

Ganzheitliches Aero- und Hydrodynamikdesign für Schiffe mit Windantrieb

Yan Xing-Kaeding
HSVA

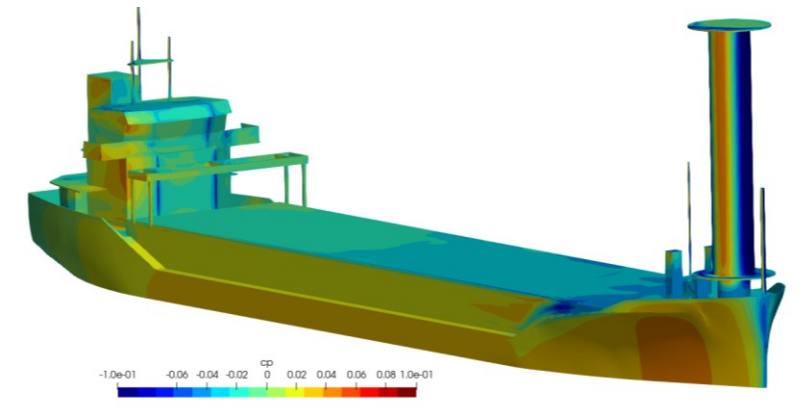
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Überblick

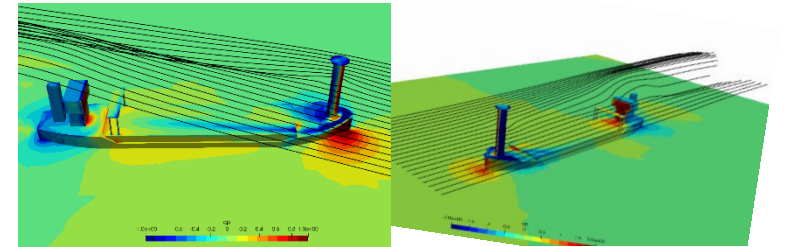
- Methodik und Tool Entwicklung
- Applikationen - Das Projekt Schiff Tanker
 - Aerodynamische Optimierung
 - Hydrodynamische Optimierung
 - System Optimierung mit "EcoLibrium" Tool
- Weiteres Projekt Schiff - MPV
- Zusammenfassung und Ausblick



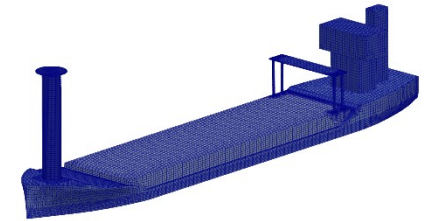
Methodik und Tool Entwicklung

Ziel: Entwicklung dreier numerischer Aerodynamik Werkzeuge zur

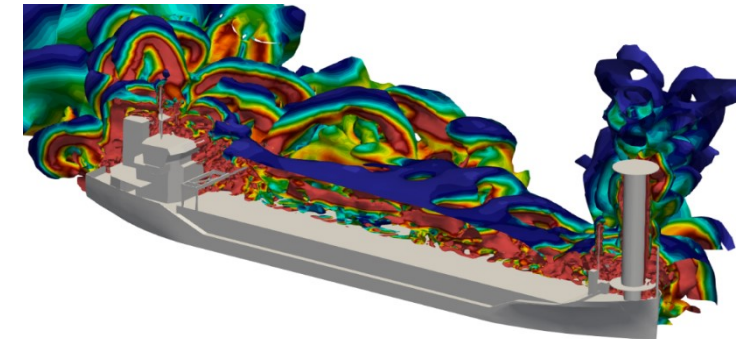
- Detaillierten Vorhersage
 - Viskos (3D Hybrid **RANS/LES**)
 - Antwortzeiten O(7 Tage)



- Überschlägigen Prognose
 - Reibungsfrei (2D Potentialtheorie, 3D **Eulersche** Strömung)
 - Antwortzeiten O(30 Minuten)



- Leistungsprognose
 - **EcoLibrium** - Intergationstool
 - Antwortzeiten O(5 Minuten)

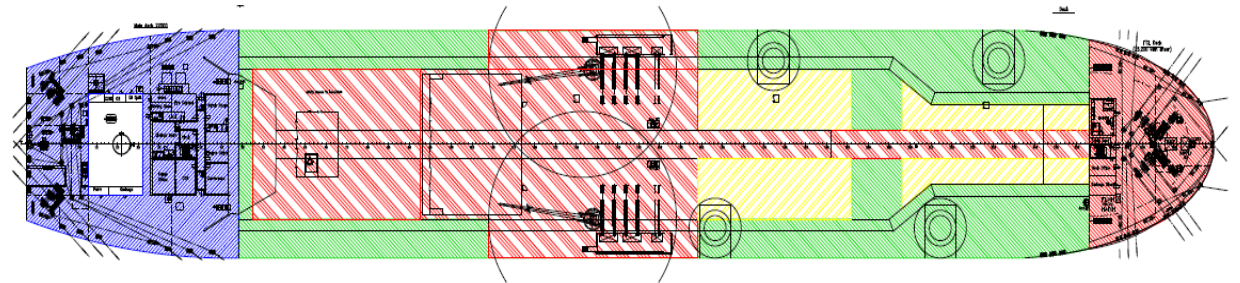


Das Projekt Schiff - Tanker

- Initial Entwurf von Projekt Partner HB Hunte Engineering GmbH
- Klasse 1A Tanker betrieben mit Flüssiggas Ammoniak
- Lieferkette „Grüne Schiffe“ für den klimaneutralen Transport

Description	Symbol/Unit	Value
Length between Perpendiculars	LPP (m)	224.90
Length Overall Submerged	LOA (m)	231.00
Breath of Waterline	BWL (m)	36.60
Draught at Midship	TM (m)	12.80
Displacement Volume (incl. appendages)	DISV (m ³)	84,798
Wetted Surface Volume (incl. appendages)	S (m ²)	12,277
Frontal Area exposed to Wind	AV (m ²)	1,083
Block Coefficient	CB (-)	0.804
Design Speed at Design Draught	VS (kn)	13.5

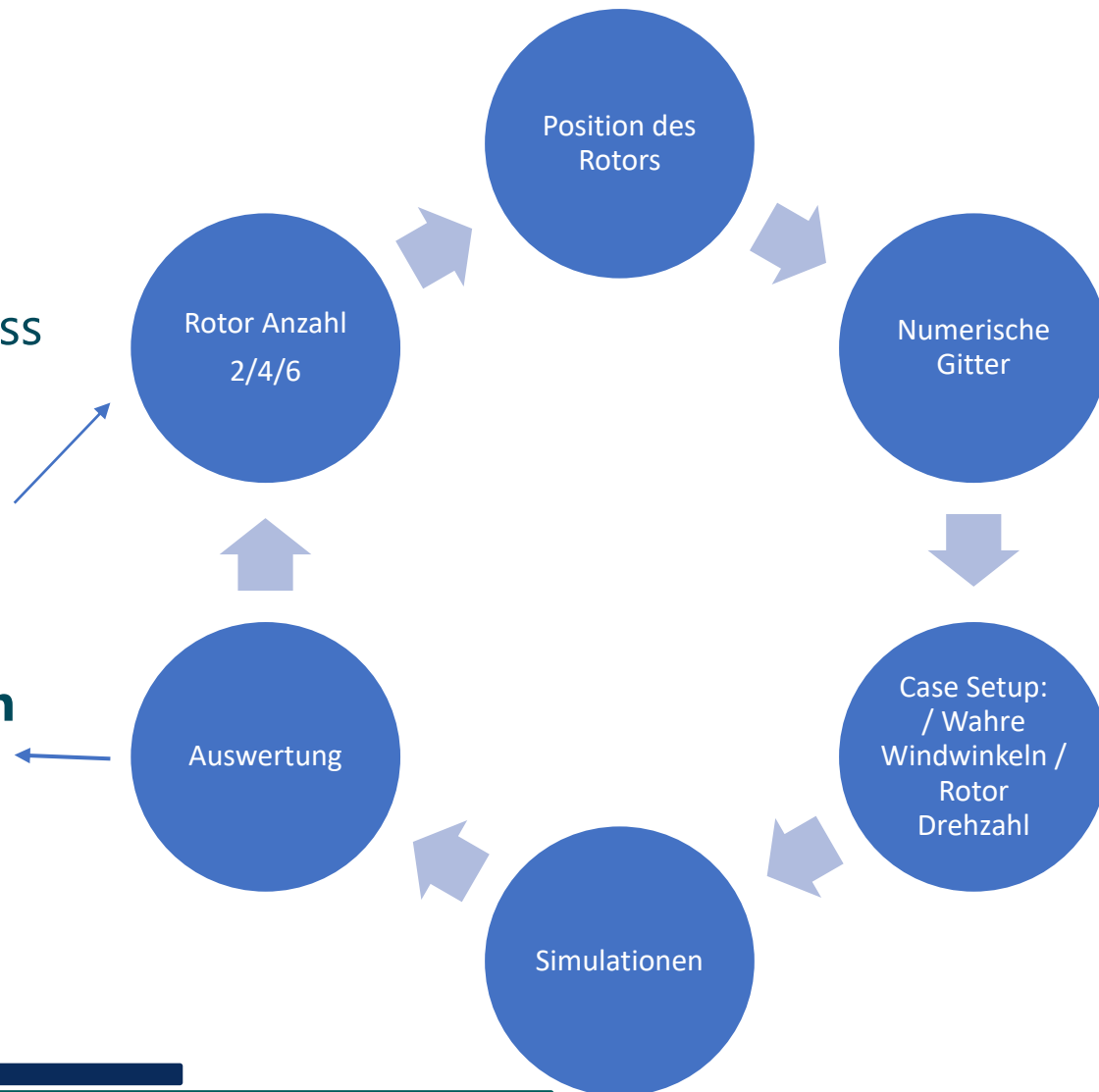
General Arrangement Plan with specified area (colored in "green") for possible Rotor Installation



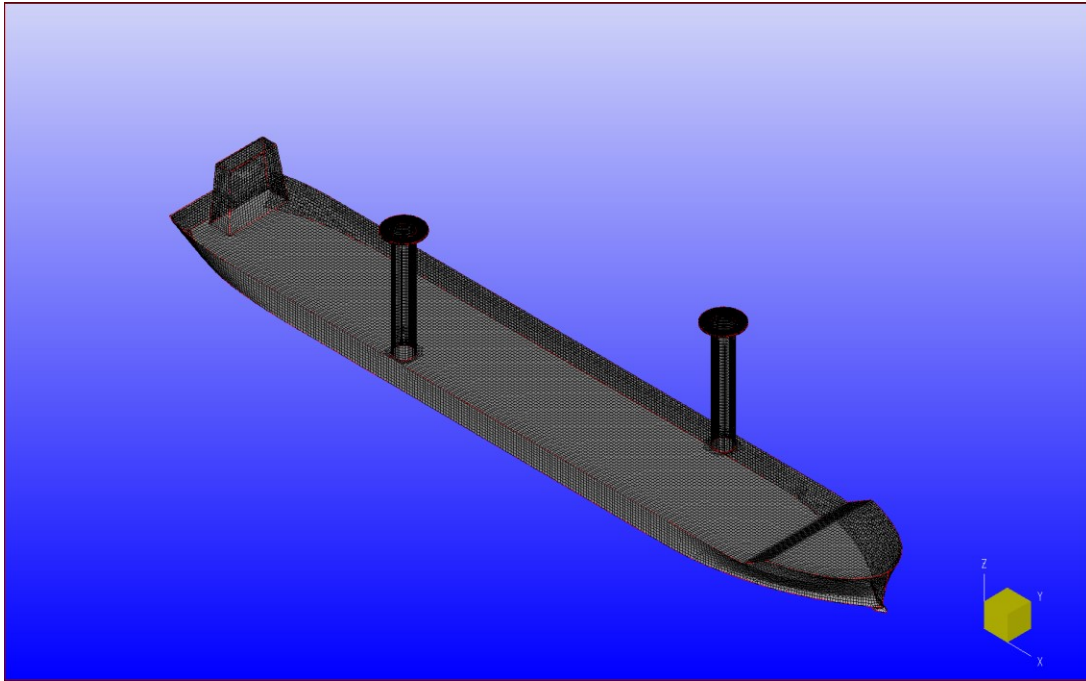
Optimierungsprozess



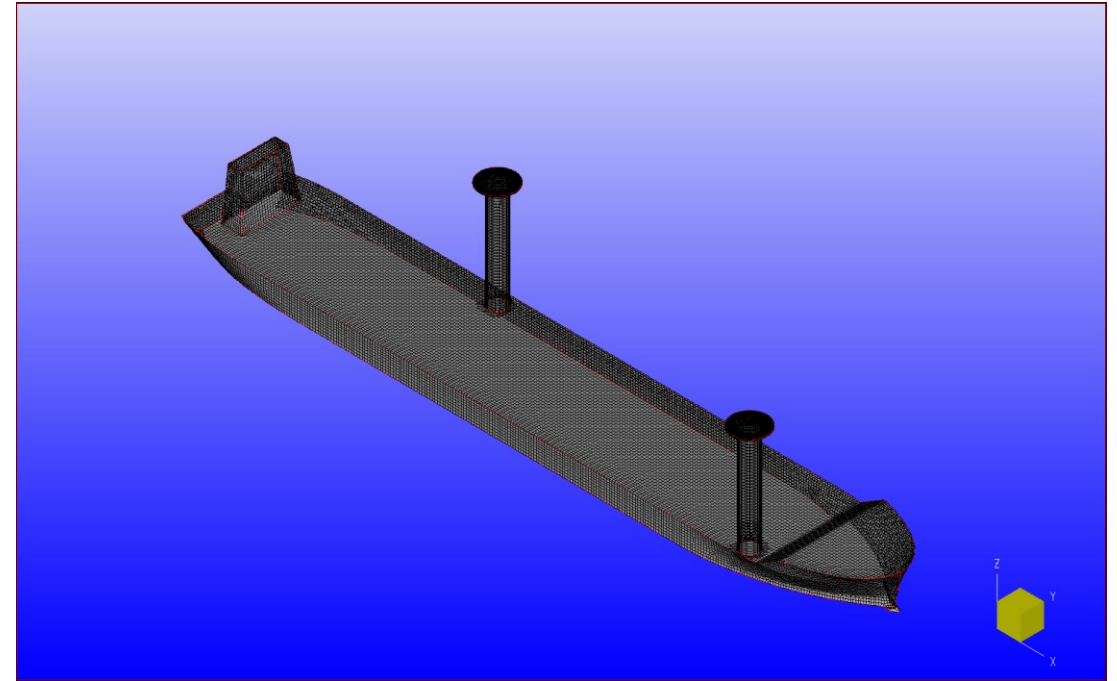
- Vollautomatischer Optimierungsprozess entwickelt;
- Zusammen fast **100 Konfigurationen** untersucht;
- **Jeweils zwei besten Konfigurationen aus 2/4/6 Rotoren Installationen** auserwählt.



2 Rotoren – Beste Konfigs.



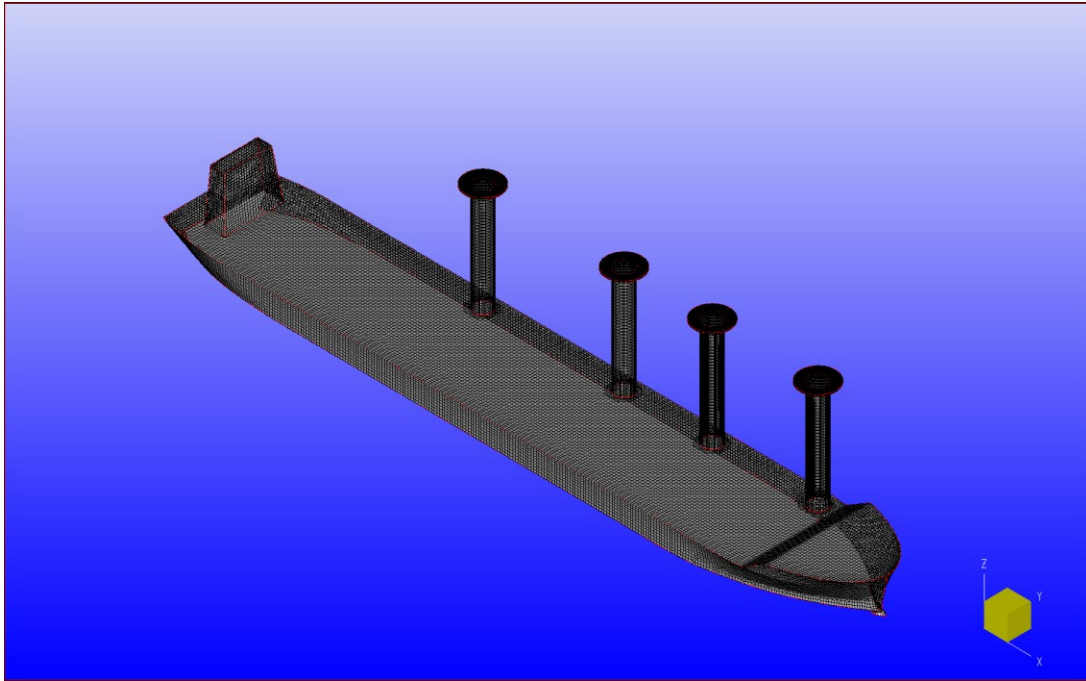
Conf 7
– beste Konfig. bei 2 Rotoren



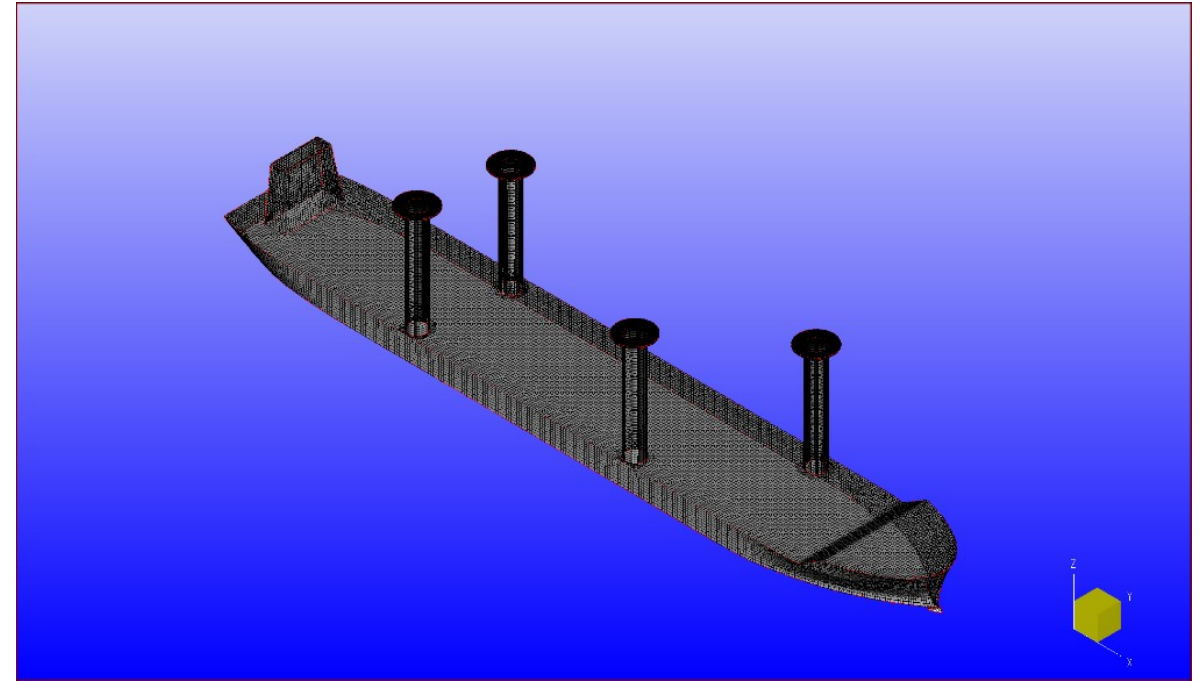
Conf 3
– 2. beste Konfig. bei 2 Rotoren



4 Rotoren – Beste Konfigs.



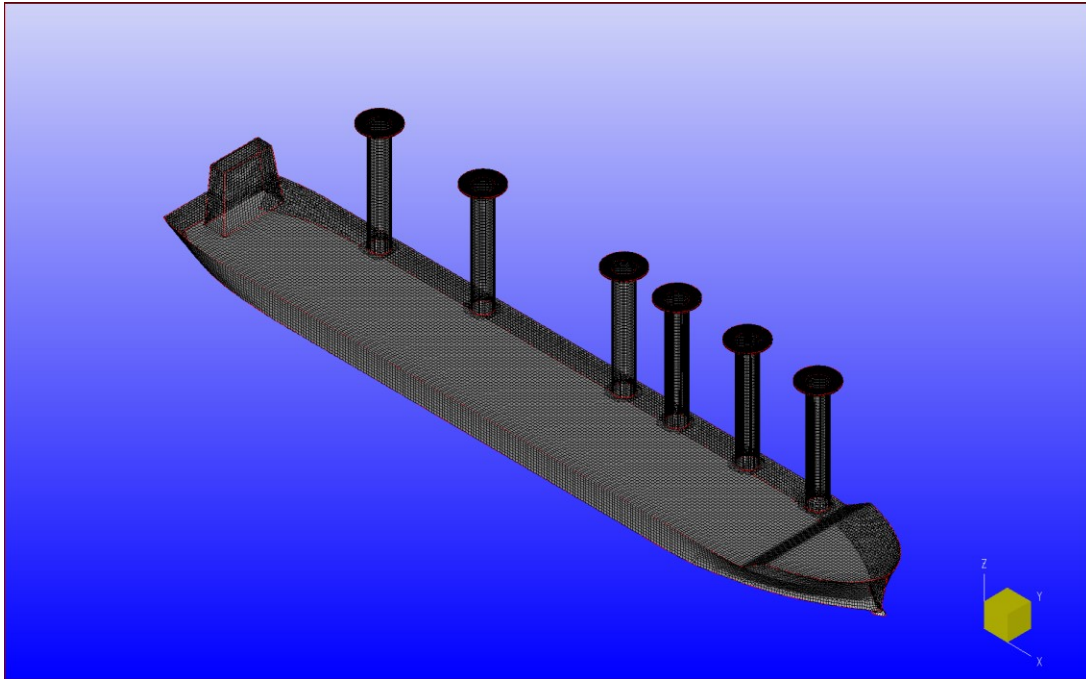
Conf 3
– beste Konfig. bei 4 Rotoren



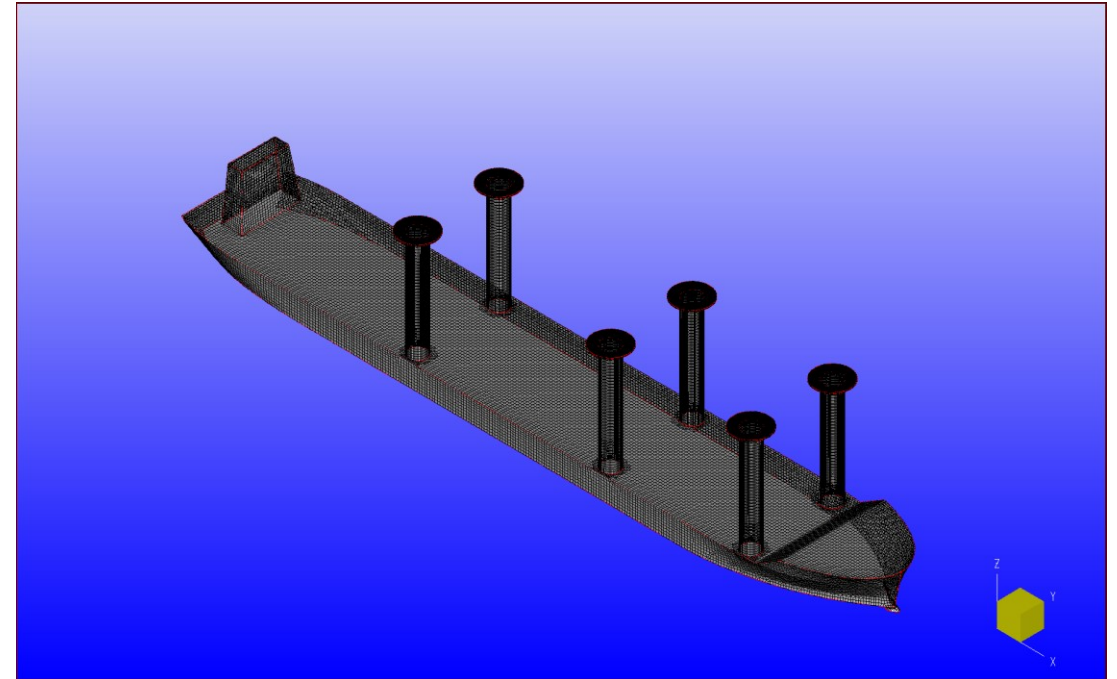
Conf 1
– 2. beste Konfig. bei 4 Rotoren



6 Rotoren – Beste Konfigs.



Conf 7
– beste Konfig. bei 6 Rotoren

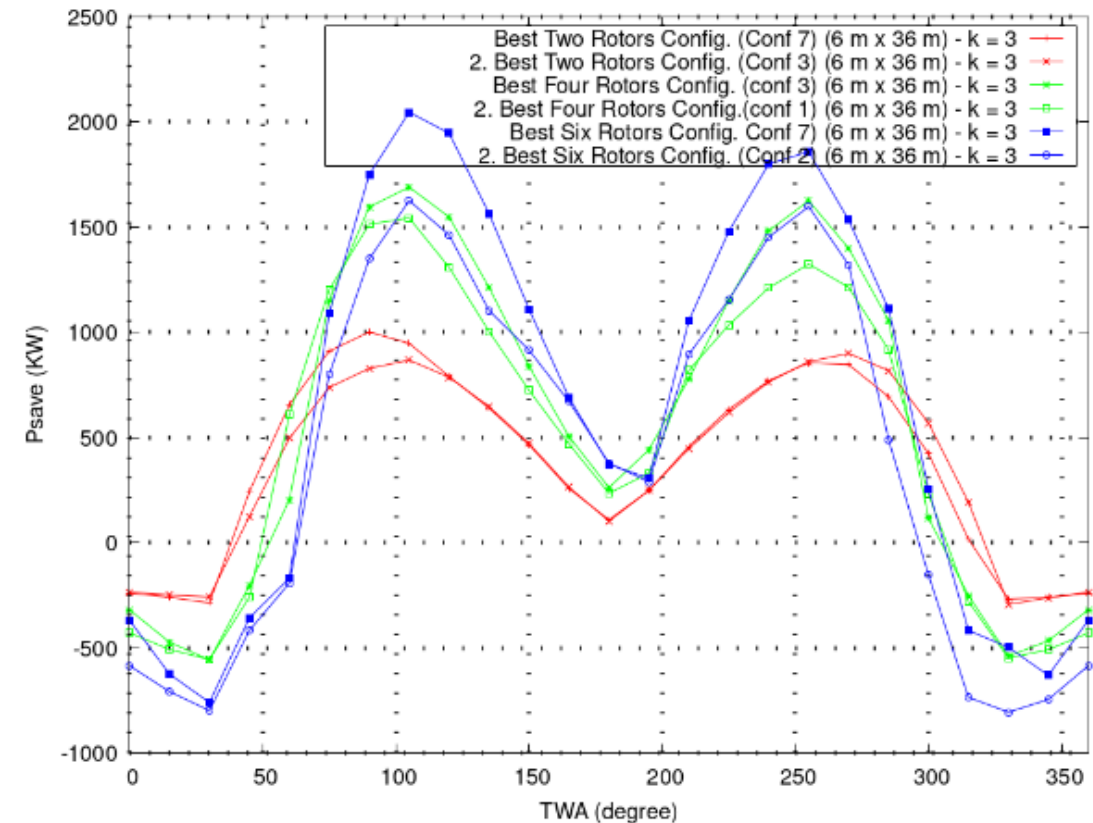


Conf 2
– 2. beste Konfig. bei 6 Rotoren



Power Ersparnis von allen installierten Rotoren

- Blue: 6 Rotoren; Green: 4 Rotoren, Rot: 2 Rotoren
- Je mehr Rotoren installiert, je höhere die gesamte Power Ersparnis. Allerdings, bei ungünstigen Wind/Fahrriichtung, sind der Widerstand bei ruhenden Rotoren auch höher;
- Zwischen TWA 50° und 310° bringen die Rotoren eine positive Wirkung, maximal Wirkung wird je doch bei TWA=80~100°/ 260°~280° erreicht;



Spin Ratio: k=3

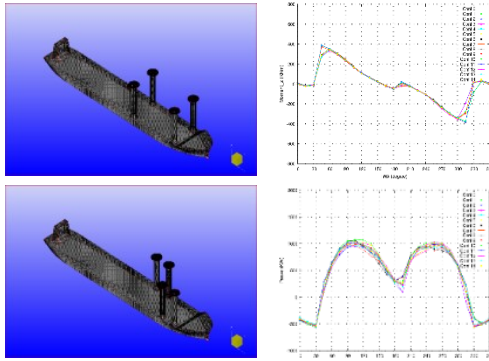
Kurze Zusammenfassung der Aerodynamischer Optimierung



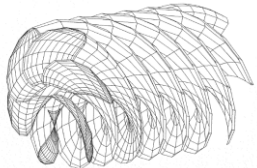
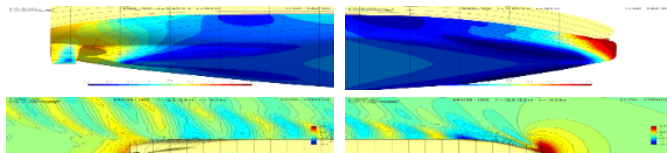
- Insgesamt sind fast **100 Konfigurationen** mit unterschiedlicher Rotoren Anzahl 2/4/6 mit Euler Verfahren (ca. 12,000 Simulationen) untersucht worden.
- Besten Konfigurationen könnte identifiziert werden unter Berücksichtigung von **Rotor-Rotor und Rotor-Schiff/Superstruktur Interaktion**.
- Ergebnisse über Kräfte, Momente und Power Ersparnis zeigen:
 - **Je mehr Rotoren installiert, je höhere die gesamte Power Ersparnis.** Jedoch, bei ungünstigen Wind/Fahrriichtung, sind der Widerstand bei ruhenden (mehr) Rotoren auch höher;
 - Zwischen **TWA 50° und 310° bringen die Rotoren eine positive Wirkung**, maximal Wirkung wird je doch bei TWA=80~100°/260°~280° und schnelllaufzahlen von 3-4 erreicht;
 - **Power Ersparnis pro Rotor schlägt je doch zwei Rotoren Konfigurationen am besten**, insbesondere bei höhere Schnelllaufzahl k und zwei Endplatten (Ergebnisse wurde hier nicht gezeigt);
 - Wenn mehr als 2 Rotoren installiert werden, erscheinen **alle Rotoren in eine Reihe** als die beste Konfiguration (Interaktionseffekte am wenigsten);

Hydrodynamische/ EcoLibrium Optimierung

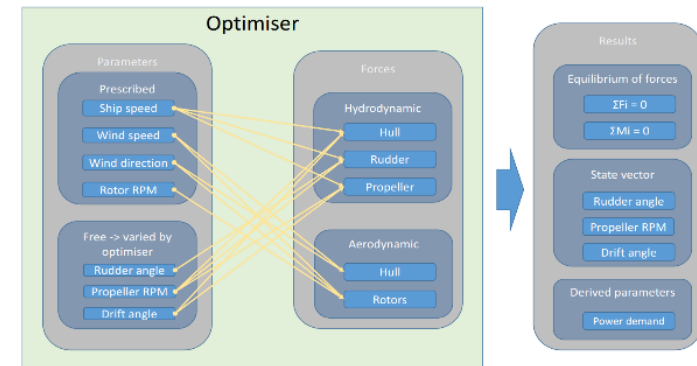
Aerodynamische Optimierung



Hydrodynamische Optimierung



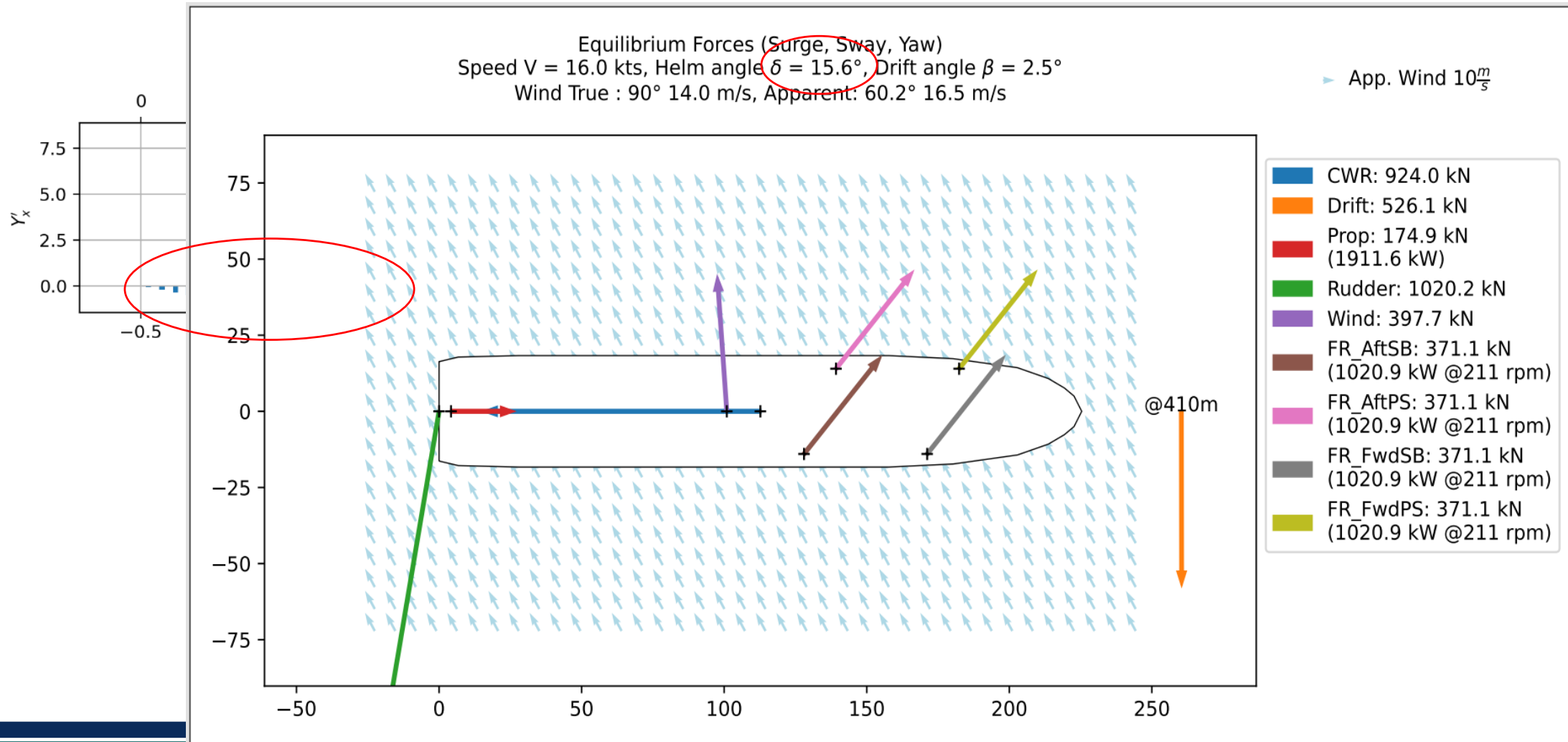
System Optimierung



Bester Entwurf

Alle Effekte (Hydro/Aero) werden in *EcoLibrium* zusammen geführt und untersucht.

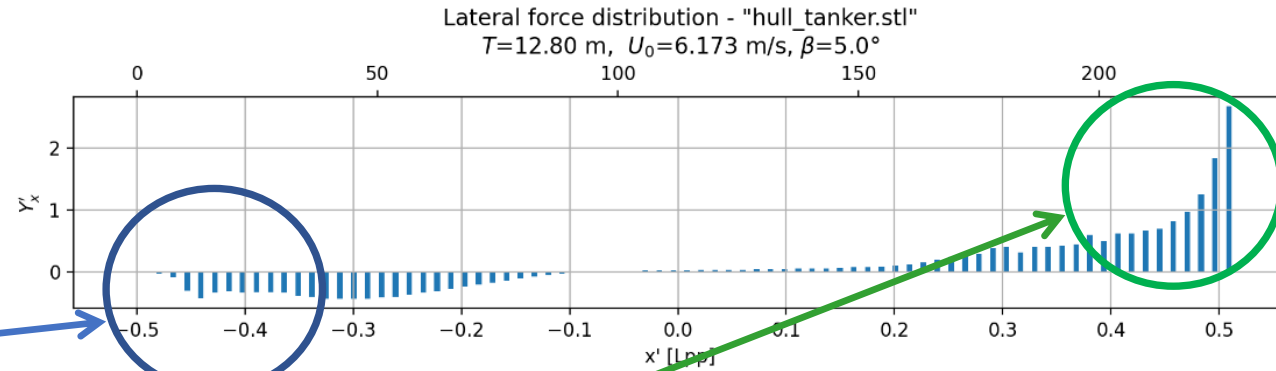
Ausgangsschiff (i1000)



Lateralkräfte

Hinterschiff:

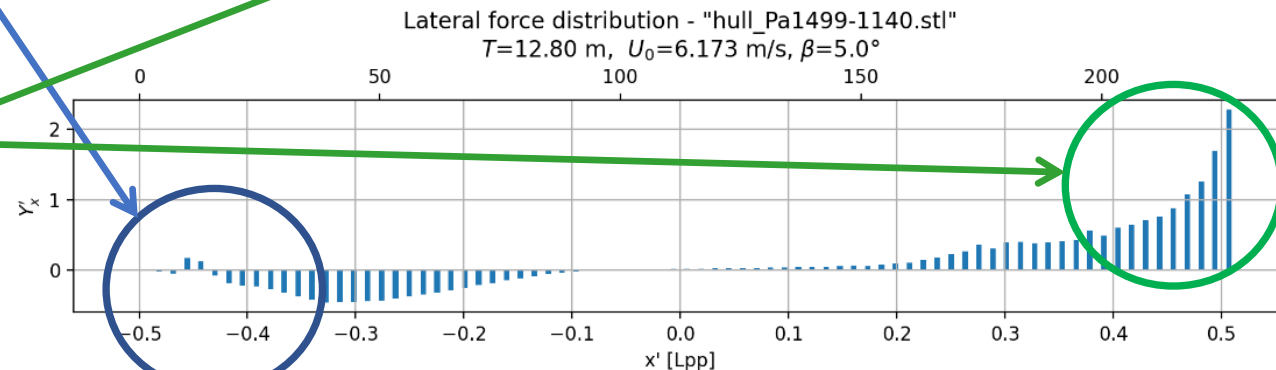
- Erhöhung der Lateralkräfte und Wirkrichtung



Ausgangsform (i1000)

Vorschiff:

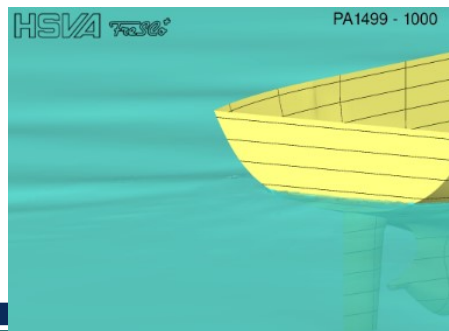
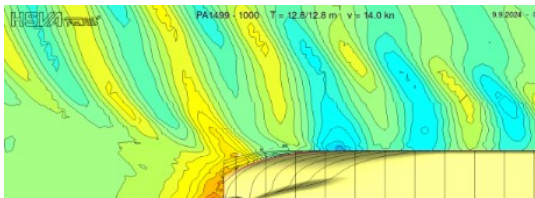
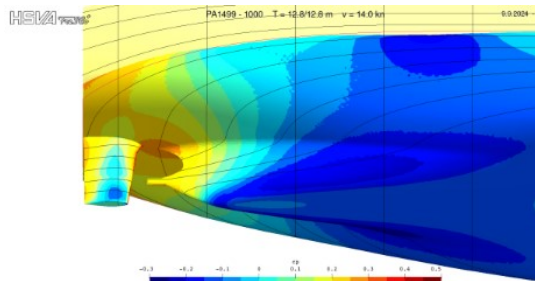
- Keine signifikante Reduzierung der Lateralkräfte
- Erst ab größeren Driftwinkeln vorteilhaft



Geänderte Form (i1140)

CFD Widerstand Berechnungen

Ausgangsform (i1000)

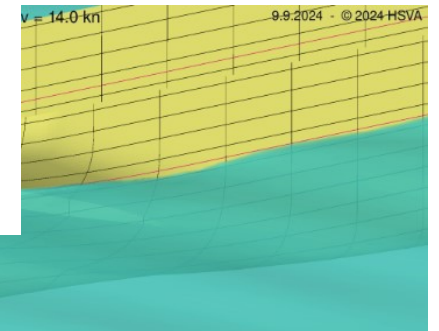
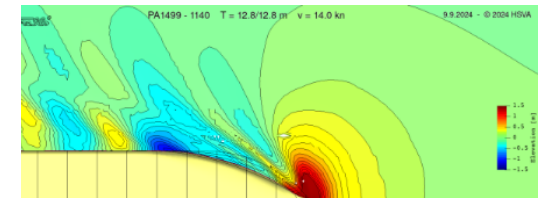
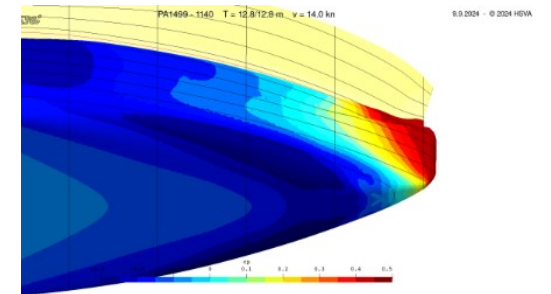


Tm	Speed	RT	PE	rel
[m]	[kn]	[kN]	[kW]	[%]
PA1499-1000				
12.80	10.0	328	1687	ref.
12.80	12.0	460	2839	ref.
12.80	14.0	631	4547	ref.
12.80	16.0	871	7168	ref.

PA1499-1140

12.80	10.0	326	1678	-0.6%
12.80	12.0	457	2820	-0.7%
12.80	14.0	624	4492	-1.2%
12.80	16.0	860	7079	-1.2%

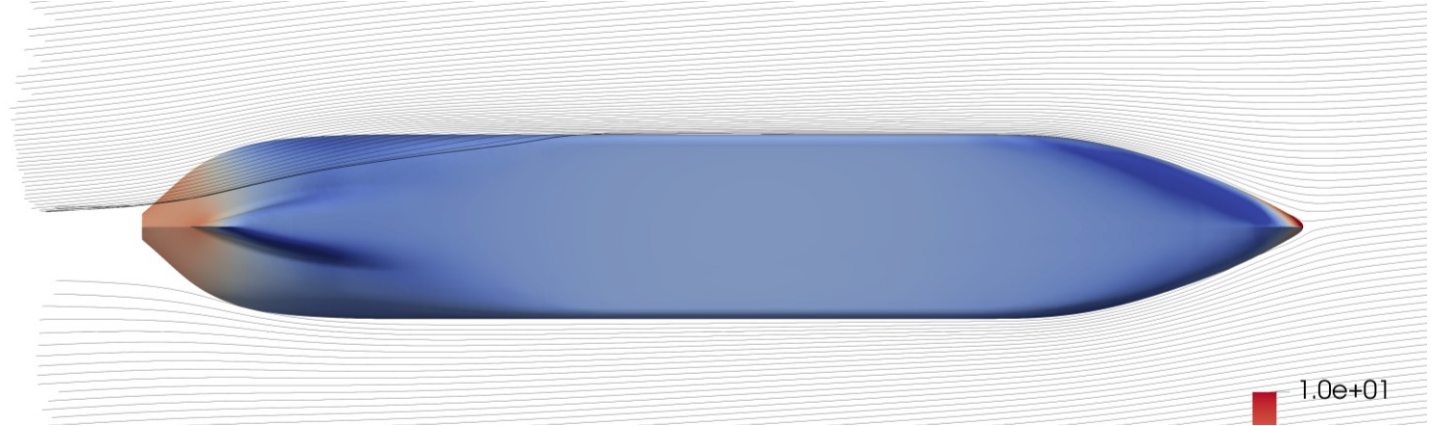
Geänderte Form (i1140)



Finale Rumpfformen mit/ohne großen Heckflossen

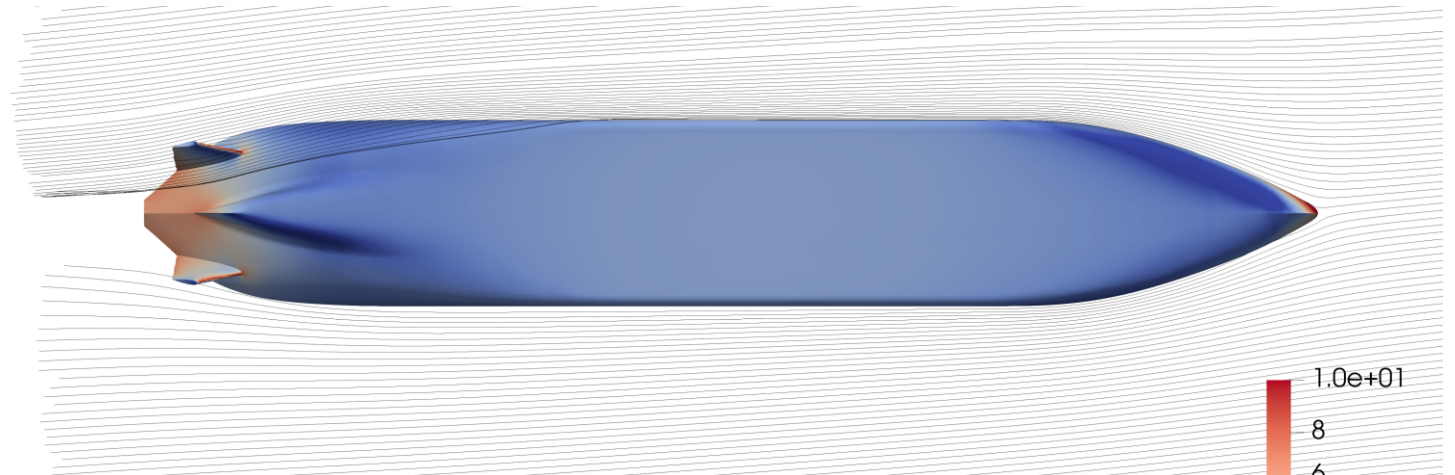
- i3580:

Grundrumpf mit V-förmigen Hecksektionen



- i3581 (mit Flossen)

Rumpf als Basis, aber mit großen Heckflossen



EcoLibrium Optimierungsmatrix



Rumpf Varianten:

- i3580:
Grundrumpf mit V-förmigen Hecksektionen
- i3581
Rumpf als Basis, aber mit großen Heckflossen

Flettner Rotoren Konfigurationen:

- 2FRconf0:
2x Rotoren am Bug, nebeneinander
- 4FRconf0:
4x Rotoren nahe am Bug, 2 Reihen zu je 2 nebeneinander
- 4FRconf1:
4x Rotoren, 2 am Bug diagonal, 2 im Heck nebeneinander
- 4FRconf3:
4x Rotoren, alle auf Backbordseite aufgereiht
- 6FRconf2:
6x Rotoren, 3 Reihen zu je 2 nebeneinander
- 6FRconf7:
6x Rotoren, alle auf Backbordseite aufgereiht



EcoLibrium Zusammenfassung - Tanker

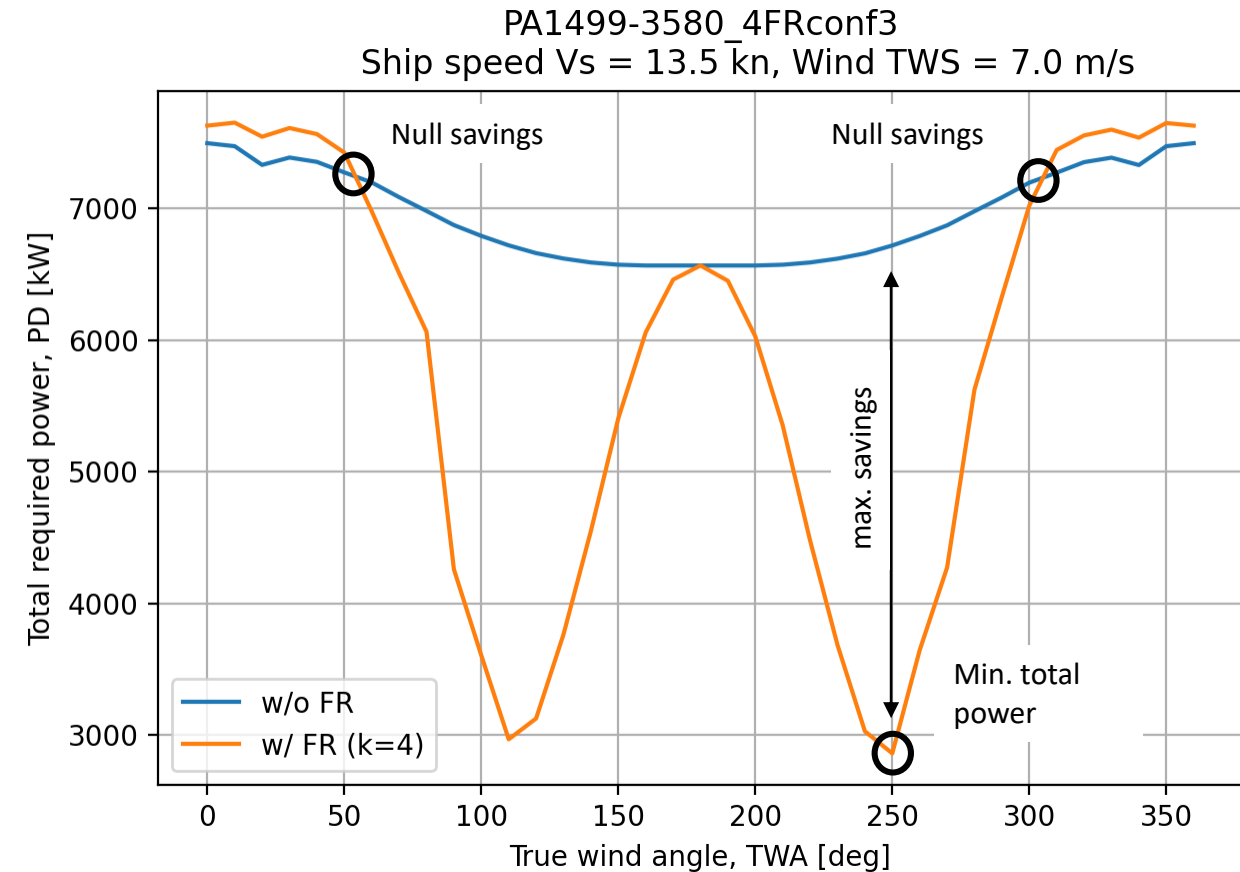


- **Beste Konfiguration aus Ecolibrium:**

- Rumpfform i3580
- 4x Flettner Rotors in conf3

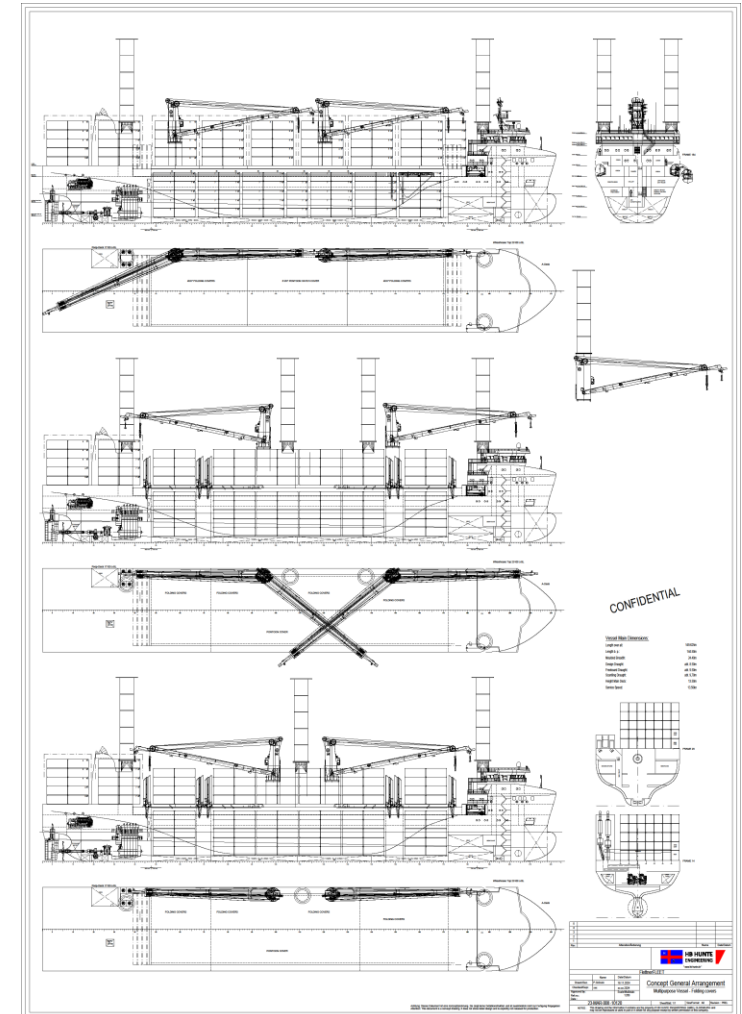


- Ruder Winkel $< 6^\circ$
- Krängungswinkel $< 1^\circ$
- Driftwinkel $< 1.5^\circ$
- Kriterien:
 - Max. Power Ersparnis 3.86 MW (250°)
 - Min. erforderliche Leistung bei TWA = 250°
 - Winkel der Nullersparnis: $TWA_0 = 54^\circ / 305^\circ$
 - Ersparungsintegral: 41.7 MW $^\circ$



Weites Projekt Schiff - MPV

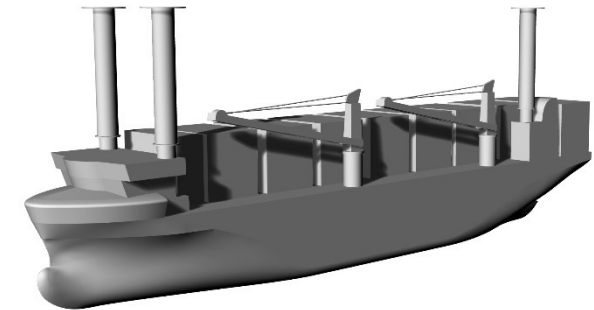
- GA Plan von Partner HB Hunte (s. Bild).
- Limitierte Möglichkeiten für Rotor Platzierung (Container/Güte und Kränen) -> Drei Konfigurationen können identifiziert werden.
- Design Kondition:
 - Schiff Geschwindigkeit: 15.0 kn
 - Wind Geschwindigkeit (auf die Referenz Höhe von 10 m): 10m/s
 - Rotor Durchmesser/Höhe sind jeweils von 4 m/24 m vorgesehen
 - TWA: 0°, 15°, 30°...360° => 24 Winkels
 - Schnelllaufzahl (k): 0, 1, 2, 3, 4 => 5 SRs



EcoLibrium Zusammenfassung - MPV



- Je mehr Rotoren, je mehr Power Ersparnis zu erwarten
- Am besten platzierter Rotor lieferte fast die doppelte Leistung im Vergleich zum am schlechtesten platzierten Rotor.
- Aus Operativen und praktischen Gründen, wurde **Conf_1** vorerst favorisiert
- Ecolibrium Auswertung:
 - Max. Power Ersparnis ca. 20% bei TWA von 110°/250°
 - Ruder Winkel $< 2.5^\circ$
 - Driftwinkel $< 4^\circ$



Conf_1
3 Rotoren



Zusammenfassung und Ausblick



- Windantrieb & Multi-Rotor-Optimierung für verschieden Schiffstypen wurde durchgeführt.
- Nachgewiesene Powereinsparung und verbesserte Energieeffizienz.
- Automatisierte/Parametrische Simulation (CFD, Topologie, Euler) → schnelle und effiziente Konfigurationsoptimierung.
- CFD Interface zu EcoLibrium führt zu ganzheitlichen Aerodynamik und Hydrodynamik Optimierung.
- Das Optimierung- und Auswertungstool EcoLibrium wurde bereits für Kunden Beratung eingesetzt und mehr Anfragen/Installationen mit Windantrieb sind weltweit zu erwarten.





Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!



Kontakt

Yan Xing-Kaeding

Tel. +49 40-69203-275

Mail: Xing-Kaeding@hsva.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages