	Struktur und konzeptionelle Beschreibung des Lösungsansatzes.....	16
3.3.1	Datenquelle	16
3.3.2	Datensammler	16
3.3.3	Prädiktion.....	17
3.3.4	Eingabe	17
3.3.5	Anzeige	17
3.4	Auswahl und Festlegung des Manöverprädiktionsverfahrens	18
3.4.1	Untersuchungen zur Manöverprädiktion mittels VDR-basierter Bahndaten.....	18
3.4.2	Untersuchung zur Manöverprädiktion mittels Schiffsbewegungsmodell.....	19
4	Methoden zur Erfassung der Kräfte durch Manövriereinrichtungen und von Auswirkungen des sich ändernden technischen Zustandes; Berechnung und Darstellung für Manöverunterstützung.....	20
4.1	Methoden zur Erfassung von Kräften am Schiffskörper und den Manövriereinrichtungen..	20
4.1.1	Grundlagen der Simulation und Modell der Schiffsdynamik	20
4.1.2	Rumpfkräfte	21
4.1.3	Propellerkräfte	22
4.1.4	Ruderkräfte.....	24
4.2	Untersuchungen zur Bestimmung der Auswirkung des technischen Zustandes auf die Manöverperformance	25
4.3	Untersuchungen zur Modellierung	25
4.4	Evaluierung der Modellgüte	27
5	Methoden zur Berechnung der dynamischen Auswirkungen des Zustandes der Manövriereinrichtungen auf die Manöver-Performance	28
5.1	Entwurf von Simulationsalgorithmen zur Manöverprädiktion und -überwachung	28
5.2	Untersuchungen zur Abschätzung der Zuverlässigkeit von Prädiktionen in Bezug auf Genauigkeitsanforderungen an die Eingangsparameter und den Prädiktionszeitraum	30
5.3	Untersuchungen zur Applikation von Prädiktionsalgorithmen zur Beratung der Schiffsführung bei Navigations-spezifischen Aufgaben.....	31
5.3.1	Abfahren von Wegpunkten.....	31
5.3.2	Kollisionsverhütung	31
5.3.3	Hafenansteuerung bis zum Liegeplatz.....	31

5.3.4	Wind und Strom	31
5.3.5	Ansteuern des Liegeplatzes	32
6	Visualisierungsmethoden für die Anzeige potentieller Manövrierbewegungen des Schiffes	33
6.1	Konzeptioneller Entwurf und Bedienphilosophie von Visualisierungsfunktionen zur Prädiktion	33
6.2	Anforderungen an die Integration in INS/IBS	33
6.3	Entwurf einer Funktionsstruktur	34
7	Entwicklung und softwaretechnische Umsetzung der Einzelkomponenten des Moduls.....	35
7.1	Sprachliche Notation eines Prädiktions-Algorithmus	35
7.1.1	Datenquelle	35
7.1.2	Datensammler	35
7.1.3	Prädiktion.....	36
7.1.4	Ausgabe, Visualisierung.....	36
7.2	Grafische Notation, Variablendeklaration, Definition der Wertebereiche.....	37
7.3	Implementierung in einer Software-Applikation	38
7.3.1	SW-Datensammler (processing module).....	38
7.3.2	Prädiktionssoftware (prediction module).....	39
7.3.3	Visualisierungssoftware (presentation module & user interface)	39
8	Vorbereitung und Test der Module separat und im SHS des MSCW	42
8.1	Entwurf und Festlegung von Testszenarien	42
8.1.1	Einleitung	42
8.1.2	Problemstellung.....	42
8.2	Definition zu Versuchsaufbau und -durchführung	43
8.2.1	Methodik – Abgrenzung und Herangehensweise	43
8.2.2	Applikation neuer Anzeigefunktionen in einem Experimentiersystem	44
8.2.3	Schnittstellenrealisierung zur Prozesskopplung in der Experimentierumgebung	44
8.3	Entwurf, Durchführung und Analyse der Testreihen und Versuchsergebnisse	45
8.3.1	Simulationsstudie I	45
8.3.2	Simulationsstudie II	50
9	Zuarbeit und Abstimmung des Schnittstellenkonzepts und Anforderung an die Systeme für Datenlieferung (aus Diagnosesystem und von VDR).....	55
9.1	Erarbeitung von Teilspezifikationen der Systemschnittstelle	55
9.1.1	Teilspezifikation zur VDR-Schnittstelle	55
9.1.2	Teilspezifikation zum SHS-Netzwerk	55
9.1.3	Nutzung von NMEA/SHS-Daten	56
9.1.4	Bedeutung der zeitlichen Bezüge von Datensätze.....	56
9.2	Ableitung von technischen Anforderungen an Systeme zur Lieferung von Diagnosedaten.	56
10	Zusammenfassung.....	58
11	Literaturverzeichnis.....	59
12	Anhang	61

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1	Unfallschaden infolge der Kollision (MT „Baltic Carrier“) in der Kadetrinne der Ostsee (Quelle Foto: Internet)	8
Abb. 1-2	Fährschiff „Prins Richard“ nach der Kollision mit der Ostmole in Puttgarden (Quelle Foto: Internet)	8
Abb. 2-1	Entwurf Grundstruktur für Modul zur zustandsbasierten Manöverassistenz	9
Abb. 3-1	Schematische Darstellung des Lösungsansatzes	16
Abb. 3-2	Entwurf einer Struktur für ein VDR-basiertes Manöverassistenz-System	18
Abb. 3-3	Entwurf einer Struktur für modellbasiertes Manöverassistenz-System	19
Abb. 4-1	Koordinatensystem und Definitionen	20
Abb. 4-2	Datenfluss im Maschinenmodul und Austausch mit Propellermodul	22
Abb. 4-3	Modulares Konzept der Simulator-Arbeitsweise	26
Abb. 5-1	Software SimDat und SimOpt.....	29
Abb. 5-2	Vergleich Drehkreisfahrt und Manöver Crash Stopp im ANS4000 (blau) und ANS5000 (rot).....	29
Abb. 6-1	Entwurf der Funktionsstruktur.....	34
Abb. 7-1	Grafische Darstellung des Prädiktionsmoduls.....	37
Abb. 7-2	Oberfläche des VDR MER Client für Datenerfassung	38
Abb. 7-3	Oberfläche des Prädiktors	39
Abb. 7-4	Conning Display im Projekt ZuMANZ mit grafischer Darstellung der voraussimulierten Manöverbahn und Lage des Schiffs durch den Prädiktor	40
Abb. 8-1	Beispiele Ausgangssituation und Beispiel des neuen Layout-Entwurfs mit integrierter simulationsbasierter Bahnprädiktion.....	44
Abb. 8-2	Schema zur Datenverarbeitung.....	45
Abb. 8-3	Aufbau der Versuchsanordnung am Schiffsführungssimulator in Warnemünde	45
Abb. 8-4	Aufbau der Versuchsanordnung - an den Simulationsprozess gekoppeltes neues Conning Display	46
Abb. 8-5	Aufbau der Versuchsanordnung – Seegebiet für Experiment 1 mit Beispiel eines Trackverlaufs..	46
Abb. 8-6	Aufbau der Versuchsanordnung – Parameter des Panmax Containerschiffes des zweiten Simulationsexperiments.....	47
Abb. 8-7	Aufbau der Versuchsanordnung – Manöveraufgabe des zweiten Experiments und Brückensicht	48
Abb. 8-8	Versuchsergebnisse Beispiele Trackverläufe erfolgreich durchgeführter Fahrten	48
Abb. 8-9	Beispiele Analyse Anzahl und Intensität von Elementarmanövern bei den durchgeführten Fahrten	49
Abb. 8-10	Reale Bahnverläufe vom VDR (= hohe Symboldichte) und AIS	50
Abb. 8-11	Schiff im Seekanal, auf Wendepatte – Bb. Ruder, Aufstoppen mit „Zurück Voll“	51
Abb. 8-12	Beginn „Backsen“ zum Drehen auf der Wendepatte, fortgeschr.Drehbew., Ende der Drehbewegung	51
Abb. 8-13	Rückwärtsfahrt mit Einsatz des Bugruders Bb./Stb.	52
Abb. 8-14	Bahnverläufe der Simulationsfahrten	53
Abb. 8-15	Anfahrt auf die Wendepatte, Drehen auf der Wendepatte	53
Abb. 8-16	Verlassen der Wendepatte, Rückwärtsfahrt zum Anleger, Erhöhung der Drehrate auf 60 °/min ..	54
Abb. 9-1	reduzierte Maschinenleistung und der Geschwindigkeitsverlust	57
Abb. 9-2	Bahnverlauf mit (rot) und ohne (blau)Reduktion	57

Tabellenverzeichnis

Tab. 12-1	Liste der Dateninhalte des VDR.....	61
Tab. 12-2	Liste der relevanten Navigationsdaten für das Projekt ZuMANZ	62
Tab. 12-3	Hersteller, Typen und Applikationen	69

Abkürzungsverzeichnis

Kürzel	Beschreibung
A	
AIS	Automatic Identification System
ANTS	Automatic Navigation and Trackkeeping System
AP	Arbeitspaket
ARCP	Autopilot Remote Control Panel
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid
ATA	Automatic Tracking Aid
B	
B	
C	
CD	Conning Display
CEDA	Central Dredging Association
CFD	Computerised Fluid Dynamics
CPA	Closest Point of Approach
CTS	Course To Steer
D	
DNV	Det Norske Veritas
DNV W1	DNV One Man Operation
DP-System	Dynamic Positioning System
E	
EBA	European Boatmen Association
EBL	Electronic Bearing Line
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
EIA	Environment Impact Assessment
EMBARC	European Maritime project for Baseline and Advanced Regional and Coastal traffic management and information services
EMSA	European Maritime Safety Agent
ENC	Electronic Navigation Chart
ERA	European Research Area
ESMARALDA	Efficient, Safe, Marine And River Access and Logistic Development and Advancement of ports
ETA	Estimated Time of Arrival
ETA	European Tug owner Association
EU	European Union
F	
FSA	Formal Safety Assessment
G	
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Position System
GSM	Global System of Mobile Communication
H	
HA	Horizontal Activity
HB	Handbuch/ hand book
HF	High Frequency
HF	Human Factors
HMI	Human Interface
HRA	Human Reliability Assessment
I	
IALA	International Association of Marine Aids and Lighthouse Authorities
IAPH	International Association of Ports and Harbours
IBS	Integrated Bridge System
IEC	International Electrotechnical Commission
IMO	International Maritime Organisation
IPR	Intellectual Property Rights
ISO 9001	International Standardization Organization Quality System
J	
K	
L	

Methoden und Verfahren für zustandsbasierte Manöveranzeigen in der Schiffsführung

Kürzel	Beschreibung
LR-AIS	Long Range AIS
LRIT	Long Range Identification and Tracking
M	
MarNIS	Maritime Navigation and Information Services
MAS	Maritime Assistance Services
MER	Marine Event Recorder
MF	Medium Frequency
MM	Mann Monate
MT	Management Team
MITIS	Maritime Information Technology Standard
N	
NMEA	National Marine Electronics Association
O	
OBS	On Board System
OMBO	One Man Bridge Operation
P	
PIANC	Permanent International Association of Navigation Congresses
PPU	Personal Pilot Unit
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association
Q	
QRA	Quantitative Risk Assessment
R	
RIS	River Information Services
RoE	Return of Experience
RTA	Required Time of Arrival
RTD	Required Time of Departure
RTK	Real Time Kinetics
S	
SBS	Shore Based System
SDK	Software Development Kit
SENC	System Electronic Navigation Chart
ShM	Shared Memory
SME	Small and Medium Enterprise
SSN	Safe Sea Net
SW	Software
T	
TOS	Traffic Organisation Services
TCPA	Time to Closest Point of Approach
TM	True Motion
TTG	Time To Go
U	
UMTS	Universal Mobile Telephone System
V	
VDR	Voyage Data Recorder
VHF	Very High Frequency
VTM	Vessel Traffic Management
VTMIS	Vessel Traffic Management and Information Services
VTS	Vessel Traffic Services
VRM	Variable Range Marker
W	
WOP	Wheel- Over Point
X	
XTD	Cross Track Distance
XTE	Cross Track Error
XVGA	Extended Video Graphic Adapter
Y	
Z	

1 Einleitung

Eine der Grundaufgaben der operativen Schiffsführung ist das sichere Manövrieren eines Schiffes unter allen möglichen Umgebungsbedingungen. Als Leitsatz gilt das aus dem Jahr 1893 von PRIEN [25] stammende Zitat: "Ein Schiffsführer, welcher die Manövereigenschaften seines Schiffes bei verschiedenen Ruderwinkeln und verschiedenen Tiefgängen, bei verschiedenen Seegängen und verschiedenen Windrichtungen sowie den Raum- und Zeitbedarf bei den verschiedenen Manövern nicht kennt, ermangelt der in seiner Person notwendigen Gewähr in zweifelhaften Fällen dem Seestraßenrecht erfolgreich genüge zu leisten.". In diesem Sinn wurden im Bereich Seefahrt Habilitationen, Dissertationen und Diplomarbeiten verfasst, welche sich der Thematik, im Laufe der Jahrzehnte, hinweg fortlaufend auf sehr verschiedene Art und Weise näherten um dem Anspruch des Leitsatzes gerecht zu werden.

Durch den Einsatz der Steuer- und Vortriebsorgane eines Schiffes soll ein gewünschter Zielort mit einem bestimmten Bewegungszustand erreicht werden. Der unbemerkte Ausfall von Teilen oder der gesamten Manöviereinrichtung kann zu schwerwiegenden Gefährdungen und Unfallereignissen mit umfangreichen Schäden führen. Diese These bestätigten unter anderem der Seeunfall des Tankers "Baltic Carrier" mit dem Frachter "Tern", bei der die beiden Schiffe infolge eines Ruderversagens miteinander kollidierten oder der Seeunfall des Fährschiffes "Prins Richard", bei dem es nach dem Ausfall der Rudermaschine zur Grundberührung und zum Festkommen des Schiffes im Hafen Puttgarden kam.

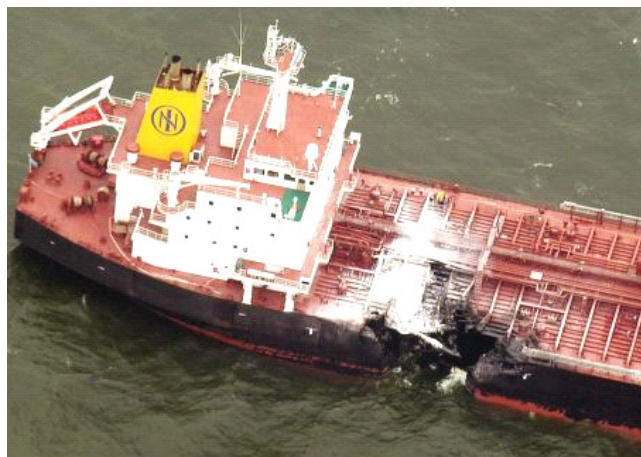


Abb. 1-1 Unfallschaden infolge der Kollision (MT „Baltic Carrier“) in der Kadetrinne der Ostsee (Quelle Foto: Internet)



Abb. 1-2 Fährschiff „Prins Richard“ nach der Kollision mit der Ostmole in Puttgarden (Quelle Foto: Internet)

Nach ersten, im Rahmen verschiedener InnoRegio-Projekte durchgeführten Analysen sind Störungen im Schiffsbetrieb mit ca. 40 % an Havarien oder Beinahe-Havarien (z.B. Notankerung) als Auslöser beteiligt. Von diesen Störungen im Schiffsbetrieb hat der Hauptmotor mit seinen Teilsystemen einen Anteil von ca. 64 % und die Ruderanlage von ca. 16 %.

Dem nautischen Wachoffizier stehen gegenwärtig nur Teilinformationen über den sicherheitsrelevanten technischen Zustand der Schiffsbetriebstechnik zur Verfügung. Es gibt keine prozessbezogene Beratung über die Konsequenzen z.B. bei technisch bedingter, verlängerter Ruderlegezeit oder nur eingeschränkt verfügbare Maschinen- oder Ruderleistungen insbesondere auf das dynamische Verhalten des Schiffes.

In einer ersten Stufe dieses Projektes soll die prozessbezogene Beratung der Schiffsführung Informationen über solche Auswirkungen in geeigneter Form von Anzeigen bereitstellen. Darauf aufbauend sollen zukünftige Erweiterungen möglich sein, welche die automatisierte Generierung von Vorschlägen für Steuerstrategien (Manöversequenzen) bzw. bei entsprechenden Voraussetzungen später auch die teil- oder vollautomatisierte Manöverdurchführung in Notsituationen (Aufstoppen vor Hindernissen, Ausweichen von Kollisionsgegnern, u.ä.) umfassen.

2 Zielstellung

Im Rahmen dieses Projektes wird der Versuch unternommen, durch die Entwicklung von Methoden und Verfahren für zustandsbasierte Manöverprädiktionen, im Sinne von zu erwartenden Bahnverläufen, das bestehende sicherheitstechnische Defizit zu reduzieren. Hierfür soll ein Softwaremodul für Manöveranzeigen durch Implementierung der entwickelten Verfahren in einer Software-Applikation hinsichtlich seiner Eignung, Zuverlässigkeit und Akzeptanz untersucht und getestet werden. Die zu konzipierende Beratungskomponente soll den Schiffsführer insbesondere über mögliche zu erwartende Änderungen im Fahrt- und Steuerungsverhalten informieren. Die Innovation besteht in der beabsichtigten Verknüpfung von Diagnosedaten und Trendanalysen sowie der aufgezeichneten Daten mit zu entwickelnden genaueren Vorhersagealgorithmen und -anzeigen. Die Idee des zu verfolgenden Lösungsansatzes besteht darin, dass aktuelle Messwerte zum Betriebszustand der Antriebs- und Steuerorgane bei der Vorhersage zukünftiger Bewegungszustände berücksichtigt werden. Neuartige Anzeigen für Manövrierinformationen sollen als Zusatzmodul für den Online-Monitor eines VDR-Systems konzipiert werden.

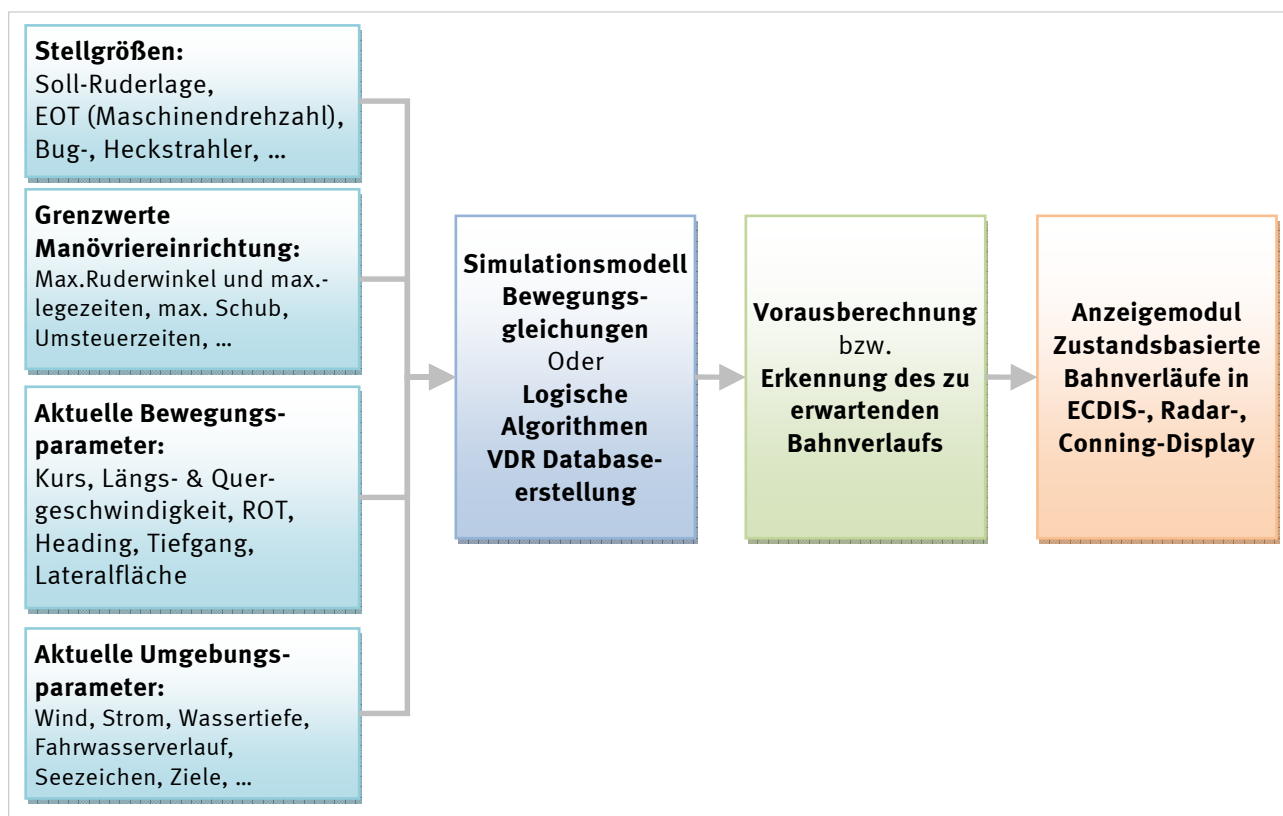


Abb. 2-1 Entwurf Grundstruktur für Modul zur zustandsbasierten Manöverassistenz

Im Entwurf der Grundstruktur eines möglichen Moduls für eine zustandsbasierte Manöverassistenz wird die Verarbeitungsstrategie gezeigt, welche den Weg der Bahnvisualisierung skizziert. Nicht berücksichtigt ist hier die Interaktion Modul/Benutzer.

Bisher in der Schiffsführung eingesetzte Anzeige- bzw. Alarmierungssysteme basieren in der Regel auf einfachen linearen Extrapolationsalgorithmen und Schwellwertkriterien für einzelne gemessene oder abgeleitete Prozessgrößen. Eine Informationsverdichtung bzw. logische Verknüpfung bezüglich des technischen Zustandes, der beschreibenden Prozessinformationen zur vorausschauenden Vorhersage und insbesondere zur Gefahrenfrüherkennung durch den nautischen Schiffsoffizier erfolgt derzeit nicht oder nur eingeschränkt für einzelne Anwendungen. Im Interesse der sicheren Schiffsführung werden zunehmend aktuelle Informationen über den technischen Zustand sicherheitsrelevanter Teilsysteme, deren zeitliche Entwicklung sowie der quantitativen Wirkungen auf das Manövrierverhalten des Schiffes benötigt, um das Schiffsführungsregime darauf einzustellen bzw. im Ereignisfall problemadäquat reagieren zu können. Die in diesem Projekt beabsichtigten Untersuchungen zielen darauf ab, das bestehende Defizit durch

die Entwicklung geeigneter Verfahren und Methoden, welche auch solche bisher nicht genutzte Eingangsdaten einbeziehen, zu reduzieren.

Die wissenschaftlichen Arbeitsziele des hier beschriebenen Projektes sind:

1. die Entwicklung eines Verfahrens zur Vorausberechnung von Bewegungszuständen eines Schiffes auf der Grundlage aktueller Stellgrößenänderungen und –zustände sowie die Entwicklung von Methoden zur Vorausanzeige zu erwartender Bewegungszustände eines Schiffes und
2. die Konzipierung, der Aufbau und der Test eines mit einem Maschinen-Diagnosesystem gekoppelten Manöveranzeigesystems

Mit den angestrebten Zielstellungen soll ein fundierter Beitrag auf dem Fachgebiet Schiffstechnik/-Manövrieren erbracht werden.

Im wissenschaftlichen Bereich sollen im Rahmen dieses Projektes insbesondere neue Erkenntnisse hinsichtlich der Vorgehensweise und Methodik zur Verbesserung der Erfassung der am Schiffskörper und an den Manöviereinrichtungen angreifenden Kräfte gewonnen werden. Dabei soll untersucht werden, ob die konventionellen Methoden und Verfahren zur Erfassung der Kräfte mittels vereinfachender Modifizierungen erweitert und verbessert werden können. Auf dieser Grundlage sollen Aussagen über Möglichkeiten zur Verbesserung der Simulationsgüte von Bewegungsmodellen gewonnen werden. Dabei soll auch das Wissen über Möglichkeiten zur Ausdehnung des Wertebereichs erweitert werden.

Mit den verfolgten wissenschaftlichen Arbeitszielen sollen weiterhin neue Erkenntnisse zur Methodik der Prädiktion komplex beeinflusster Bewegungen gewonnen und insbesondere Rückschlüsse auf die Gewichtungen von Einflussparametern und Störgrößen gezogen werden.

Aus den experimentellen Untersuchungen werden Hinweise auf tragbare, weiter zu verfolgende bzw. gegebenenfalls nicht tragfähige oder sogar auszuschließende Lösungsansätze und -methoden erwartet. Diese Zielstellungen sind insbesondere für die zukünftige Ausrichtung einerseits in der Lehre und andererseits auch in der Forschung und technischen Entwicklung auf dem speziellen Anwendungsgebiet von On-line-Manöveranzeigen von großer Bedeutung.

Darüber hinaus werden Erkenntnisgewinne hinsichtlich der Integration neuer Kommunikations- und Informationstechnologien in der Seeschifffahrt erwartet. Aus wissenschaftlicher Sicht wird unter diesem Aspekt insbesondere das Ziel verfolgt, potentielle Beiträge zur Systemoptimierung zu liefern, welche im Bereich der Aus- und Weiterbildung angewendet werden können. Es soll versucht werden, Aussagen zu potentiellen Maßnahmen zur Maximierung der positiven Effekte solcher Systeme auf die Schiffs- und Seetransportsicherheit zu gewinnen.

2.1 Einordnung und Abgrenzung der Zielstellung

Gemäß der bekannten Systematisierung des Manövrierprozesses und der oben eingeführten Definition werden Manöveranzeigen sowohl als Hilfsmittel bei der Manöverplanung als auch bei der Überwachung der Manöverdurchführung eingesetzt.

Prinzipiell können vier Anwendungsgebiete definiert werden:

- Manövrieren im freien Seeraum
- Manövrieren zur Kollisionsverhütung
- Manövrieren in speziellen Revieren und Hafengebieten
- Manövrieren in speziellen Gefahrensituationen (z.B. Mann-über-Bord, Piratenangriff u.ä.)

Ohne diese Gebiete an dieser Stelle näher zu erläutern, wird davon ausgegangen, dass die Themenbearbeitung zunächst auf das Manövrieren bei einfachen Kursänderungen im freien Seeraum beschränkt wird.

Allgemein werden alle numerischen und grafischen Informationen als Manöveranzeigen betrachtet, wobei der Schwerpunkt im Projekt ZuMANZ auf grafischen Manöveranzeigen liegt. Aus der Menge möglicher grafischer Manöveranzeigen werden Bahnvorhersagen in Form von

Vektordarstellungen (als Bewegungstendenz) und Bahnstreifen (definiert als erwarteter Bahnverlauf überlagert mit der Lage des Schiffes) ausgewählt.

Im Projekt ZuMANZ soll ein Verfahren entwickelt werden, welches die für die Anzeige notwendigen Vorhersagedaten liefert. Für die Manöveranzeige notwendige Daten sind die Bahnparameter in einem schiffsfesten Koordinatensystem. Als Spezialfall dieser Anwendung kann ein Ausweichmanöver bei bestehender Kollisionsgefahr im freien Seeraum betrachtet werden.

2.2 Einordnung in das Bündnis „Maritime Safety Assistance Rostock“

Das Bündnis „Maritime Safety Assistance Rostock“ (MSA) läßt sich in den Trend des „Quality Shipping“ einordnen. Insbesondere die Europäische Schifffahrt sieht hierin einen strategischen Wettbewerbsvorteil. Messbare Verbesserungen der „Shipping Performance“ rücken in den Mittelpunkt. Qualität und Leistung im Seetransport zeichnen sich durch ein höheres Maß an Sicherheit und Umweltfreundlichkeit bei gleichzeitig hoher Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit und Rentabilität aus.

Das Projekt 3 gehört zum Forschungs-Industrie-Bündnis MSA von jetzt 11 Unternehmen, Bildungs- und Forschungseinrichtungen, welche seit 2001 erfolgreich zusammenarbeiten. Gemeinsames Ziel ist die Entwicklung und Vermarktung von Systemprodukten und Systemleistungen, die sich durch neue Assistenzlösungen für ein zuverlässiges und effizientes Zusammenwirken von Mensch, Technik und Management in den Seetransportprozessen auszeichnen. Maritime Safety Assistance positioniert sich in den globalen maritimen Service-Märkten als Know-how-Schmiede und wissensbasierter Problemlöser zur Verbesserung der Performance von Seetransportprozessen.

Durch Kooperation in Technologieentwicklung und Produktintegration bietet Maritime Safety Assistance seinen Kunden in Schifffahrt, Schiffbau und in Maritimer Ausbildung optimierte Supportlösungen:

- Integrierte Schiffs- und Flottenmanagementsysteme mit „Rundum-Assistenz“ z.B. für zustandsbasierte Instandhaltung und IMO-Management, Onboard-Assistenz und Fernunterstützung auf einer einzigen, standardisierten Plattform,
- Schiffsautomatisierungssysteme mit neuartigen Assistenzfunktionen, z.B. zur intelligenten Gefahrenabwehr oder zur zustandsbasierten Manöveranzeige,
- Maritime E-Services auf einer gemeinsamen Webservice-Plattform für alle Arten von weltweiter Fernunterstützung, z.B. für Distant Learning, Remote Diagnostics oder Teleconsulting.
- Maritime Safety Assistance positioniert sich weltweit, mit der Hauptzielregion Europa, und zunehmend in der führenden Schiffbau- und Schifffahrtsregion Ost- und Südostasien.

Im Rahmen dieser Kooperation steht das Projekt ZuMANZ für die Realisierung eines Konzeptes einer neuartigen Assistenzfunktion für die zustandsbasierten Manöveranzeige an Bord von Seeschiffen.

3 Konzept des "On-line Manoeuvring Assistant" und dessen Einbindung in die Schiffsführung

Die Arbeiten im Rahmen des Projektes umfassten konzeptionelle Betrachtungen zu einem Echtzeit-Manöver-Assistenten. Bestandteil dieser Betrachtungen sind zunächst generelle Aussagen zu bestehenden Alarmierungs- und Anzeigesystemen, weil ein Manöver-Assistenz-System im Sinne des Projektes noch nicht existiert. An dieser Stelle sei darauf verwiesen, dass ein solches System nicht mit Bahnplanungs- oder Bahnassistenz-Systemen verwechselt werden darf.

3.1 Gegenwärtiger Stand der Technik und Forschung auf dem Gebiet von Manöveranzeigen und Prädiktionen

Wegen der Komplexität der Thematik in Hinblick auf eine einheitliche Erfassung und Bewertung von zustandsbeschreibenden Navigationsdaten (wie z.B. in der Luftfahrt) existieren seitens der

Hersteller von Navigationskomponenten eher separate Firmenlösungen. Trotz der geringen Herstelleranzahl und deren Produkte existieren Applikationen, welche Hinweise zur Realisierung eines Manöver-Assistenz-Systems geben. Aus diesem Grund war es sinnvoll eine Erhebung zum Stand von Wissenschaft und Technik in diesem Segment anzufertigen, welche sich insbesondere auf den Anfang des Projektes bezieht.

3.1.1 Stand der Technik

Zur Unterstützung der Schiffsführung existieren bzw. existierten Beratungs- und Überwachungssysteme für nautische Aufgaben. Der Schwerpunkt vorhandener Systeme zur Unterstützung des Schiffsführungsprozesses, wie z.B. die Systemfamilie NACOS, liegt in der Regel auf den navigatorischen Aufgaben. Reedereiinternen Analysen zufolge ist der zunehmend erforderliche, erweiterte Leistungsumfang nur ansatzweise vorhanden. Auch der vorhandene Bedienkomfort entspricht teilweise nicht den Forderungen aus der Praxis. Bisherige Lösungen führen dazu, dass eine Nutzung für die Entscheidungsfindung im operativen Prozess der Schiffsführung nicht durchgängig möglich ist.

Die Aufgaben der hydrometeorologischen Schiffsführung werden durch die vorhandenen Systeme nur bedingt oder gar nicht berücksichtigt. Ähnliches gilt auch für Systeme zur Unterstützung der Situationseinschätzung und Entscheidungsfindung bei der Kollisionsverhütung. Die Möglichkeiten zur Darstellung von Empfehlungen und Entscheidungshilfen zur Kollisionsverhütung für den Schiffsführungsprozess an Bord werden seit längerem und auch in laufenden Forschungsprojekten untersucht. Es hat sich gezeigt, dass den Kapitänen und Schiffsoffizieren bisher nur rechnergestützte Teillösungen zur Verfügung stehen.

Der Stand der Technik ist heute auch dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Schiffsmaschinen bereits ein hoher Grad an Automation erreicht wurde. Inzwischen werden durch die neuen Möglichkeiten der Kommunikations- und Informationstechnologien völlig neuartige Diagnosesysteme entwickelt und zunehmend auch eingesetzt. Vielfältigste Betriebsdaten werden erfasst, aber bisher fast ausschließlich zum Zwecke der Unterhaltung bzw. der regelmäßigen und zum Teil präventiven Instandhaltung genutzt. Maschinendiagnosedaten haben jedoch auch einen fundamentalen Einfluss auf die Schiffsführung. Insbesondere bei sicherheitskritischen Fahrtzuständen und in Situationen, in denen die gesamte Manövrierfähigkeit eines Schiffes zur Verfügung stehen muss, haben bisher aktuelle Maschinenzustandsdaten kaum Einfluss auf die nautische Entscheidungsfindung.

Wie schon erwähnt, basieren in der Schiffsführung eingesetzte Alarmierungs- und Anzeigesysteme zur Unterstützung des Manövrierprozesses in der Regel auf Schwellwertkriterien bzw. auf einfachen zumeist linearen Extrapolationsalgorithmen für einzelne gemessene oder abgeleitete Prozessgrößen. Eine Informationsverdichtung bzw. logische Verknüpfung der technischen, zustandsbeschreibenden Prozessinformationen zur Bahnvorhersage, damit verbunden zur Gefahrenfrüherkennung durch den nautischen Schiffsoffizier, erfolgt derzeit nicht bzw. nur eingeschränkt für einzelne Anwendungen. Im Interesse der sicheren Schiffsführung werden zunehmend aktuelle Informationen über den technischen Zustand sicherheitsrelevanter Teilsysteme, deren zeitliche Entwicklung sowie der quantitativen Wirkungen auf das Manövrierverhalten des Schiffes benötigt, um das Schiffsführungsregime darauf einzustellen bzw. im Ereignisfall problemadäquat reagieren zu können. Dies manifestiert sich insbesondere dadurch, dass immer mehr und aufwendigere Anzeigesysteme an Bord installiert werden.

Generell finden sich zahlreiche zustandsbasierte Anzeigen an Bord von Seeschiffen in verschiedener Form. Alle Anzeigen zur Schiffsführung zählen im Prinzip dazu. Auf der Brücke werden hierfür gewöhnlich die Werte:

- Position als Breiten- und Längswert (GPS-, Loran-C Empfänger, ECDIS),
- Position als Abstand und Peilung (Radar/ARPA),
- Geschwindigkeit (Schiffslog in verschiedener Sensorform),
- Lage als Kurs (Magnet- und Kreiselkurs),

- Wassertiefe unter dem Kiel (Echolot),
- Ruderlage (Soll- und Ist-Werte),
- Antriebsmaschinen (Drehzahl, Steigung, Soll- und Ist-Werte),
- Strahlruder (Drehzahl bzw. Leistung, Soll- und Ist-Werte),
- Windmesser (Richtung und Stärke),

visualisiert. Auf der Basis von internationalen, nationalen bzw. traditionellen Vorgaben hat jeder Sensor seine spezielle Anzeige und seinen festgelegten Platz auf der Brücke. Die Anordnungen der Sensoranzeigen sind nicht zufällig gewählt, sondern sind der Hauptaufgabe des Wachoffiziers, der Beobachtung des Seeraumes untergeordnet.

Im letzten Jahrzehnt hat sich für die Darstellung der Sensorwerte das so genannte „Conning Display“ (CD) als mehr oder weniger praktikable Zusammenfassung auf einem Anzeigegerät etabliert. Der Begriff CD unterliegt keiner bindenden Definition, sondern meint nur, dass navigatorisch relevante Anzeigen, zumeist numerischer Natur, auf einem Bildschirm oder einem Ausschnitt davon erscheinen. Die Relevanz kann dabei vom Wachhabenden festgelegt werden. Alle Hersteller der Branche bieten, wie exemplarisch im Anhang in der Tab. 12-3 gezeigt wird, derlei Anzeigen an.

Eine allgemeine Definition zur Darstellung einer Bahnvorhersage scheint es international nicht zu geben. Lediglich einen vorläufigen Standard zur Bestimmung der Manövrierfähigkeit von Seeschiffen (A.751(18), MSC/Circ.1053) und die IMO-Anforderungen für die Darstellung von navigationsbezogenen Informationen (MSC.191(79)) mit den Vorgaben zur Darstellung der Bahnvorhersage von AIS-Zielen sind bekannt.

Eine Definition zur Vorhersage der Schiffsbahn findet sich in [16] und lautet:

Display path prediction for Portable Pilot Unit

1. The PPU shall predict the course of the vessel using current course, speed, wind and current information and display the prediction on the TTI.
2. The prediction shall present the position, shape and orientation of the vessel at the prediction time together with intermediate positions, shapes and orientations at user defined intervals

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Manöverprädiktion dem OOW in verschiedener grafischer Form angeboten wird. Die Darstellung reicht von der einfachen Bahndarstellung als Linie bis hin zu komplexen Darstellung des zu erwartenden Platzbedarfs des Schiffes als abgegrenzte Fläche mit der Wiederholung des Schiffsumrisses in definierten Zeitabständen. Wahlweise wird die Anzeige des WOP angeboten. Die Berücksichtigung der Umwelteinflüsse (Wind und Strom) kann, muss aber nicht Bestandteil der Vorhersage sein. Die Darstellung basiert zumeist auf aktuellen Eingangsparametern, welche lediglich den Ist-Zustand mit Kurs und Geschwindigkeit berücksichtigen. Eine Bahnvorhersage unter Berücksichtigung aktueller Stellgrößen (z.B. Ruderlage und Antriebsorgane) erfolgt bislang nicht.

Das zukünftige Verhalten des Schiffes wird von den Manövrierunterlagen eines Schiffes abgeleitet, welche nach IMO Res. 601 erstellt wurden. Die Qualität einzelner Messungen in den Unterlagen, für zumeist nur einen Beladungszustand (Ballastfahrt während der Werfterprobung), bestimmt damit die Vorhersagen. Die verschiedenen Beladungszustände des Fahrzeuges werden, wegen der zusätzlichen Kosten und der fehlenden internationalen Verpflichtung, gar nicht oder nur stark vereinfacht für die Kursregelung berücksichtigt.

3.1.2 Stand Wissenschaft & Forschung

Der wissenschaftlich-technische Entwicklungsstand dokumentiert sich schließlich auch in den Ergebnissen der Sicherheitsanalysen von Schifffahrts-Unternehmen. Am Test von Neuentwicklungen (z.B.: Seagull, Viking oder Videotel) beteiligte Reedereien stellten fest, dass die im Rahmen von europäischen (u.a. MASSTER, SEAGULL, METNET) und nationalen Forschungsprojekten (INasS) neu vorgeschlagene Systeme bei weitem noch nicht den heutigen Anforderungen gerecht werden.

Neuere wissenschaftliche Arbeiten zum Thema sind bspw.:

- Recursive Parameter Identification for Estimating and Displaying Manoeuvring Vessel Path [14]
- Mathematical Models for Ship Path Prediction in Manoeuvring Simulation Systems[15]
- Maritime Hydrodynamic [19]
- Hydrodynamic Predictor [20]
- Projekt ATOMOS IV
- Projekt ADANAV [22]

Alle diese Methoden berücksichtigen vorzugsweise nur Modelle für das Steuern dh. den Bahn- und Kursverlauf und nicht für das Manövrieren mit der Antriebsanlage. Zudem werden in diesem Zusammenhang keine Informationen zu deren ggf. eingeschränkter Verfügbarkeit verarbeitet.

Der Stand der Wissenschaft und Forschung ist im Bereich der Schiffsmaschinen weiterhin dadurch gekennzeichnet, dass die modernen Möglichkeiten der Kommunikations- und Informationstechnologien verbesserte Diagnosesysteme zum Einsatz kommen lassen. Vielfältigste Betriebsdaten werden erfasst und zum Zweck der Unterhaltung bzw. der regelmäßigen und zum Teil präventiven Instandhaltung genutzt. Maschinendiagnosedaten haben jedoch auch einen fundamentalen Einfluss auf die Schiffsführung. Insbesondere bei sicherheitskritischen Fahrtzuständen und in Situationen, in denen der gesamte Manövernorrat eines Schiffes zur Verfügung stehen muss, werden aktuelle Maschinenzustandsdaten bisher kaum für die nautische Entscheidungsfindung berücksichtigt.

3.2 Definition und Spezifikation der Funktionalität des Moduls

3.2.1 Definitionen

Manöveranzeigen:

Manöveranzeigen sind Hilfsmittel zur vorausschauenden Einschätzung und Kontrolle von Manövern bei der Manöverdurchführung. Manöveranzeigen sind in beliebigen Medien präsentierte, numerische und grafische Informationen zur Darstellung zu erwartender zeit- und raumabhängiger Bewegungszustände bzw. -verläufe beim Manövrieren eines Schiffes.

Numerische Anzeigen sind in Listen, Tabellen nach bestimmten Ordnungsprinzipien zusammengefasste Manövrierkennwerte (MKW) bzw. Manöverdaten.

Grafische Anzeigen sind geeignete punktuelle (zeitdiskrete) oder kontinuierliche Darstellungen zur Visualisierung der Bewegungszustände bzw. -verläufe beim Manövrieren auf Papier, Folie oder elektronischen Displays (schiffsfeste u.a. Koordinatensysteme, Radar, ECDIS oder andere Navigationsdisplays)

In diesem Projekt wird sich als Schwerpunkt auf Anzeigen zur vorausschauenden grafischen Darstellung der Prädiktion von zukünftigen Bahnpositionen (Bahnverlauf) beschränkt.

Zustandsbasierte Manöveranzeigen:

Zustandsbasierte Manöveranzeigen sind Manöveranzeigen, welche neben den aktuellen statischen und dynamischen Zustandsparametern des Schiffes und der beeinflussenden Umweltparameter auch die aktuellen Statusparameter der Manöviereinrichtungen berücksichtigen.

- Statische Zustandsparameter eines Schiffes sind technische Vermessungsparameter (u.a. L, B, Tiefgang, Lateralflächen ...)
- Dynamische Zustandsparameter sind die mit der Bewegung eines Schiffes veränderlichen Größen (u.a. Kurs, Lage, Geschwindigkeit, ...)
- Beeinflussende Umweltparameter sind die beschreibenden Umgebungsbedingungen (u.a. Wassertiefe, Fahrwassergeometrie, Wind, Strömung, ...)

- Statusparameter der Manövriereinrichtungen (Steuer- und Vortriebsorgane) sind die aktuellen Stellgrößen (Soll- und Istwert) und die den technischen Zustand der installierten Steuereinrichtungen beschreibenden Parameter.
- Stellgrößenparameter sind z.B. aktuelle Ruderlage, Maschinendrehzahl, Leistung von Bug- bzw. Heckstrahlern usw. als auch alle den Zustand der Manövrieroorgane beschreibenden Parameter (Ruderlegezeit, maximal verfügbarer Ruderwinkel und maximal verfügbare Maschinen- bzw. Strahlerleistung, ...).

Eine zustandsbasierte Manöveranzeige informiert den verantwortlichen Schiffsführer idealerweise in nahezu "Echtzeit" über den für ein beabsichtigtes Manöver, gekennzeichnet durch eine geordnete Sollruderlage und Soll-Maschinendrehzahl, über den zu erwartenden zeitlichen und räumlichen Bahnverlauf, so dass der Nautiker schnell erkennen und beurteilen kann, ob die von ihm gewählte Stellgröße ausreichend bzw. zu groß oder zu klein gewählt ist.

Unter dem Begriff Modul wird im weiteren Verlauf eine Software verstanden, welche die Aufnahme und Aufbereitung der Eingangsdaten, die Prädiktion und die Darstellung der Ergebnisse realisiert.

Die Aufnahme und Aufbereitung der Eingangsdaten umfasst alle notwendigen Maßnahmen zur Bedienung der SW-Schnittstelle des Prädiktors. Der Prädiktor ist eine Simulations-SW, welche eine Prädiktion von modellhaften Bewegungszuständen eines Schiffes generiert und die resultierenden Daten ggf. zur Visualisierung bereitstellt.

Darüber hinaus wird es notwendig sein, eine grafische Darstellung der Ergebnisse auf den Prädiktor zu programmieren, damit das Programm auch unabhängig von der elektronischen Seekarte (Electronic Chart Display – ECD) genutzt werden kann. Die Darstellung hier, sollte der Darstellung in der ECD in der Form nicht unähnlich sein. Allerdings gelangen hier die Ergebnisse der Simulation zur Anzeige.

Die Prädiktion ist die Vorhersage von Bewegungszuständen des Schiffes unter der Verwendung eines mathematischen Modells mit 3 Freiheitsgraden. In der Vorhersage werden 2 translatorische Bewegungen in der Ebene und eine rotatorische Bewegung um die Hochachse berücksichtigt.

Die Darstellung der Vorhersagedaten kann auf sehr unterschiedlichen Wegen erfolgen und wird deshalb mit drei verschiedenen Ausbaustufen definiert. Die drei Ausbaustufen könnten:

1. die Kräfte und Momente,
2. den Bahnverlauf als Vektorzug und
3. ein Erwartungsgebiet zeigen.

In den letzteren beiden Darstellungen sollten die Schiffssymbole als maßstabgerechte Umrisse wahlweise eingeblendet werden. Die Darstellungsumgebung wird nicht explizit festgelegt, damit plattformunabhängige Schnittstellen definiert werden können. Die projektbezogene Darstellung sollte in einer ECD erfolgen, wobei diese als zweckgebundene Visualisierungsplattform dient und nur die notwendige Bedienung des Prädiktors realisiert.

3.2.2 Voraussetzungen

Zu den Voraussetzungen gehört die Bereitstellung der notwendigen Daten durch eine geeignete Datenquelle. In Betracht gezogen wurde in erster Linie der VDR der Firma Interswitch (vormals AVECS Bergen GmbH), welcher die geeigneten und noch zu definierenden Datenströme (AP 180) zur Verfügung stellt. In einem ersten Schritt wird der VDR des SHS genutzt, damit grundsätzliche Datenerfassungsmechanismen erarbeitet werden können.

Weiterhin wird vorausgesetzt, dass für das Schiff zunächst Bedingungen wie im „Freien Seeraum“ angenommen werden. Damit entfallen Kollisionsverhütungsszenarien, Docking Manöver und begrenzte Fahrwasser. In einer ersten Ausbaustufe werden ausschließlich Daten aus dem nautischen Bereich verarbeitet. In einer weiteren Ausbaustufe sollten zur Qualifizierung des Wirkungsgrades einzelner Antriebsorgane Daten aus dem Maschinenbereich verwendet werden.

3.2.3 Anforderungen

- 1) Zur Unterstützung der Schiffsführung soll der zu erwartende Bahnverlauf für einen bestimmten Zeithorizont eingeblendet werden.
- 2) Der Umfang des Zeithorizonts zur Prädiktion der Bahn ist in Abhängigkeit der Verfügbarkeit, der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Eingangsdaten bzw. der zu verwendenden Simulationsalgorithmen festlegbar.
- 3) Der Bahnverlauf soll, wie bereits zum Teil in der Bahnplanung praktiziert, entweder als Bahnkurve oder Bahnstreifen, dessen Breite von Drift- und/oder Vorhaltewinkeln beeinflusst wird, erfolgen. Die Schiffskontur soll zusätzlich maßstabs- und lagegerecht für bestimmte Zeitabschnitte bzw. -punkte überblendet werden können.
- 4) Bei Änderung einer Stellgröße, (Ruderlage, Schub, Bug-/Heckstrahler, ...) soll die zu erwartende Änderung des Bahnverlaufs (z.B. Vergrößerung oder Verkleinerung der Bahnkrümmung) dargestellt werden.
- 5) Jeder aktuellen Stellgröße sollte ein Statuswert zugeordnet werden, um die technische Qualität der Funktionsweise einschätzen zu können.

3.3 Struktur und konzeptionelle Beschreibung des Lösungsansatzes

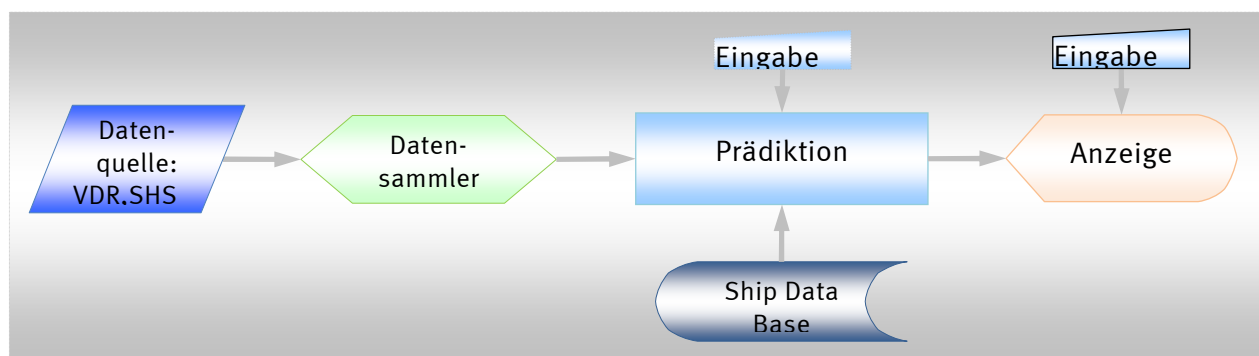


Abb. 3-1 Schematische Darstellung des Lösungsansatzes

3.3.1 Datenquelle

Mit Hilfe verschiedenster Brückengeräte (Radar/ECDIS) werden navigatorische Messdaten erfasst und zur Anzeige gebracht und dienen deshalb als Datenquelle. Leider ist eine exakte messtechnische Erfassung im Sinne des Gebrauchs einer einheitlichen Systemzeit nicht möglich, weil das zu verwendende NMEA-Datenprotokoll keine adäquaten Zeitstempel enthält. Die Erfassungssysteme vertrauen darauf, dass es einen kontinuierlich Datenfluss mit der Frequenz von einem Hertz von jedem Sensor gibt und so jede Sekunde ein neuer Datensatz zur Verfügung steht. Diese Annahme schließt mit ein, dass nicht alle Messwerte zu einem Zeitraum gehören können und deshalb nicht einem Zeitpunkt zugeordnet werden dürfen. Diese angezeigten Messwerte der Brück werden mit einem VDR erfasst und abgespeichert. Trotz dieser bekannten Unzulänglichkeiten soll in erster Linie der VDR als Datenquelle genutzt werden, da alle anderen möglichen Datenerfassungsmethoden kostspieliger wären und nicht den allgemeinen Sachstand der Datenerfassung an Bord widerspiegeln. Der VDR liefert die notwendigen Eingangsdaten (siehe Tab. 12-1 und Tab. 12-2 im Anhang).

3.3.2 Datensammler

Der Datensammler sollte:

- notwendige Daten aus dem Datenstrom bereitstellen,
- Zeitmanagement für die Prädiktion organisieren,
- ggf. Zustandsbeiwerte erheben und bewerten sowie
- eine Langzeit-Beobachtung der Messwerte realisieren.

3.3.3 Prädiktion

Die Prädiktion erzeugt auf der Basis eines 3DoF-Bewegungsmodells mittels vorhandener Parametersätze eine Voraussimulation von Kräften, Momenten am Schiff und die daraus resultierenden Beschleunigungen, Geschwindigkeiten, Positionen sowie Drehraten und die Lage des Schiffs.

3.3.4 Eingabe

Bei den Eingabefeldern in Abb. 3-1 handelt es sich um eine manuelle Eingabemöglichkeit, welche es einem Operator gestattet Einstellungen und Korrekturen am Simulationsprozess oder im Anzeigesystem vorzunehmen. Nach der experimentellen Phase sollte die Prädiktion keine manuellen Eingaben haben.

3.3.5 Anzeige

Zur Anzeige sollten anfangs in verschiedenen Ausbaustufen Kräfte und Momente, der Bahnverlauf und ggf. der Platzbedarf des Schiffes (Erwartungsgebiet) kommen. In der ersten Ausbaustufe sollten die Kräfte und Momente und der Bahnverlauf gezeigt werden. In einer weiteren Ausbaustufe sollten die Ergebnisse als Vorhersage in der ECDIS gezeigt werden.

3.4 Auswahl und Festlegung des Manöverprädiktionsverfahrens

3.4.1 Untersuchungen zur Manöverprädiktion mittels VDR-basierter Bahndaten

In diesem Kapitel wurden grundlegende konzeptionelle Untersuchungen zur Machbarkeit eines VDR-basierten Manöverberatungssystems angestellt. Dabei wurde die Entwurfsstruktur des prinzipiellen Aufbaus eines solchen Systems entworfen und anwendungsspezifisch (Beratung für Manöver im Revier, zur KV usw.) diskutiert. Einen ersten Entwurf zeigt Abb. 3-2. Ziel war es, die funktionellen und technischen Voraussetzungen eines VDR-basierten Beratungssystems zu ermitteln und zu untersuchen sowie Möglichkeiten zur praktischen Realisierung zu ermitteln. Im Ergebnis der Untersuchungen steht die prinzipielle Struktur des Lösungsansatzes (Abb. 3-2), welche in der Analogie zur Grundstruktur (Abb. 2-1) entwickelt wurde.

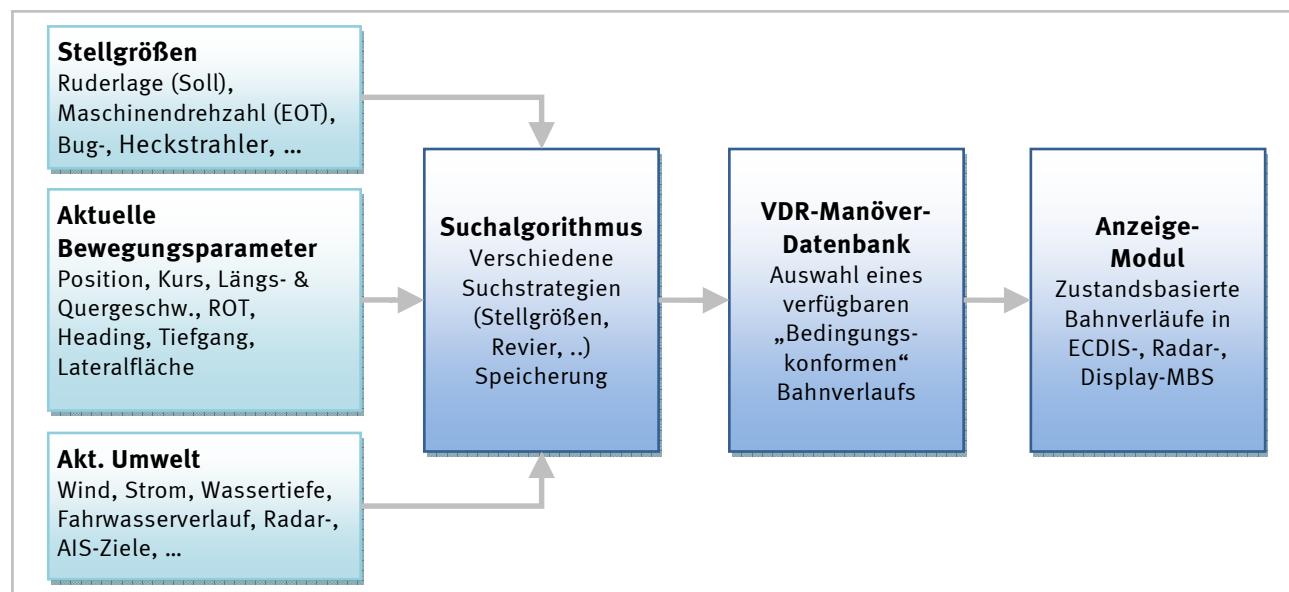


Abb. 3-2 Entwurf einer Struktur für ein VDR-basiertes Manöverassistenz-System

Die Idee der Sammlung verschiedenster grundsätzlicher Manöver eines Schiffes via VDR unter verschiedenen Fahrtbedingungen, in verschiedenen Beladungszuständen und unter verschiedenen Umweltbedingungen erschien im ersten Ansatz als logisch und durchführbar. Der besondere Charme des Ansatzes ist das Finden von bereits gefahrenen Bahnabschnitten als Vorhersage ohne Berechnungen durch ein Bewegungsmodell und dem damit verbundenen Fehlerbudget.

Bei der Definition „Was sind grundsätzliche Manöver und wie werde diese erkannt?“, fiel jedoch auf, dass die notwendigen Kenntnisse für die Rahmenbedingungen des Suchalgorithmus sehr vielschichtig sein können je genauer die Vorhersage sein soll. Zudem kommt, dass Apriori nur die Bahnverläufe der Pilotchart zur Verfügung stehen, welche zumeist im Ballast gefahren wurden. Neuere Bahnverläufe müssen erst anhand von unterschiedlichen zustandsbeschreibenden Werten erfasst werden.

Je genauer die Vorhersage sein soll, desto feiner muss ein Entscheidungsraster zur Erfassung aufgemacht werden. Man denke an das Ruder mit einem Raster von 5° und hätte bei einer Drehkreisfahrt nach Bb. und Stb. 70 verschiedene Bahnabschnitte. Allerdings müssten diese noch multipliziert werden mit dem Raster für die Fahrtzustände der Maschine aus verschiedenen Geschwindigkeitsstufen heraus. Schon hier sollte klar werden, dass die Datenbank riesig werden kann. Trotz der dann schon erreichten Detailtreue, kommen noch Trimm und Tiefgang hinzu. Zudem muss man, wenn man die aufgenommen Bahndaten nicht von den Umwelteinflüssen befreien will, eine Unterscheidung nach Wind- und Stromeinflüssen machen. Selbst unter sehr groben Rastereinteilungen dürfte sich die Schiffsdatenbank exponentiell erweitern. Abgesehen von der Größe der Datenbank, gibt es noch einen Schwachpunkt. Am Anfang der Benutzung eines solchen Systems werden keine hinreichend genauen Bahnverläufe zur Verfügung stehen. Das

Vorhersagesystem muss diese ja erst erfassen oder durch berechnete Bahnverläufe ersetzen. Ähnlich wie im Kapitel 5.1 ist eine Qualifizierung des Systems notwendige Voraussetzung zum Betreiben. In Hinblick auf die Aufwandsabschätzung zur Thematik und den bereits geleisteten Aufwendungen entschied sich das Bearbeiter-Team eine SW-technische Umsetzung nicht zu initiieren.

3.4.2 Untersuchung zur Manöverprädiktion mittels Schiffsbewegungsmodell

Als alternativer Entwurf zur Manöverprädiktion mittels VDR-basierter Bahndaten wurde die Manöverprädiktion mittels Schiffsbewegungsmodell entwickelt. Das Schiffsbewegungsmodell ist ein Kraft- und Momentenmodell, welches jederzeit auf der Basis der Stellgrößen und den aktuellen Bewegungsparametern sowie einer Schiffsdatenbank und unter Berücksichtigung gemessener Umweltparameter zukünftige Positionen und Lage berechnen kann. In der Abb. 3-3 wird eine entsprechende Struktur gezeigt

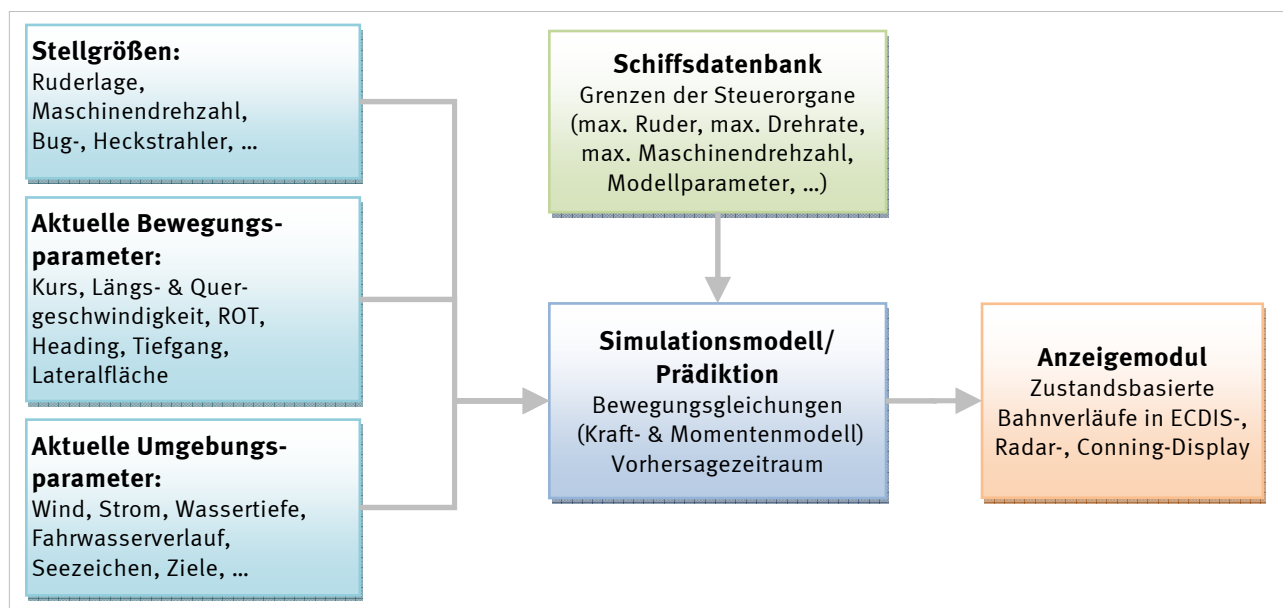


Abb. 3-3 Entwurf einer Struktur für modellbasiertes Manöverassistenz-System

Vorteilig gegenüber der Manöverprädiktion mittels VDR-basierter Bahndaten ist, dass „ ... jederzeit und mit allen möglichen Einstellungen der Stellorgane, usw. „ (wie oben beschrieben) sowie unter der Einbeziehung möglicher leistungsmindernder Ereignisse der Ruder- und Maschinenanlage Bahn- und Lagevorhersagen direkt berechnet werden können. Verantwortlich hierfür sind u.a. die Modellparameter auch Clark-Koeffizienten genannt, welche maßgeblich die Nachbildungsgenauigkeit der vorherzusagenden Schiffsbahn beeinflussen.

Nachteilig bei der Manöverprädiktion mittels modellbasierten Manöverassistenz-System ist die Tatsache, dass für ein Schiff die richtigen Modellparameter erst gefunden bzw. identifiziert werden müssen. Die Identifikation der Modellparameter ist ein sehr zeitaufwendiges Verfahren und bedarf eines empirischen Erfahrungsschatzes, welcher selbst bei Betreibern von Schiffsführungssimulatoren auf wenige Personen begrenzt bleibt. Dieser Umstand und auch die Erkenntnis, dass abhängig von der Beladung (Tiefgang und Trimm) neue Parametersätze benötigt werden, haben bislang verhindert, dass komplexe Schiffsbewegungsmodelle an Bord von Schiffsbrückenherstellern genutzt wurden.

Trotz dieser entscheidenden Nachteile entschied sich das Team von Bearbeitern für die letzte Variante, da der rechentechnische Verwaltungsaufwand im Vergleich zur Manöverprädiktion mit VDR-basierten Bahndaten gering ist, die Quote der Fehlinterpretation klein ist, weil es Erfahrungen im Umgang mit komplexen Schiffsbewegungsmodellen besitzt, weil weitaus genauere Bahnvorhersagen möglich sind und weil das Kosten/Nutzenverhältnis ein zukunftsträchtiges Verfahren verspricht.

4 Methoden zur Erfassung der Kräfte durch Manövriereinrichtungen und von Auswirkungen des sich ändernden technischen Zustandes; Berechnung und Darstellung für Manöverunterstützung

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der „Entwicklung von Methoden zur Erfassung von Kräften durch die Manövriereinrichtungen ...“, wobei der Begriff „Erfassung“ eher im Sinne der „Bestimmung/Berechnung“ und nicht im Sinne der „Messung“ zu verstehen ist.

4.1 Methoden zur Erfassung von Kräften am Schiffskörper und den Manövriereinrichtungen

4.1.1 Grundlagen der Simulation und Modell der Schiffsdynamik

Für realitätsnahe Simulationen ist es unerlässlich, ein Schiffsmodell zu generieren, das den realen Verhältnissen, speziell in den für die Untersuchung wesentlichen Bedingungen, sehr nahe kommt. Dafür muss sowohl ein detailliertes mathematisches Modell zur Beschreibung der Dynamik des Schiffes vorliegen als auch eine ausreichende Menge an Informationen zur Verfügung stehen, um die in den Modellgleichungen vorhandenen Parameter an die Eigenschaften der Schiffe anzupassen. Durch die Komplexität der Objekte werden sehr hohe Anforderungen an die Modellierung gestellt.

Die im Simulator des Prädiktionstools verfügbare Software basiert auf der Modellierung von Schiffsbewegungen durch Differentialgleichungssysteme, die vor allem die drei hauptsächlichsten Freiheitsgrade der Schiffsbewegung in x- und y-Richtung sowie der Drehung um die z-Achse umfasst. Zusätzliche Gleichungen beschreiben die Motordynamik und externe Effekte.

Die Bewegung des Schiffes auf der Wasseroberfläche ist gekennzeichnet durch die Koordinaten x_0 und y_0 in der Ebene für seine Position sowie den Winkel ψ um die Hochachse für die Lage bzw. das Heading (Kurs) an aufeinander folgenden Zeitpunkten (Abb. 4-1).

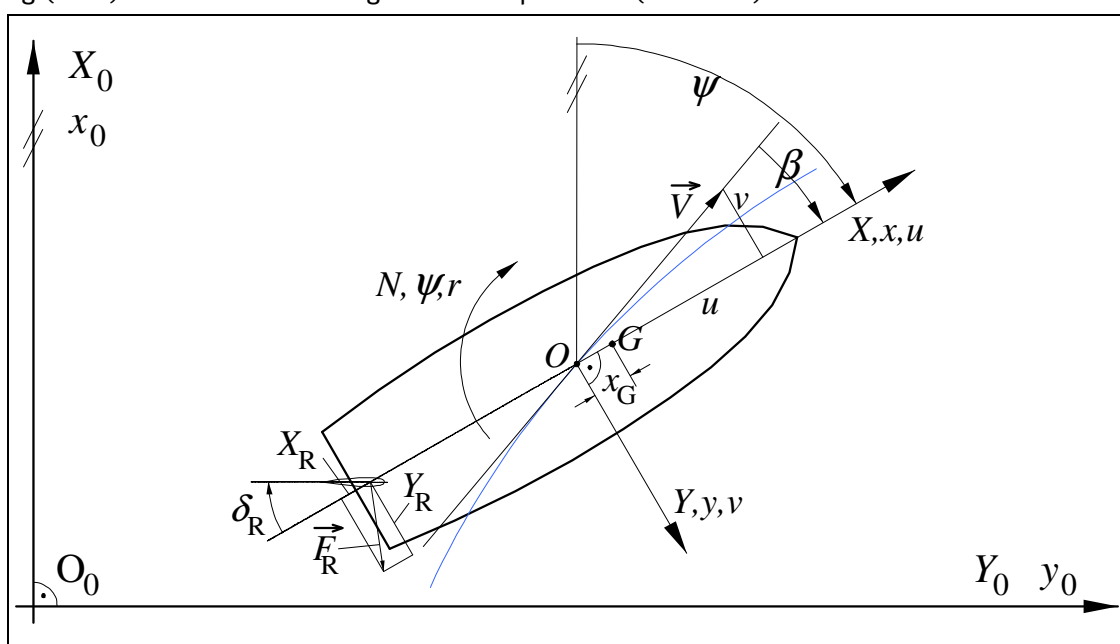


Abb. 4-1 Koordinatensystem und Definitionen

Die Beschränkung auf die drei hauptsächlichsten Freiheitsgrade der Bewegung in x- und y-Richtung sowie der Drehung um die z-Achse erlaubt die Beschreibung der Schiffsbewegung mit drei Differentialgleichungen (4-1), deren Lösungen die Beschleunigungen für alle verwendeten Freiheitsgrade im schiffsfesten Koordinatensystem angeben. Der Ursprung dieses Systems liegt im gemeinsamen Schwerpunkt aus Schiffsmasse und hydrodynamischer Masse. Die x-Achse zeigt in Vorausrichtung (Heading), die y-Achse in Querabrichtung, positiv nach Steuerbord und die z-Achse in vertikaler Richtung, positiv nach unten. Dieses System folgt den beschriebenen Bewegungen

des Schiffes in den zur Verfügung stehenden Freiheitsgraden, d.h. x- und y-Achse verlaufen horizontal und die z-Achse immer vertikal.

$$\begin{aligned} (m + m_x) \cdot \frac{du}{dt} - (m + m_y) \cdot v \cdot r &= X \\ (m + m_y) \cdot \frac{dv}{dt} + (m + m_x) \cdot u \cdot r &= Y \\ (I + I_z) \cdot \frac{dr}{dt} + (m_y - m_x) \cdot u \cdot v &= N \end{aligned} \quad (4-1)$$

Bei dem verwendeten Simulationsverfahren erfolgt eine Aufteilung der Kräfte und Momente nach ihren Ursachen und Zusammenfassung in einem modularen mathematischen Modell (siehe 4.3). Die auftretenden Kräfte werden nach ihren physikalischen Gesetzmäßigkeiten getrennt dargestellt und bei der Simulation wieder zusammengesetzt:

$$\begin{aligned} X_{ges} &= X_{Prop} + X_{Hull} + X_{Rud} \\ Y_{ges} &= X_{Prop} + Y_{Hull} + Y_{Rud} \\ N_{ges} &= X_{Prop} + N_{Hull} + N_{Rud} \end{aligned} \quad (4-2)$$

Die entstehenden Gesamtwerte dienen als Berechnungsparameter für die Differentialgleichungen. Im Folgenden werden die Berechnungsweise und die zugrunde liegenden hydrodynamischen Gleichungen der wichtigsten Module dargestellt. Der Einfachheit halber wird ein Schiff mit nur einem Festpropeller und einer Ruderanlage betrachtet. Optional ist die Verwendung des Simulators für Schiffe mit mehreren Propellern und Maschinen und auch für Propeller mit variabler Propellersteigung (Pitch) angelegt.

4.1.2 Rumpfkkräfte

Das in der Prädiktion verwendete Modell zur Berechnung der Rumpfkkräfte und –momente basiert auf Methoden von CLARKE und NORRIN.

In einem halbempirischen Verfahren, der sogenannten „Clarke-Estimation“, werden Koeffizienten bestimmt, die als Beiwerte zur Berechnung der Kräfte und Momente in die Bewegungsgleichungen eingehen. Diese Methode wurde in einer großen Anzahl repräsentativer Modellexperimente ermittelt bzw. durch Analyse der Ergebnisse aus Testläufen von realen Schiffen und Schiffsmodellen gewonnen. Die gefundenen Werte wurden in Abhängigkeit von globalen Schiffsparametern erfasst und durch lineare Regressionsansätze dargestellt. Die Gleichungen für die Regressionsparameter bilden die Grundlage für die Clarke-Estimation. Aus festen Schiffsdaten (Schiffslänge, Breite, Tiefgang und Blockkoeffizient usw.) werden mittels dieser Gleichungen die „Clarke-Koeffizienten“ bestimmt. Sie stehen als Datenbankeinträge für die Berechnung der Kräfte und Momente am Schiffskörper zur Verfügung.

Entsprechend der betrachteten Freiheitsgrade wirkt am Schiffsrumpf eine resultierende Kraft in x-Richtung, eine resultierende Kraft in y-Richtung und ein Moment um die vertikale z-Achse.

Die Kraftkomponente in Vorausrichtung ergibt sich aus:

$$X_{Hull} = A_1 \cdot (\dot{u} - \dot{u}_g) + A_2 \cdot vr + A_3 \cdot u|u| + A_4 \cdot u^3|u| + A_5 \cdot uv^2|v|, \quad (4-3)$$

wobei die Größen $A_1 - A_5$ ausgewählte Clarke-Koeffizienten darstellen.

Kräfte bzw. Momente für die verbleibenden beiden Freiheitsgrade werden bei ihrer Berechnung jeweils in einen linearen und einen nichtlinearen Anteil zerlegt. Die Kraft in Querabrichtung wird folgendermaßen bestimmt:

$$Y_{Hull} = Y_{lin} + Y_{non} \quad (4-4)$$

mit

$$Y_{lin} = B_1 \cdot (\dot{v} - \dot{v}_g) + B_2 \cdot \dot{r} + B_3 \cdot ur + B_4 \cdot |u|v \quad (4-5)$$

Auch hier sind $B_1 - B_4$ spezielle Clarke-Koeffizienten.

Die Bestimmung des nichtlinearen Anteils erfolgt entsprechend der Lage des Drehpunktes des Schiffes. Es werden drei Fälle (A: Drehpunkt hinter dem Schiff, B: Drehpunkt auf dem Schiff, C: Drehpunkt voraus) unterschieden. Fall D dient lediglich dazu, eine Division durch 0 zu vermeiden.

Anhand dieser Fallunterscheidung ergibt sich der nichtlineare Kraftanteil:

$$Y_{non} = \begin{cases} -B_5 \cdot r \cdot |r| - B_6 \cdot v^2 \cdot \text{sign}(r) + B_7 \cdot v \cdot |r| \cdot \tau & \text{Fall A} \\ -B_8 \cdot v \cdot |r| - B_9 \cdot \frac{v^3}{|r|} + \tau \cdot \left(B_A \cdot r \cdot |r| + B_B \cdot v^2 \cdot \text{sign}(r) - B_C \cdot \frac{v^4}{r^2} \cdot \text{sign}(r) \right) & \text{Fall B} \\ B_5 \cdot r \cdot |r| + B_6 \cdot v^2 \cdot \text{sign}(r) - B_7 \cdot v \cdot |r| \cdot \tau & \text{Fall C} \\ 0 & \text{Fall D} \end{cases} \quad (4-6)$$

Das zugehörige Moment wird in gleicher Weise ermittelt, auch hier wird die Fallunterscheidung zur Lage des Drehpunktes durchgeführt:

$$N_{Hull} = N_{lin} + N_{non} \quad (4-7)$$

mit $N_{lin} = C_1 \cdot (\dot{r} - \dot{r}_g) + C_2 \cdot \dot{v} + C_3 \cdot |u|r + C_4 \cdot uv \quad (4-8)$

$$N_{non} = \begin{cases} -C_5 \cdot v \cdot |r| + \tau \cdot (C_6 \cdot r \cdot |r| + C_7 \cdot v^2 \cdot \text{sign}(r)) & \text{Fall A} \\ -C_8 \cdot r \cdot |r| - C_9 \cdot v^2 \cdot \text{sign}(r) + C_A \cdot \frac{v^4}{r \cdot |r|} + \tau \cdot \left(C_B \cdot v \cdot |r| - C_C \cdot \frac{v^5}{r^3} \cdot \text{sign}(r) \right) & \text{Fall B} \\ C_5 \cdot v \cdot |r| - \tau \cdot (C_6 \cdot r \cdot |r| + C_7 \cdot v^2 \cdot \text{sign}(r)) & \text{Fall C} \\ 0 & \text{Fall D} \end{cases} \quad (4-9)$$

Die Rumpfkkräfte überlagern sich mit Kräften aus den Manöviereinrichtungen Propeller und Ruder.

4.1.3 Propellerkräfte

Die Berechnungen der Kräfte und Momente aus dem Propeller ist nur im Zusammenspiel mit dem Maschinenmodul als gesamte Propulsionsanlage zu betrachten. Das Maschinenmodul dient der Berechnung der aktuellen Drehzahl, welche die Voraussetzung für die Schubberechnung im Propellermodul ist.

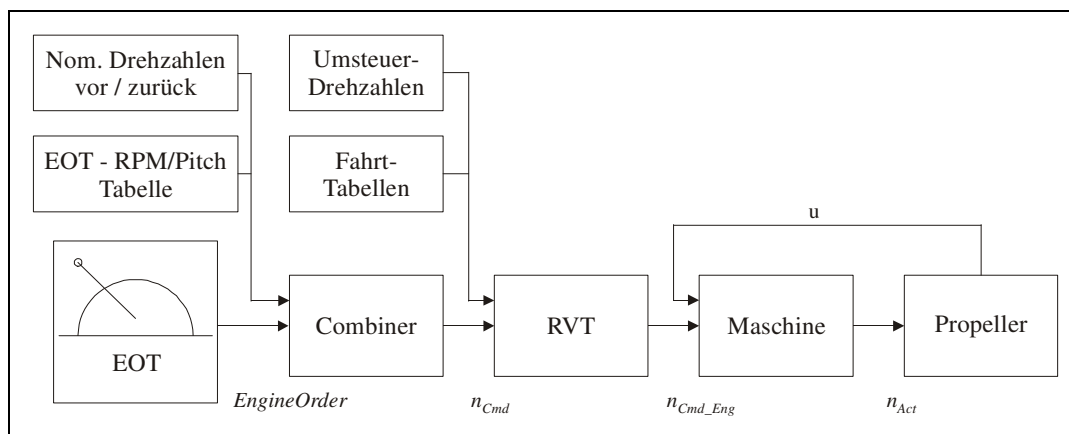


Abb. 4-2 Datenfluss im Maschinenmodul und Austausch mit Propellermodul

4.1.3.1 Maschinenmodul

Die Vorgabe für die aktuelle Drehzahl erfolgt über die Stellung der Maschinenfernsteuerung EOT (Engine Order Telegraph). Über die weiteren Stationen

Combiner → RVT (Required Value Transmitter) → Maschine

wird der Drehzahlwert ermittelt und an den Propeller weitergegeben (Abb. 4-2).

Im Combiner wird die vom EOT stammende Fahrtstufenvorgabe (*EngineOrder*) in eine feste Soll-Vorgabe n_{Cmd} für die Maschinendrehzahl umgewandelt. Der Zusammenhang zwischen EOT-Stellung und Drehzahl ist in der Schiffsdatenbank tabellarisch hinterlegt, eine direkte Proportionalität kann im allgemeinen nicht vorausgesetzt werden. An gleicher Stelle wird für Verstellpropeller - ebenfalls unter Zuhilfenahme von Tabellen aus der Datenbank - der Propeller-Pitch bestimmt.

Der feste Wert n_{Cmd} wird im RVT in einen variablen Sollwert n_{Cmd_Eng} für die Maschine umgewandelt. Dieser stellt einen Richtwert für die aktuelle Drehzahl der Maschine dar. Er ändert sich in kleinen Schritten und orientiert sich an der vom Combiner kommenden Vorgabe. Für die Bestimmung von n_{Cmd_Eng} werden in der Datenbank hinterlegte Fahrkurven herangezogen.

In der Maschine wird unter Verwendung von n_{Cmd_Eng} das Maschinenmoment ermittelt, das neben der momentanen Geschwindigkeit in Vorausrichtung als Eingangsgröße für die Berechnung der neuen aktuellen Drehzahl n_{Act} dient. Mit n_{Act} steht das Ergebnis des gesamten Maschinenmoduls fest, das nun an den Propeller für die Berechnung der dortigen Kräfte und Momente weitergereicht wird.

Das Legen des EOT ruft auf diese Weise für einen gewissen Zeithorizont einen bestimmten zeitlichen Drehzahlverlauf hervor.

4.1.3.2 Propellermodul

Das von der Hauptmaschine erzeugte Drehmoment kommt, um einen Übertragungswirkungsgrad der Wellenanlage gemindert, zum Propeller. Bei der Berechnung des Schubs berücksichtigt der Propulsionsgütegrad η_{prop} die Minderung der effektiven Antriebsleistung der Maschine durch die Wellenleitung sowie den Schubverlust durch Störungen im Nachstromfeld und Sog.

Der aktuelle Schub, der vom Propellermodul als Kraft $X_{prop} = T$ ausgegeben wird, ist abhängig von der aktuellen Drehzahl n , dem Propeller-Pitch P und der Geschwindigkeit durchs Wasser u . Die Schubbeiwerte k_t und T_{nom} werden entsprechend der Fahrt auf gerader Bahn berechnet, k_t ist eine Konstante, die ebenso wie nominelle Drehzahl n_{nom} , nominelle Geschwindigkeit u_{nom} , Propellerwirkungsgrad η_{prop} sowie nominelle Leistung P_{nom} aus der Schiffsdatenbank entnommen wird.

Die am Propeller querschiffs wirkende Kraft Y_{prop} verursacht das konstante Drehen des Schiffs infolge der Steuerwirkung der Schraube bei Fahrt und mittelschiffs Ruderlage. Die Querkraft ist demnach proportional dem aktuellen Schub und bei positiver Drehrichtung nach Steuerbord gerichtet. Das Moment N_{prop} um die z-Achse resultiert zum einen aus der Vorkraft X_{prop} und dem Abstand y_{prop} des Propellers vom Kiel als Hebel sowie zum anderen aus der Querkraft Y_{prop} und dem dazugehörigen Hebel $x_{prop} - x_{ref}$, dem Abstand des Propellers vom Referenzpunkt.

Die obigen Erläuterungen beziehen sich auf Schiffe mit nur einer Propulsionsanlage. Bei der Modellierung von mehreren Maschinen und Propellern werden die Berechnungen für die Drehzahlen sowie Kräfte und Momente der Aggregate entsprechend oft wiederholt. Die vom Modul als Ausgabewert gelieferte Gesamtkraft ergibt sich durch Addition der einzelnen Teilkraft aller Propeller; analog wird das Gesamtmoment ermittelt. Die Größen X_{prop} , Y_{prop} , N_{prop} sind die Komponenten des Propellermoduls, die in die Berechnung der Gesamtkräfte bzw. des Gesamtmomentes eingehen.

4.1.4 Ruderkräfte

Bei der Berechnung von Kräften am Schiffsruder werden mehrere Aspekte berücksichtigt. Zum einen wird nach einem Steuerbefehl die Trägheit des Ruders während des Ruderlegens simuliert, indem man den Ruderwinkel Zwischenwerte des Intervalls [*alte Ruderlage*, ..., *neue Ruderlage*] annehmen lässt. Zum anderen werden Einflüsse auf die Ruderanströmung in Betracht gezogen, die sich aus der Arbeit des Propellers und der Bewegung des Schiffes durchs Wasser (Wirkung der Lage des Rumpfes auf die Ruderanströmung) ergeben.

Entsprechend des jeweiligen Bewegungszustandes und des momentanen Ruderwinkels sowie unter Berücksichtigung des Nachstromfeldes des Schiffes wird u_{eff} , die Nachstromgeschwindigkeit am Ruder, berechnet.

Bei der Berechnung von u_p , der Nachstromgeschwindigkeit des Propellers, die ein Maß für dessen Einfluss auf die Ruderanströmung darstellt, werden verschiedene Kombinationen von Schub bzw. Drehzahl und Voraugeschwindigkeit betrachtet. Ähnlich wie bei der Verwendung von Fahrkurven im Maschinenmodul, mit denen verschiedene Kombinationen von Schiffsbewegung und Drehzahländerung erreicht werden, erhält man hier unterschiedliche Konstellationen für das Zusammenspiel von Schiffsbewegung und Schubwirkung des Propellers mit direkten Einfluss auf die Anströmung des Ruders.

Die Geschwindigkeit des vom Propeller strömenden Wassers wird mit einem Faktor f_w gewichtet, der die Wirkung des sich verjüngenden Propellerstrahls auf das Ruder nachbildet. Je nach Anordnung der Propeller und Bewegungszustand des Schiffes kann das Ruder voll erfasst werden oder der Propellereinfluss vollständig entfallen. Der Betrag dieses Faktors ist daher abhängig von den Positionen von Ruder und Propeller sowie von der Propellerfläche.

Der Einfluss des Schiffsrumpfes auf die Ruderanströmung ergibt sich aus der Geschwindigkeit u des Schiffes in Voraugrichtung. Bei positiver Geschwindigkeit befindet sich das Ruder im Nachstromfeld des Schiffes und die Nachstromgeschwindigkeit des Propellers wird mit der Nachstromgeschwindigkeit des Schiffskörpers überlagert. Bei negativer Geschwindigkeit liegt dagegen das Ruder in Anströmungsrichtung vor dem Schiff, hier entspricht die zusätzliche Anströmung der Geschwindigkeit des Fahrzeugs durch das Wasser.

Neben der x -Komponente u_r der Ruderanströmung müssen auch die Schiffsquerbewegung v und die Schiffsdrehung r berücksichtigt werden. Daraus ergibt sich eine resultierende Anströmgeschwindigkeit v_A für das Ruder:

$$v_A^2 = u_r^2 + (v + rx_r)^2 \quad (4-10)$$

Das Ruderblatt wird unter dem effektiven Anströmwinkel δ_{eff} getroffen, der aus dem Winkel der Anströmung α und dem aktuellen Ruderwinkel δ bestimmt wird:

$$\delta_{eff} = \delta - \alpha \quad \text{wobei} \quad \alpha = \arctan\left(\frac{v + rx_r}{u_r} \cdot k_\alpha\right) \quad (4-11)$$

x_r gibt den seitlichen Abstand des Ruders von Referenzpunkt an, k_α ist ein Wert in der Datenbank, der den Grad der Ablenkung der Ruderanströmung durch den Schiffskörper bestimmt. Als Kräfte am Ruder wirken eine Widerstandskraft in Richtung der Anströmung und eine Auftriebskraft senkrecht zur Anströmungsrichtung. Dynamischer Auftrieb L (Lift) und Widerstand D (Drag) werden bestimmt mit:

$$L = A_R \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_A^2 \cdot c_L(\delta_{eff}) \cdot \eta_{rud} \quad (4-12)$$

$$D = A_R \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_A^2 \cdot c_D(\delta_{eff}) \cdot \eta_{rud} \quad (4-13)$$

Dies geschieht unter Verwendung der berechneten Größen δ_{eff} und v_A sowie der festen Parameter A_R , (Ruderfläche), ρ (Wasserdichte), η_{rud} (geschwindigkeitsbezogener Wirkungsgrad – Abhängigkeit ergibt sich durch Einträge in der Datenbank), c_L und c_D (Beiwerte für Lift und Drag des Ruders). Die

Beiwerte c_L und c_D sind in der Datenbank tabellarisch in Abhängigkeit vom effektiven Ruderanströmwinkel $\bar{\delta}_{eff}$ hinterlegt.

Daraus lassen sich die Ruderkräfte und –momente anhand folgender Beziehungen berechnen:

$$\begin{aligned} X_{Rud} &= -(D \cdot \cos \alpha + L \cdot \sin \alpha) \\ Y_{Rud} &= -D \cdot \sin \alpha + L \cdot \cos \alpha \\ N_{Rud} &= Y_{Rud} \cdot x_r + X_{Rud} \cdot y_r \end{aligned} \quad (4-14)$$

Die obigen Gleichungen stellen Vorschriften zur Ermittlung der Kräfte und Momente für Schiffe mit einem Ruder und einem Propeller dar. Bei Verwendung mehrerer Ruder liefern die Berechnungen Teilergebnisse für die einzelnen Anlagen, die zu Gesamtwerten für Kräfte bzw. Momente addiert werden. Das Vorhandensein mehrerer Propeller erfordert eine dementsprechend häufige Wiederholung der Berechnung der Ruderanströmung mit Aufsummierung der Teilergebnisse zu einer resultierenden Gesamtanströmung (in dem Fall sind die Anströmungen jeweils Teilergebnisse für jeden Propeller).

4.2 Untersuchungen zur Bestimmung der Auswirkung des technischen Zustandes auf die Manöverperformance

Unter dem Begriff „Technischer Zustand“ sei im Folgenden der Zustand des Schiffes zu verstehen, der Grad seiner Funktionstüchtigkeit und damit verbunden seiner Möglichkeiten zu navigieren und dahingehend auf interne oder externe Einflüsse zu reagieren.

Für das Prädiktionsmodul ergibt sich der technische Zustand des Schiffes aus den vom VDR gelieferten Eingangsdaten. Die Werte der bereitgestellten Parameter werden in den Bewegungsgleichungen und den internen Berechnungen der Module verwendet. Genauigkeit und Vollständigkeit der Daten spiegeln sich unmittelbar in den Ergebnissen wieder. Somit besteht ein direkter Zusammenhang zur Performance der Prädiktion.

Zustandsänderungen im Sinne von Beeinträchtigungen des verfügbaren Datenmaterials führen demnach zu Einschränkungen bei der Qualität der Prädiktion. Als Auslöser kommen der Verlust von Daten (z.B. Ausfall eines Sensors) oder signalisierte Störungen (z.B. Ausfall einer Manövrier-einrichtung) in Frage. Gegenstand dieses Arbeitspaketes ist daher eine Recherche zu auftretenden Fehlern und ihren Auswirkungen auf die Software. Dabei geht es in erster Linie darum, ob sie überhaupt bemerkt sowie Datenverluste und angezeigte Störungen unterschieden werden und solche Situationen anhand des Prädiktionsergebnisses (Diskrepanz zwischen Voraussage und realer Bewegung des Schiffes) behandelt werden können. Von Bedeutung ist ein Überblick über die für die Software verfügbaren, vom VDR lieferbaren Daten (vgl. dazu auch 4.3: Eingangsdaten - die sind bisher jedoch nicht bzw. kaum auf Fehler und Alarme ausgelegt, so dass dort noch einige Daten hinzukommen werden). Notwendige Parameter (insbesondere zusätzlich erforderliche für Alarme, Fehlermeldungen) müssen benannt und in die Prädiktion integriert werden.

Im MSCW wurden Simulationen durchgeführt und Daten von der Brücke sowohl mit dem Log-Manager als auch über den VDR aufgezeichnet. Dabei wurde eine Wegpunktliste mit einer Kursänderung mit verschiedenen Schiffen per Autopilot und von Hand abgefahren. Als erster simulierter Fehler wurde der Ausfall der Ruderanlage nachgebildet.

Erwähnenswert in diesem Zusammenhang ist, dass die vom VDR gelieferte aktuelle Drehzahl auch von der Prädiktion intern anhand der EOT-Stellung bestimmt werden kann. Bei Ausfall des EOT-Werts von der Brückenkonsole könnte auf die VDR-Drehzahl zurückgegriffen werden. Dies wird nicht immer so brauchbare Ergebnisse liefern wie die Verwendung der vom EOT abgeleiteten Drehzahl. Die ermittelten EOT Werte entsprechen dann dem Istwert der Drehzahl und sind dann keine Sollvorgaben.

4.3 Untersuchungen zur Modellierung

Ziel der Prädiktion ist die Prognose des Bewegungsverhaltens des Schiffes in unmittelbarer Zukunft anhand des aktuellen Zustandes (über Daten aus dem VDR erkennbar). Ein Simulator, der dieses

Verhalten mit Differentialgleichungen beschreibt, führt dazu ausgehend von den vorhandenen Werten (Daten aus dem VDR, siehe oben) die erforderlichen Berechnungen durch.

Die zur Lösung der Differentialgleichungen erforderlichen Parameter stammen aus der Schiffsdatenbank und verschiedenen Modulen zur Berechnung der für die Schiffsdynamik verantwortlichen Kräfte und Momente. Jedes Modul seinerseits verwendet eine begrenzte Anzahl von sowohl festen Eingangswerten aus der Datenbank als auch festen und veränderlichen Größen zur Beschreibung des zeitlichen Ablaufs der Manöver (z.B. aktuelle Geschwindigkeit, Position, kommandierter Sollwert der Drehzahl) und liefert drei Ausgangswerte, die sich auf das schiffseigene Koordinatensystem beziehen: eine Kraft X in Schiffs-Längsrichtung, eine Kraft Y in Querrichtung und ein Moment N in z-Richtung. Das Maschinenmodul stellt die aktuelle Drehzahl n zur Verfügung, die wiederum unmittelbar als Eingangsgröße für das Propellermodul dient.

Die modulare Arbeitsweise des Simulators ist stark vereinfacht in Abb. 4-3 dargestellt:

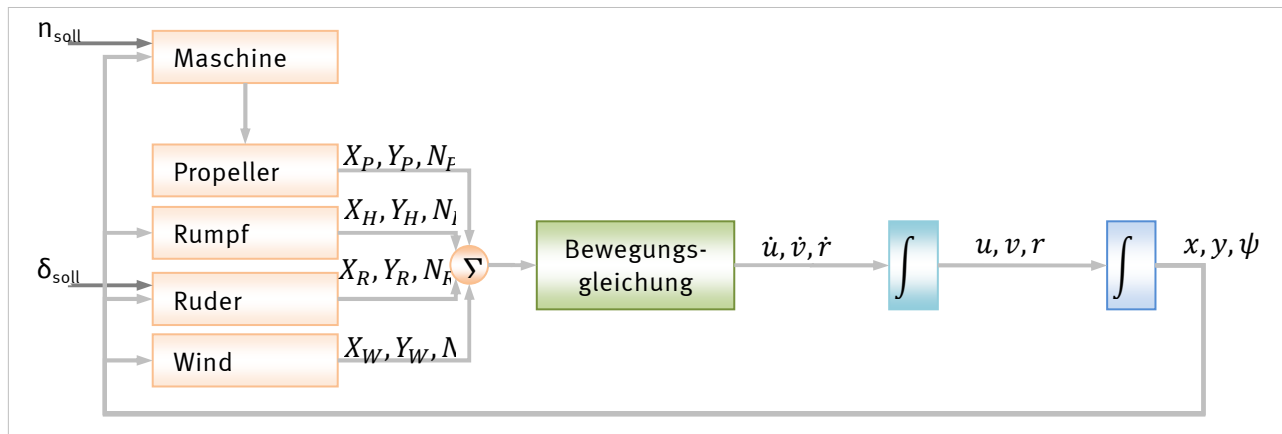


Abb. 4-3 Modulares Konzept der Simulator-Arbeitsweise

Im Hauptmodul werden die Summen aller Kräfte und Momente gebildet:

$$\begin{aligned} X_{ges} &= X_{Prop} + X_{Hull} + X_{Rud} \\ Y_{ges} &= X_{Prop} + Y_{Hull} + Y_{Rud} \\ N_{ges} &= X_{Prop} + N_{Hull} + N_{Rud} \end{aligned}$$

(4-15)

Die Ergebnisse dienen als Berechnungsparameter für die Differentialgleichungen, in denen die Beschleunigungen und daraus resultierend die Geschwindigkeiten und Positionen des Schiffs bestimmt werden.

Schiffsdatenbank und -modell entstehen, indem aus den ersten verfügbaren, elementaren Schiffsdaten u.a. durch die Clarke-Estimation (vgl. 4.1.2) zunächst eine Basisversion des Simulator-/Referenzschiffes angelegt wird. Anhand weiterer Informationen zum Manövrierverhalten, bspw. aus Messdaten oder verfügbarer Literatur über das Verhalten ähnlicher Schiffe gleicher Größenklasse, werden diese Basis-Versionen später mit speziellem Tuning dem Vorbild durch Ändern von Schiffsparametern (Clarke-Koeffizienten) zum Angleichen simulierter Bahnen an die Original-Messdaten, angepasst. Notwendigerweise müssen dazu die so gewonnen vorläufigen Bewegungsparameter anhand von erneuten Simulationsfahrten im SHS mit erfahrenen Schiffsführern getestet und verbessert werden.

Im Folgenden sind die nicht aus der Schiffsdatei stammenden Eingangsdaten für den Simulator in der derzeit vorhandenen Version aufgelistet. Diese umfasst für die Bestimmung von Kräften nur die hier relevanten Module Propeller, Ruder und Rumpf. Für die Hinzunahme weiterer Komponenten (z.B. Bugstrahler) werden sicher weitere Eingangsdaten erforderlich:

- EOT-Vorgaben für alle Maschinen,
- Ruderwinkel für alle Steueranlagen (kommandiert und gelegt),
- Position,

- Geschwindigkeit,
- Beschleunigung,
- aktuelle Drehzahl,
- aktueller Pitch (bei Verstellpropellern, evtl. Information, ob es sich um einen Festpropeller handelt),
- Wassertiefe,
- Lage des Schiffes gegenüber Nord (Heading),
- Update-Intervall für die Berechnung, (zeitlicher Abstand der berechneten Größen, keine Zeitraum für den Neuanstoß der Berechnung) idealerweise die Zeit zwischen zwei auflaufenden Datenblöcken, ggf. ein selbstgewählter Wert,
- Daten aus der Schiffsdatei.

Maschinenmodul:

- EngineMode (Maschinenstatus-Flag),
- PowerReduction (Flag),
- Crash (Flag),
- SES_gekoppelt (Flag, wird standardmäßig auf 1 bei Verwendung des Maschinenmoduls),
- PowerIsReducedFlag (Flag),
- HandleDelayTime (Verzögerung bei der Übermittlung vom Maschinentelegrafen zur Maschine),
- ChangedEOT (internes Flag, der anzeigt, ob ein neues EOT gelegt wurde)

Bemerkung:

Das Maschinenmodell sollte in der Prädiktion enthalten sein, weil die aktuelle Drehzahl aus dem VDR als Eingangsgröße für die Prädiktion (beispielsweise während Umsteuersituationen) nicht ausreicht (vgl. dazu auch 4.2 am Ende).

4.4 Evaluierung der Modellgüte

Die Prädiktion der Bewegungsabläufe und –zustände basiert auf einem simulierten Manövrierverhalten des Schiffes. Aus diesem Grund ist es notwendig, das in der Prädiktion verwendete Modell in seiner Funktion und seinen Möglichkeiten zu analysieren. Das betrifft insbesondere die Steuer- und Vortriebsorgane des Schiffes sowie die durch Umwelteinflüsse oder technisches Versagen hervorgerufenen Auswirkungen auf sein Bewegungsverhalten.

Das im Zusammenhang mit der Manöverprädiktion zu untersuchende Modell ist das Eigenschiffsmodell (Ownship) des Shiphandling Simulators (SHS) ANS4000 (ATLAS Nautical Simulator System) im Maritimen Simulationszentrum Warnemünde (MSCW).

Eigenschiffe sind Fahrzeuge, die von den Brücken des Simulators aus gesteuert werden können. Sie sind dem Manövrierverhalten realer Schiffe so gut wie möglich nachgebildet. Zur vollständigen Modellierung gehören zum einen die Nachbildung der Schiffsdynamik und zum anderen eine Visualisierung zur Projektion in Simulationsübungen.

Das dynamische Verhalten des Eigenschiffes wird durch das Ownship-Modul des Simulators beschrieben. Dazu zählt die Modellierung sämtlicher Effekte, die die Reaktion des Schiffes auf die unterschiedlichsten Krafteinwirkungen am Schiffskörper bestimmen. Kräfte und Momente, die am Schiffskörper angreifen, werden nach ihren Ursachen getrennt erfasst und entsprechend ihrer physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei der Simulation wieder zusammengesetzt.

Die im SHS verfügbare Software basiert auf der Modellierung der Schiffsbewegungen durch ein Differenzialgleichungssystem. Damit werden vor allem die drei hauptsächlichen Freiheitsgrade (3DoF) der Schiffsbewegung in x- und y-Richtung sowie die Drehung um die vertikale Achse des Schiffes (Abb. 4-1) modelliert. Das Differenzialgleichungssystem besteht aus je einer Gleichung für das Gleichgewicht der Längskräfte am Schiffskörper (x-Richtung), für das Gleichgewicht der

Querkräfte am Schiffskörper (y-Richtung) und für das Momenten-Gleichgewicht um die z-Achse des Schiffskörpers.

Die resultierenden Kräfte bzw. das resultierende Moment verursachen eine Beschleunigung des Schiffskörpers zu einem betrachteten Zeitpunkt. Durch Integration dieses Beschleunigungswertes erhält man die Geschwindigkeit zu diesem Zeitpunkt, durch zweifache Integration die Position und den Kurs des Eigenschiffes und damit Größen, die die Schiffsbewegung beschreiben. Die numerische Integration des Differenzialgleichungssystems über alle Zeitschritte liefert die Bewegungsbahn des Eigenschiffes über Grund.

Die Struktur des mathematischen Modells für die Dynamik des Eigenschiffes ermöglicht es, dass für unterschiedliche Schiffstypen die gleichen Simulationsabläufe stattfinden. Die Schiffstypen unterscheiden sich lediglich in den Eingabeparametern ihrer Schiffsdatenbank.

Zur Einschätzung der Berechnungsgenauigkeit können folgende Werte herangezogen werden:

- Positionsbestimmung < 10 cm
- Kursbestimmung $< 0,1^\circ$
- Geschwindigkeitsbestimmung $< 0,1$ kn
- Integrations-/Berechnungsintervall frei wählbar; standardmäßig 1s

Zur Modellierung des Fahrt- und Steuerverhaltens ist für jedes Eigenschiff eine Schiffsdatenbank (MMOCE-Datenbank) auszufüllen. Sie umfasst ca. 1300 Werte, wie Hauptparameter des Schiffes, Angaben zur Maschinendynamik und Propellerleistung, Daten zu Umwelteinflüssen, Angaben zur Ausrüstung, zu Antennen oder Lichtern, usw. Die MMOCE-Datenbank ist tabellarisch aufgebaut und ihre Werte gehen in die jeweiligen Simulationsrechnungen im SHS ein.

Die Komplexität des Ownship-Moduls ergibt sich aus dem Zusammenwirken unterschiedlicher Einzelmodule, über welche die verschiedenen Einflüsse äußerer Krafteinwirkungen auf den Schiffskörper erfasst werden. Die Interaktionen zwischen diesen Modulen gestalten das mathematische Modell des Eigenschiffes im SHS. Jedes Modul verwendet eine begrenzte Anzahl von Eingangswerten aus der Datenbank (z.B. aktuelle Geschwindigkeit, Position, kommandierenden Sollwert, u.ä.) und liefert in der Regel eine Kraft in Längsrichtung, eine Kraft in Querrichtung und ein Moment um die vertikale Schiffsachse als Ausgangswerte.

5 Methoden zur Berechnung der dynamischen Auswirkungen des Zustandes der Manövriereinrichtungen auf die Manöver-Performance

5.1 Entwurf von Simulationsalgorithmen zur Manöverprädiktion und -überwachung

Nach dem in den vorangegangenen Kapiteln eine Bestandsaufnahme und das Konzept eines Prädiktionsmoduls vorgestellt wurden, erfolgt in diesem Kapitel die Beschreibung der softwaretechnischen Realisierung der Kernkomponente für die Prädiktion (Prädiktionskernel). Ziel der Prädiktion ist ein Datensatz, welcher Zeit, Position und Lage des zu prädizierenden Schiffes im Sekundentakt liefert.

SimOpt ist ein Fast Time Simulation Programm mit großer Komplexität des mathematischen Modells so wie es in einem Ship Handling Simulator benutzt wird, es erzielt auch stark ähnliche Ergebnisse wie der Ship Handling Simulator im MSCW.

Dieses Programmsystem wurde als Basis zur Entwicklung des Prädiktors genutzt. Dazu wurde der Software-Kernel (MATLAB Code) an die im Kapitel 4 beschriebenen Modellstrukturen angepasst und bzgl. der benötigten Rechenzeit weiter geschwindigkeitsoptimiert. Die für das Prädiktormodell benötigte Schiffsdatenbank wurde hinsichtlich der Parameter für die Nachbildung des Einpropeller-Simulator-Schiffs CV BALTIC (und später auch für ein Zwei-Propellerschiff) angepasst so getuned, dass sie trotz der Vereinfachungen in der Prädiktorstruktur gute Prädiktionsergebnisse erbringt um so nahe wie möglich an den Eigenschaften des gleichnamigen Schiffsmodells im SHS zu sein. Das Simulator schiff BALTIC stellt somit das „Originalschiff“ oder Referenzschiff für den Prädiktor dar.

Methoden und Verfahren für zustandsbasierte Manöveranzeigen in der Schiffsführung

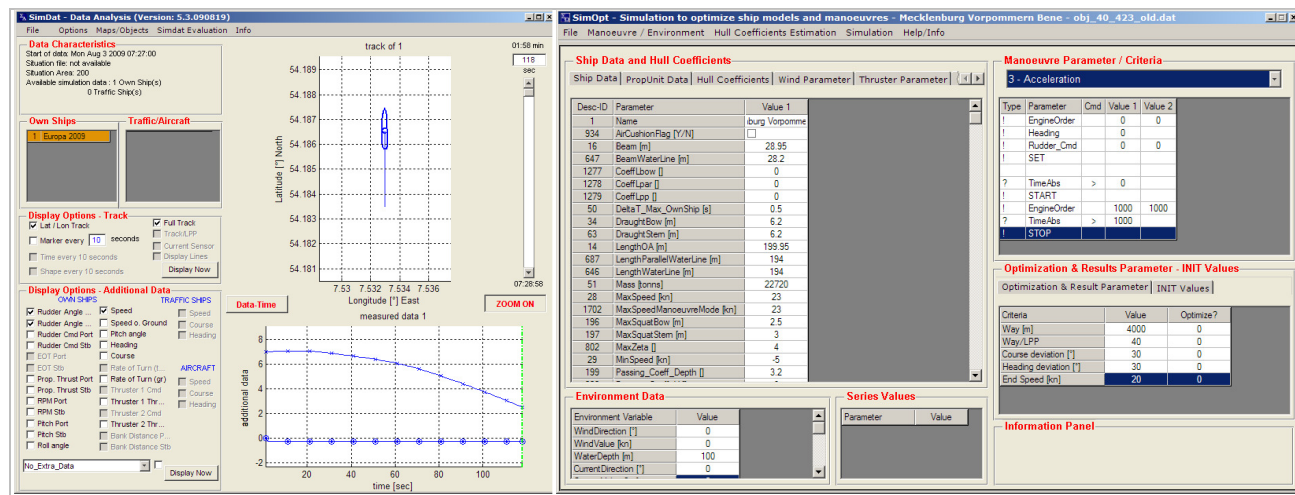


Abb. 5-1 Software SimDat und SimOpt

Während für den bis 2008 im SHS vorhandenen Software-Stand ANS 4000 die Resultate der Prädiktorsimulation im Zeithorizont bis zu 6 min mit den SHS-Simulationsergebnissen völlig übereinstimmten, gab es nach Verbesserung beim Upgrade des SHS 2008 (Softwarestand ANS 5000) geringfügige Unterschiede. Sie liegen allerdings nur im Bereich von etwa einer Schiffsbreite ($B=32,2$ m) nach einer zurückgelegten Distanz von ca. 1500 m (s. Abb. 5-2).

Es wurde deshalb auf ein nachträgliches Tuning des Prädiktormodells verzichtet, um zu sehen, ob trotz dieser Unterschiede zwischen (Simulator) Schiff und Prädiktor, die ja auch gerade bei einem Einsatz auf einem realen Schiff zu erwarten sind, der Prädiktor nutzbringend eingesetzt werden kann.

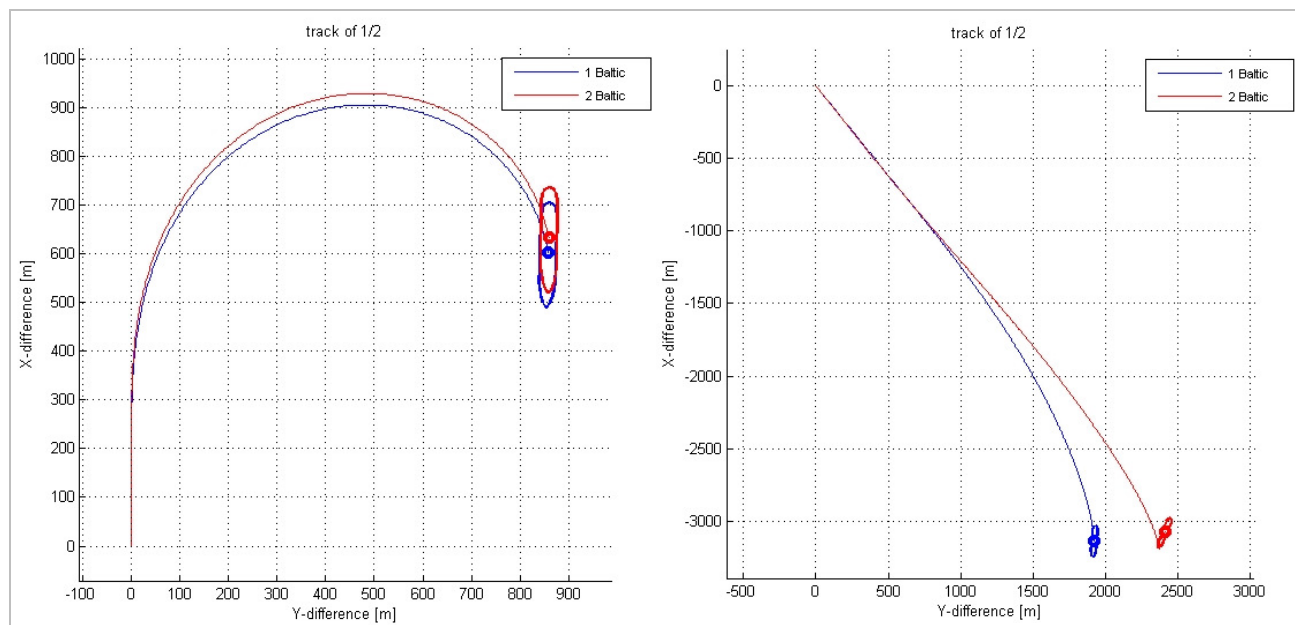


Abb. 5-2 Vergleich Drehkreisfahrt und Manöver Crash Stopp im ANS4000 (blau) und ANS5000 (rot)

Während des Projektes fiel dieses Referenzschiff wegen der durchgeführten Erneuerung des SHS zum ANS5000 für mehrere Monate aus. Trotzdem wurde die Entwicklung des Prädiktionskerns auf der Basis vorhandener, gespeicherter NMEA- und ANS4000-Datensätze weiter vorangetrieben. Der Kernel erhielt zusätzliche Verifikationsschnittstellen für interne Ergebnisse und wurde zeitoptimiert. Für SimOpt wurden u.a. Anweisungslisten zum Manövrieren bzw. zum Nachstellen von Standardmanövern erstellt.

Die Software SimOpt selbst wurde nicht im Projekt entwickelt, bietet aber z.Z. die einzige Möglichkeit Simulationen in hoher Geschwindigkeit und damit eine große Anzahl Simulationen in kurzer Zeit durchzuführen, um verschiedene Manöver eines Schiffes zu analysieren. Die Software ermöglicht es ebenfalls, die Parameter eines Schiffes und damit die Dynamik zu bestimmen, in HS-Wismar, ZuMANZ_Bericht.docx 02.11.2009 09:20 29/69

Serien diese zu variieren und so die geeignete Einstellung aller Parameter zu ermitteln. Die Einstellung der Parameter ist am Simulator ANS4000 oder ANS5000 ein langwieriger Prozess, der einen hohen zeitlichen Aufwand erfordert. SimOpt kann diesen Aufwand drastisch reduzieren.

Trotz der aufgezeigten Probleme kann jedoch als Ergebnis festgehalten werden, dass mit diesen Modulen ein Prädiktionskernel als Dynamische Link Bibliothek erstellt und getestet wurde. Die Ergebnisse der Prädiktion zeigen trotz der geringen Ungenauigkeiten prinzipielle Möglichkeiten zum Verständnis des Konzeptes und damit für zukünftig mögliche Verbesserung des Manövrierens auf.

5.2 Untersuchungen zur Abschätzung der Zuverlässigkeit von Prädiktionen in Bezug auf Genauigkeitsanforderungen an die Eingangsparameter und den Prädiktionszeitraum

Die Untersuchungen zur Abschätzung der Zuverlässigkeit von Bahnvorhersagen anhand mathematischer Bewegungsmodelle können generell an Schiffssimulatoren durchgeführt werden. In Hinblick auf den damaligen verfügbaren SHS ANS4000 der Firma RDE kann die Aussage getroffen werden, dass der entwickelte Prädiktionskernel im direkten Vergleich mit dem SHS nahezu identische Ergebnisse lieferte. Hierbei wurden insbesondere Kräfte und Momente im freien Seeraum unter Vernachlässigung der äußeren Bedingungen verglichen. Hohe Ansprüche wurden an die Nachbildung verschiedenster Antriebsorgane gestellt (ausgenommen Azipodantriebe).

Mit Blick auf die Genauigkeitsanforderungen der Eingangsparameter wurden zwei Testszenarien entwickelt, welche den Nachweis zur Genauigkeit der Bahnvorhersage liefern sollten. Erstes Testszenario ist das Ansteuern eines Punktes (z.B. eine Tonne) im Tiefwasser (> 100 [m]) ohne Strom und Windeinfluss. Hierbei lag die Präzision beim Einstellen des Aufstoppens der Maschine bei Fahrtvoraus genau auf diesem Punkt mit dem Prädiktionszeitraum 6 Minuten. Im zweiten Testszenario wurden verschiedene Bb. und Stb.-DK gefahren. Hier lag die Präzision in der Deckungsgleichheit des Bahnverlaufs im stationären DK. Hier sollten Bahnvorhersage und SHS-Simulation identisch sein.

Beide Testszenarien wurden mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen abgeschlossen. In der Analyse der vorhandenen Manöver des Referenzschiffs wurden insbesondere Mängel in der Anwendung des Prädiktionskernels entdeckt. Weil diese Vergleiche sehr zeitaufwendig¹ waren und die Nutzung des SHS ausgeschlossen war, mussten SW-Ergänzungen in SimOpt entwickelt werden, welche Vergleiche (Abb. 5-2) erst möglich machten. Insbesondere das Setzen der Stellorgane (rechts oben SimOpt) und der Vergleich mit den Messdaten in SimDat wurden genutzt.

Als sehr zeitaufwendig müssen ebenfalls die Bemühungen zum Erkennen von fehlerhaften Eingangsinformationen in die Prädiktion eingeschätzt werden. Dieser Prozess kann als die „Suche der Nadel im Heuhaufen“ bezeichnet werden, weil eine Menge an einzelnen Eingangswerten (ca. 350 ohne Werte der Listen) und deren Einheiten pro Zeiteinheit gesichtet werden und die Ergebnisse bewertet werden mussten. Zudem bindet diese Art der Analyse zwei Personen.

Eine wichtige Erkenntnis in diesem Prozess war, dass insbesondere die Lage der Log-Sensoren im Schiff exakt bekannt sein muss, da eine Berücksichtigung der Quergeschwindigkeit notwendig ist. Hilfreich in diesem Zusammenhang ist die Angabe der Quergeschwindigkeit mit mehr als 2 Nachkommastellen in der Einheit [m/s]. NMEA-Daten haben nur 2 Nachkommastellen, was gelegentlich zu kleinen Sprüngen in der Prädiktion führen kann.

Im Ergebnis muss eingeschätzt werden, dass die geplanten Ressourcen im AP 142 nicht ausgereicht haben, um eine hinreichende Untersuchung in Bezug auf die Eingangswerte ausführen zu können.

Als wichtiges Teilergebnis kann jedoch festgehalten werden, dass der Prädiktionsalgorithmus prinzipiell mit NMEA-Daten bestückt werden kann.

¹ Debugg-Modus und Thread-Programmierung, DLL Textausgaben
HS-Wismar,
FB Seefahrt, ISSIMS

5.3 Untersuchungen zur Applikation von Prädiktionsalgorithmen zur Beratung der Schiffsführung bei Navigations-spezifischen Aufgaben

5.3.1 Abfahren von Wegpunkten

Generell wurde die Prädiktion als Hilfsmittel für die tägliche Navigation auf dem Schiff entwickelt und zielte zunächst auf die Thematik der Kursänderung am Wegpunkte (WP) mittels Prädiktion. Die erzielten Ergebnisse am SHS waren dank der sehr sorgfältigen Vorbereitung so gut, dass man spontan schwierigere Aufgaben in Angriff nehmen konnte. Zunächst am Beispiel eng aufeinanderfolgender WP, wo am ersten Wegpunkt klar sein muss welche Ruderlagen genutzt werden dürfen, um im zweiten WP noch im Bereich des zulässigen Bahnversatzes zu bleiben. Auch hier erwies sich der Prädiktionsalgorithmus als äußerst hilfreich. Auch wenn keine Erfahrungen zum Trägheitsverhalten des Schiffs vorlagen und der Prädiktionsalgorithmus noch ungenau war, so konnte in der Regel beim ersten Versuch mittels „Trial and Error“ die erforderliche Ruderlage ermittelt und die Wegpunkte erfolgreich abfahren werden. Die damit verbundene Handlungssicherheit gibt Vertrauen in die SW-Lösung und produziert Selbstbewusstsein bei den Auszubildenden.

5.3.2 Kollisionsverhütung

Wie nicht anders zu erwarten, ist die Prädiktion auch bei der Kollisionsverhütung ein sehr praktikables Hilfsmittel, um optimale Ausweichmanöver zu fahren. Ähnlich wie bei den WP-Änderungen kann zielsicher die gedachte Kurslinie oder der nächsten WP angesteuert werden. Das Auffangen der Drehbewegung des Schiffs gelingt zumeist beim ersten Ansatz und reduziert das Einsteuern des neu festzulegenden Kurses. Prinzipiell sind auch Effekte hinsichtlich eines umweltfreundlichen Manövrierens durch die Nutzung eines Prädiktors zu erwarten. Allerdings waren diese Aspekte nicht Gegenstand des Projektes.

5.3.3 Hafenansteuerung bis zum Liegeplatz

Im nächsten Schritt wurden komplexe Manöver getestet wie z.B. das Drehen auf der Wendeplatte im Hafen Rostock. Der Platzbedarf ist hier nicht nur abhängig von der Schiffsgröße und den Umgebungsbedingungen, sondern auch von den Möglichkeiten der Antriebsorgane. Gerade im Bereich der Hauptmaschine sind im niedrigen Geschwindigkeitsbereich Grenzen durch die Ladeluft bei Festpropellerschiffen mit direktem Antrieb gesetzt. Ebenso sind die Beobachtung des langsamen Navigationsprozesses und die daraus abzuleitenden Handlungen zum richtigen Zeitpunkt mit geringem Fehlerbudget als äußerst schwierig einzuschätzen. Gewöhnlicher Weise würden weniger praxiserprobte Schiffsoffiziere hier zur Assistenz einen Schlepper ordern. Auch in diesem Szenario wurden Untersuchungen im direkten Vergleich ohne und mit Prädiktion ausgeführt. Alle Kapitäne und Schiffsoffiziere, welche in der Spannweite vom Junior bis zum Senior angetreten waren kamen zu der Einschätzung, dass insbesondere die direkte Bestätigung durch die Prädiktion die Handlungssicherheit erhöht. Bemängelt wurden die Genauigkeit und die augenscheinlich nicht vorhandene Berücksichtigung der Fahrwasserbegrenzungen (Untiefen, Pier).

5.3.4 Wind und Strom

Die Bahnvorhersage unter dem Einfluss von Wind und Strom wurde anhand des Ein- und Auslaufens in den simulierten Hafen Rostock getestet. In dem projektinternen Szenario - drei der Bearbeiter waren selbst Nautische Offiziere - wurden Auswirkungen von Strom und Windeinflüssen auf die Nutzung des Prädiktionsalgorithmus im Navigationsprozess getestet. Anhand der Prädiktion wird innerhalb weniger Minuten ersichtlich, bei welchen Umweltbedingungen und Einstellungen der Steuerorgane ein sicheres Befahren des Fahrwassers noch möglich ist. Auf diese Art und Weise würden sich Seegebiete mit begrenztem Fahrwasser für bestimmte Schiffsgrößen klassifizieren lassen. Gleiches trifft auch für Strömungen zu. Voraussetzungen hierfür wären Implementierungen des Banking-Effekts, des Flachwassereinflusses und die Squat-Berechnung. Die Prädiktion sollte die „Under Keel Clearance“ berücksichtigen.

5.3.5 Ansteuern des Liegeplatzes

Das Ansteuern der Pier bzw. eines Liegeplatzes zeigt insbesondere die Erfahrungen eines Kapitäns oder Lotsen. Hierfür müssen Kenntnisse über die Wirkungsweise des Ruder, des Hauptantriebes und ggf. des Querstrahlruders und deren gemeinsamer Gebrauch vorhanden sein. Neben der hohen Abstraktionsfähigkeit des nautischen Offiziers in Bezug auf den Anlegeprozess, muss eine geschulte Beobachtungsgabe zum Bewegungsverhalten des Schiffes gegeben sein. Korrekturen zu fehlerhaften Einschätzungen sind an der Pier zumeist nicht mehr korrigierbar und führen zu Schäden am Schiffskörper. Im Ergebnis des ausgeführten Tests am SHS muss festgestellt werden, dass eine Nutzung in unmittelbarer Nähe der Pier nicht empfehlenswert ist, weil die Präzision des Bewegungsmodells als unzureichend eingestuft werden muss. Allerdings können sowohl erfahrene als auch unerfahrene Schiffsführer mittels Prädiktion Handlungsweisen zum Traversieren gut ab- bzw. herleiten.

6 Visualisierungsmethoden für die Anzeige potentieller Manövrierbewegungen des Schiffes

6.1 Konzeptioneller Entwurf und Bedienphilosophie von Visualisierungsfunktionen zur Prädiktion

Die Mensch-Maschine-Schnittstelle versetzt den Benutzer in die Lage ein System zu bedienen, Zustände des Systems zu beobachten und erforderlichenfalls in den laufenden Prozess einzugreifen. Die Bereitstellung von Prozess- und Zustandsinformationen kann dabei über eine Vielzahl von visuellen und akustischen Elementen erfolgen.

Bedienerfreundlichkeit und Handhabbarkeit sind heute wesentliche Faktoren für den Erfolg eines technischen Produktes. Auch vor diesem Hintergrund hat das Maritime Safety Committee (MSC) der International Maritime Organisation (IMO) in der Resolution MSC.191(79) Leistungsanforderungen für die Darstellung von navigationsbezogenen Informationen in Schiffsnavigationen definiert. Der Konzeptentwurf der Benutzerschnittstelle orientiert sich an diesen Leistungsanforderungen.

Grundsätzlich stellt sich bei der Entwicklung neuer Eigenschaften und Funktionen von Systemen zur Navigation und Schiffsführung die Frage, ob ein neues Gerät/Display zur Brückenausrüstung hinzukommen soll (stand-alone Variante), oder ob die Neuerungen in bestehende Systeme integriert werden sollen. Im Projekt ZuMANZ wurde die stand-alone Variante gewählt, da dies für die Erarbeitung eines Konzeptes als ausreichend angenommen werden kann.

Ein System zur Anzeige von Bewegungsvorhersagen als allein stehendes Gerät sollte sowohl die zur Berechnung notwendigen und verfügbaren Eingangsdaten, als auch die berechneten Vorhersagedaten in geeigneter Weise darstellen (siehe 5.1), obgleich eine Reihe von Informationen auch von anderen Geräten auf der Brücke angezeigt werden. Um Unübersichtlichkeit durch diese Datenvielfalt zu verhindern, muss das Anzeigesystem klar strukturiert werden, d.h. auch, dass Daten und Steuerungsfunktionen klar voneinander getrennt werden.

Wegen der gewünschten Präsentation des Eigenschiffs in seiner aktuellen geografischen Umgebung, muss die Softwarelösung die Integration der elektronischen Seekartendarstellung gewährleisten. Gleichzeitig sollen z.B. Maschinen-, Ruder- und Bustrahlruderdaten sowie Informationen zu Umweltbedingungen, wie Wind und Wassertiefe, dargestellt werden. Diesen Anforderungen wird derzeit weder ein herkömmliches Conning-Display, noch ein ECDIS-Display gerecht. Ein geeignetes Zielsystem ist die Kombination aus beiden, wobei einzelne Elemente übernommen werden, während andere durch neue ersetzt werden.

6.2 Anforderungen an die Integration in INS/IBS

Bei der Diskussion der Integration der Prädiktion in Integrierte Navigations- bzw. Brückensysteme ist zunächst die Frage zu klären, ob bestehende Systemkomponenten um die Funktionalität der Prädiktion erweitert werden sollen, oder ein neuartiges eigenständiges (erweiterungsfähiges) z.B. Voyage/Ship Data Monitoring and Prediction Display/System entwickelt wird.

Als Erweiterung bestehender Systemkomponenten unterliegt die Entwicklung bestimmten Vorgaben der Hersteller bezüglich Betriebssystem, Entwicklungsplattform, Nutzung bestimmter Entwicklungssoftware/ Bibliotheken, ggf. Anpassung an die firmeneigene Bedienphilosophie usw. Gespräche mit Herstellern wie z.B. L3/SAM Electronics Hamburg und der Interschat AG haben gezeigt, dass eine Erweiterung bestehender Brückensysteme ein sehr aufwendiger Prozess ist und erst dann zum Gesprächsthema wird, wenn neue integrierte Brückensysteme geplant werden. Die Gespräche mit Vertretern der Firmengruppe INTERSCHALT maritime systems AG als Zulieferer maritimer Baugruppen für Brückensysteme haben ein prinzipielles Interesse gezeigt, um ihr bestehendes Monitorsystem für VDR zu erweitern.

Unabhängig von dieser Einordnung ist die Gestaltung der Schnittstellen vorzunehmen. Diese müssen sich an den z.Z. verfügbaren Daten und Datenformaten orientieren. Und hier wird für die

Kommunikation das Standard-NMEA-Protokoll 0183 verwendet. Aus der Sicht der Prädiktionsanwendung wäre, wie im Kapitel 7.1.2 noch erläutert wird, die zeitliche Synchronisation der Sensoren ein erster wichtiger Schritt. Hier böten sich Standards wie IEC 61162-400 bzw. IEC 61924 an, in denen Forderungen zur Kompensation von Verzögerung in der Datenausgabe erhoben werden.

6.3 Entwurf einer Funktionsstruktur

Der Visualisierungsprozess gliedert sich in verschiedenen Ausgabenbereiche, welche neben der Darstellung von Sensorwerten und Umweltparametern in numerischer und grafischer Form auch eine Bedienung zur Anzeige des Bahnverlaufes realisieren.



Abb. 6-1 Entwurf der Funktionsstruktur

In der Abb. 6-1 wird die Anzeigestruktur skizzenhaft dargestellt. Die einzelnen zu programmierenden SW-Elemente sind in ihrer Beschaffenheit reglementiert und bedürfen keiner weiteren Beschreibung. Hier ist es z.Z. noch akzeptabel, wenn auf die durchdachten Elemente aus dem Projekt ADANAV zurückgegriffen wird.

In einem ersten Ansatz, welcher noch keine Prädiktion beinhaltet, sollten bereits NMEA-Daten verarbeitet werden können, deshalb sollte das Programm, wie im Kapitel 7.2 wird, auch mit dem ShM 1 kommunizieren können. Diese Eigenschaft erlaubt eine Visualisierung ohne Prädiktionstool aber mit ECD eigener geometrischer Bahnvorhersage.

Das Programm zur Anzeige sollte darüber hinaus mit dem ShM 3 kommunizieren, in welchem im Sekundentakt bis 1200 Datensätze stehen können, was einer Prädiktion von ca. 20 Minuten entsprechen würde. Die Anzahl der Prädiktionen wird im Wesentlichen von der Performance des Rechners abhängen. Vorhersagezeiträume größer 6 Minuten werden z.Z. nicht angestrebt, deshalb werden die üblichen 6 Minuten als maximale Vorhersagezeit als ausreichend angesehen. Für bestimmte Manöver, wie z.B. der Kollisionsverhütung können größere Zeiträume nützlich sein.

Um einen Online-Vergleich zwischen herkömmlicher und verbesserter Bahnvorhersage zu erlauben, sollten beide Bahnen darstellbar sein.

7 Entwicklung und softwaretechnische Umsetzung der Einzelkomponenten des Moduls

Kapitel 7 beschäftigt sich mit der generellen Struktur des Prädiktionsmoduls unter dem Gesichtspunkt der Umsetzung der konzeptionellen Betrachtung in Kapitel 3 und der Zielsetzung in Kapitel 2 und versteht sich als vermittelnde Beschreibung zwischen den Kapiteln 5.1, 6 und 9.1.

7.1 Sprachliche Notation eines Prädiktions-Algorithmus

Ausgehend vom Entwurf der Grundstruktur für das Modul zur zustandsbasierten Manöverassistenz (Abb. 2-1) und dem modularen Konzept der Simulator-Arbeitsweise wurde ein konzeptionelles Softwarepaket bestehend aus drei SW-Teilen entwickelt, welche den Datensammler (siehe dazu Kapitel 9.1.1), die Prädiktion (siehe dazu Kapitel 5.1) und die Visualisierung experimentell realisieren. Die drei SW-Teile haben eigenständige Prozesse und bilden in der Gesamtheit den „Prädiktor“. In den nachfolgenden drei Kapiteln wird eine Kurzbeschreibung dieser Prozesse gegeben.

7.1.1 Datenquelle

Als Datenquelle wird in erster Linie, wegen der Nähe zum Beobachtungsprozess, ein hardwaretechnischer Anschluss auf der Brücke eines Schiffes bevorzugt. Idealerweise sollte dieser Anschluss alle notwendigen Daten als Echtzeitprozess zu einer Systemzeit liefern können, damit die Eingangsdaten den Bewegungszustand des Schiffes exakt beschreiben. Diese „ideale Situation“ ist generell an Bord nicht vorhanden, weil alle Sensoren eigene, nichtsynchronisierte Systemzeiten verwenden. Wegen der nicht vorhandenen Zeitmarken im NMEA-Protokoll lassen sich nicht zweifelsfrei die Zeitpunkte der Datenerfassung bestimmen und eine Synchronisation der Sensorzeiten ist damit nahezu ausgeschlossen. Trotzdem geht man davon aus, dass alle Sensoren innerhalb einer Sekunde Daten liefern und so der Bezug zur Beschreibung des aktuellen Bewegungszustands gewährleistet ist.

7.1.2 Datensammler

Die Software zur Aufnahme zustandsbeschreibender Messdaten wurde als Datensammler bezeichnet, weil NMEA Datensätze aus dem Datenströmen des VDR an einer Netzwerkschnittstelle ausgelesen werden. Der Datensammler wird in Kapitel 3.3.2 kurz mit 4 Eigenschaften skizziert, welche nachstehend beschrieben werden sollen:

1. notwendige Daten aus dem Datenstrom bereitstellen
2. Zeitmanagement für die Prädiktion organisieren
3. ggf. Zustandsbeiwerte erheben und bewerten sowie
4. eine Langzeit-Beobachtung der Messwerte realisieren.

Am SHS werden mittels VDR zuweilen 16 bis 35 Datensätze (1194 Zeichen) pro Sekunde, mit einer Baudrate von 38400 [Bit/s] geliefert. In der Regel kommt bei den Brückensensoren das Standard NMEA Protokoll zur Anwendung, welches eine Baudrate von 4800 [Bit/s] zulässt und damit je nach Länge eine Durchsatzrate von ca. 7 bis 10 NMEA-Datensätze pro Sekunde erlaubt. Bei der üblichen sequentiellen Abtastung könnten also bis zu 8 Sensoren pro Sekunde vom VDR abgefragt werden. Das entspräche einer maximalen Durchsatzrate von ca. 4800 Byte pro Sekunde oder 56 bis 100 NMEA-Datensätze pro Sekunde. Unter Maßgabe möglichst keine Datensätze zu verlieren und so weit wie möglich am realen Prozess zu sein, bestand die generelle Aufgabe gezielt nur notwendige NMEA-Datensätze aus dem Datenstrom des VDR auszulesen, um das Datenaufkommen zu reduzieren und damit die Dekodierungszeit der ASCII-Datensätze in Binärdaten zu minimieren. Anhand der Auflistung des Datenaufkommens wird ersichtlich, dass pro Abtastzeitpunkt Daten aus verschiedenen Systemzeiten der Sensoren vorliegen. Aus diesem Grund wurde ein Algorithmus eingeführt, welcher sicher stellt, dass nur Daten aus einer Zeiteinheit an die Prädiktion weitergereicht werden. Anhand der NMEA-Datensätze wurden Zustandsbeiwerte

ermittelt, welche Aussagen über qualitativen und technischen Zustand des Sensor zulassen. Eine Langzeit-Beobachtung der Messwerte zu einer unabhängigen qualitativen Bewertung in Bezug auf die Verwendung des Prädiktionsalgorithmus konnte nicht abschließend realisiert werden.

7.1.3 Prädiktion

Mit Bezug auf Kapitel 3.2 und 3.3 kann die Prädiktion als Prozess beschrieben werden, welcher anhand zustandsbeschreibender Parameter eines Zeitpunktes und mit Hilfe des Bewegungsmodells eines Schiffes den daraus resultierenden, zukünftigen Bahnverlauf berechnet. Dabei bleiben die zustandsbeschreibenden Parameter auf den vorangegangenen Zeitpunkt, auf die Bordsensorik und die Schiffsdatenbank sowie auf den Anfangszeitpunkt beschränkt. Mögliche weitere Änderungen in den zustandsbeschreibenden Parameter (ggf. Wassertiefe, Wind- und Strömungsverhältnisse) sind im Zeitrahmen des zukünftigen Bahnverlaufs unberücksichtigt. Die modellhafte Berechnung der zu erwartenden Schiffsbahn kann auch als theoretische Vorhersage bezeichnet werden, weil eine Betrachtung bzw. Abschätzung des Fehlerpotentials in Bezug auf die Eingangsdaten nicht erfolgt. Unter dem Aspekt der Anwendung der Prädiktion im SHS des MSCW ist diese Vorgehensweise durchaus statthaft, weil hier die Genauigkeiten der Simulation und die der Prädiktion nahezu gleich sind.

Die Ein- und Ausgabedaten der Prädiktion sind dabei:

Eingangsdaten	Ausgabedaten
→ Drehrate, Kurs, Heading (Lage),	→ Zeit
→ Geschwindigkeit,	→ Position (X,Y)
→ Ruder (Soll, Ist, Status),	→ Lage
→ Maschine (Status)	
→ EOT (Soll, Ist),	
→ Steigung (Soll, Ist),	
→ RPM,	
→ Truster (Soll, Status),	
→ Wind, Strom, Wassertiefe	

Tab. 7-1 Ein- und Ausgangsdaten des Prädiktorkerns

Die Benutzung der Soll & Ist Werte sorgt anhand der Schiffsdatenbank für die schiffstypische zeitliche Änderung der Stellorgane im Vorhersagezeitrahmen des Kräfte- und Momentenansatzes (siehe Kapitel 4), welcher dann integrativ in der Vorhersage der Position und Lage des Schiffes endet. Der Status ergibt anhand der Schiffsdatenbank Aufschluss über die Wirksamkeit eines Stellorgans und hat damit direkten Einfluss auf die Kraft- und Momentenberechnungen.

Bemerkung:

Bei der Überführung in die reale Welt bestünde nunmehr das Problem, dass auch diese in der Prädiktion weitestgehend berücksichtigt werden muss. Hierbei ist es nicht nur wichtig, das Fehlerpotential der Sensoren abzuschätzen oder hinreichend viele Umwelteinformationen zu sammeln. Insbesondere die Genauigkeit des Schiffsmodells in Bezug auf das reale Bewegungsverhalten muss untersucht werden, weil die modellhaften Vorstellungen maßgeblich abhängig von der Trimmlage und dem Tiefgang sind.

7.1.4 Ausgabe, Visualisierung

Die Ausgabe der Bahndaten in einer Seekarte oder im realisierten Conning Display sollte im ersten Ansatz als Bahnverlauf dargestellt werden. Der Bahnverlauf, welcher als sekundliche Abfolge der zukünftigen Positionen von der Prädiktion an den Visualisierungsprozess übergeben wird, sollte als Polygonzug oder punktuell mit verschiedenen Präsentationsdichten (z.B. 1 [s], 5 [s]) gezeigt werden. Zusätzlich bzw. in Abhängigkeit der Darstellungsgeschwindigkeit sollte im zweiten Ansatz der Schiffsumriss eingeblendet werden können. Zahlreiche Tests im SHS und im Labor ergaben, dass die Symbolisierung des Bewegungsverhaltens um die Hochachse des Schiffes eine praktische

Notwendigkeit ist. Deshalb sollten die Bahn und der Schiffsumriss wahlweise eingeblendet werden können. Schiffsumriss und Bahn sollten unabhängige Einstellungen der Präsentationsdichte zulassen. Sieh dazu auch Kapitel 6 und 7.3.

7.2 Grafische Notation, Variablendeklaration, Definition der Wertebereiche

In der Abb. 7-1 wird eine Blockdarstellung des Prädiktionsmoduls gezeigt, welche als Basis die Grundstruktur in Abb. 2-1 und die schematische Darstellung des Lösungsansatzes Abb. 3-1 (grau unterlegte Bereiche) beinhaltet.

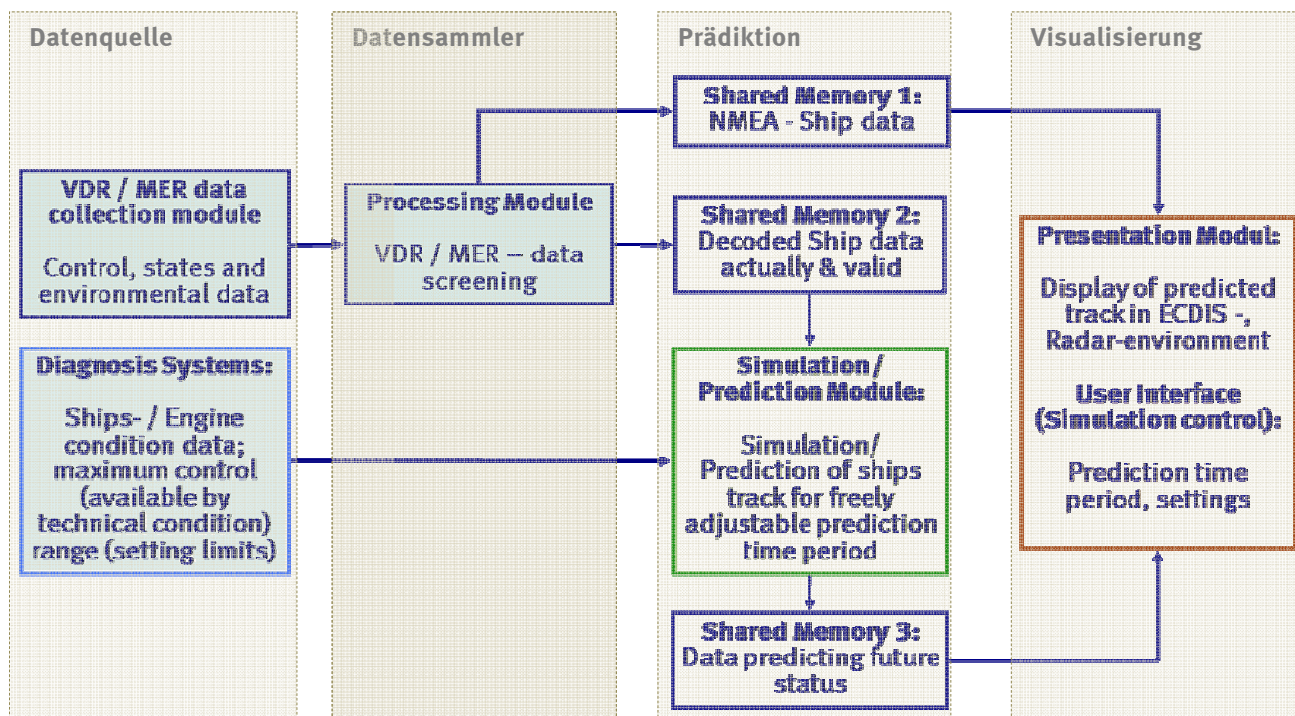


Abb. 7-1 Grafische Darstellung des Prädiktionsmoduls

Während die Datenquelle eine Datei, ein NMEA-Schnittstelle oder ein VDR MER der Firma Interschalt sein kann, und demzufolge rechentechnisch extern angesiedelt sind, sind der Datensammler, die Prädiktion und die Visualisierung interne Prozesse, welche sich den Berechnungszeitraum eines PC's teilen. An dieser Stelle sei vermerkt, dass am Anfang des Projektes die Annahme existierte, dass ein PC das Aufgabenspektrum pro Zeiteinheit (1 [s]) nicht schaffen werde und man davon ausgehen musste, dass mindestens zwei Rechner notwendig sind. Glücklicherweise kam zum Zeitpunkt der Beschaffung die Entwicklung von Dual-Core-Prozessoren auf dem Markt, so dass hier indirekt software-technisches Neuland betreten werden konnte. Die Interprozesskommunikation wird durch das SW-Verfahren „Shared Memory“ (ShM) realisiert, welches u.a. anderen Prozessen einen einfachen, sicheren und schnellen Datenzugriff gewährt. Ggf. hätte man die ShM durch Netzwerkschnittstellen ersetzen und so die Rechenlast auf mehrere Rechner verteilen können. Diese Option steht nach wie vor zur Verfügung müsste jedoch angesichts von Quad-Core-Prozessoren nicht mehr in Erwägung gezogen werden.

Eine tatsächliche Online Anbindung eines ganzen Maschinen-Diagnosesystems, dass ergab sich im Verlauf des Projektes, war zeitlich, technisch und personell im Projekt nicht realisierbar. Im Detail wurde seitens des EUB ein NMEA-Protokoll entworfen, welches zumindest die Effektivität des Ruders hätte liefern können. Leider fehlen im SHS/SES entsprechende SW-Module zur zusätzlichen Schnittstellenrealisierung. Ersatzweise wurden im Prädiktionsmodul hierfür Statusparameter eingeführt, welche prozentuale Verluste pro Zeiteinheit widerspiegeln. Sollte eine Online Anbindung im realen Schiffsbetrieb vorhanden sein, dann lassen sich die Effektivitätswerte in Statusparameter überführen.

7.3 Implementierung in einer Software-Applikation

Die nachstehenden SW-Applikationen für den Datensammler, Prädiktion und Visualisierung arbeiten zusammen und übergeben, so wie in der Abb. 7-1 ersichtlich ist, ihre Daten via ShM.

7.3.1 SW-Datensammler (processing module)

Für den Datensammler wurde eine Software (Abb. 7-2) entwickelt, welche sich als Netzwerk-Client an den VDR MER anbinden lässt. An dieser Stelle kann auf eine gute Zusammenarbeit mit der Firma Interschalt verwiesen werden, welche in den detaillierten Verfahrensfragen eine konstruktive und ergebnisorientierte Unterstützung gewährte.

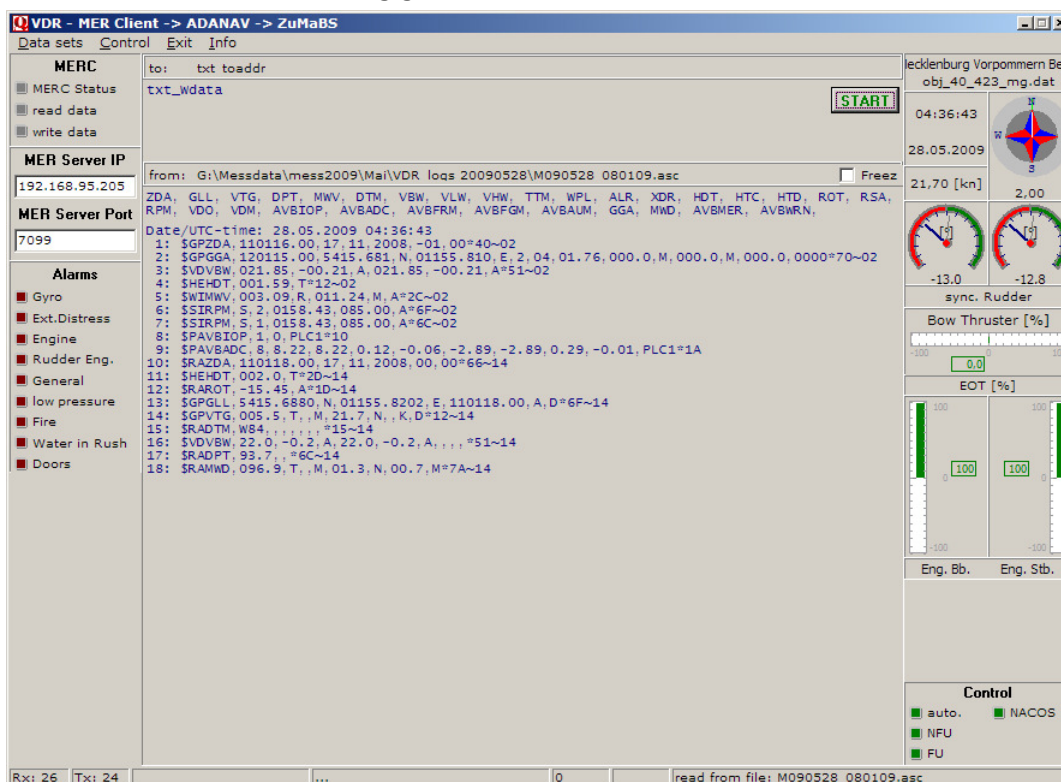


Abb. 7-2 Oberfläche des VDR MER Client für Datenerfassung

Die SW erfasst den gesamten VDR-Datenstrom, selektiert die NMEA-Daten, ordnet diesen einem Zeitpunkt zu und reicht die Daten konvertiert und im RAW-Format an die ShM 1 & 2 weiter. Die beiden ShM dienen hier als temporärer Zwischenspeicher und werden für die Zeit des Beschreibens für Zugriffe von außen gesperrt. Diese Maßnahme garantiert, dass die empfangenen NMEA-Datensätze eines Zeitpunktes zur Verfügung gestellt werden. Das gilt insbesondere für die dekodierten Datensätze. An dieser Stelle sollte nochmals darauf hingewiesen werden, dass NMEA-Datensätze von mehreren Sensoren nicht zwangsweise einen kontinuierlichen Datenstrom erzeugen. Deshalb können von Zeit zu Zeit nur Untermengen an Dateninhalten aktualisiert werden. Im schlimmsten Fall werden zu einem Zeitpunkt keine Daten empfangen und im nächsten Zug stehen Daten aus zwei Zeitpunkten zur Verfügung. Ursächlich hierfür sind die fehlenden Zeitstempel im NMEA-Datenformat, welche eine nachträgliche zeitliche Synchronisierung unmöglich machen.

Zusätzlich dargestellt werden die erfassten RAW-Daten in der Mitte und die dekodierten Daten am rechten Rand der Oberfläche, um ein Resultat für die Funktionsweise zu erhalten. Am linken unteren Rand der SW Oberfläche können Alarmer angezeigt werden, soweit diese zur Verfügung stehen. Die Alarmer können z.Z. nicht von der Brücke I des SHS empfangen werden.

Die SW kann darüber hinaus den zu empfangenen NMEA-Datenstrom (inklusive eigener Zeitmarke) speichern und diesen ggf. zurücklesen, um dann ihrerseits als Datenquelle zu fungieren. Wichtig in diesem Zusammenhang ist im SHS die Festlegung des richtigen Schiffes durch den Bearbeiter. Das jeweilige Schiff kann nur aus der Sammlung der Schiffsdatenbanken entnommen werden,

welche in einem Pfad auf dem Rechner hinterlegt sein muss. Der Zugriff erfolgt über die Environmentvariable SHIPDATABASE, welche festzulegen ist. Die Schiffsdatenbank (SDB) gestatten eine Anpassung der SW-Oberfläche zur Visualisierung der Anzahl von Ruder-, Maschinen- und Thruster-Elementen. Zudem werden wichtige Grenzwerte der Stellorgane übertragen.

7.3.2 Prädiktionssoftware (prediction module)

Die Prädiktion wurde in einem weiteren SW-Programm mit Namen „Ship Track Predictor“ realisiert, damit ein eigenständiger Rechnerprozess instanziiert wird. Diese Maßnahme gestattet, im Sinne des Betriebssystems Windows, eine quasiparallele Bahnvorhersage während der Datenaufnahme und Dekodierung wie im Kapitel 7.3.1.

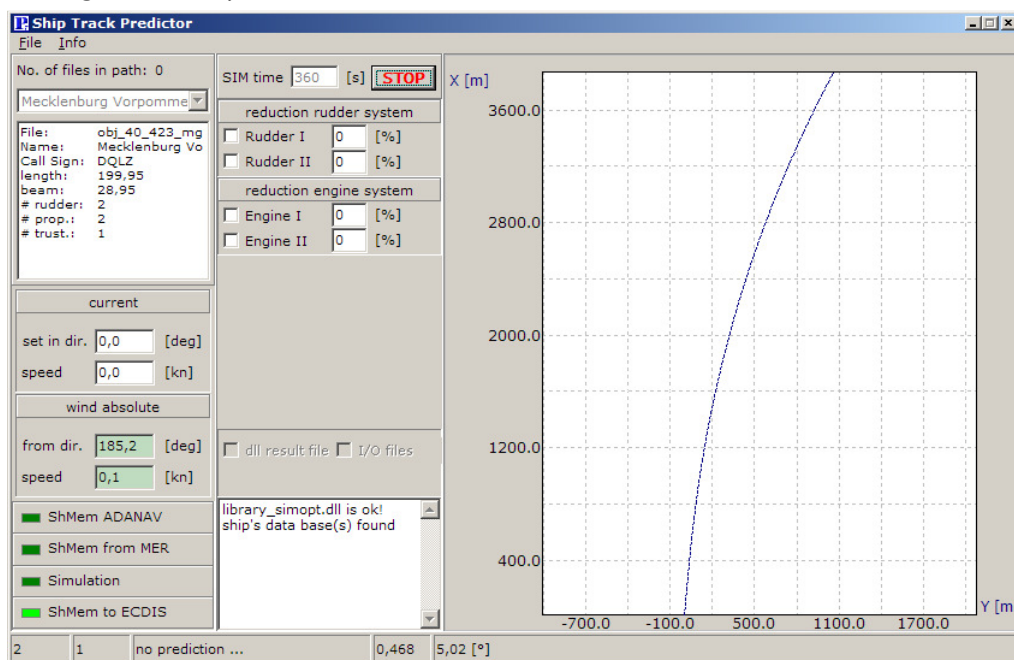


Abb. 7-3 Oberfläche des Prädiktors

Die SW liest in sekundlichen Zyklen den ShM 2 aus und blockiert diesen während dieser Zeit. Im ShM 2 stehen alle dekodierten Messinformationen und die Kennung für das aktuelle Schiff. Anhand der Kennung kann die SDB ausgelesen und die Oberfläche der SW angepasst werden. Erhebliche Anteile der SDB und der aktuellen zustandsbeschreibenden Messwerte werden zur Berechnung der Prädiktion benötigt. Die Berechnung der Prädiktion erfolgt ebenfalls in separaten Zyklen, welche abhängig von der Datenerfassungsgeschwindigkeit ist. Die Ausgabe der Berechnungsergebnisse erfolgt über den ShM 3, welcher ebenfalls zyklisch beschrieben wird. Die drei genannten Zyklen zur Datenaufnahme, Verarbeitung und zur Ergebnisausgabe sind von einander abhängige Teilprozesse (Threads) des Programms.

Neben der am rechten Rand des Programms ersichtlichen Bahndarstellung, welche für die Anzeige der Bahn ohne Conning Display während der SW-Erstellung gedacht war, sind Eingaben für die prozentuale Reduktion der Ruderlegezeiten und der Effektivität der Maschinenanlage möglich. Ebenso lassen sich Stromrichtung und Stromgeschwindigkeit des umgebenden Wasser eingeben. Die SW bedient den Prädiktionskernel.

7.3.3 Visualisierungssoftware (presentation module & user interface)

Für die Erstellung des Softwarekonzeptes wurde die Entwicklungsumgebung Microsoft Visual Studio 6.0 unter dem Betriebssystem Windows XP genutzt. Die Realisierung der elektronischen Seekartendarstellung erfolgte durch Einbindung der ECDIS-Kernel Funktionsbibliothek der Firma SevenCs. Das Anzeigesystem ist für eine Bildschirmauflösung von 1280 mal 1024 Bildpunkten optimiert. Im Folgenden werden die einzelnen Elemente des Anzeigesystems beschrieben (siehe Abb. 7-4).

Das Kernstück des Displays ist die Seekartendarstellung in der Mitte des Bildschirms. Hier wird permanent das Eigenschiff in seiner aktuellen geografischen Umgebung angezeigt. Die Anzeige erfolgt in Abhängigkeit vom Entfernungsbereich (Maßstab) als Schiffssymbol (ship shape) oder als Kreissymbol. Weitere ständige Anzeigen in der Seekartendarstellung sind die Lage des Schiffes (Heading - alphanumerisch), die Drehrate (rate of turn – grafisch & alphanumerisch), die Längsgeschwindigkeit (grafisch und alphanumerisch) sowie die Quergeschwindigkeiten an Bug und Heck (grafisch und alphanumerisch). Wahlweise kann die „Past Track“-Funktion ein- oder ausgeschaltet werden (Darstellung des in der Vergangenheit zurückgelegten Weges). Die Seekartendarstellung ist vorausorientiert, d.h. das aktuelle Eigenschiffssymbol zeigt mit dem Bug immer nach oben. Das Eigenschiffssymbol behält seine Position und Lage auf dem Bildschirm ständig bei. Auf Möglichkeiten zur Konfiguration der Standardeigenschaften der Seekartendarstellung (Helligkeit, Darstellungsart, Farben, ...) wurde verzichtet.

Die neuartigen Manöveranzeigen, genauer die Anzeigen der Auswirkungen von Manövern, werden ebenfalls in der elektronische Seekarte dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Konfiguration und Bedienung dieser Funktionalität erfolgt später in diesem Abschnitt.

Neben der Seekartendarstellung besteht das System aus mehreren modularen Anzeigeelementen, die zum Teil aus der Architektur bestehender Conning Displays abgeleitet wurden.

Im oberen Teil der Anzeige befindet sich eine Datenleiste mit alphanumerischen Informationen zu geografischer Position (Länge und Breite), Lage (Heading), Drehrate (rate of turn), Geschwindigkeit über Grund, Kurs über Grund, Tag und Uhrzeit.

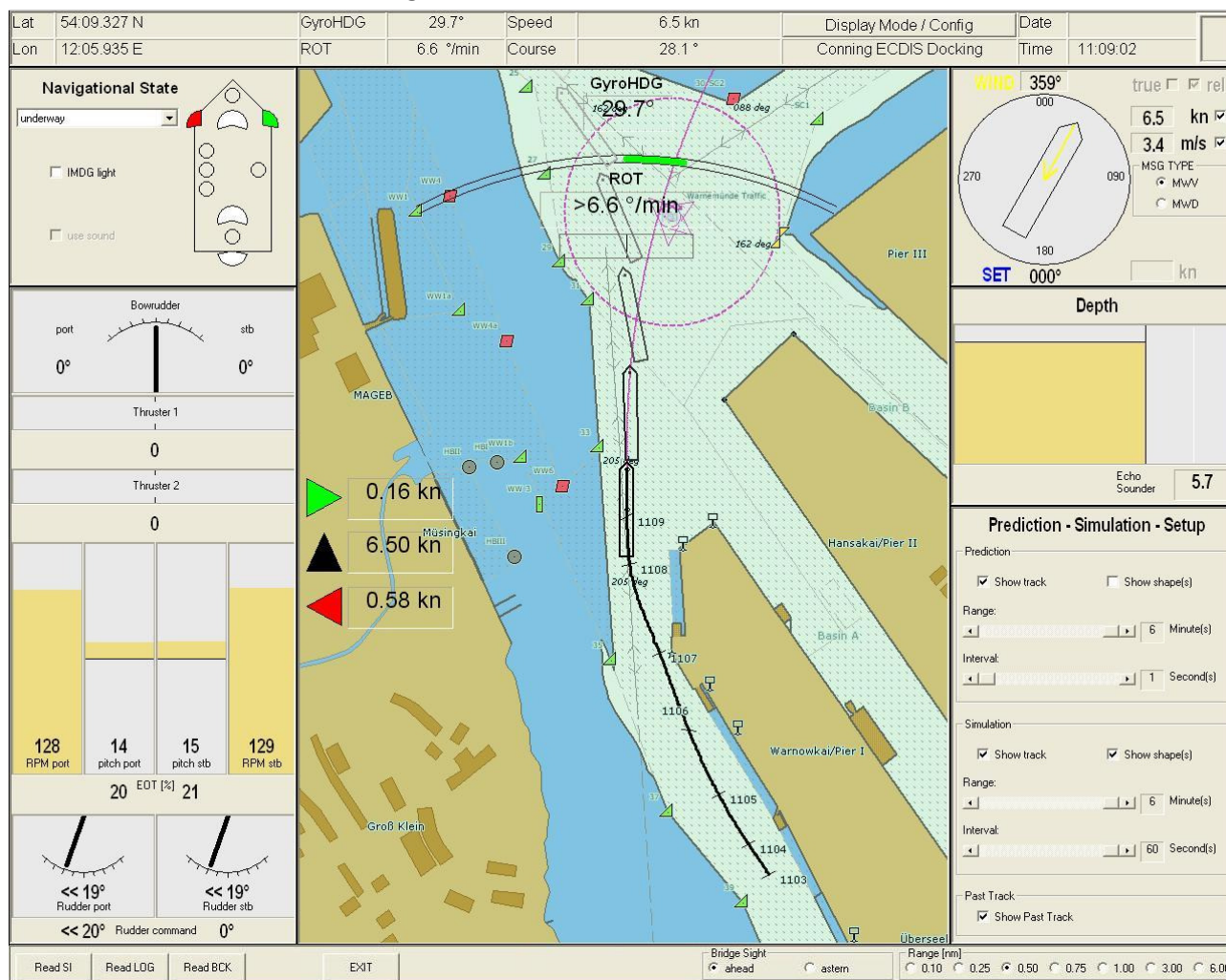


Abb. 7-4 Conning Display im Projekt ZuMANZ mit grafischer Darstellung der voraussimulierten Manöverbahn und Lage des Schiffes durch den Prädiktor

Weitere Elemente dienen der Präsentation von internen und externen Faktoren, die das Bewegungsverhalten eines Schiffes maßgeblich beeinflussen und somit auch Auswirkungen auf die Vorhersagen haben. Zu den externen Faktoren zählen Windstärke und -richtung und die Wassertiefe, die in den Anzeigeelementen auf der rechten Seite dargestellt werden. Interne Faktoren sind die Soll- und Istzustände der Manövereinrichtungen, wie Antriebsmaschinen, Ruder und Bugstrahlruder. Ein entsprechendes Anzeigefeld befindet sich auf der linken Seite. Für dieses Anzeigefeld wurden Entwürfe unterschiedlicher Antrieb-Ruder-Bugstrahlruder-Konfigurationen erarbeitet. Die Abbildung zeigt eine Konfiguration, wie sie auf modernen Fährschiffen zu finden ist. Neben zwei Rudern verfügt das Fahrzeug über zwei Antriebswellen mit Verstellpropellern und zwei Bugstrahlruder.

Im unteren Bereich des Bildschirms befindet sich eine Leiste mit den Bedienelementen zur Auswahl des Entfernungsbereiches (Maßstab). Es sind die Bereiche 0,1; 0,25; 0,75; 1,00; 3,00 und 6,00 Seemeilen vorgesehen.

Das Bedienfeld für die Bewegungsvorhersage befindet sich auf der rechten Seite unterhalb der Anzeigefelder für Wind und Wassertiefe. Hier kann der Benutzer neben einer kinematischen (magentafarbene Linie in der Abb. 7-4), auch die zustandsbasierte Bewegungsvorhersage (Schiffssymbole) sehr einfach konfigurieren. Die kinematische Vorhersage ist eine bereits implementierte Funktion von Elektronischen Seekartensystemen, die aus dem aktuellen Bewegungsverhalten (Lage, Kurs, Geschwindigkeit und Drehrate) die zu erwartende geografische Position und die Lage des Schiffes in einem bestimmten Vorhersagezeitraum berechnet.

Die Anzeige der Vorhersage in der Seekartendarstellung wird durch Auswahl der jeweiligen „Show Track“-Option aktiviert. In der Anzeige werden dann die künftigen Positionen im ausgewählten zeitlichen Vorhersagebereich („Range“) in Abhängigkeit vom ausgewählten zeitlichen Abstand („Interval“) als Punktobjekte dargestellt. In der vorliegenden Version läßt sich der Vorhersagebereich in den Stufen 1, 2, 3, 4, 5, und 6 Minuten wählen, während der zeitliche Abstand zwischen den Punktobjekten 1, 5, 10, 15, 20, 30 oder 60 Sekunden betragen kann. Bei einem gewählten Intervall von einer Sekunde erscheinen die künftigen Positionen als Linie. Diese Auswahl ist sinnvoll, wenn nur der zukünftige Weg des Schiffes gezeigt werden soll. Unabhängig vom Range und Intervall kann zusätzlich die Option „Show shape“ gewählt werden. Damit wird zum Punktobjekt an jeder zukünftigen Position ein Schiffssymbol maßstabgerecht und mit der vorausgerechneten Lage (Heading) dargestellt (siehe Abb. 7-4). Ist das Intervall mit einer Sekunde gewählt, wird auch das Schiffssymbol an jedem der Vorhersagepunkte erscheinen. Die aneinander gefügten Symbole zeigen dann den gesamten benötigten Manöverraum für die kommenden Minuten. Alle Informationen, die im Anzeigesystem dargestellt werden, haben eine Erneuerungsrate von einer Sekunde. Dies gilt sowohl für die alphanumerischen und grafischen Elemente, als auch für die Seekartendarstellung mit dem Eigenschiff und den Vorhersageanzeigen. Durch Aufheben der Optionen „Show Track“ werden die Vorhersageanzeigen ausgeschaltet.

8 Vorbereitung und Test der Module separat und im SHS des MSCW

In diesem Kapitel werden die durchgeführten Arbeiten zusammenfassend dargestellt, welche sich im Zusammenhang mit dem Test und der Durchführung von Untersuchungen zur Nutzerakzeptanz ergaben. Um die Lesbarkeit und Verständlichkeit des Kapitels zu gewährleisten, wurden Wiederholungen aus vorhergehenden Abschnitten bewusst in Kauf genommen. Das Verständnis des Kapitels ist damit auch ohne Kenntnis der vorherigen Kapitel und Abschnitte gegeben. Die aus zwei Simulationsexperimenten bestehende Versuchsreihe wurde aufbauend auf dem im Projekt ADANAV organisierten Tests durchgeführt. Die erste Versuchsreihe wird aus Gründen der thematischen Vollständigkeit hier in Kurzform beschrieben.

Navigationsbrücken sind hochkomplexe, automatisierte Mensch-Maschine-Systeme. Zur Gewährleistung der sicheren Schiffsführung ist eine Vielzahl unterstützender technischer Anlagen und Systeme installiert, welche in Form von Anzeigen Zustandsinformationen an den Operateur weiterleiten. Die gegenwärtige Situation ist einerseits durch eine große Anzahl bereits existierender Displays gekennzeichnet. Andererseits nimmt die Anzahl an Displays auf der Brücke durch die Erweiterung der Pflichtausrüstung mit Navigationsgeräten weiter zu. Im Rahmen des Berichts werden Untersuchungen zur Neu- und Weiterentwicklung integrierter Navigationsanzeigen für Schiffe mit komplexen Antriebssystemen mit mehreren Steuerungskomponenten vorgestellt. Erste, im Rahmen einer experimentellen Versuchsreihe an einem Schiffsführungssimulator erzielte Ergebnisse werden exemplarisch diskutiert.

8.1 Entwurf und Festlegung von Testszenarien

8.1.1 Einleitung

Der Arbeitsplatz des Schiffsführers, die Schiffsbrücke, ist u.a. eine zentrale Zusammenfassung von Anzeige- und Bedienelementen zur sicheren Navigation. Aus der Vielzahl von Einzelgeräten werden zum Datenaustausch zunehmend miteinander verbundene, integrierte Systeme. Die technische Entwicklung hat dazu geführt, dass sich aufgrund der sich verändernden installierten Steuer- und Vortriebseinrichtungen auch die Anzahl der Bedien-, Steuer- und Anzeigeelemente stetig erhöht hat. Zur Reduzierung der unübersichtlicher werdenden Anzahl und Anordnungen von Mensch-Maschine-Schnittstellen auf den Schiffsbrücken werden die Anzeigeelemente immer öfter als so genannte „Multifunction-Displays“ ausgeführt. Die übergeordneten globalen Zielstellungen der Einführung und Verwendung multifunktionaler Anzeigeeinheiten sind dabei die Erhöhung der Sicherheit des Seetransports und die bessere Unterstützung des bordgestützten Navigationsprozesses durch den Nautiker.

Als neuartiger Ansatz zur Integration wird in der internationalen Weltschifffahrtsorganisation (International Maritime Organisation – IMO) die funktionale und aufgabenbezogene Kombinationen von Sensoren, Datenquellen und deren geeignete Aufbereitung und Anzeige in den multifunktionalen Displays angestrebt. Diese Herangehensweise ist ein prinzipiell neuer Ansatz, der mit der bisherigen konventionellen Verfahrensweise bei der Standardisierung von gerätebezogenen Einzelkomponenten bricht. In der Forschung und Entwicklung wird dieser Ansatz jedoch schon seit längerem verfolgt (siehe u.a. Kersandt (1997)). Bei der aktuellen Definition der Leistungsanforderungen an Integrierte Navigations- und Integrierte Brückensysteme (INS u/IBS) wurde durch die IMO auch der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen eine größere Bedeutung zugeordnet. Es wird gefordert, dass die neuen Systeme den menschlichen Faktor ausreichend berücksichtigen sollen und dies entsprechend nachzuweisen ist.

8.1.2 Problemstellung

Das sogenannte "Conning Display" ist in den aktuellen Entwürfen zur Überarbeitung der für Systemhersteller verbindlichen IMO-Leistungsstandards für integrierte Navigationssysteme als die Anzeigeeinheit definiert, in der die wichtigsten Zustandsparameter der Bewegung und zur Steuerung eines Schiffes enthalten sein müssen. Obwohl die Leistungsanforderungen nur

generelle und generische Formulierungen über einzuhaltende Minimalforderungen enthalten, unterscheidet sich der strukturelle Aufbau der Conning Displays weltweit verschiedener Hersteller kaum. Diese Conning Displays bieten vorwiegend alphanumerische Anzeigen zum Kurs, zu den Geschwindigkeiten, der Lage, der Ruderlagen, Bug- bzw. Heckstrahlrudereinstellungen, Maschinendrehzahlen u.ä. sowie zu den aktuellen hydrometeorologischen Bedingungen wie Windstärke und Richtung, Wassertiefe usw.

Einerseits war das damalige Ziel der gemeinsam durchgeführten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Conning Display (eines Herstellers und von Fährreedereien) vor allem die Integration von Anzeigen für neue Manövriereinrichtungen wie Azipod und Waterjet. Diese Vortriebs-einrichtungen wurden in der letzten Dekade zunehmend, insbesondere beim Bau von Fähr-, RoRo- und Passagierschiffen, verwendet, um deren Manövrierfähigkeit zu erhöhen. Durch die signifikante Zunahme der Abmessungen von Frachtschiffen wurden solche Antriebe aber auch immer häufiger, insbesondere bei großen Containerschiffen anstelle konventioneller Fest- oder Verstellpropeller verwendet. Die bisherigen Anzeigemodule in den Conning Displays sind für solche Antriebe, wenn überhaupt, dann nur stark eingeschränkt verwendbar. Es besteht daher die dringende Notwendigkeit einer Erweiterung und Verbesserung der Anzeigemöglichkeiten für Zustandsparameter für derartig ausgerüstete Schiffe.

Andererseits ist es wegen der sich verändernden Manövriereigenschaften der Schiffe und des relativ steigenden Platzbedarfs bei sich gleichzeitig verringerndem verfügbarem Navigationsraum erforderlich, die bestehenden Möglichkeiten zur Visualisierung zu erwartender Bahnverläufe weiterzuentwickeln und zu verbessern. Bisherige Ansätze und Lösungen liefern in der Regel unter Verwendung linearer Vorauszextrapolationen des aktuellen Bewegungszustandes lediglich Anzeigen, welche die aktuellen Änderungen der Zustandsparameter der Manövriereinrichtungen wie zum Beispiel Drehzahl, Propellersteigung oder Ruderlage überhaupt nicht berücksichtigen.

8.2 Definition zu Versuchsaufbau und -durchführung

8.2.1 Methodik – Abgrenzung und Herangehensweise

Zur Lösung der Problemstellung wurde ein konventioneller Ansatz gewählt. Im ersten Schritt wurden mithilfe strukturierter Fragebögen Nutzerbefragungen durchgeführt um Vor- und Nachteile der aktuellen Ausführungen von Conning Displays im operationellen Betrieb zu erfassen und zu analysieren. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Analysephase sind:

- (1) Das Conning Display wird wegen traditioneller, redundanter Anzeigen von den Nautikern eher selten benutzt.
- (2) Die vorwiegend alphanumerische Präsentation einer Vielzahl von Zustandsdaten erschwert die schnelle Informationsaufnahme, weil zur Entscheidungsfindung vorwiegend absolute Zustandsänderungen beobachtet werden.
- (3) Die oft bloßen alphanumerischen Datenanzeigen haben nahezu keinen Situationsbezug (Umgebungsbedingungen und Navigationsaufgabe).

Weiterführend wurden auch Lösungsansätze in anderen Transportmodi erfasst und auf ihre Übertragbarkeit in den maritimen Bereich diskutiert. Anhand dieser Ergebnisse wurde eine Defizit- und Potenzialanalyse durchgeführt, um Vorschläge für verbesserte und erweiterte Anzeigefunktionen zu entwickeln.

Diese Layoutentwürfe sollten dann im nächsten Bearbeitungsschritt in lauffähige Softwareapplikationen eines Experimentiersystems umgesetzt werden. Das Experimentiersystem wurde so konzipiert, dass eine direkte Kopplung an den Datenaustausch in einer Schiffsbrücke und damit ein Test unter Realzeit-Bedingungen bei direkter Einbindung in die Durchführung realer Navigationsaufgaben möglich waren.

In dieser Weise sollten im Rahmen einer experimentellen Simulatorstudie empirische Untersuchungen zur Anwendbarkeit und zur Akzeptanz der vorgeschlagenen neuen Anzeigefunktionen realisiert werden.

8.2.2 Applikation neuer Anzeigefunktionen in einem Experimentiersystem

Die Entwicklung der Entwürfe neuer Anzeigen erfolgte auf der Basis des aktuellen Layouts des Conning Displays des integrierten Navigationssystems des kooperierenden Herstellers, der außerdem die softwaretechnische Umgebung zur Verfügung stellte, die durch eigene Applikationen zu einem variablen Experimentiersystem ausgebaut wurde. Das als Basis verwendete Conning Display entspricht den aktuellen Forderungen der IMO-Leistungsanforderungen. Wegen der festgestellten strukturellen und inhaltlichen Ähnlichkeit der Conning Displays wurde auch die prinzipielle Transformier- und Applizierbarkeit der erweiterten und verbesserten Anzeigen auf andere Plattformen unterstellt.

Als Prämissen bei der Erarbeitung der Entwürfe für die neuen Anzeigefunktionen wurden festgelegt, dass alphanumerische Datenanzeigen möglichst durch grafische Untersetzungen ergänzt und durch geeignete Integration und Kombination der Daten einen Situationsbezug zu den Umgebungsbedingungen und Navigationsaufgaben hergestellt werden sollte.

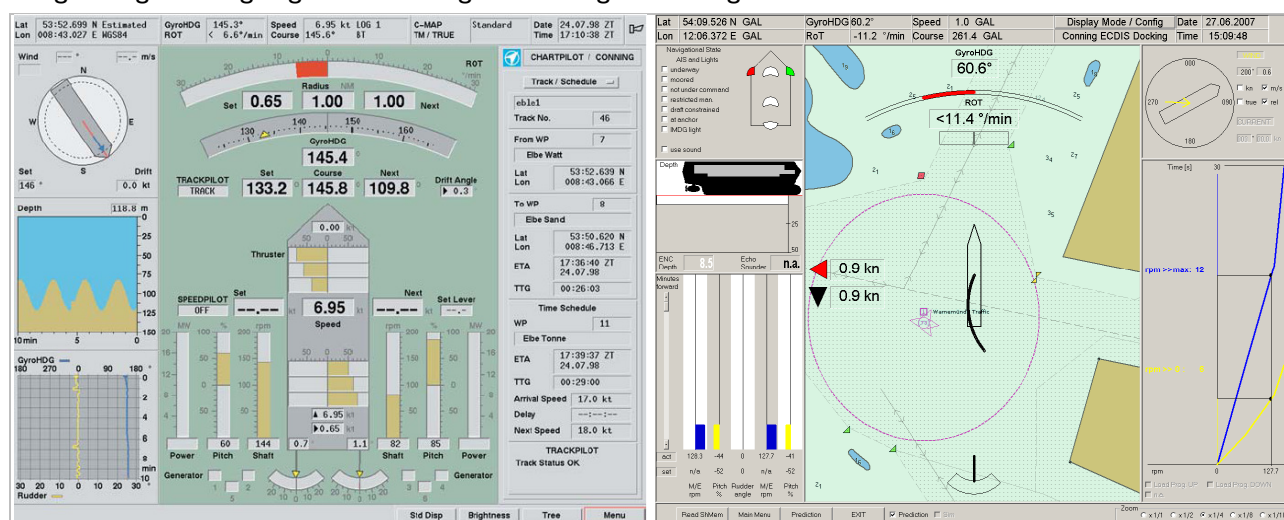


Abb. 8-1 Beispiele Ausgangssituation und Beispiel des neuen Layout-Entwurfs mit integrierter simulationsbasierter Bahnprädiktion

Die Realisierung dieser Anforderungen erfolgte durch die Kopplung und die Kombination der Anzeigeelemente des Conning Displays mit dem elektronischen Seekarten- und Informationssystem (ECDIS-Electronic Chart Display and Information System), in welchem der maßstabsgerechte Schiffsumriss mit den geforderten Zustandsanzeigen dargestellt wird. Mit dieser Kopplung wurde zugleich auch die Voraussetzung zur Implementierung eines Bahnprädiktors geschaffen, der als weiteres eigenständiges Softwaremodul entwickelt und in das Softwaresystem integriert wurde.

8.2.3 Schnittstellenrealisierung zur Prozesskopplung in der Experimentierumgebung

Die Kopplung des PC-gestützten Experimentiersystems mit dem SHS (Schiffsführungssimulator) erfolgte über die Schnittstelle des Voyage Data Recorder (VDR), welcher in Form des MER (Marine Event Recorder) eines Projektkooperationspartners (Systemhersteller) zur Verfügung stand. Der MER besteht dabei aus einem 19“ Rack mit den gemäß IMO-Leistungsstandard geforderten Schnittstellensammlern (u.a. für Positions-, Kurs-, Geschwindigkeits-, aber auch ARPA-Radar- und weiterer Daten), einem MER-Server (MERS) zur Datenerfassung und der Schutzkapsel mit der Speichereinheit. Der MER-Server gestattet darüber hinaus einem MER-Client (MERC) den parallelen Abgriff der Daten als Monitorsystem.

Die physische Kopplung VDR und PC-Experimentiersystem erfolgte über eine gesicherte LAN-Schnittstelle. Der MERC ist das selbst entwickelte Softwaremodul, welches alle im integrierten Brückensystem verfügbaren Datenströme liest und dekodiert sowie die relevanten Daten dem Prädiktor via Shared Memory (ShM) zur Verfügung stellt.

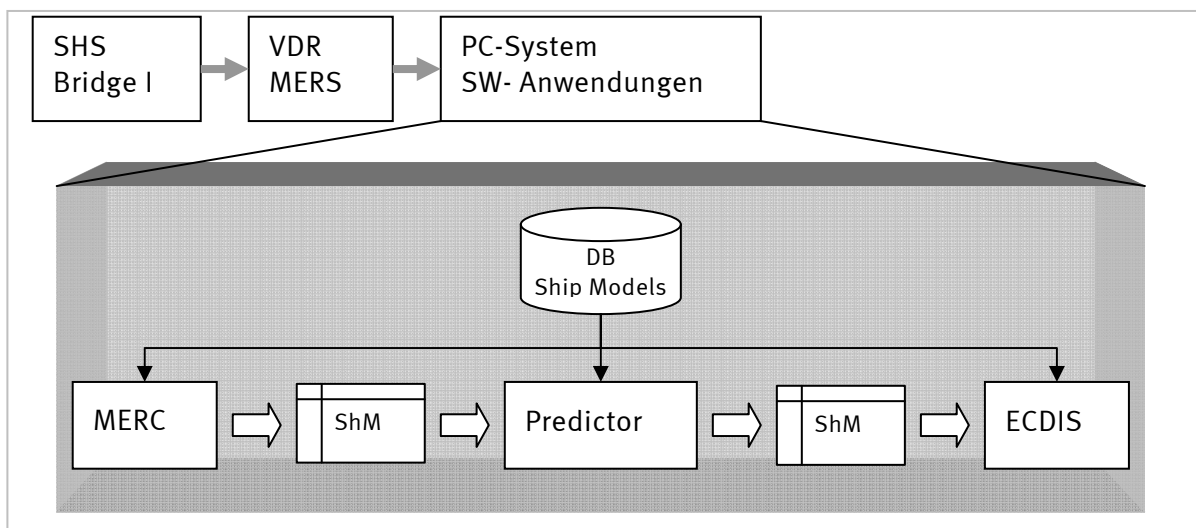


Abb. 8-2 Schema zur Datenverarbeitung

Das Prädiktormodul ist eine SW, welche anhand der Datenbasis (DB) des Schiffsbewegungsmodells eine Vorhersage der Schiffsbahn aufgrund der aktuellen Stellgrößen (Ruder, Maschine, Thruster, usw.) generiert. Die Schiffsbahn wird via Shared Memory auf der in das Conning Display integrierten ECDIS zur Anzeige gebracht.

8.3 Entwurf, Durchführung und Analyse der Testreihen und Versuchsergebnisse

8.3.1 Simulationsstudie I

8.3.1.1 Aufbau

Zur Durchführung erster grundlegender Anwendungs- und Akzeptanztests wurde im Rahmen dieses Projektes eine empirische Studie konzipiert, bei der eine Verifizierung des neu gestalteten Displays und der neu integrierten Anzeigefunktionen zur Prädiktion von zukünftig zu erwartenden Bewegungs- und Systemzuständen durch subjektive Bewertungen berufserfahrener Nautiker vorgenommen werden sollte. Um die subjektiven Einflüsse in der Bewertung zu minimieren, sollten die Probanden in der täglichen Berufspraxis übliche Navigationsaufgaben unter Bereitstellung des neuartigen, anstelle des konventionellen, Conning Displays durchführen und wurden danach zum Gebrauch einzeln befragt.

Zu diesem Zweck wurde der Versuchsaufbau im Full-Mission Schiffsführungssimulator des Maritimen Simulationszentrums Warnemünde realisiert und ein Szenario zur Terminalansteuerung im Überseehafen Rostock mit einem 200m langen und 38 m breiten RoRo-Passagierfährschiff mit zwei Verstellpropellern und Bugstrahlruder implementiert.



Abb. 8-3 Aufbau der Versuchsanordnung am Schiffsführungssimulator in Warnemünde

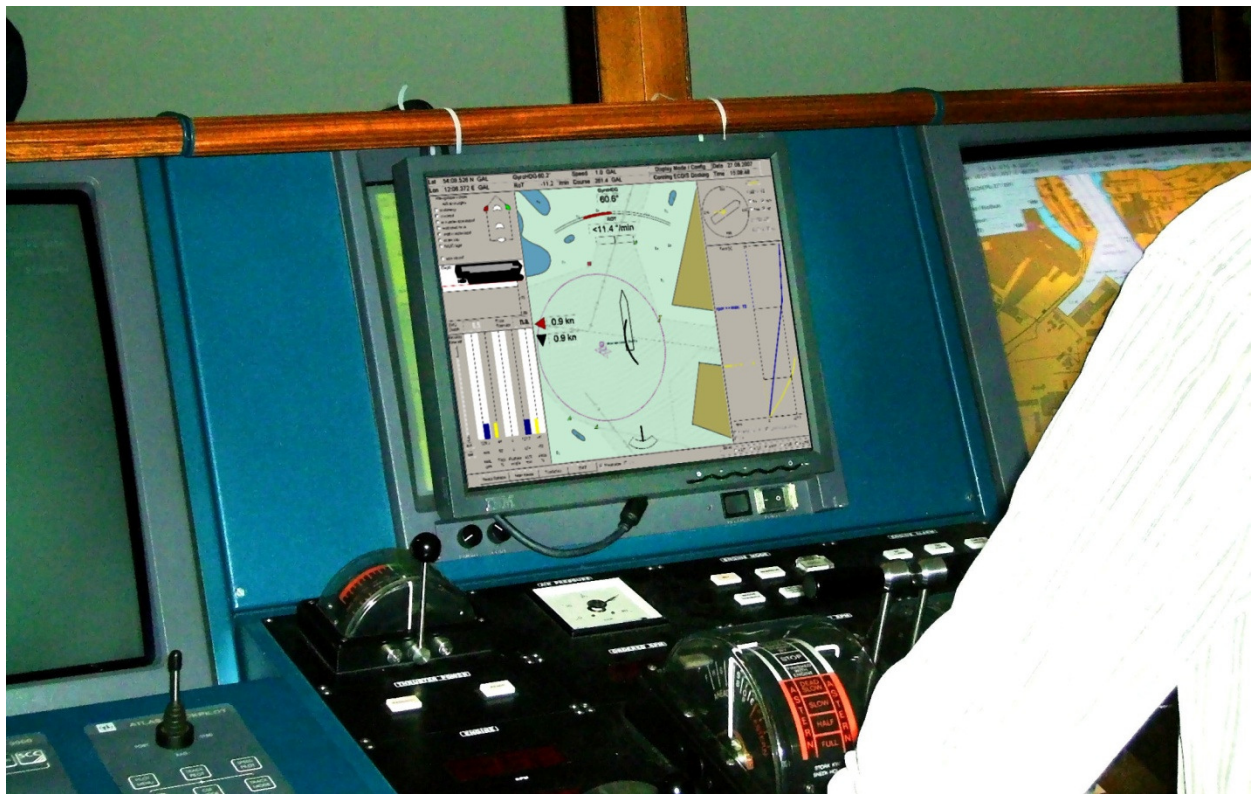


Abb. 8-4 Aufbau der Versuchsanordnung - an den Simulationsprozess gekoppeltes neues Conning Display



Abb. 8-5 Aufbau der Versuchsanordnung – Seegebiet für Experiment 1 mit Beispiel eines Trackverlaufs

Die im Simulationsversuch zu bewältigende Aufgabe umfasste die Durchführung des im Hafenrevier erforderlichen 180°-Wendemanövers und die Ansteuerung des Liegeplatzes mit Fahrt über Steven (Rückwärtsfahrt). Bei der Szenarienentwicklung wurde auf die Implementierung zusätzlicher Störgrößen wie Wind und Strömung oder Gegenverkehr verzichtet und als Szenariozeit 16:00 Uhr (Tageslicht) ohne Sichtbehinderung festgelegt.

Als Probanden für die Pilotversuchreihe konnten fünf berufsaktive nautische Offiziere und Kapitäne von Großcontainerschiffen, Tankern, Fäh- und Spezialschiffen der Marine mit unterschiedlichem Erfahrungshorizont (5-25 Jahre) gewonnen werden. Die Probanden agierten nach der Versuchseinweisung und einer Eingangsbefragung in den Simulationsversuchen jeweils als Kapitän. Zur Komplettierung der Brückenbesetzung wurde ein mit dem Steuerverhalten des Schiffes vertrauter Rudergänger gestellt.

Ein kompletter Simulationslauf dauerte je Versuchsperson zwischen 17 und 25 Minuten. Auf eine statistische Auswertung wird wegen der noch zu geringen Anzahl der Versuchsgruppe verzichtet.

Neben der Versuchsreihe zum Test der Nutzerakzeptanz, die auch zur Weiterentwicklung und insbesondere auch zur Optimierung der entwickelten Nutzerschnittstelle im Rahmen des Projektes genutzt wurde, wurde noch ein zweites Experiment geplant und umgesetzt. Dieses zweite Experiment ging einer der diesem Projekt zugrundeliegenden Ausgangshypothesen nach, ob und inwiefern mittels neuartiger Anzeigen das Manövrieren von nautischen Schiffsoffizieren beeinflusst wird und wenn das der Fall sein sollte, ob die potentiellen Effekte auch nachweisbar belegt werden können.

Das zu diesem Zweck konzipierte zweite Experiment beinhaltete die Manöverfahrt mit einem Panmax Containerschiff in einem engen Hafenrevier. Die wesentlichen Schiffsparameter des zu diesem Zweck modellierten Schiffes sind in der Lotseninformation in Abbildung 9-7 zusammengefasst. Als Hafenrevier wurde erneut das Simulationsrevier des Hafen Rostock ausgewählt. Als Navigationsaufgabe wurde ein Ablegemanöver aus dem östlichen Hafenbecken ohne Schlepperhilfe ausschließlich mittels der verfügbaren schiffseigenen Steuer- und Manövrierorgane von einem Liegeplatz bis zum Erreichen der Wendeplatte (siehe Abb. 9-8) entworfen und implementiert.

Pilot Card					
Ship's Name:	CV Retribution			Date:	02.07.08
Call sign:	A8DS4			Year built:	1999
Draught Forward:	12.0 m	39 ft	4 in	Deadweight:	52600 t
Aft:	12.0 m	39 ft	4 in	Displacement:	74000 t
SHIP'S PARTICULARS					
Length overall:	294.0 m		Breadth:	32.2 m	
			Bulbous bow:	Yes	
Anchor chains: Port	12 shackles		Starboard	12 shackles	
			Stern	0 shackles	
	1 shackle = 27.43 m		15.00 fathoms		
Manoeuvring engine order	RPM	Pitch [%]	Speed [knots]	Full ahead to full astern: 3600 s	
Full Ahead	94	100	23.9	Max. Starts:	5
Half Ahead	47	100	12.8	Min. RPM:	23
Slow Ahead	24	100	6.5	Speed at min. RPM:	6 knots
Dead Slow Ahead	12	63	2.6	Astern Power:	85 % ahead
Dead Slow Astern	-17	63			
Slow Astern	-29	100			
Half Astern	-42	100			
Full Astern	-80	100			
STEERING PARTICULARS					
Type of rudder:	Balanced		Maximum angle:	35 deg	
Rudder angle of neutral effect:	1.0 deg		Hard-over to hard-over:	13 s	
Thruster Bow:	2110 kW	2830 HP	Stern:	0 kW	0 HP

Abb. 8-6 Aufbau der Versuchsanordnung – Parameter des Panmax Containerschiffes des zweiten Simulationsexperiments



Abb. 8-7 Aufbau der Versuchsanordnung – Manöveraufgabe des zweiten Experiments und Brückensicht

Als Versuchsbedingungen wurden wiederum gute Sicht bei Tageslicht und keine zusätzlichen Störungen durch Wind oder Stromwirkungen festgelegt. Die Simulationen erfolgten für den ungestörten Regelbetrieb, das heißt bei voller Verfügbarkeit der Manövriereinrichtungen (keine Einschränkungen oder gar Ausfall von Haupt- oder Hilfsmaschine, Ruder oder Bugstrahler). In einer Expertenbefragung wurde dieses Manöver von aktiven Lotsen als ein Manöver der höchsten Schwierigkeitsstufe bewertet.

8.3.1.2 Auswertung und wichtigste Testergebnisse

Nach der ersten Versuchsreihe wird auf eine detaillierte statistische Betrachtung verzichtet. Entsprechende Analysen werden nach Vergrößerung des Umfangs der Stichprobe ergänzt. Aus der offenen Befragung der Probanden der ersten Versuchsreihe konnten jedoch bereits deutlich positive Aussagetendenzen hinsichtlich der Nutzung und der Akzeptanz der integrierten neuen Navigationsanzeigen gewonnen werden. Von allen Probanden wurden auf die Frage erkannter bzw. empfundener Unterschiede die Prädiktionsfunktion und die Unterlegung der Anzeige mit der ECDIS angegeben. Die Kopplung von elektronischer Seekarte mit den Zustandsdaten des Eigenschiffes wurde von allen als neue Qualität eingestuft. Die von den Versuchspersonen vorgenommene Gesamteinschätzung des neuen Conning Displays auf einer Skala von 1 (schlecht) bis 10 (ausgezeichnet) lag zwischen minimal 6 und maximal 9. In den individuellen Interviews wurden außerdem neben Bewertungen auch weitere Anregungen zu spezifischen Anzeigeelementen gegeben. Als fundamentale Voraussetzung wurde von den Experten allerdings die Gewährleistung einer ausreichenden Zuverlässigkeit der Datenbasis (insbesondere ECDIS) gefordert.

Wesentliches Ergebnis der zweiten Versuchsreihe zur Untersuchung der Auswirkungen neuartiger Prädiktionsanzeigen ist eine deutliche Reduzierung der Anzahl von Elementarmanövern. Als Elementarmanöver wird jede Nutzung eines Steuer- oder Manövrierorgans, wie z.B. jedes ausgeführte Ruder- oder Maschinenkommando definiert.



Abb. 8-8 Versuchsergebnisse Beispiele Trackverläufe erfolgreich durchgeführter Fahrten

In der nicht repräsentativen Versuchsreihe erreichten alle Teilnehmer unabhängig von ihrer Revierkenntnis und auch unabhängig vom Maß der verfügbaren Manövrierefahrung erfolgreich das Versuchsziel. Das heißt selbst ein mit den Manövriereigenschaften des Schiffes nicht vertrauter Nautiker realisierte das Ablegen, das Verlassen des Hafenbeckens und das Einsteuern auf die Wendepalte ohne eine Grundberührung oder eine Kollision mit anderen Objekten (Tonnen) im Revier. In Abb. 8-8 sind beispielhaft zwei Tracks durchgeführter Simulationsfahrten dargestellt. Die linke Abbildung zeigt den Bahnverlauf mit überblendeten Schiffskonturen zur Darstellung der Lage des Schiffes ohne Nutzung des Prädiktors. Auf der rechten Seite ist das Ergebnis für einen Probanden dargestellt, der für die Versuchsdurchführung die Prädiktionsanzeigen einsetzen konnte.

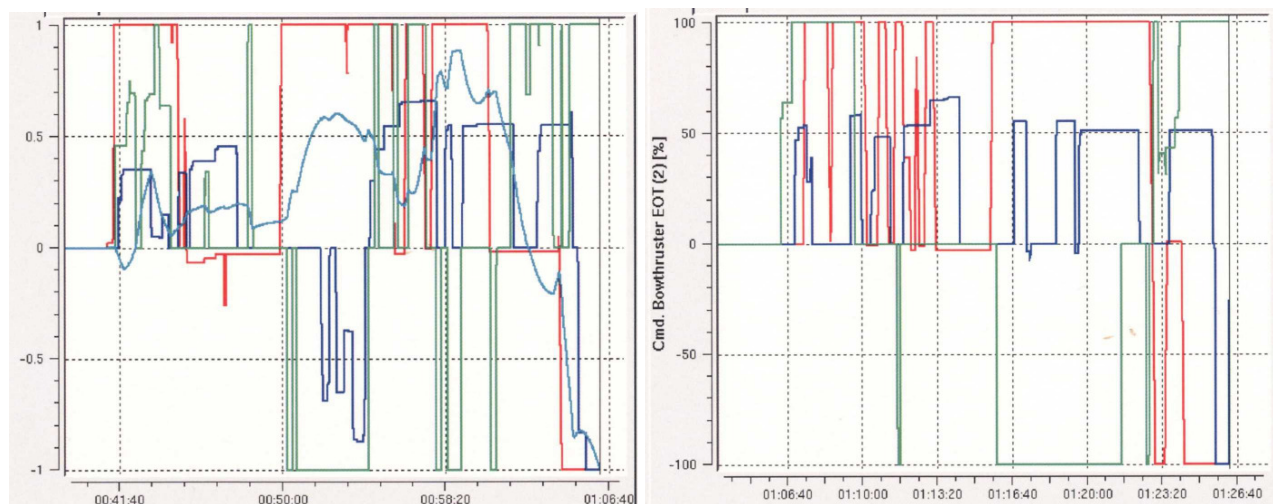


Abb. 8-9 Beispiele Analyse Anzahl und Intensität von Elementarmanövern bei den durchgeführten Fahrten

In Abb. 8-9 ist der Einsatz der Manövrier- und Steuerorgane (Ruder, Maschine und Bugstrahler) in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Darin wird insbesondere die geringere Variation vorgenommener korrigierender Stellmanöver ersichtlich. Bei Verfügbarkeit von Prädiktionsanzeigen orientierten sich die Nautiker offenbar an diesen Anzeigen und konnten die Nutzung der Manövrierorgane viel feiner und vor allem zielgerichteter dosieren. Das äußerte sich außerdem in einem deutlich minimierten Platzbedarf und darüber hinaus auch in einer deutlichen Verringerung der benötigten Zeit zum Erreichen des Manöverziels. Auf der Grundlage der durchgeführten aufwändigen Simulationstests konnte die Eingangshypothese belegt werden, dass Prädiktionsanzeigen Auswirkungen auf das Manövrieren haben. In den ersten Test konnte zudem bei den spezifischen komplexen Manövern ein ökonomischer Effekt (Verringerung des Zeitbedarfs und der Anzahl an Teilmanövern) nachgewiesen werden.

8.3.2 Simulationsstudie II

8.3.2.1 Aufgabenstellung

Ausgehend von einer umfangreichen Analyse der aufgezeichneten Manöverabläufe eines VDR sollten Verbesserungspotentiale benannt und Alternativkonzepte abgeleitet werden. Mittels Simulationsfahrten im MSCW unter Verwendung neuartiger Bahn- und Lagevorhersagen sind Möglichkeiten aufzuzeigen und nachzuweisen, durch optimierte Manöver den zeitlichen Bedarf für das Einlaufen in den Hafen Rostock zu verringern.

Unter dem eigentlichen „Einlaufen“ in den Hafen Rostock kann man die Fahrt eines Schiffes von der Passage der Molen bis zu seinem Liegeplatz verstehen. Für ein Schiff lässt sich diese Fahrt außerdem in die folgenden vier Phasen unterteilen:

- (1) Passage der Molen – Fahrt im Seekanal: In der ersten Phase wird wegen der Fahrt auf gerader Bahn und der Geschwindigkeitsbegrenzung im Rostocker Hafen von 6,5 Knoten ein Zeitgewinn kaum möglich sein. Das Ziel sollte sein, diese Geschwindigkeit nicht wesentlich zu unterschreiten.
- (2) Einsteuern auf die Wendeplatte – Aufstoppen des Schiffes - Drehen des Schiffes – Beginn der Rückwärtsfahrt – Verlassen der Wendeplatte: Während der zweiten Phase kommt es zur Abfolge einer Reihe verschiedener Manöver, die zum Ziel haben, das Schiff im begrenzten Fahrwasser aufzustoppen, zu drehen und dann in eine Rückwärtsbewegung überzugehen. In dieser Phase sollte eine Optimierung möglich sein.
- (3) Rückwärtsfahrt bis zum Liegeplatz: Die dritte Phase ist gekennzeichnet durch die Rückwärtsfahrt im begrenzten Fahrwasser bis zum Liegeplatz. Durch den möglichen Einsatz aller zur Verfügung stehenden Manövriereinrichtungen scheint eine Manöverassistenz zum optimalen Einsatz der Steuerorgane sinnvoll.
- (4) Anlegen am Liegeplatz: Auch hier lässt sich Verbesserungspotential vermuten.

Bei der bisher durchgeführten und nachfolgend dargestellten Untersuchung stand die 2. Phase im Mittelpunkt, wobei die Analyse auf der geografischen Breite von 54°10' N (querab Insel Pagenwerder) begann und bei 54°09' N endete.



Abb. 8-10 Reale Bahnverläufe vom VDR (= hohe Symboldichte) und AIS

8.3.2.2 Beschreibung und Analyse des Manöverablaufes (nach VDR-Backup):

Der nachfolgend dargestellte Manöverablauf beschreibt die wesentlichen Handlungen bei der Führung des Schiffes und deren Auswirkungen von der Passage des Seekanals bis zum Anlegen. Das Schiff befährt den Seekanal entlang der Radarlinie mit einem Kurs über Grund von ca. 162° und einer Geschwindigkeit über Grund von mehr als 7 Knoten. EOT Bb./Stb. beträgt 20/22 %. Die Heckrudder arbeiten scheinbar im Synchronmodus, geringe Ruderlagen dienen dem Kurshalten. Der Wind weht aus südöstlichen Richtungen mit ca. 15 Knoten (Abb. 8-11).



Abb. 8-11 Schiff im Seekanal, auf Wendepalte – Bb. Ruder, Aufstoppen mit „Zurück Voll“

Vor dem Erreichen des Tonnenpaares 25/28 erfolgt ein kurzes Ruderlegen nach Stb., was eine Stb.-Drehung hervorruft. Außerdem wird EOT auf Bb. 17 und Stb. 19 gelegt. Mit Bb.-Ruderlagen wird die Drehung dann abgefangen. Bei einem Heading von 170° setzt eine Bb.-Drehung ein. Dann folgen Hart-Bb.-Ruderlagen und beide Antriebe werden auf „Zurück Voll“ geordert, um das Fahrzeug abzustoppen. Im weiteren Verlauf wird die Bb.-Drehung durch Hart-Stb.-Ruderlagen wieder aufgehoben. Wenn das Schiff nahezu zum Stillstand gekommen ist, wird der Stb.-Antrieb „Voraus Voll“ geordert. Das Stb.-Ruder wird Hart Bb. gelegt. Der Bb.-Antrieb bleibt auf „Zurück voll“ liegen.

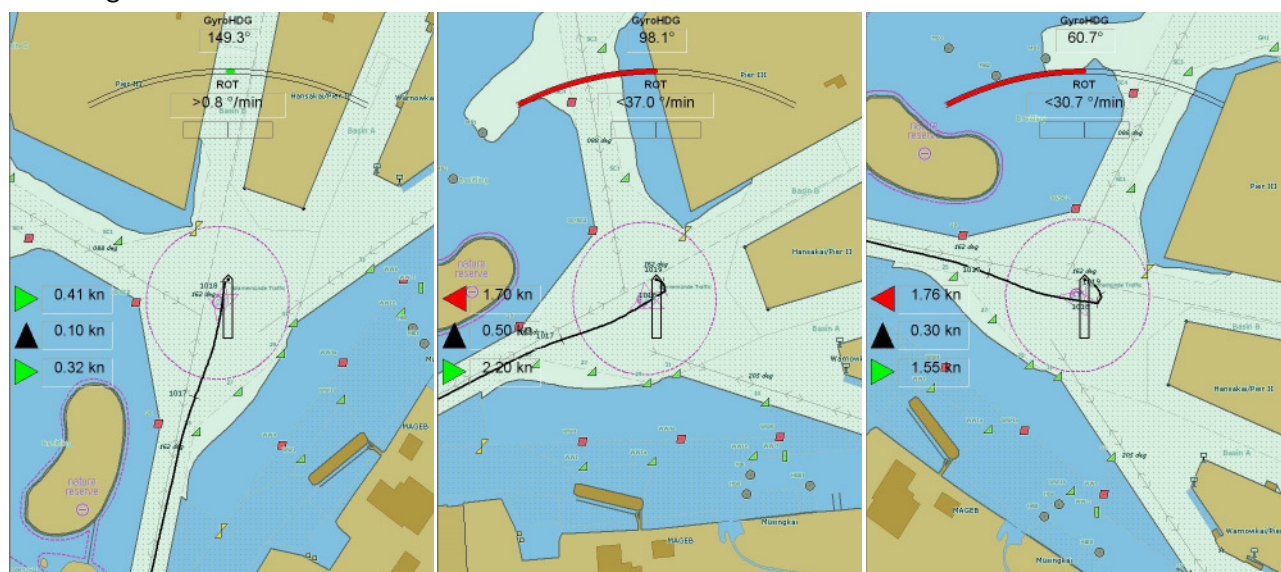


Abb. 8-12 Beginn „Backsen“ zum Drehen auf der Wendepalte, fortgeschr. Drehbew., Ende der Drehbewegung

Es beginnt dann die Drehung über Bb. Das Schiff erreicht dabei eine Drehrate von etwa 33°/min. Zur weiteren Unterstützung der Drehbewegung kommen zusätzlich beide Bugstrahlrudder zum Einsatz. Die Drehrate erhöht sich dadurch auf etwa 40°/min. Das Schiff macht dabei keine Fahrt.

Bei einem Heading von ca. 60 ° beginnt die Vorbereitung der Rückwärtsfahrt. Beide Bugstrahlruder werden zum Auffangen der Drehung eingesetzt. Die Antriebe werden rückwärts geordert und die Heckruder mittschiffs gelegt. Die Rückwärtsfahrt beginnt. Zum Steuern kommt dann bis zum Erreichen des Liegeplatzes ausschließlich das Bugruder zum Einsatz. Beide Antriebe arbeiten gleichmäßig rückwärts.

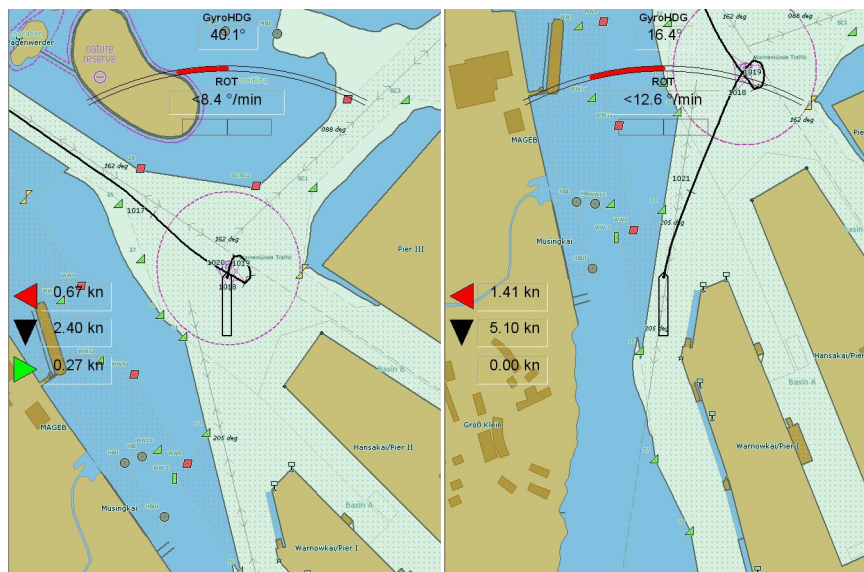


Abb. 8-13 Rückwärtsfahrt mit Einsatz des Bugruders Bb./Stb.

8.3.2.3 Erkenntnisse der Datenanalyse:

Entsprechend dem Manöverablauf mit der sinnvollen Unterteilung des Einlaufens in den Rostocker Hafen in 4 Phasen sollen zusammenfassend die Ergebnisse verdeutlicht werden:

- In Phase 1 steht das Kurshalten auf der Radarlinie mit ca. 162° im Vordergrund, es besteht kaum Verbesserungspotential, die Geschwindigkeit ist so hoch wie erlaubt.
- Die während der 2.Phase erkannten Manöver lassen Raum für wesentliche Änderungen in der Strategie der Manöverdurchführung: Bisher wird nach einer Stb.-Kurs-Heading-Änderung auf etwa 170° das Schiff nach Bb. auf etwa 150° Heading gedreht, wobei die Drehung bis dahin komplett aus dem Schiff genommen wird. Außerdem erfolgt ein Aufstoppen des Schiffes bis fast zum völligen Stillstand. Erst dann wird durch so genanntes Backsen (Stb.-Antrieb Voraus – Bb.-Antrieb Zurück) und Bb.-Ruderlage des Stb.-Heckruders das Wendemanöver eingeleitet. Diese Strategie scheint einerseits unnötig Zeit zu kosten, und andererseits auch energetisch/ökologisch bedenkenswert.
- Phase 3 war durch die Rückwärtsfahrt zum Liegeplatz und den wiederholten Einsatz der Bugruder gekennzeichnet. Diese Elemente kamen in den anschließenden Simulationsfahrten nicht zum Einsatz, weil in dem verwendeten Simulator Modell noch kein Bugruder implementiert war. Das Fahrzeug wurde in dieser Phase mit dem Bugstrahlruder gesteuert.
- Phase 4 mit der Durchführung des Anlegemanövers wurde noch nicht detailliert untersucht. Hier könnte gerade bei schlechten Bedingungen (Wind) Verbesserungspotential bestehen mit separater Anwendung Ruder und kontinuierlichem Übergang Rückwärtsfahrt - Traversieren – Anlegen mit geeigneten Ruderstellungen und Maschinenmanövern.

8.3.2.4 Alternatives Konzept mit Simulationsfahrten für Phase 2 mit Prädiktion

Aus der Datenanalyse ergab sich die Fahrt auf die Wendepatte mit der anschließenden Drehung des Schiffes als der Bereich, in dem eine Änderung der Manöverdurchführung möglich wäre und einen geringeren Zeitbedarf zur Folge hätte. Die Auswahl geeigneter Manöver orientierte sich dabei an zwei grundsätzlichen Aspekten:

1. Es müssten sich Vorteile ergeben, wenn man es vermeidet, das Schiff auf der Wendepatte zu stoppen (Drehrate = 0, Geschwindigkeit = 0)?
2. Es sollte möglich sein, das Schiff schneller zu drehen, als mit der bisher verwendeten maximalen Drehrate (ROT = -40 °/min).

Einleitend wird darauf hingewiesen, dass das im Simulator verwendete Modell in seiner Bedienung teilweise nicht dem Original entspricht. So beträgt die maximale Ruderlage des Simulationschiffes 35° , während in der Realität 45° möglich sind. Außerdem verfügt das verwendete Modell nicht über die Bugruder. Weiterhin ist zu beachten, dass das Fahrzeug ausschließlich von der vorderen Brücke „gefahren“ wurde. Als Schiffsführer fungierten Personen, die mit der Führung des realen Schiffes nicht vertraut sind. Durch den Einsatz des Prädiktors war es dennoch möglich, das Schiff sicher zu manövrieren. Die Simulationsfahrten wurden nach der oben genannten Strategie (Backbord-Ruderlage, Bugstrahlruder nach Backbord und rückwärts arbeitende Maschine) durchgeführt (Abb. 8-14).

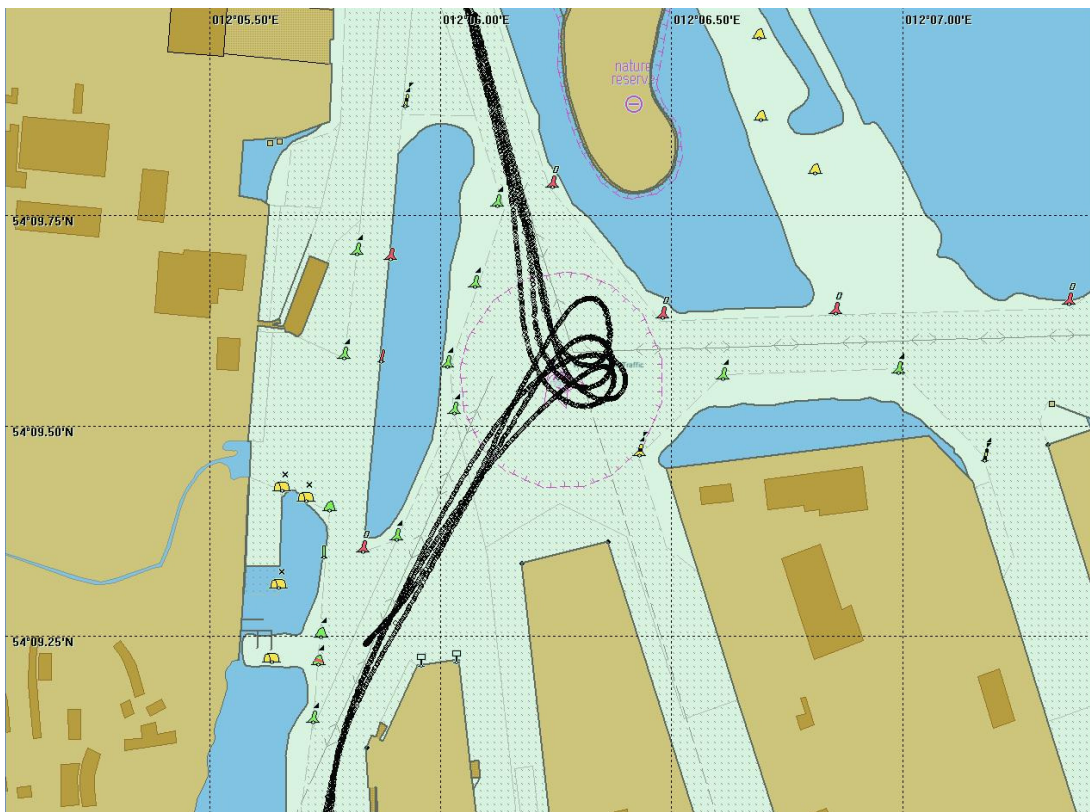


Abb. 8-14 Bahnverläufe der Simulationsfahrten

Nach Passage des Tonnenpaares 25/28 erfolgt eine Kursänderung nach Steuerbord, um für die Drehung über Backbord genügend Manöverraum zu haben.

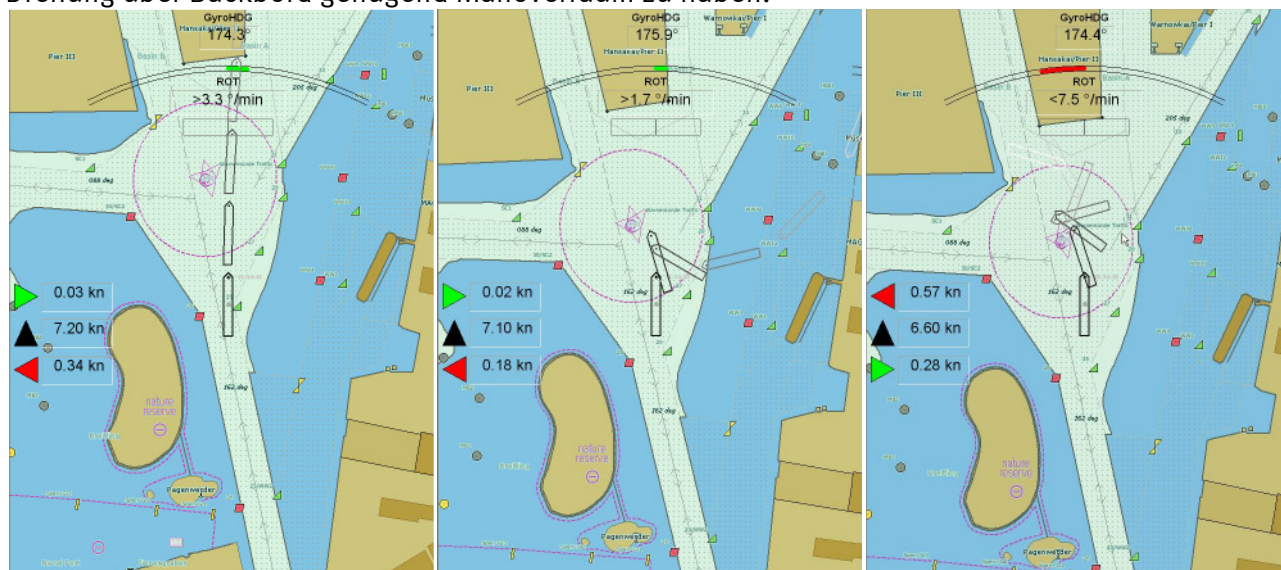


Abb. 8-15 Anfahrt auf die Wendeplatte, Drehen auf der Wendeplatte

Nach Erreichen der Wendeplatte werden als 1. Versuch die Heckruder Hart Backbord gelegt, beide Antriebe „Zurück Voll“ und das Bugstrahlruder nach Backbord geordert. Die Bahn des Dynamic Predictors mit der Lagevorhersage von bis zu 10 min zeigt deutlich, dass dieses Manöver in dieser Weise so noch nicht zum Erfolg führen würde. Deshalb werden andere Varianten probiert – Online, auf der Brücke: Änderungen der Maschinen-, Bugstrahl- oder Ruderorder verändern sofort die Vorhersage der zukünftigen Bewegungsrichtung und Lage des Schiffes. Durch die entsprechende Stellung der Bedienhebel der Manövereinrichtungen (insbesondere die geringere Zurückfahrtstufe) lässt sich die Vorhersagebahn so „ausrichten“ und damit das Manöver so planen, dass es den Manöver-Erfordernissen entspricht.

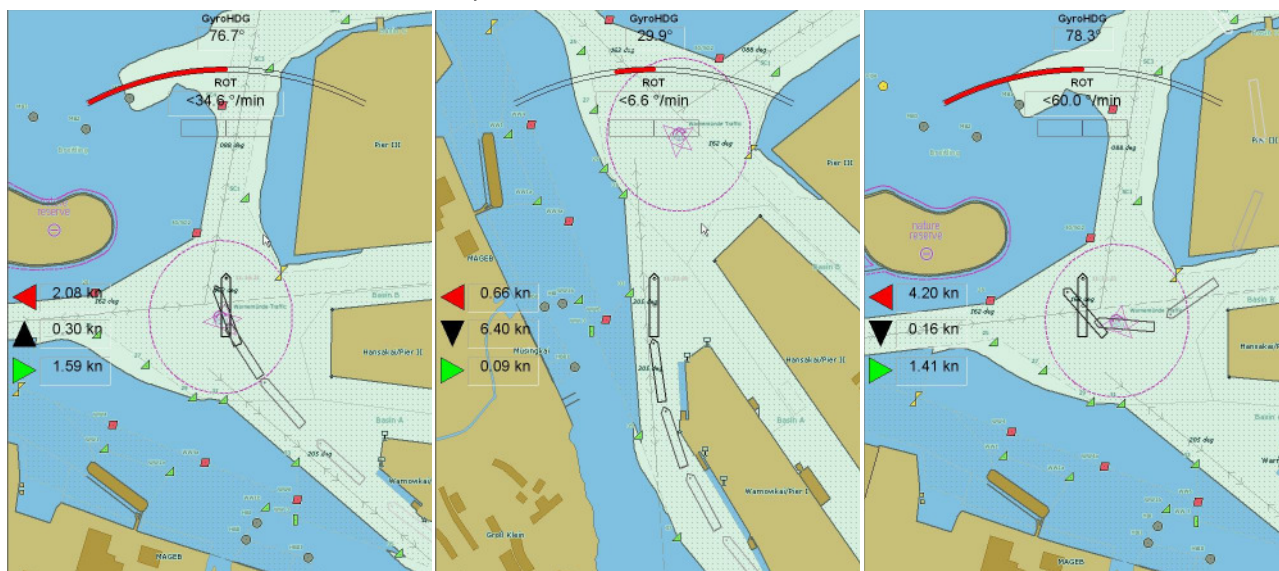


Abb. 8-16 Verlassen der Wendeplatte, Rückwärtsfahrt zum Anleger, Erhöhung der Drehrate auf $60^\circ/\text{min}$

8.3.2.5 Zusammenfassung und Ausblick:

Die Simulationsfahrten haben gezeigt, dass es möglich ist, mit einer anderen Manöverstrategie in den Rostocker Hafen einzulaufen, als dies derzeit praktiziert wird und trotzdem jederzeit sicher zu manövrieren. Es wurde festgestellt, dass es nicht nötig ist, auf der Wendeplatte anzuhalten, bevor das Schiff gedreht wird. Außerdem war es möglich, mit einer höheren Drehrate zu drehen. Die Leistung der Manöviereinrichtungen wurde nicht vollständig abgerufen. Somit stehen bei ungünstigen Bedingungen noch Reserven zur Verfügung, um die sichere Führung des Schiffes zu gewährleisten. Gegenüber den realen Fahrten ergeben sich Einsparungen zwischen einer und fünf Minuten, wobei durch Training weitere Verbesserungen möglich scheinen. Betrachtet man nur die 2.Phase, liegt die Zeitersparnis bei 1-3 Minuten.

Eine weitere Simulationsfahrt (Abb. 8-16-rechtes Bild) wurde für die Ermittlung des Potenzials genutzt, zur Beantwortung der Frage, ob und wie die Drehrate noch wesentlich erhöht werden könnte. Dazu wurde das Drehmanöver in bekannter Weise begonnen. Während der Backborddrehung wurden die Heckruder zueinander gedreht (Backbordruder nach Steuerbord und Steuerbordruder nach Backbord) und der Steuerbordantrieb „Voraus“ geordert. Die Drehrate stieg in der Folgezeit bis auf $60^\circ/\text{min}$ an. Damit ergibt sich die Aussicht, dass weiteres Verbesserungspotenzial durch getrennte Verwendung der Ruder verfügbar gemacht werden könnte, was in weiteren Untersuchungen gezeigt werden sollte.

9 Zuarbeit und Abstimmung des Schnittstellenkonzepts und Anforderung an die Systeme für Datenlieferung (aus Diagnosesystem und von VDR)

9.1 Erarbeitung von Teilspezifikationen der Systemschnittstelle

Die Systemschnittstelle wird durch zwei verschiedene Softwaremodule gebildet, welche sich hardwareseitig bezogen auf das Aufzeichnungssystem nicht unterscheiden. In beiden Fällen wird über ein Ethernet-Netzwerk eine TCP/IP-Winsocket-Schnittstelle als Server/Client-Verbindung aufgebaut.

9.1.1 Teilspezifikation zur VDR-Schnittstelle

Die Schnittstelle zum VDR, auch als MER (Marine Event Recorder) bezeichnet, wurde durch den Hersteller Interschalt maritime Systems AG (vormals Avecs-Bergen GmbH) per MER-SDK [21] vorgegeben. Die Verbindung wird mittels UDP-Protokoll und Lizenzabfrage hergestellt. Hierbei können verschiedene Datenströme aus

- NMEA-Datensätzen,
- Videodaten des/der Radargeräte,
- Daten der Sprachkommunikation
- und Daten der Service Schnittstelle

ausgewertet werden. Die Eingangsdaten für die Prädiktion von Schiffsmanövern wurden zunächst ausschließlich aus den NMEA-Datensätzen gewonnen, welche einerseits durch den IMO Performance Standard (Res. A.861(20)) (siehe Anhang) vorgegeben werden. Andererseits können generell über das Schiffsinterface weitere NMEA-Datensätze empfangen werden.

NMEA-Datensätze haben in Bezug auf die Lesbarkeit durch das menschliche Auge gewisse Vorteile. In der Schifffahrt, welche gekennzeichnet ist durch eine Vielzahl von Einzelsystemen, ist es deshalb nicht verwunderlich, wenn sich dieser Standard aufrecht erhält. Praktischer Weise können NMEA-Ausgaben am Terminal gelesen werden.

Der Nachteil des NMEA-Protokolls für technische Systeme mit Vorhersagefunktion ist jedoch in der Diskontinuität der Datensätze und im Fehlen eines Zeitstempels pro Datensatz zu finden. Eine Prädiktion wird durch die Benutzung unsicherer Eingangsinformation im Sinne des Fehlerfortpflanzungsgesetzes selbst zu einer „Unsicheren Vorhersage“. Betrachtet man die Eingangsgrößen wie z.B. Soll/Ist-Ruderlage, Soll/Ist-Werte für die Vortriebsanlage sowie die Fahrtrichtung des Fahrzeuges, entstehen zunächst keine Zweifel an dessen Korrektheit in Bezug auf die Systemzeit des Schiffes. Allerdings ist die Systemzeit des Schiffes aus technischer Sicht unzureichend definiert.

9.1.2 Teilspezifikation zum SHS-Netzwerk

NMEA-Datensätze eines Schiffes können sehr unterschiedlich ausfallen und bedürfen auf dem Schiff aus der Sicht eines VDR-Systems zumeist einer einmaligen Anpassung durch den Ausrüster. Die Hard- und Softwaresituation auf einem Simulator dagegen muss eher als Variable bezeichnet werden, da verschiedene Schiffstypen mit unterschiedlichen Stellorganen sowohl hard- als auch softwaretechnisch eingerichtet werden können. VDR-Systeme werden nur für ein bestimmtes Schiff gebaut und sind nicht flexibel genug, um einfach auf Simulatorbrücken eingesetzt zu werden. Dieser Umstand und auch die Ungenauigkeiten des NMEA-Protokolls führten zu dem Schluss, als Datenquelle das SHS-Netzwerk zu nutzen.

Die SHS-LAN Verbindung, welche nach dem Client/Server-Prinzip angebunden wird, beinhaltet ein Management Namens „NECs“. Das NECs-Management beinhaltet u.a. UDP-basierte Datentypen, welche auch als UDP-Messages bezeichnet werden. Die UDP-Messages können direkt oder über eine Broadcast-Adresse verschickt und empfangen werden. Der Datenblock der jeweiligen UDP-Messages wird für den Transport der Inhalte des SHS genutzt. Die UDP-Messages werden zur Steuerung des SHS genutzt und nach dem Frage/Antwort-Prinzip eingesetzt.

Die Inhalte der UDP-Datenblöcke werden in Bezug auf das Management des SHS ebenfalls als Messages bezeichnet. Die daraus abgeleitete Bezeichnung „SHS-Message“ umfasst zwei verschiedene Datentypen, der Anforderung und der Antwort. Beide Messages können aufgrund des Broadcast-Verfahrens des NECs gelesen werden, wenn man einen zusätzlichen Client ins Netzwerk stellt, welcher die Nachrichten lediglich beobachtet. Der Client greift nicht in den SHS-Prozess ein, was zur Folge hat, dass eine lückenlose Beobachtung nur dann möglich ist, wenn die Aufzeichnung sowohl die Installation als auch die Durchführung der Simulation beobachtet. Dieser Umstand und die Tatsache, dass immer weniger Broadcast-Messages versendet werden, um die Netzwerklast zu reduzieren, verhindern z.Z. die Nutzung des SHS-Netzwerkes.

9.1.3 Nutzung von NMEA/SHS-Daten

Eine Gegenüberstellung zwischen NMEA- und SHS-Daten kann nicht auf die Aussage beschränkt werden, dass NMEA-Daten nur eine Untermenge der SHS-Daten sind. Für die Inhalte der genutzten Protokolle ist diese Aussage sicherlich korrekt. Allerdings ist das zeitliche Management der Protokolle grundverschieden. NMEA-Daten haben praktisch keine exakte zeitliche Zuordnung, was in einer nichtkontinuierlichen Emission gipfeln kann. Allerdings besitzen diese für das menschliche Auge lesbare Daten. Im Gegensatz dazu haben SHS-Daten ein binäres Datenformat mit zwei verschiedenen Zeitmarken, welche sich aus der UDP- und andererseits aus der SHS-Message ergeben, ein exakter Zeitbezug ist hiermit eher gegeben.

9.1.4 Bedeutung der zeitlichen Bezüge von Datensätzen

Generell ist die Erwartungshaltung des Nautikers über das Bewegungsverhalten im laufenden Navigationsprozess eine Prädiktion in die unmittelbare Zukunft. Dabei wird die Erfahrung mit dem Schiff oder die Übertragung der Erfahrungen von Schiff zu Schiff quasi als Datenbank genutzt, um bestimmte Erwartungshaltungen aufzubauen. Explizite Erfahrungen mit dem aktuellen Schiff konkretisieren den Erfahrungsschatz und damit die individuelle Datenbank. Vor allem werden die Erwartungshaltungen insbesondere durch zeitliche Abläufe bestimmt. Drehraten und Geschwindigkeiten werden u.a. genutzt, um die zukünftige Lage bzw. den Ort gegen absolute Größen, wie z.B. Peilung und Abstand zu einer Landmarke, einer Seekarteninformation oder gegenüber Radarinformationen zu bestimmen. Die Abschätzungen sind aber eher als subjektiv zu betrachten und unterliegen dem Verfahren von Versuch und Irrtum.

Bei einer deterministischen Betrachtung des Bewegungsverhaltens ist eine kontinuierliche Beobachtung in festen Zeitabschnitten notwendig, um das Verfahren von Versuch und Irrtum zunächst auszuschließen und eine objektive Betrachtung zu gewährleisten.

Anhand der damit verbundenen aktuellen und bewerteten Messwerte können direkt Prädiktionen in die nahe Zukunft ausgeführt werden. Die Messwerte bestimmen damit die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der Prädiktion. Stimmen in diesem Zusammenhang Messwert und Zeitpunkt der Erfassung nicht überein, sinkt die Wahrscheinlichkeit für die Genauigkeit des Wertes. Je größer die Zeitdifferenz desto wahrscheinlicher ist es, dass der physikalische Wert sich geändert hat. Insofern besteht ein Zusammenhang zwischen der physikalischen Änderung des Messwertes und der zeitlichen Erfassung. Man kann daraus ableiten, dass die Zeitdifferenz zwischen dem realen Prozess und der Messwernerfassung so klein wie möglich oder konstant gehalten werden sollte, damit keine zusätzliche Betrachtung der Varianz in der Zeit notwendig wird. Der tatsächliche Fehler im Messwert bleibt davon unberührt und muss erst noch ermittelt werden.

9.2 Ableitung von technischen Anforderungen an Systeme zur Lieferung von Diagnosedaten

Wie schon im Kapitel 4.4 beschrieben worden ist, existieren im SHS eine Reihe von leistungsmindernden Funktionen, welche wie auf dem realen Schiff Wirkung auf den navigatorischen Prozess haben. Beim Antrieb gibt es Fehlstarts (zu geringe Ladeluft) und eine reduzierte Maschinenleistung. Die Ruderanlage kann ein Ruderpumpenversagen, ein verklemmtes Ruderblatt oder einen Totalverlust des selbigen aufweisen. Bei den Strahlrudern können

Leistungseinbußen auftreten und navigatorischen Sensoren können falsche Werte liefern oder gar ausfallen.

Prinzipiell können alle leistungsmindernden Eigenschaften als prozentuale Funktion aufgefasst werden, das heißt jede berechnete Teilkraft oder –moment (siehe Kapitel 4.1) könnte zusätzlich mit einem Faktor zwischen $[0, \dots, 1]$ multipliziert werden. Ggf. vorhandene Werte eines Qualitätsindex müssten entsprechend umgeformt werden.

Dieser allg. Ansatz für die Berücksichtigung von technischen Mängeln ist dem Umstand geschuldet, dass es z.Z. keine Schnittstellenstandards gibt, welche die Übergabe von Alarmen bzw. Störungen an den Navigationsprozess regelt. Alle Alarme und Störungen werden in alphanumerische, optische oder akustischer Signale überführt. Was fehlt sind Informationen, welche Auswirkungen sich für den Navigationsprozess damit ergeben.

Die Berücksichtigung von möglichen Fehlern wurde im Prädiktionskernel realisiert. Im linken Diagramm der Abb. 9-1 wird exemplarisch der Verlauf der Umdrehungszahl beim Abfall der Maschinenleistung um 50 % dargestellt, welcher dann einen Verlust der Geschwindigkeit von 19 auf 11 kn im rechten Diagramm erzeugt. Der rote Verlauf zeigt den Einfluss des Abfalls der Maschinenleistung zum Zeitpunkt $t=100$ s.

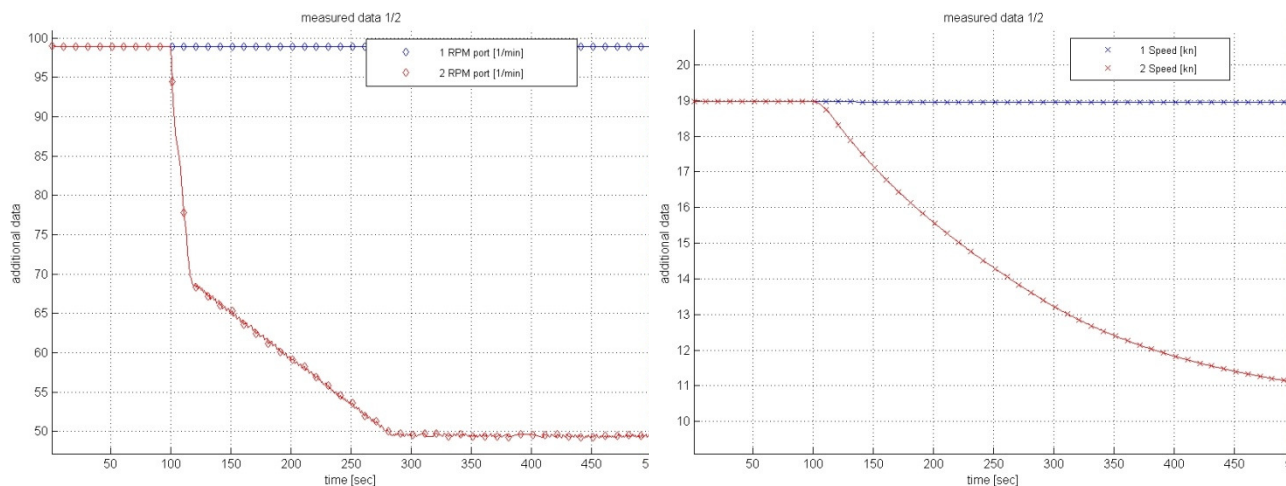
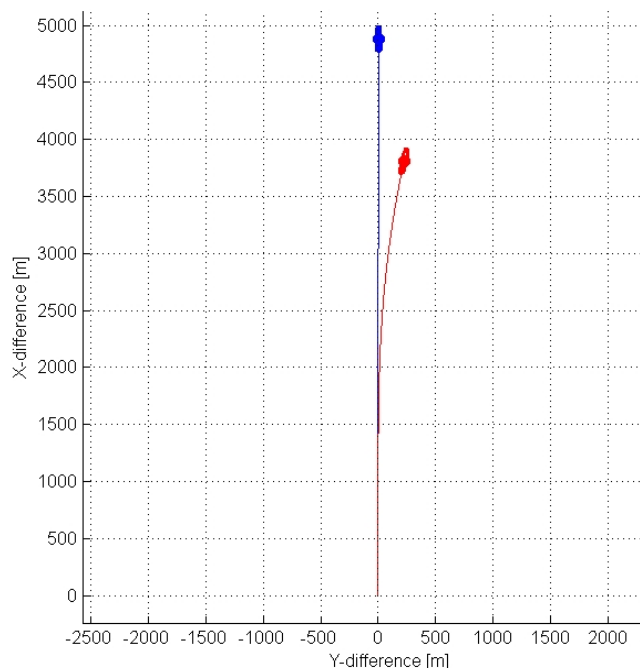


Abb. 9-1 reduzierte Maschinenleistung und der Geschwindigkeitsverlust



Anhand der Abb. 9-2 wird klar, welchen Einfluss die Reduktion der Maschinenleistung auf den Verlauf der Manöverbahn haben kann.

Abb. 9-2 Bahnverlauf mit (rot) und ohne (blau)Reduktion

10 Zusammenfassung

In der Schiffsführung sind beim Manövrieren geeignete Anzeigen zur Einschätzung der aktuellen Schiffsituation und der Folgen für die nächsten Minuten nötig, um ein sicheres Manövrieren unter möglichst effektiver Nutzung der Manöviereinrichtungen des Schiffes zu gewährleisten. In der Technik haben sich vorausschauende Simulationsmethoden als Prädiktion in verschiedenen Gebieten bewährt. Eine Analyse der bestehenden Prädiktionsverfahren in der Schiffsführung hat gezeigt, dass die bisher verwendeten Verfahren zu stark vereinfacht sind und damit nicht sofort eine zukünftige Reaktion bei Änderung der aktuellen ManöverEinstellung genau genug erkennen lassen.

Die wissenschaftlichen Arbeitsziele des hier beschriebenen Projektes waren die:

- Entwicklung eines Verfahrens zur Ermittlung und Darstellung von Bewegungszuständen eines Schiffes auf der Grundlage aktueller Stellgrößenänderungen der Manöviereinrichtungen einschließlich Propeller/Maschine sowie die Entwicklung von Methoden zur Vorausanzeige zu erwartender Bewegungszustände eines Schiffes und die
- Konzipierung, Aufbau und Test eines Manöveranzeigesystems, das auch den Zustand der Manöviereinrichtungen und damit deren sich ggf. ändernde Leistungsfähigkeit, z.B. durch Informationen aus einem Maschinen-Diagnosesystem, mit beachten kann.
- Die Umsetzung kann nach zwei Methoden erfolgen:
- Messung und Speicherung von Manövern eines Schiffes via Voyage Data Recorder unter verschiedenen Fahrtbedingungen, in verschiedenen Beladungszuständen und unter verschiedenen Umweltbedingungen mit der Auswahl des jeweiligen Manövers im aktuellen Zustand zur Anzeige für die Schiffsführung oder alternativ durch
- Darstellung des Manövrierhaltens mittels mathematischen Modells und der Ermittlung der geeigneten Parameter zur Berechnung des aktuellen Zustandes.

Das erste Verfahren wurde wegen Genauigkeits-, Speicher- bzw. Selektionsproblemen verworfen und die zweite Methode in diesem Projekt favorisiert. Es wurden kontinuierliche Differentialgleichungen als Bewegungsgleichungen für das Manövrieren benutzt, weil nur solche Gleichungen die hohe Komplexität wiedergeben können, die das gesamte Manövrierverhalten einschließlich der aufwendigen Modellierung der Propeller/Maschinencharakteristik umfassen.

Das Konzept eines Prädiktors wurde erstellt mit der Einbindung in die Brückentechnik zur Datensammlung über einen VDR und der Darstellung der Ergebnisse in der ECDIS. Das Konzept wurde in mehreren, zusammenarbeitenden Modulen realisiert und ausführlich im Ship Handling Simulator des Maritimen Simulationszentrum Warnemünde getestet. Alle Versuchsfahrten mit Nautikern haben einheitlich Zustimmung für die Eignung des Konzeptes und den Wunsch nach Anwendung der Verfahren in der Praxis an Bord von Schiffen erkennen lassen. Die Zielstellung des Projektes wurde damit vollständig erreicht.

Als zukünftige Aufgaben in der Forschung ergab sich die Anwendung des Konzeptes von den bisher untersuchten konventionellen Schiffen mit einfachen Manöviereinrichtungen (1-2 Schrauben und Ruder) auf Schiffe mit komplexen Antrieben (wie z.B. mehreren Azimuth-Propellern). Weiterhin ist es erforderlich, anstelle der in diesem Projekt genutzten manuellen Ermittlung der geeigneten Parameter des Schiffes in den Prädiktionsgleichungen zukünftig neue Methoden für die Parameteridentifizierung zu finden, welche dann an Bord von Schiffen angewendet werden können.

11 Literaturverzeichnis

- [1] Baldauf, M.; Benedict, K.:
Combined use of sensor information to enhance collision and grounding avoidance;
FarGIS-Conference 2005, Oslo/Høvik 28. Februar -1. März 2005
- [2] Benedict, K.; Herzig, M.; Baldauf, M.:
Estimating Potential Danger of Roll Resonance for Ship Operation;
Schiffahrtsskolleg Warnemünde, November 2003, Schriftenreihe des Schiffahrtsinstitutes
Warnemünde, Heft 5 2005
- [3] Baldauf, M.:
**Untersuchungen zur Ausrüstung in Fahrt befindlicher Schiffe mit einem Voyage Data
Recorder.** Schiffahrtsskolleg Warnemünde, November 2003
- [4] Baldauf, M.; Fischer, S.:
Schiffssicherheit: AIS-basierte Anzeigefunktionen für ein Kollisionsverhütungsdisplay;
Schiff und Hafen, Heft 5 / 2003; Hamburg, Mai 2003
- [5] Benedict, K.; Baldauf, M.:
Monitoring of high risk vessels at short ranges;
Interim Report for SWP 3.1 of the EMBARC – Project. Warnemünde, September 2002
- [6] Benedict, K.; Felsenstein, Ch.; Böcker, Th.; Herzig, M.; Baldauf, M.:
Computer based evaluation of shiphandling simulator exercise results;
Paper presented at the 12. International Navigation Simulator Lectures Conference, San
Francisco, July 2002
- [7] Benedict, K.; Rachow, M.:
METNET – Engine Room Simulator Instructor Training;
International Marine Simulator Forum 28th Annual General Meeting, Genua, Sept. 2001
- [8] Böcker, Th.:
Anforderungen an den Betrieb von modernen Großcontainerschiffen;
Schiffbauauforschung, Schriftenreihe für Ingenieurwissenschaften Heft 4, 2001
- [9] Benedict, Knud:
**Integrated Operation of Bridge-, Engine Room- and VTS-Simulators in the Maritime
Simulation Centre Warnemünde;**
"CAORF/JSACC 2000 Conference on Simulation" New York, 3-7 July 2000, Proceedings Vol. 1.
- [10] Benedict, Knud; Baldauf, Michael:
Investigations into a Method for Automatic Manoeuvring Planning;
Proceedings Symposium "Integrated Ship Control" der Deutschen Gesellschaft für Ortung
und Navigation Hamburg 29. - 30. Okt. 1996.
- [11] Benedict, Knud:
**Untersuchungen zum Manövrierverhalten und zur computergestützten Manövrier-Beratung
für die Schiffsführung;**
Dissertation B, Hochschule für Seefahrt Warnemünde-Wustrow, Fachbereich Seefahrt 1990.
- [12] Benedict, K.; Felsenstein, Ch.; Herberg, S.; Herzig, M.; Baldauf, M.:
**Example for inland waterway design investigations with wind impact in ship handling
simulators and computer based assessment of the results;**
IMSF Conference Antwerp 2004
- [13] Herberg, S.:
Investigation into a possible Modification of the ECDIS;
Colour tables. IHO-C&S Meeting, May 2003, Canada
- [14] Pullard, S. J.;
Recursive Parameter Identification for Estimating and Displaying Manoeuvring Vessel Path;
Naval Postgraduate School Monterey, CAN, 2001

- [15] Sutulo, S.; Moreira, L.; Guedes Soares, C.;
Mathematical Models for Ship Path Prediction in Manoeuvring Simulation Systems;
Ocean Engineering, Vol. 29, Issue 1, January 2002, pp. 1-19
- [16] IPPA - Innovative Portable Pilot Assistance;
User Requirement Specification;
Deliverable D 21, IST-1999-20569, QiuetiQ, Portsmouth, UK, 06/2002
- [17] ICMA Marine Division;
Introduction to Dynamic Positioning,
<http://www.imca-int.com/divisions/marine/reference/intro.html>, 2006
- [18] Pot, F.W;
Better Ship Bridges;
Zeitschrift Digital Ship, May 2004
- [19] AMCSearch Ltd.;
Maritime Hydrodynamics;
Newnham TAS, AUS, 2006 http://www.amcsearch.com.au/projects/04_hydrodynamics.html
- [20] SSPA;
Hydrodynamic Predictor;
Göteborg, SE, 2006
- [21] Marine-Event-Recorder SDK, Vers. 1.10, AVECS Bergen GmbH, Feb. 2001
- [22] Benedict, K.; Baldauf, M.; Günther, M.; Kirchhoff, M.; Herberg, S.; Fischer, F.:
HSW-AdaNav Schlussbericht: **Adaptives Navigationssystem zur präzisen Lage-, Kurs- und Geschwindigkeitsregelung von Schiffen (AdaNav);**
HS Wismar, Bereich Seefahrt, ISSIMS, Rostock, 2008
- [23] Baldauf, M.; Dehmel, T.; Kirchner, J.:
Manövrierkennwerte - Ermittlung im laufenden Schiffsbetrieb.
Schiff&Hafen 10 (48), Hamburg 1996.
- [24] SAM Electronics;
ATOMOS IV Work Package 4C14&16,
ATOMOS II/IV COMPLIANT ECDIS, 4C14 - TACTICAL DISPLAY FOR ECDIS 4C16 - REMOTE DIAGNOSTIC FOR ECDIS,
Contract No. 1999-CM.10540, Hamburg, 2002
- [25] Prien, R.;
Der Zusammenstoß von Schiffen aus den Gesichtspunkten der Schiffsbewegung, des Seestraßenrechts und der Haftpflicht aus der Schiffskollision nach den Gesetzen des Erdballs
Verlag I.Gutenberg, Berlin 1896

12 Anhang

Liste der aufzuzeichnenden Werte eines VDR laut IMO Performance Standard (Res. A.861(20)). Diese entspricht dem IEC Information Format (IEC 61996).

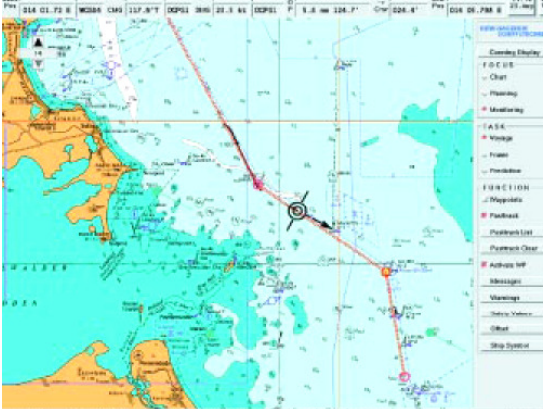
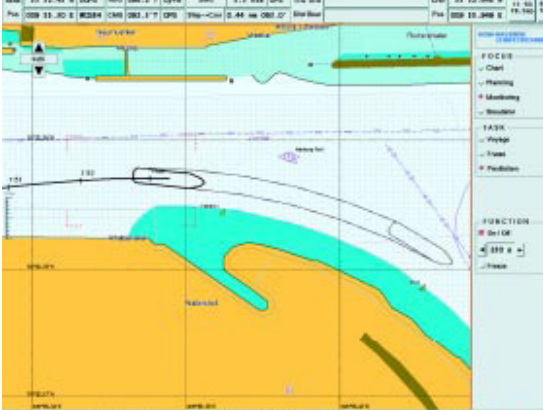


A.861(20) REF	DATA ITEM	SOURCE
5.4.1	Date & time	Preferably external to ship (e.g.GNSS)
5.4.2	Ship's position	Electronic Positioning system
5.4.3	Speed (through water or over ground)	Ship's SDME
5.4.4	Heading	Ship's compass
5.4.5	Bridge Audio	1 or more bridge microphones
5.4.6	Comms. Audio	VHF
5.4.7	Radar data- post display selection	Master radar display
5.4.8	Water depth	Echo Sounder
5.4.9	Main alarms	All mandatory alarms on bridge
5.4.10	Rudder order & response	Steering gear & autopilot
5.4.11	Engine order & response	Telegraphs, controls and thrusters
5.4.12	Hull openings status	All mandatory status information displayed on bridge
5.4.13	Watertight & fire door status	All mandatory status information displayed on bridge
5.4.14	Acceleration & hull stresses	Hull stress and response monitoring equipment where fitted
5.4.15	Wind speed & direction	Anemometer when fitted


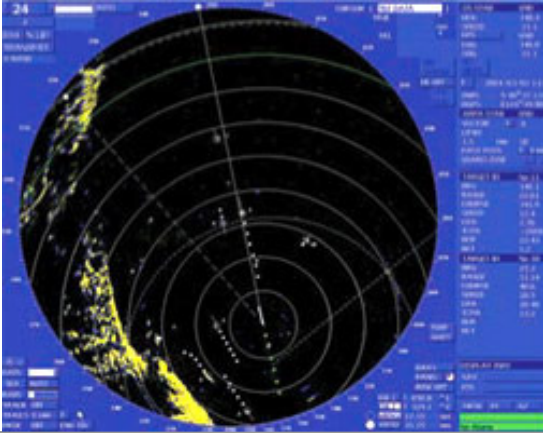
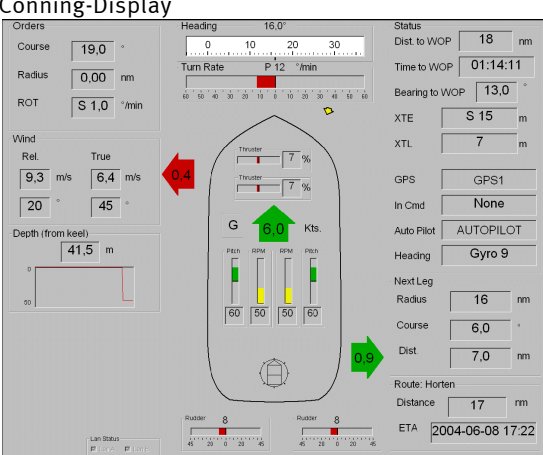
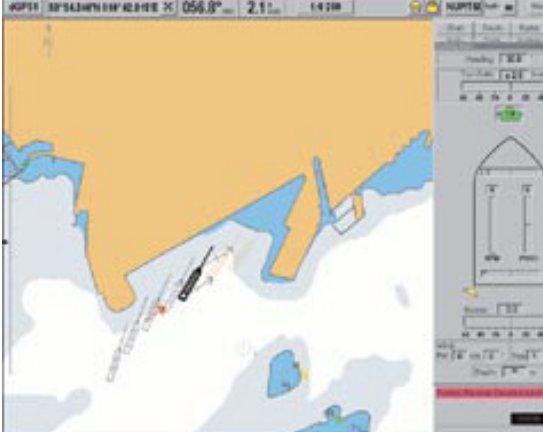
Tab. 12-1 Liste der Dateninhalte des VDR

Liste der aufzuzeichnenden NMEA-Daten und deren möglichen Formate als Vorgabe an Avecs Bergen GmbH.


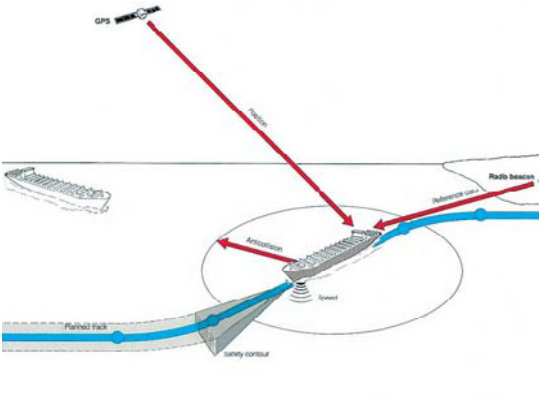
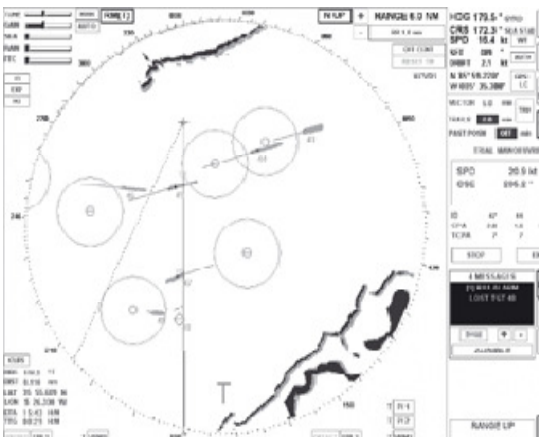
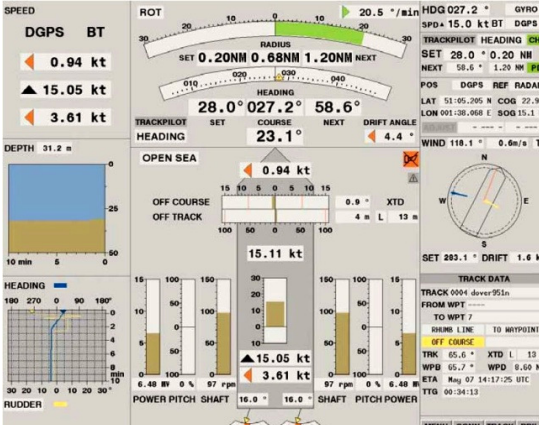
Interface		Inhalt	Kommentar	BW	
Serial	Gyro			+	
	Rate of Turn	ROT		+	
	Doppler Log	NM, VBW		+	
	GPS	GGA, VTG, ZDA, DTM		+	
	Navtex	JRC format		+	
	Echo Sounder	DPT		+	
	ARPA	TTM		+	
	AIS	VDM		+	
	Auto Pilot	HTC / HTD		+	
	Atmospheric Pressure	MTB		+	
	Air Temperature	MTA		+	
	Sea Temperature	PJRC, MTW		+	
	Anemometer	MWV		+	
	:	:		:	
	Analog	Gyro	Synchro or Step		
Log		200P			
Anemometer		+/- 10V			
Rudder Angle		Synchro			
Bow Thruster Pitch		+/- 10V			
Bow Thruster RPM		+/- 10V			
Stern Thruster Pitch		+/- 10V			
Stern Thruster RPM		+/- 10V			
Propeller Pitch		+/- 10V			
Propeller RPM		+/- 10V			
Trim		+/- 10V			
Pitch		+/- 10V			
Heel		+/- 10V			
Roll		+/- 10V			
Radar		RGB			
:	:			:	


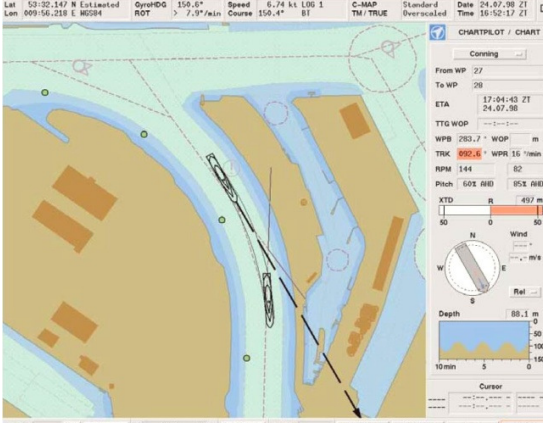
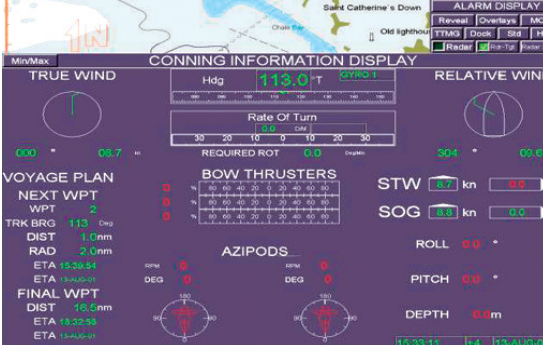
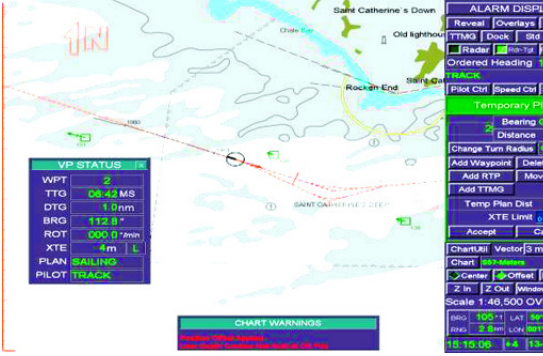
Tab. 12-2 Liste der relevanten Navigationsdaten für das Projekt ZuMANZ

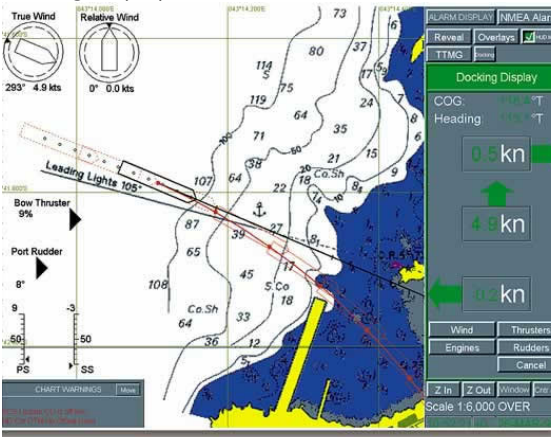
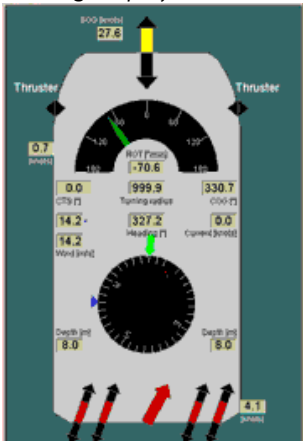

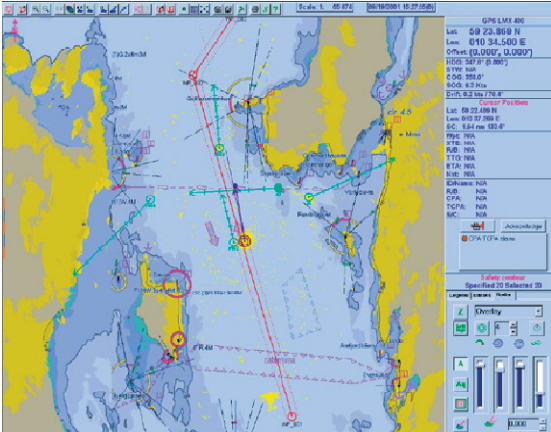
Hersteller	Typ	Beschreibung	Herstellerangaben/ Ansatz
HDW-Hagenuk Schiffstechnik GmbH Hamburg, DE	ECDIS 2000	Conning-Display/ECDIS 	<ul style="list-style-type: none"> • ECDIS mit der Möglichkeit der integrierten "Conning-Anzeige" im oberen Bereich. • Keine Prädiktion
HDW-Hagenuk Schiffstechnik GmbH Hamburg, DE	ECDIS 2000	Prediction Display/ECDIS 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhersage des Platzbedarfs auf der Basis der Eingangswerte Ausgangsposition, Kurs, Heading, Drehrate und Geschwindigkeit. • Grundlage ist ECDIS Kernel von SevenCs zu finden ist. Im HB wird ausdrücklich darauf verwiesen, dass kein Bewegungsmodell genutzt wird. • vereinfachte geometrische Prädiktion
HDW-Hagenuk Schiffstechnik GmbH Hamburg, DE	ECDIS 2000	Conning Display/ECDIS 	<ul style="list-style-type: none"> • Conning Display mit ECDIS Teilanzeige. • Keine stilisierte Anzeige des Schiffssymbols. • Keine Prädiktion
Innovative Navigation GmbH Kornwestheim, DE	RADAR pilot720°	Conning Display 	<ul style="list-style-type: none"> • Manövrierhilfe in der Binnenschifffahrt, bei langsamer Fahrt kann eine Conning-Anzeige eingeblendet werden. • dabei werden Längs- & Quergeschwindigkeiten an Bug und Heck des eigenen Schiffes angezeigt. • Geschwindigkeiten werden als Pfeil & als numerischer Wert angegeben. • Keine Prädiktion

Hersteller	Typ	Beschreibung	Herstellerangaben/ Ansatz
JRC Ltd. Yokuhama, Japan	JAN-901M/701 series	ECDIS 	<ul style="list-style-type: none"> • mit integriertem, zuschaltbarem Conning Display, z.B. in der linken oberen Ecke. • Stilisierte Anzeige des Schiffes. • Werte für Antriebs- und Steuerorgane. • Keine Prädiktion
JRC Ltd. Yokuhama, Japan	JMA 9900	ARPA/Radar 	<ul style="list-style-type: none"> • Conning-Anzeigen an der rechten Seite, eines Radar/ARPA-Systems eingebunden. • Trail Funktion ist • Keine Prädiktion
Kongsberg Marine AS Kongsberg, NOK	Mk2	Conning-Display 	<ul style="list-style-type: none"> • Separates Conning-Display als Teil eines IBS. • Darstellung der aktuellen nautischen Werte in Kombination mit Sensordaten. • Keine Prädiktion
Kongsberg Marine AS Kongsberg, NOK	Grafik Docking Display	Docking-Display 	<ul style="list-style-type: none"> • „ ... combines vessel manoeuvring data and a dynamic chart window.“ • Anzeige vergangener Lage und Position, mit Bewegungsvektoren an Bug und Heck • Keine Prädiktion

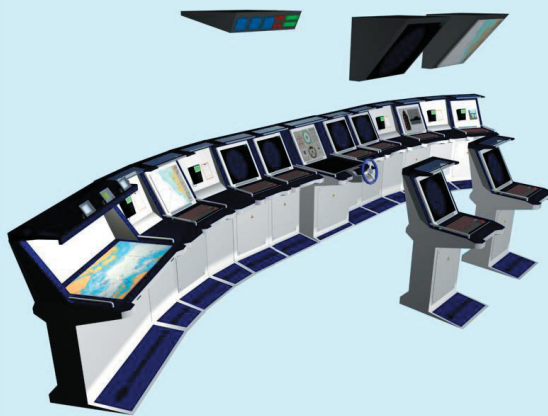
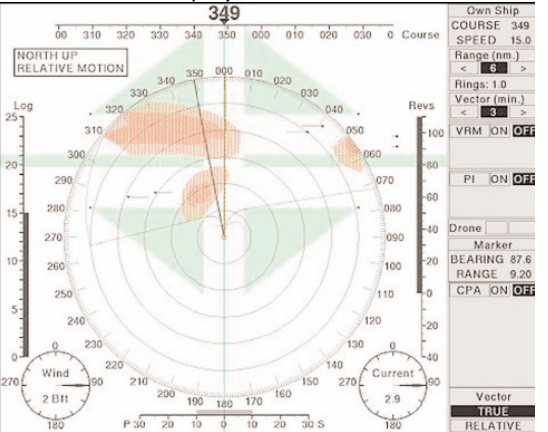
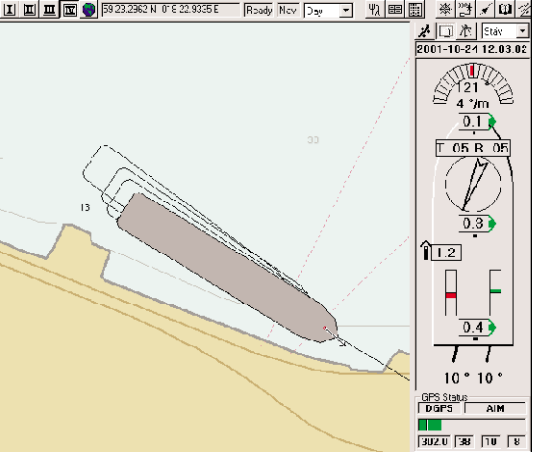
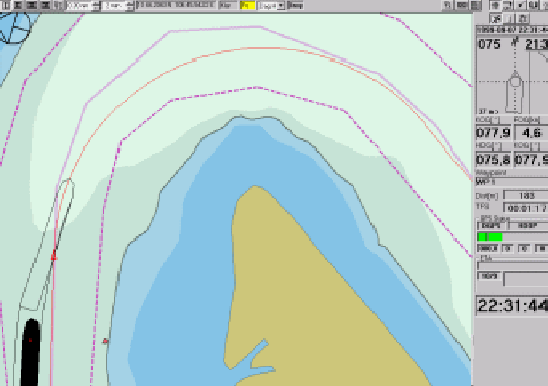
Methoden und Verfahren für zustandsbasierte Manöveranzeigen in der Schiffsführung

Hersteller	Typ	Beschreibung	Herstellerangaben/ Ansatz
Raytheon Marine GmbH Kiel, DE	Nauto- Conning®	Conning-Display 	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung der aktuellen nautischen Werte in Kombination mit Sensordaten. • Tiefe als Echolotgrafik. • Wahlweise Darstellung der verfügbaren Daten. • Keine Prädiktion
Raytheon Marine GmbH Kiel, DE	Pathfinder®/ ST MK2 ECDIS	ECDIS 	<ul style="list-style-type: none"> • ECDIS+Sensorik • Automatic Track-keeping System (ANTS) • vereinfachte Prädiktion
Raytheon Marine GmbH Kiel, DE	NSC 25/ NSC 34	ARPA/Radar 	<ul style="list-style-type: none"> • This feature allows the operator to preview the results of possible changes of speed and/or course, without actually performing these changes. • Trailmode keine Prädiktion
SAM Electronics Bremen	NACOS 5 ConningPilot 1100	Conning Display 	<ul style="list-style-type: none"> • Nautischer Monitor mit grafischer Darstellung zahlreicher Informationen • keine Prädiktion

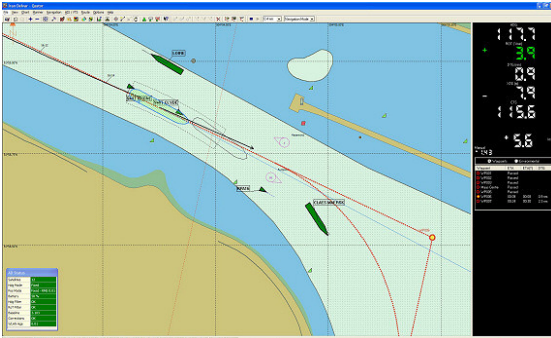
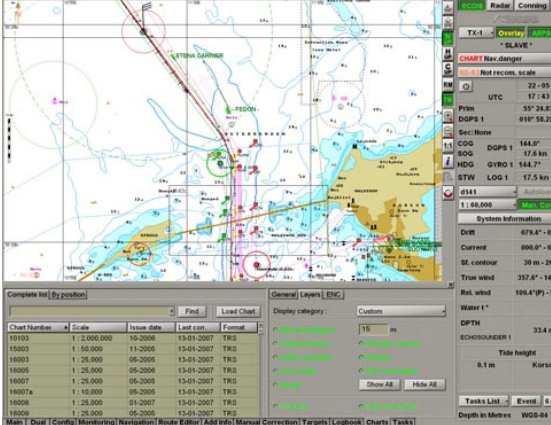
Hersteller	Typ	Beschreibung	Herstellerrangaben/ Ansatz
SAM Electronics Bremen	NACOS 5 RadarPilot 1100	ARPA/Radar 	<ul style="list-style-type: none"> • Conning Display Integration • “path prediction” Funktion • vereinfachte Prädiktion
SAM Electronics Bremen	NACOS 5 ChartPilot 1100	ECDIS 	<ul style="list-style-type: none"> • ECDIS mit “path prediction”. • vereinfachte Prädiktion
Sperry Marine Hamburg, DE	VMS VT-NAV	Conning Display 	<ul style="list-style-type: none"> • Conning Display als Teil des ECDIS. • Keine Prädiktion
Sperry Marine Hamburg, DE	ANTS	ANTS 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatic Navigation and Trackkeeping System • vereinfachte Prädiktion

Hersteller	Typ	Beschreibung	Herstellerangaben/ Ansatz
Sperry Marine Hamburg, DE	VAP	Docking Display 	<ul style="list-style-type: none"> • Vessel Advance Prediction • combined with Automatic Navigation and Track Keeping System (ANTS) module • vereinfachte Prädiktion
SSPA Göteborg, SE		Conning Display 	<ul style="list-style-type: none"> • Conning Display für Schnellfähre • Keine Prädiktion
SSPA Göteborg, SE		Hydrodynamic Predictor 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorhersage auf der Basis eines individuellen Schiffsmodells mit aktuellen Eingangsdaten • vereinfachte Prädiktion stark reduziertem Maschinenmodell
MARIS AS Tønsberg, NOK	ECDIS900 + ARPA/Radar2000	ECDIS/ARPA/Radar 	<ul style="list-style-type: none"> • ECDIS, AIS, ARPA/Radar Overlay • Check safety along the route in real time. • keine Prädiktion

Methoden und Verfahren für zustandsbasierte Manöveranzeigen in der Schiffsführung

Hersteller	Typ	Beschreibung	Herstellerangaben/ Ansatz
NAUDEQ Company Paris, FRA	Command DEQ	IBS (military) 	<ul style="list-style-type: none"> Sailing plan or direction orders, should be followed by DP-System Dynamic Positioning Keep heading Rotate around a point (fore-ship, center-ship, aft-ship, a point outside) Translate ship position (fore, aft, side or any resultant combination) keine Prädiktion
Marine Management Consulting Seattle, CA ATOMOS Projekt	NN	Anti-Kollisions-Display 	<ul style="list-style-type: none"> A possible collision avoidance display. Baseline ARPA or AIS information supplemented with Collision Danger Areas where the closed point of approach (CPA) is less than 1 nautical mile or (0.5 nautical miles) for the darker areas. The prediction period is 30 minutes. (ATOMOS project [18]) vereinfachte Prädiktion
ADVETO AB Stockholm, SE	AECDIS-2000	New Docking Display 	<ul style="list-style-type: none"> How a high resolution docking display might work. shows the trail of a ship and its current bow COG/SOG vector on On the right is the conning display [18] keine Prädiktion
ADVETO AB Stockholm, SE	AECDIS-2000	Prediction 	<ul style="list-style-type: none"> Basis für Vorhersage unbekannt Vermutlich ist dies ein geometrischer Ansatz vereinfachte Prädiktion

Methoden und Verfahren für zustandsbasierte Manöveranzeigen in der Schiffsführung

Hersteller	Typ	Beschreibung	Herstellerangaben/ Ansatz
Quality Positioning Service BV LZ Zeist, NL	Quastor Pilot SW		<ul style="list-style-type: none"> • vermutlich nur vereinfachte Prädiktion
Transas Marine GmbH Hamburg, DE	Navi-Sailor ECDIS 4000 Multifunction Display		<ul style="list-style-type: none"> • vereinfachte Prädiktion ohne Maschinenmodell

Tab. 12-3 Hersteller, Typen und Applikationen