



Manövrieren von Schiffen mit Flettner-Windantrieb –

Problemstellung und digitaler Lösungsansatz

Matthias Kirchhoff, ISSIMS GmbH
Pablo Albers, Prof. Kapt. Michael Vahs
Fraunhofer Arbeitsgruppe Nachhaltige
Maritime Mobilität, Hochschule
Emden/Leer



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Manövrierfähigkeit allgemein

- Die Manövrierfähigkeit von Schiffen ist eine herausragende Eigenschaft in Bezug auf einen sicheren und effizienten Betrieb.
- Sie definiert sich hauptsächlich durch Drehfähigkeit, Stoppfähigkeit und Kursstabilität.
- Die Einhaltung von Mindeststandards ist international vorgeschrieben (IMO MSC.137).
- Die Mindeststandards gehen von konventionellen Schiffentwürfen ohne Windantrieb aus und berücksichtigen nicht den Einfluss von Windlasten.



Manövrierfähigkeit von Schiffen mit Windantrieb



- Windantriebe erzeugen nicht nur Vortrieb, sondern auch Seitenkräfte.
- Seitenkräfte erzeugen eine Driftbewegung und Giermomente, die das Schiff drehen wollen.
- Die Seitenkräfte und Drehmomente sind abhängig von Windrichtung und -stärke.
- Ziel des Schiffsentwurfs ist es, diese Wirkung zu minimieren und durch leistungsfähige Ruder zu kompensieren.



Manövrierfähigkeit von Schiffen mit Windantrieb

- Für den Kapitän gibt es bisher keine geeigneten Hilfsmittel, das Manövrierverhalten mit Windantrieben abzuschätzen.
- Dies kann zu erhöhten Risiken (Kollision, Aufgrundlaufen etc.) führen.
- Die Relevanz dieser Problemstellung erhöht sich mit der Größe und Leistungsfähigkeit des Windantriebs.



Next Generation

Forschungs- und Entwicklungsaufgabe



- Es soll ein digitales System entwickelt werden, das eine Prädiktion des Manövrierverhaltens ermöglicht, sowohl für den Schiffsentwurfsprozess als auch als **Assistenzsystem an Bord**.
- Das System soll eine präzise und vollständige Prädiktion von kompletten Manöverabläufen unter Realbedingungen (Seegebiet, Navigation, Wetter) ermöglichen.
- Es soll den Kapitän bei der Entscheidung unterstützen, z.B. Drehzahlreduktion oder Abschaltung von Rotoren vor einem Manöver.

Forschungs- und Entwicklungsaufgabe



E-Ship 1 manövriert
unter Realbedingungen
(Bild mit KI bearbeitet).



Manövriertechnische Grundlagen



- Zur Entwicklung eines „**digitalen Modells**“ müssen im ersten Schritt alle relevanten Parameter für das Manövrieren ermittelt werden.
- Die Untersuchung dieser Schiffssparameter auf einem Schiff, das sich im regulären Dienst befindet, ist aus vielen Gründen schwierig, bzw. unmöglich (Entwurfsphase).
- Daher werden **Modellversuche** entwickelt, die unter Beachtung von Ähnlichkeitsgesetzen eine Übertragbarkeit der Parameter auf das große Schiff ermöglichen.
- Außerdem dienen numerische Verfahren (**CFD**) zur Unterstützung der Parametrierung des digitalen Modells.

Manövriertechnische Grundlagen

- Modellversuche im Windkanal



Manövriertechnische Grundlagen

- Modellversuche im Manövertank mit „Wind“



Entwicklung eines Assistenzsystems zur Prädiktion und Planung von Manövern



- Auf Basis der Entwicklungsplattform von ISSIMS wurden die Softwaretools SIMDAT, SIMOPT und SAMMON speziell für die Implementierung von Windantrieben (Flettnerrotoren) weiterentwickelt.
- Insbesondere SAMMON sollte zum Onboard-Assistenzsystem für die Manöverplanung auf Schiffen mit Flettnerrotoren entwickelt werden.



Simulationen unter Einsatz von Flettner-Rotoren

Fast-Time Simulation mit SIMOPT und SAMMON

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Idee der Fast-Time Simulation und Umsetzung



- Fast Time Simulation Methoden können:
 - die Effektivität der Lehre und des Simulator-Trainings erhöhen durch den Einsatz einer hochentwickelten Manöver-Vorhersage
 - den Ship Handling Prozess verbessern durch ein besseres mentales Modell des Bewegungsablaufs der Schiffe durch vorheriges Training
 - die Sicherheit des Ship Handling Prozesses verbessern
 - dazu beitragen Verbrauch und Emission zu senken
- Software:
 - SIMOPT/SIMDAT: zur Analyse von Manövern, Erstellung von Modellen für die Simulation
 - SAMMON: hochentwickelte Prädiktion zum Einsatz in Lehre und Manöverplanung

Kombination Fast-Time Simulation und Wind Assisted Propulsion



- Mögliche Nutzung für Entwurf von Schiff/Rotor-Kombinationen
- „austauschbare“ Rotoren, Positionierung
- Analyse von idealen/optimalen Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten
- Nutzung für die Lehre zur Demonstration von Effekten
- Erfassen von Effekten vor Einsatz auf Schiff/Full-Mission-Simulator



SIMOPT Interface mit Flettner Rotor



SIMOPT - Simulation to optimize simulator ship models and manoeuvres

File Manoeuvre/Environment Hull Coefficients Estimation Tools Simulation Automatic Tuning Help/Info

Ship Data and Hull Coefficients

obj_40_5082_NT_4_Flettner.dat

Thruster Parameter Rudder Parameter POD Parameter SeaState Exports Specials Pumpjet

Ship Data PropUnit Parameter Hull Coefficients

Desc-ID	Parameter	Value
1	Name	E-Ship 1_Flettner
3	DateLastSaved	02-Sep-2025 15:08:56
6	LicenseLastSaved	Nitro5_250602_Tester_2
13	ManoeuvreFileName	Man_obj_40_5082_NT_4_Fl...
17	DiaryFileName	Diary_obj_40_5082_NT_4_Fl...
23	IsARRealShip [Y/N]	☒
30	Ship_ID	5082
38	SIMOPT_Checked	3
16	Beam [m]	22.5
647	BeamWaterLine [m]	22.5
-1	CurrentSensorPos_X_List []	List
-1	CurrentSensorPos_Y_List []	List
-1	CurrentSensorPos_Z_List []	List
50	DeltaT_Max_OwnShip [s]	0.1
34	DraughtBow [m]	7.3
63	DraughtStern [m]	8.3

Environment Data

Environment Variable	Value
WindDirection [°] - const	0.0
WindValue [kn] - const	0.0
WindCorrection_Value [%]	0.0
WaterDepth [m] - const	100.0
WaterDepthField	No Field
WaterDepthField_Interpolation	No Interpolation

Series Values

Parameter	Value
-----------	-------

Manoeuvre Selection

Manoeuvres

- NoManoeuvre
- Standard
- StraightTrack
- Turning
 - TurnCircle
 - Port
 - Starboard
 - Port Turn
 - Starboard Turn
 - ☒ Port Flettner1
 - KickTurn
 - Trials
 - EMR

Manoeuvre: 54 - Turning Circle Port Flettner1

Type	Parameter	Oper.	Value 1	Value 2
!	EngineOrder		600	0
!	EngineMode		SeaMode	SeaMode
!	Heading		0	
!	WindValue		15	
!	WindDirection		270	
!	INIT			
?	TimeAbs	>	1	
!	Rotor_RPM...		100	100
?	TimeAbs	>	100	
!	Rudder_Cmd		-20	-20
?	TimeAbs	>	600	
!	STOP			

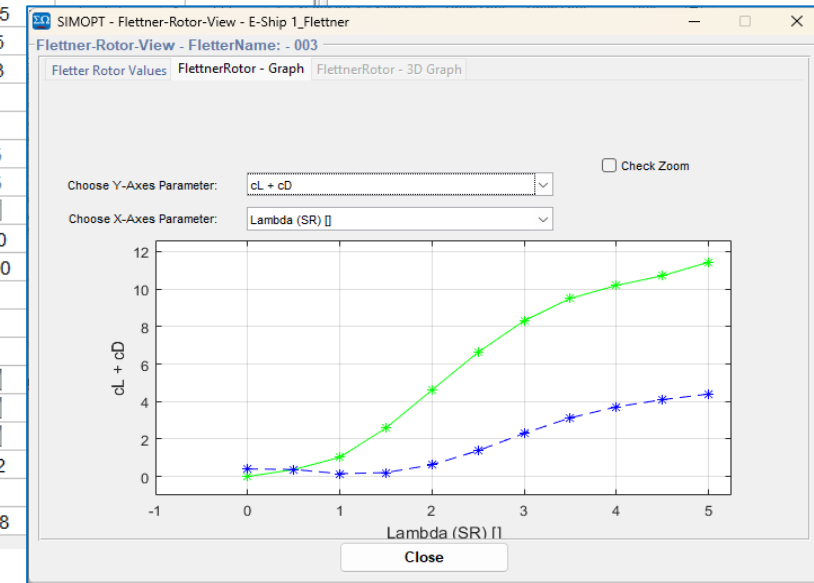
Sim Time: s Sim Reference (P-V-C): 0-0-0 Stop Simulation SIMOPT Version: 2.3.251107

SIMOPT - Flettner-Rotor-View - E-Ship 1_Flettner(1)

Flettner Rotor

Flettner

Desc-ID	Parameter	FR 1	FR 2	FR 3	FR 4
5600	CD_CL_Table []	CD_CL_Table	CD_CL_Table	CD_CL_Table	CD_CL_Table
5525	CoeffCDStatic []	0.2	0.2	0.2	0.2
5521	CoeffCLStatic []	12.5	12.5		
5513	DiameterEndPlate [m]	5.5	5.5		
5509	DiameterRotor [m]	4.3	4.3		
5517	DiskCoeffMoment []	1	1		
5594	Dynamic_CD_CL []	3	3		
5537	EtaRotor [%]	75	75		
5505	HeightRotor [m]	25	25		
5618	IsDoubleFlettnerRotor	☐	☐		
5533	MaxRPMRotor [1/min]	200	200		
5529	MinRPMRotor [1/min]	-200	-200		
5500	NoFlettnerRotors	4			
5612	RPM_TimeRampDown	1	1		
5606	RPM_TimeRampUp	1	1		
5557	UseDynamic_CD_CL	☒	☒		
5501	UseFlettnerRotor	☒	☒		
5553	UseForcesMoments	☒	☒		
5541	xPos_Rotor [m]	-12	-12		
5542	yPos_Rotor [m]	-8	8		
5543	zPos_Rotor [m]	15.8	15.8		



SIMOPT Software for Ships - Modelling und Tuning

Data input: Schiffssparameter (Antrieb, Ruder, Thruster, Rumpf,...)

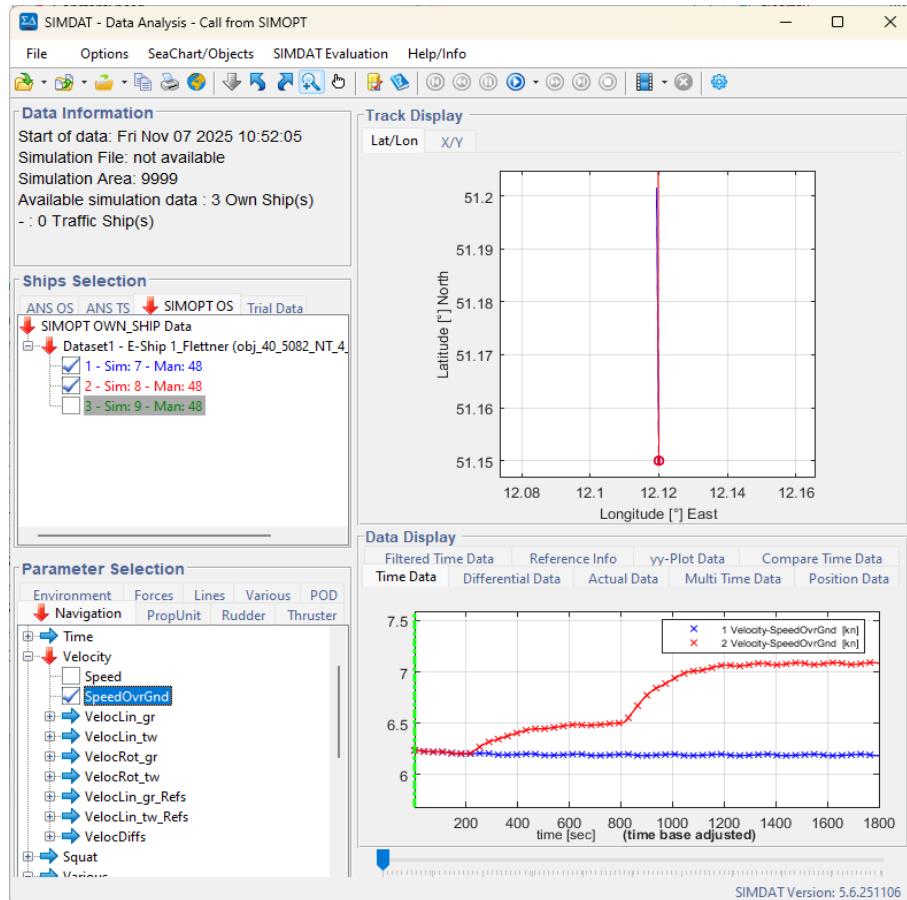
Rotor Data Input:

Parameter und Lift/Drag Kurven

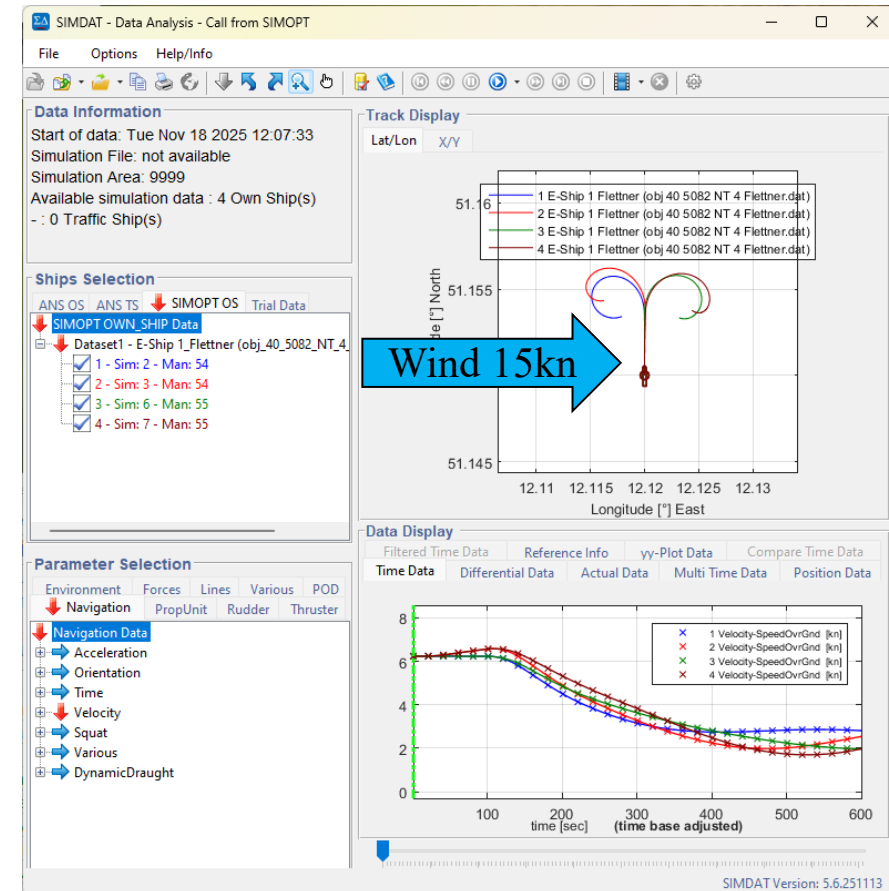
SIMOPT/SIMDAT – Vergleich von Manövern



Vergleich von Rotor Manöver in SIMDAT: mit/mit Rotoren & ohne/ohne

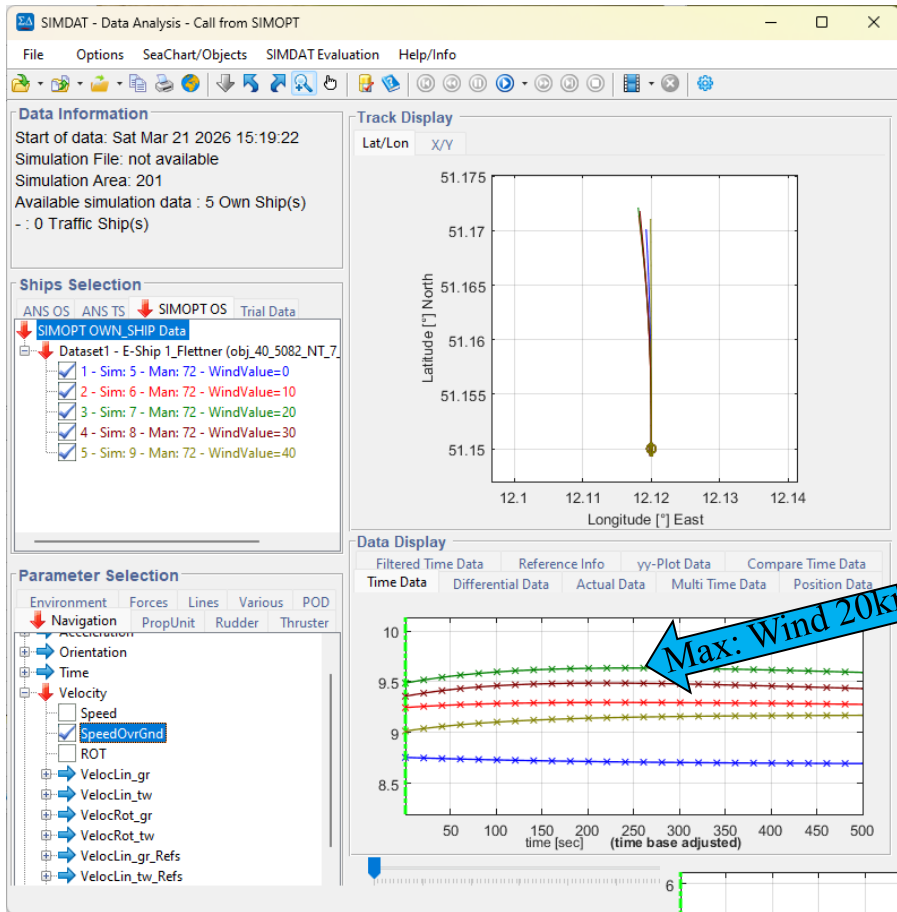


Rotoreffekt bei Beschleunigung: V-Zunahme von 6.3 kn durch Rotor: 50 RPM at 200s & 100 RPM at 800 s, Wind 270°

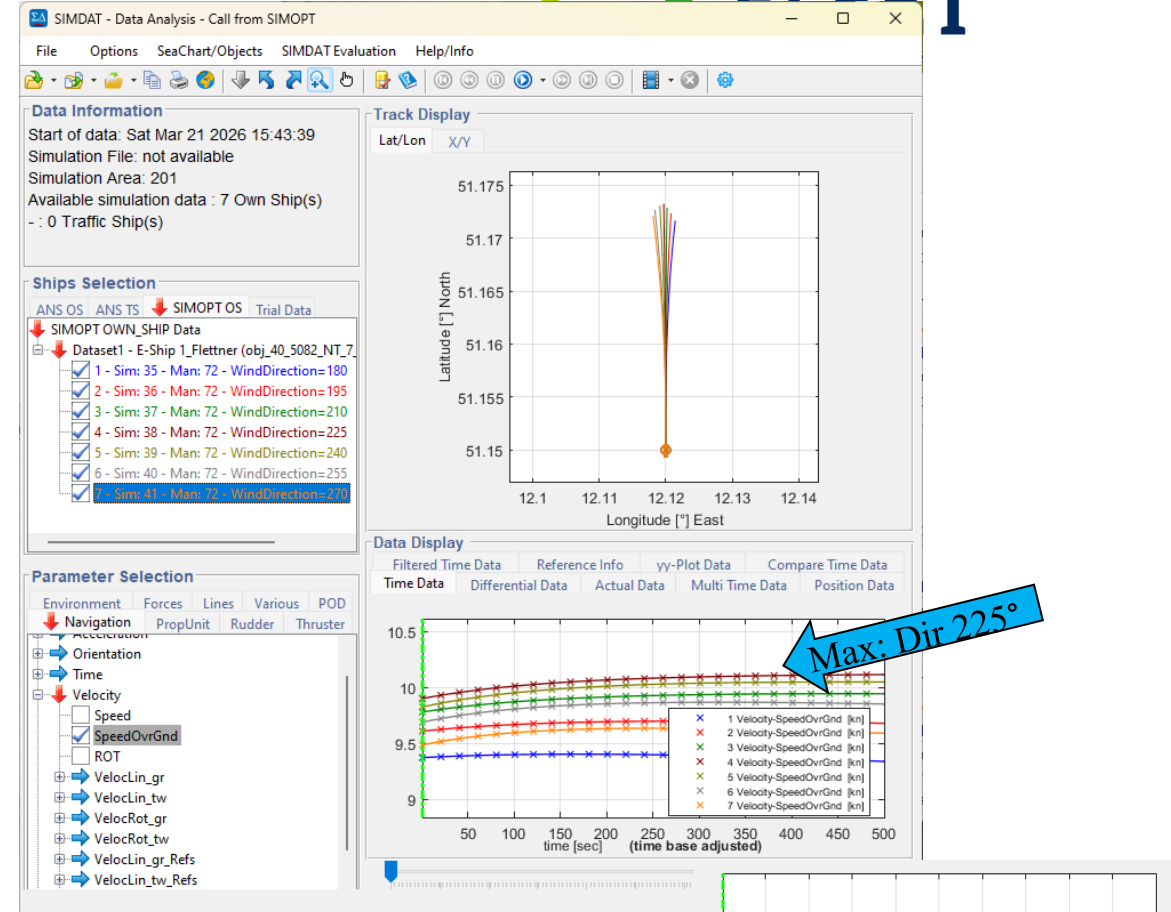
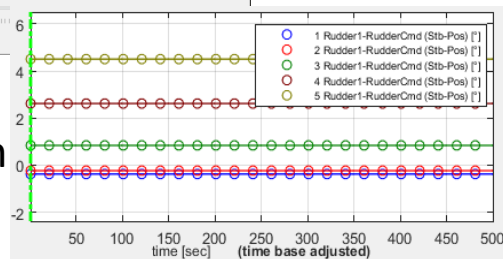


Rotoreffekt im Drehkreis: V-Abnahme von 6.3 kn, Änderung Transfer und Advance

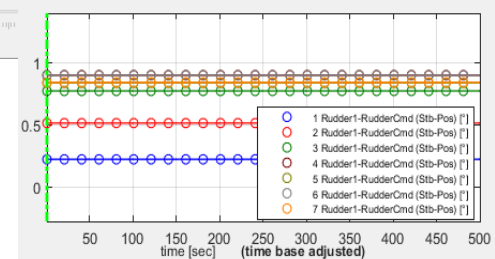
SIMOPT/SIMDAT – idealer Wind



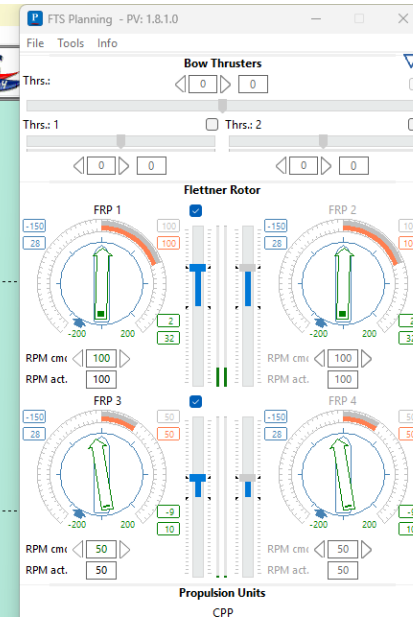
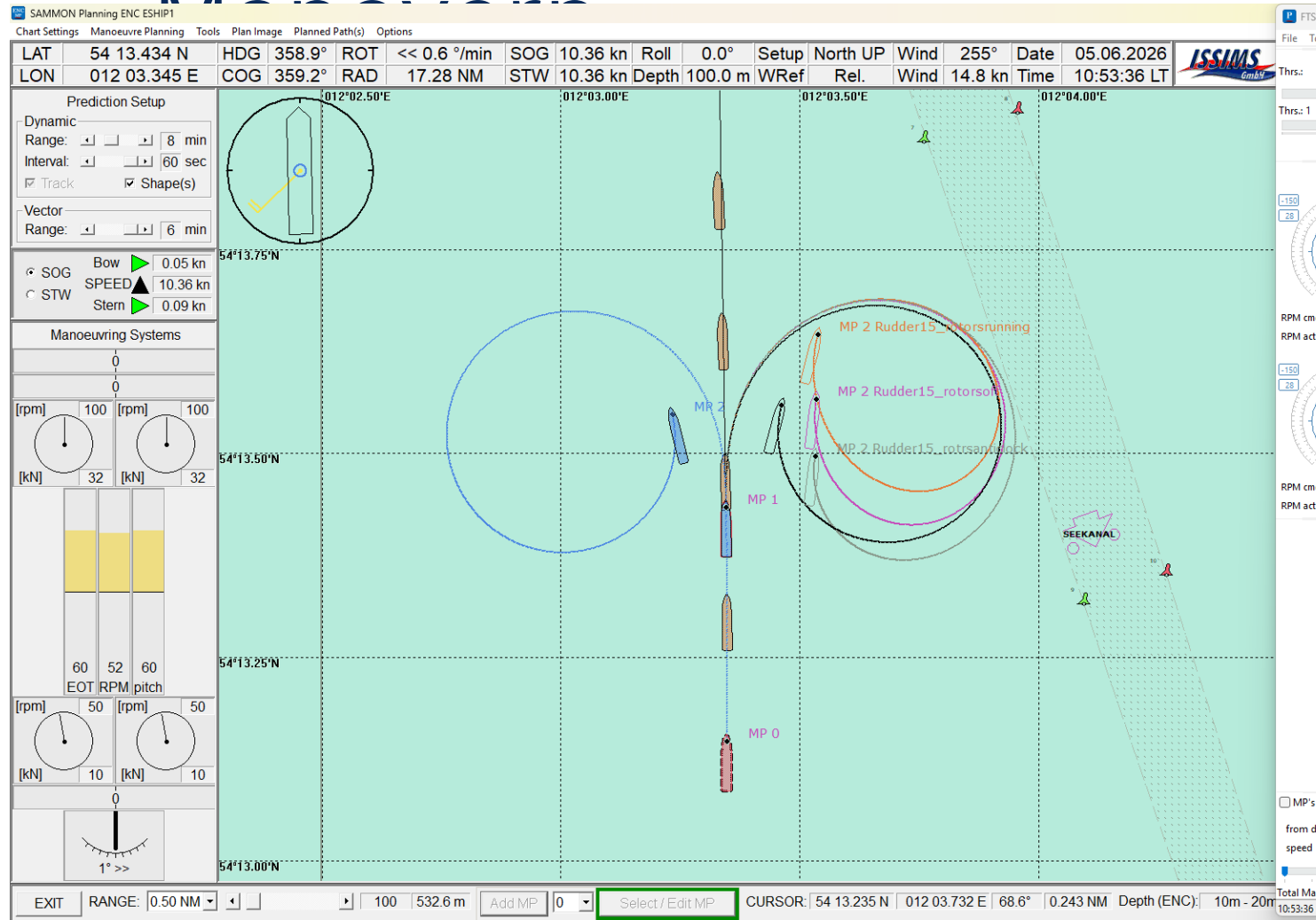
Wind 0kn-40kn aus 270°,
Drehzahl 1+2 bei +100 U/min
EOT=600 → INIT



Wind 20kn aus 180°-270°,
Drehzahl 1+2 bei +100 U/min
EOT=600



SAMMON – Analyse von



Wind 225°, 20kn
Ruder 1° - im DK: 15°
EOT: 600 (ca. 10kn)

- Vergleich mehrerer Drehkreis-Manöver:
 - Rotoren laufen weiter (orange)
 - Rotoren aus (magenta)
 - Rotoren gegenlaufend (grau)
 - Ohne Wind und Rotoren (schwarz)

SIMOPT/SAMMON – Manoeuvring Booklet



- Software bietet die Möglichkeit:
 - Jedwedes Manöver zu simulieren
 - Jedwede Wind-Situation
 - Jedwede Antriebskonfiguration
 - Einbau beliebiger Flettner-Rotoren
- → Erstellung von Manoeuvring Booklets für WASP!!





Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

Kontakt

Prof. Kapt. Michael Vahs

Tel. +49 491 92817 5022

Mail michael.vahs@hs-emden-leer.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages