

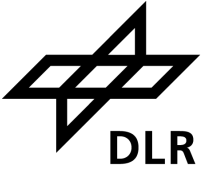
ANFORDERUNGEN AN WASSERSTOFF- BASIERTE ENERGIESYSTEME AN BORD VON SCHIFFEN

DLR Institute for Maritime Energy Systems

Jorgen Depken

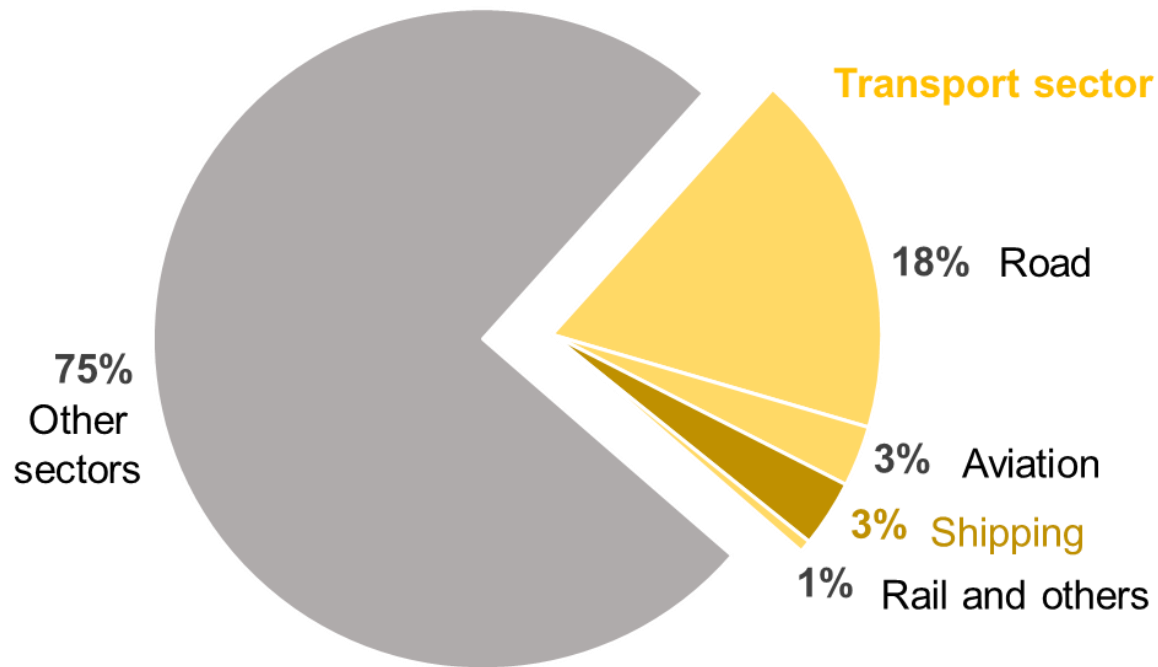


Einordnung in die HY.SH



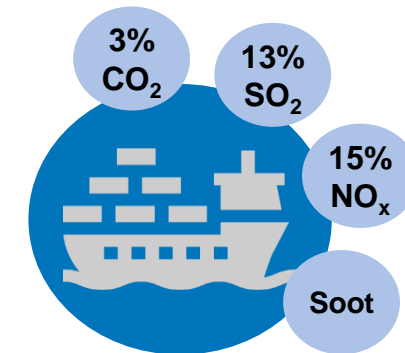
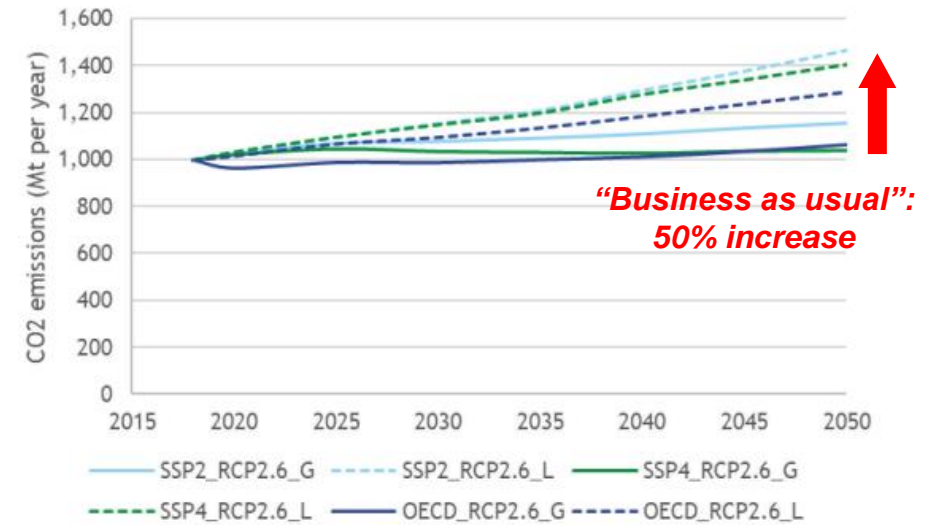
Motivation: Emissionen in der Schifffahrt

Global GHG Emissions (2018)

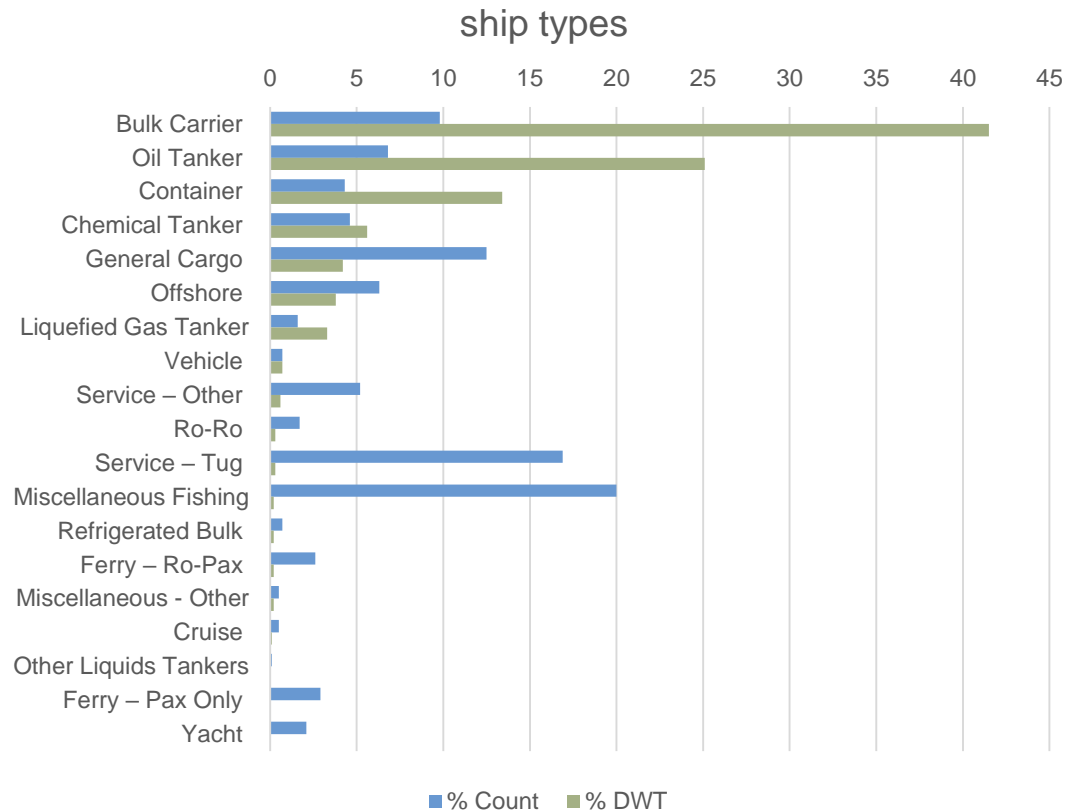


→ 1.076.000.000 Tonnen CO₂e

Shipping CO₂ emissions



Herausforderung: die Schifffahrt ist divers

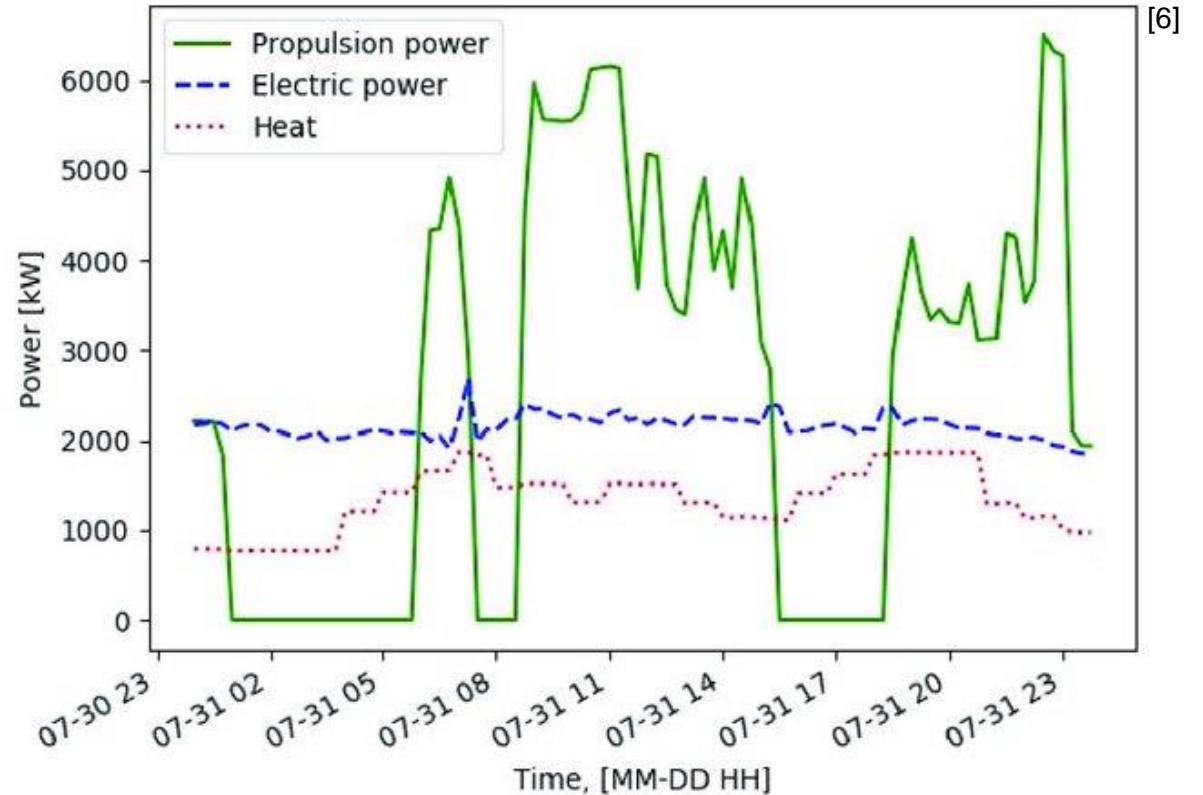
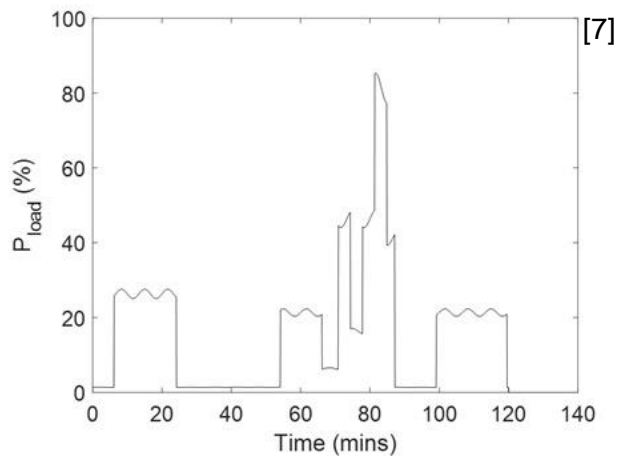


Data obtained from: Faber, Jasper; Hanayama, Shinichi; Zhang, Shuang; Pereda, Paula; Comer, Bryan; Hauerhof, Elena et al. (2021): Fourth IMO GHG Study 2020. Full Report. Hg. v. International Maritime Organization. International Maritime Organization. London.

Individuelle Anforderungen: Lastprofile

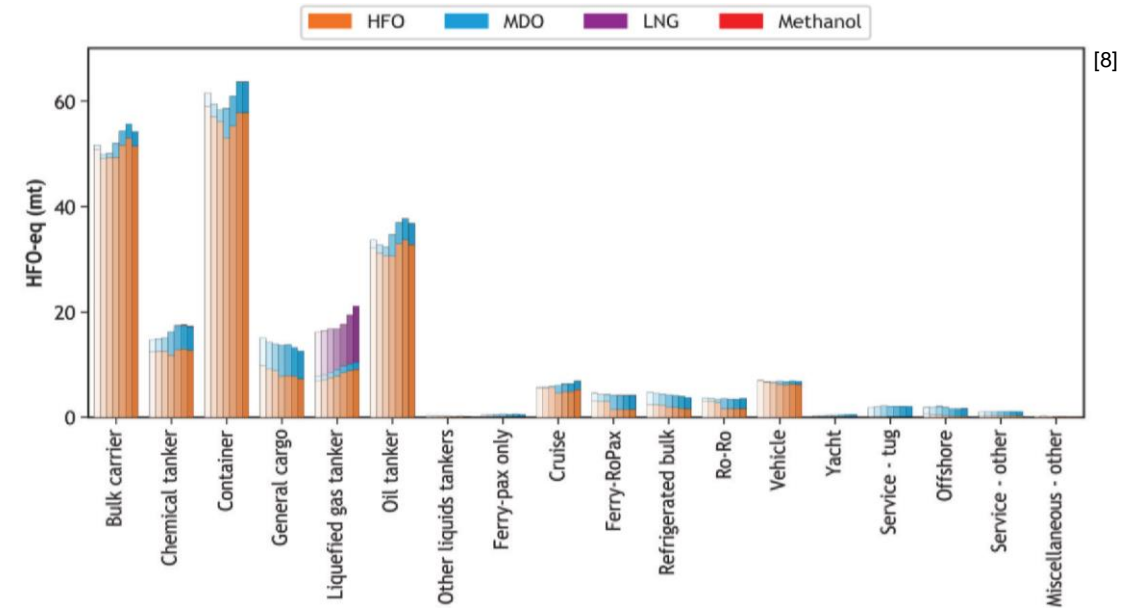
- Unikatbau erfordert unterschiedliche Energiesysteme

Operation	Duration (mins)
Standby	6
Transit	18
Standby	30
Transit (follow ship)	12
Standby	5
Ship Assist	3
Standby	4
Ship Assist	3
Ship Assist	4
Ship Assist	3
Standby	12
Transit (return to Port)	20



Treibstoffe in der Schifffahrt

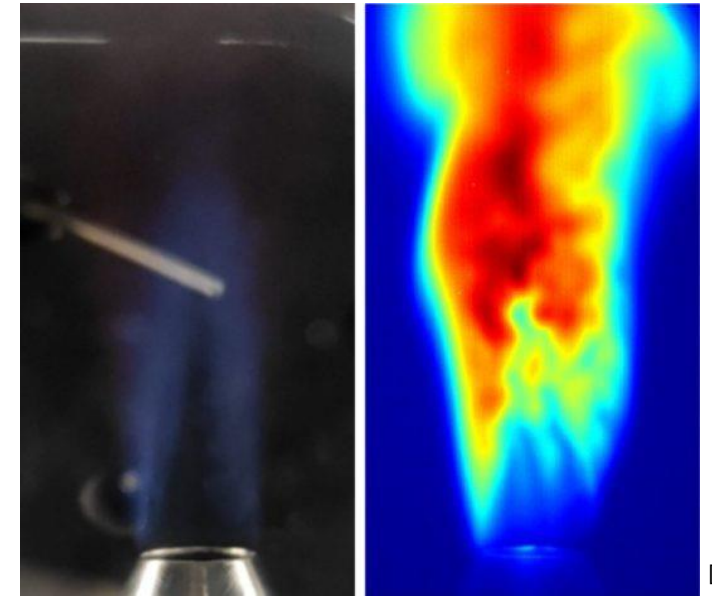
- Heute: fast ausschließlich fossile Kraftstoffe
 - Heavy Fuel Oil (HFO)
 - Marine Diesel Oil (MDO)
- Rund 30% der neu bestellten Schiffe sehen LNG vor
- Wasserstoff, Methanol und Ammoniak als erneuerbare Kraftstoffe im Fokus



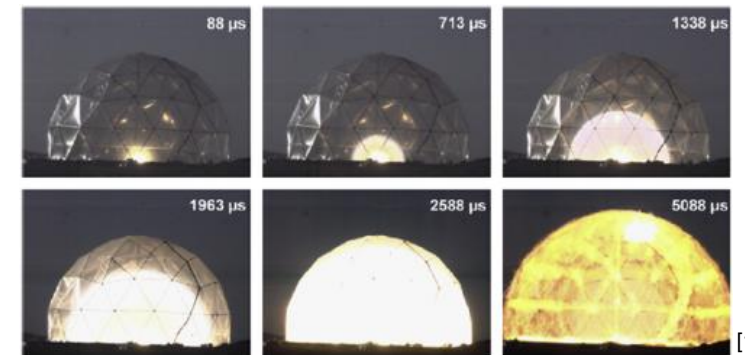
[8]

Wasserstoff: Brennbarkeit und Explosion

- Geringe Zündenergie (0.02 mJ), hohe Zündtemperatur (858 K)
- Wasserstoff hat eine unsichtbare Flamme
- Wasserstoff in großem Bereich explosiv (18,3 – 59 vol%)
- Hohe Flammgeschwindigkeit von Wasserstoff begünstigt die Entstehung von Explosionen
- BLEVE (*boiling liquid expanding vapor explosion*) bei kryogener Lagerung und erhöhtem Wärmeeintrag



[9]

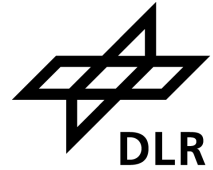


[10]

Vorschriften: Approach

The Australian Transport Safety Bureau (ATSB) is investigating a fire incident onboard the world's first LH2 carrier *Suiso Frontier* that took place on 25 January in Hastings.

Alternative Design



- IMO Ziel: sichere und effiziente Schifffahrt in den Ozeanen
 - International Code of Safety for High-Speed Craft (HSC Code)
 - Other Low-flashpoint fuels
 - Erlaubt aktuell nur



Courtesy of HESC

- Alternative Design Approach (MSC.1/Circ.1455)

- Eingeführt, um Innovationen zu fördern
- Gleichwertiges Sicherheitsniveau zu gewährleisten
- Erforderlich um ein

The [ATSB](#) revealed it is investigating a gas pressure control equipment malfunction onboard *Suiso Frontier*. The incident occurred after the ship had loaded liquefied hydrogen at Western Port, Hastings, back in January.

According to its safety report, on 25 January 2022, there was a flame coming from the gas combustion unit's exhaust on deck. The unit was immediately shut down and isolated, after which the crew implemented the fire prevention response plan.



[12]



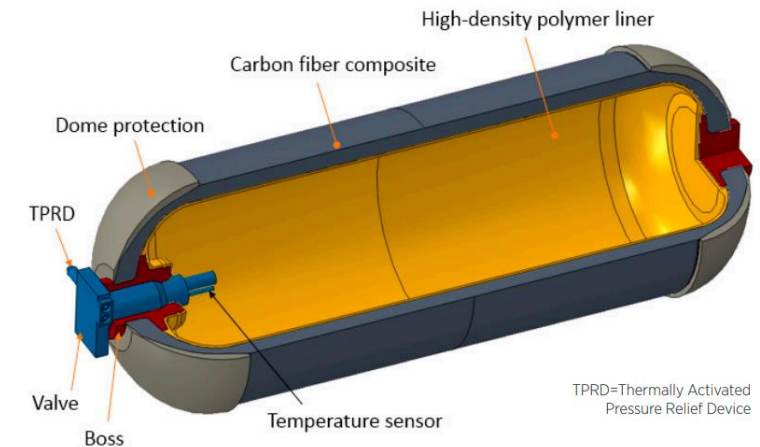
[11]

[13]

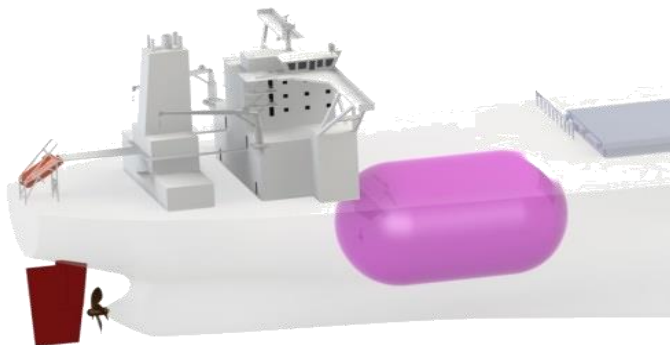
Tanks: Druckbehälter

- Durch Wärmeeinwirkung kann der Druckbehälter zerplatzen
 - Drucksicherungen erforderlich
- Bei Versuchen an Druckbehältern zersetzt sich der FVW-Mantel bei Flammbeaufschlagung und verlor die Festigkeit
 - Kaum Temperatur und Druck Änderung im Tank
 - Sicherheitseinrichtungen lösten nicht aus
 - Explosion des Druckbehälters
- Wasserstoff, der unter hohem Druck freigesetzt wird, kann sich selbst entzünden

	Speicherdruck
Wasserstoff	350 – 700 bar

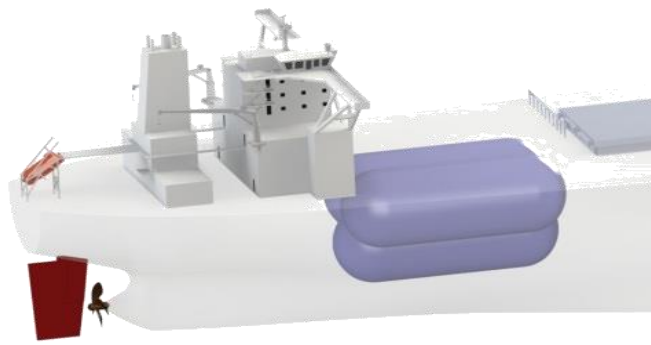


Tanks auf Schiffen



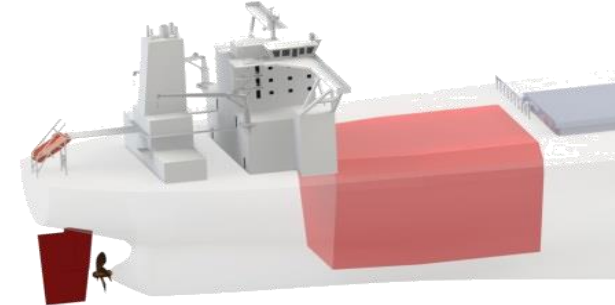
Type C tank

43%



Optimized type C tank

59%

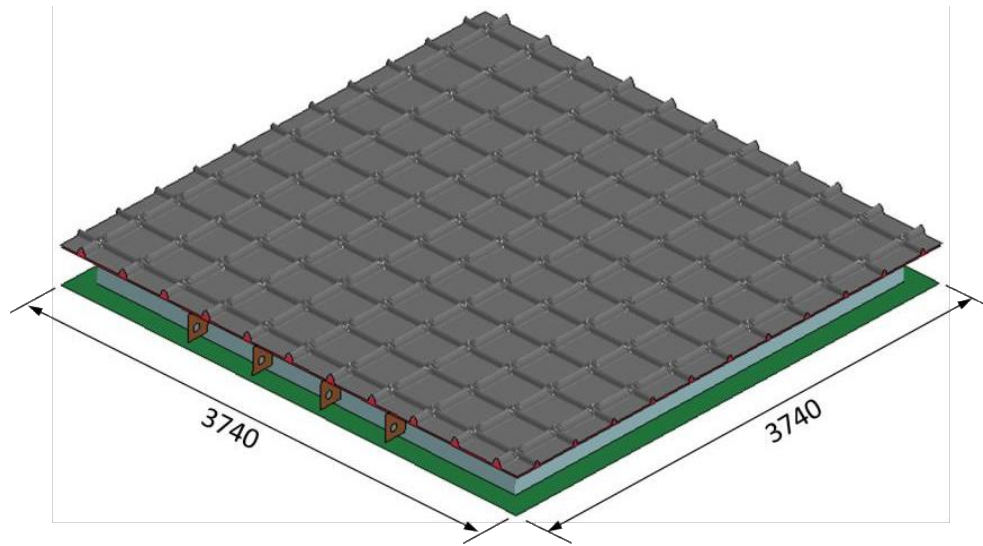


Mark V GTT

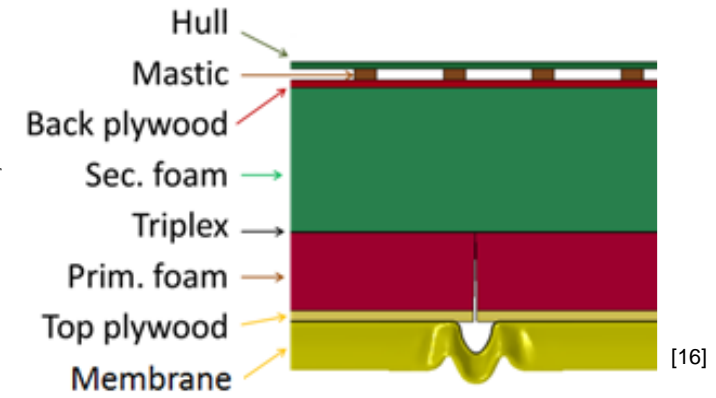
89%

[15]

Membrantank



a)



b)



[17]

Tanks auf Schiffen



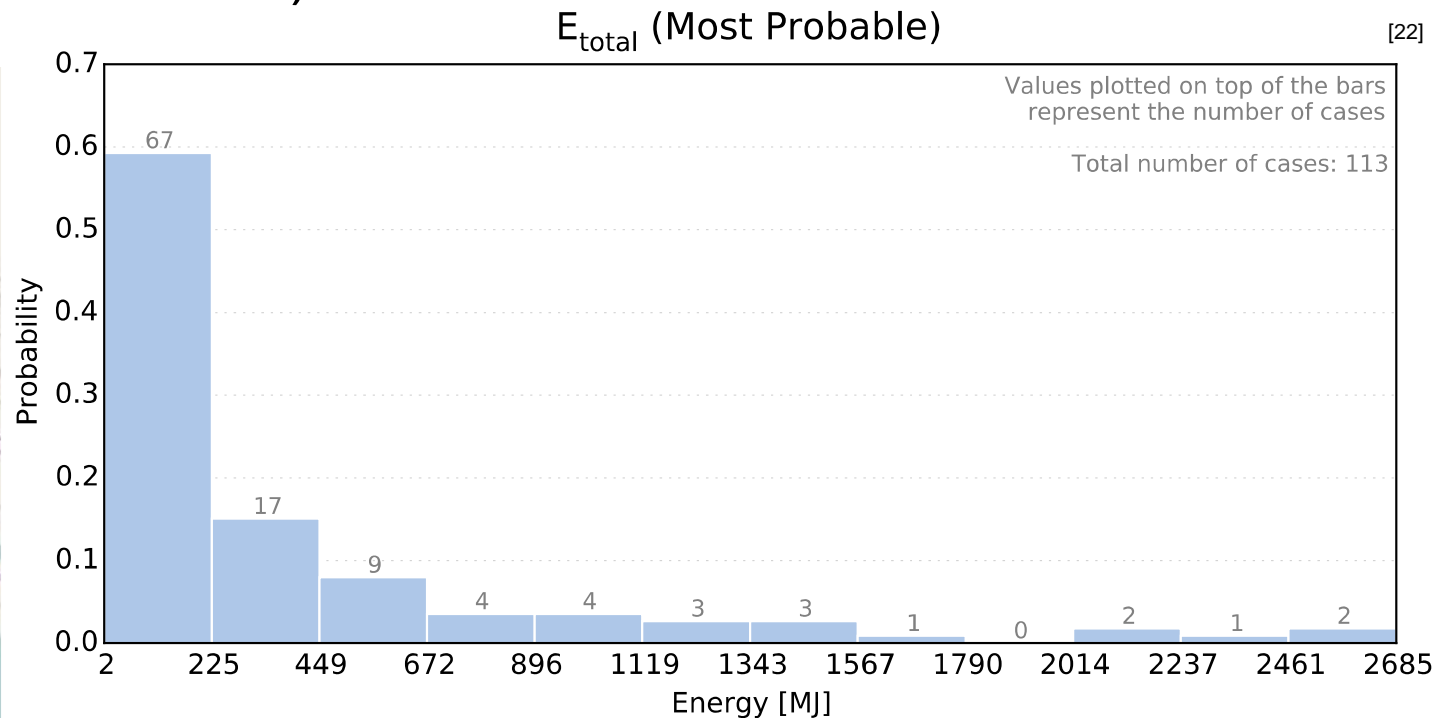
- Case study: 18,000TEU design with a membrane fuel tank in compliance with the IGF code



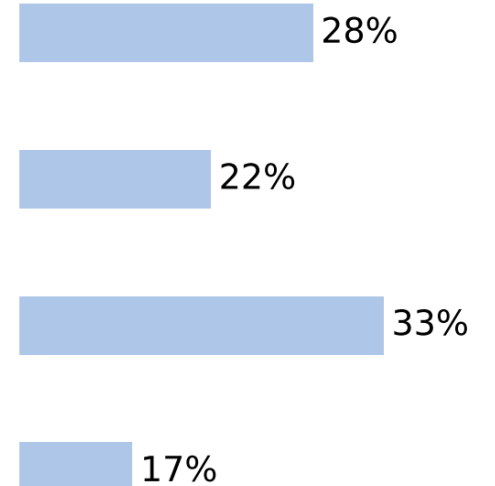
[18]

Kollisionssicherheit

- IGF 5.3.3 “The fuel tank(s) shall be protected from external damage caused by collision or grounding...”
- Statistical analysis for Europe – Asia transport (1990 – 2014)

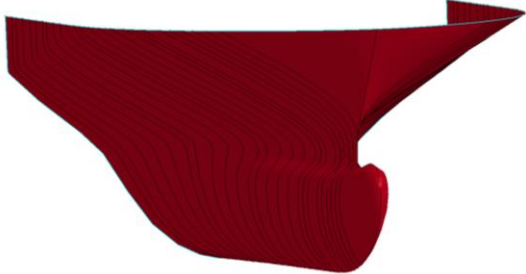
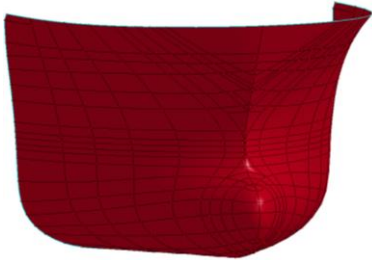
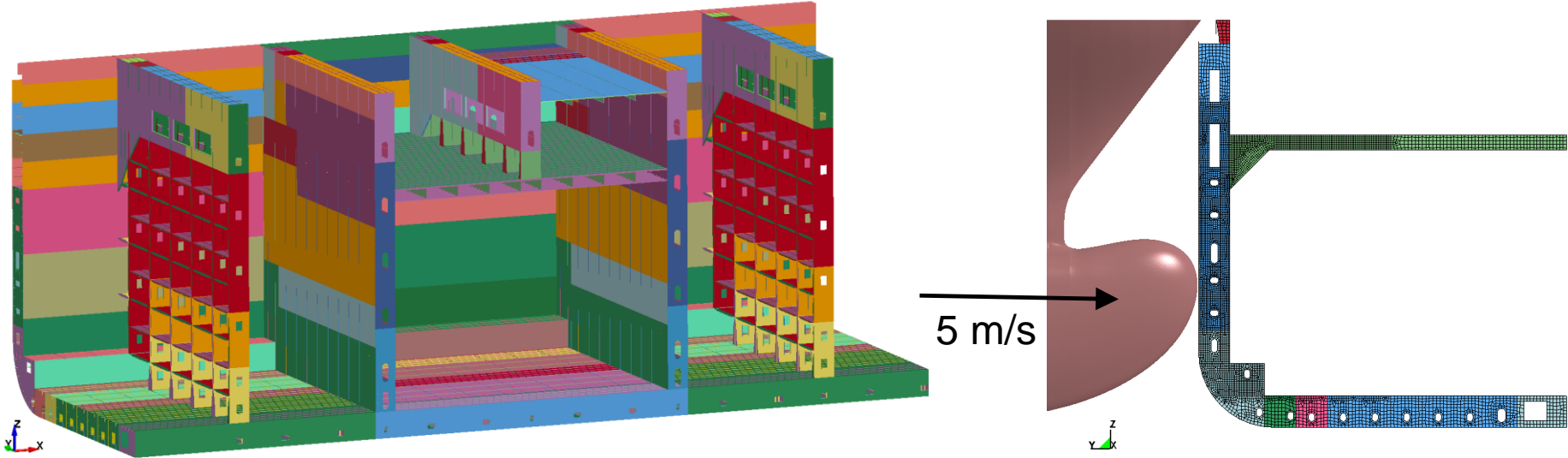


Location of Collision

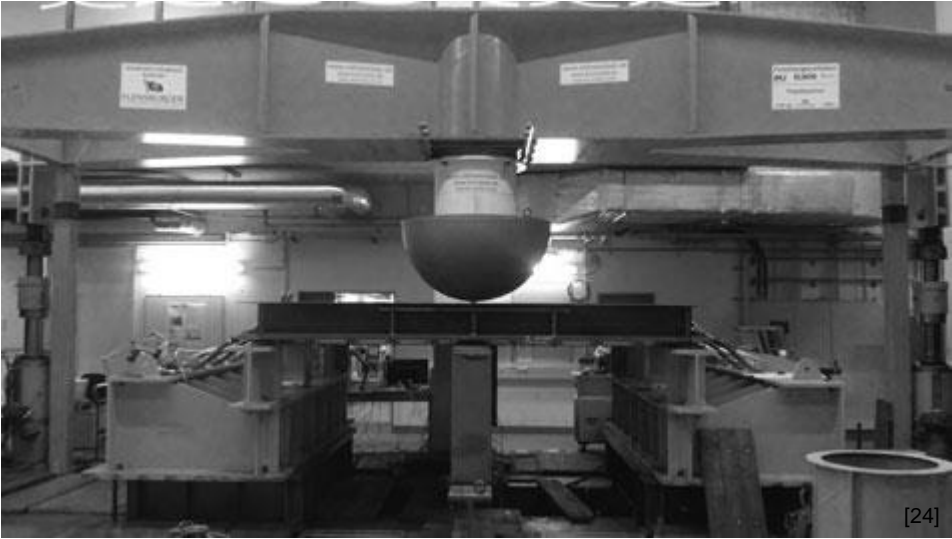


[21]

Kollisionssicherheit



Kollisionssicherheit (Sicher in 91% der statistischen Fälle)



Belastungen und Verhalten im Seegang

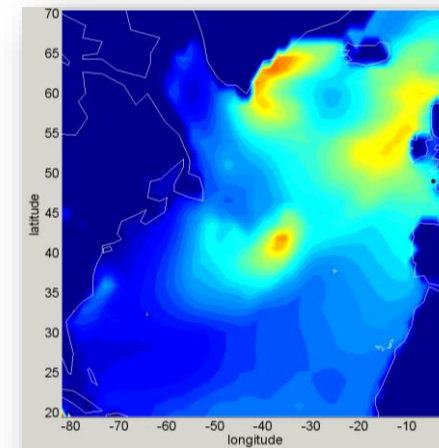
Zeithorizont



- Seegangsstatistik
 - Spitzenlasten und Beschleunigungen
 - Dauerfestigkeit
 - Manövrierfähigkeit und Leistungsbedarf
- Wetterbericht
 - Routenplanung
 - Offshore Operationen
- Wellenvorhersage
 - Radar/Boje

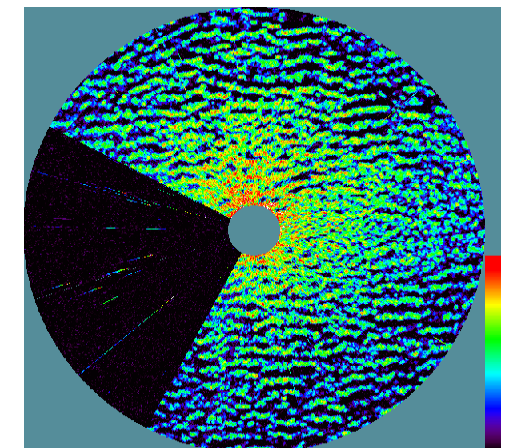


Seegangsvorhersage



[26]

Radarbild (WaMoS II)



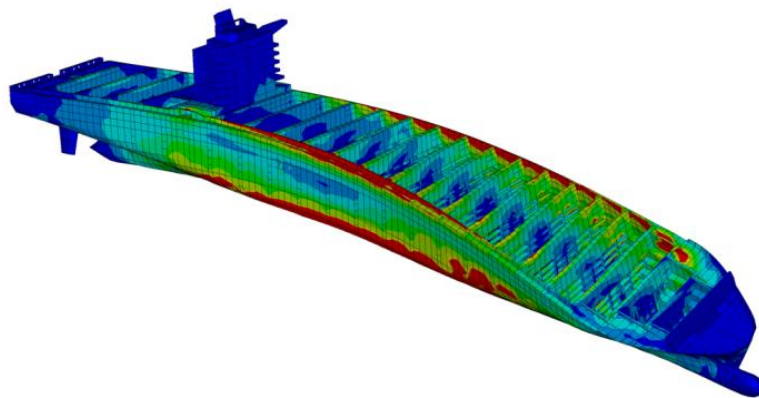
[27]

Kombinierte Belastungen auf Schiffe und Komponenten

- Verhalten bei tiefen Temperaturen

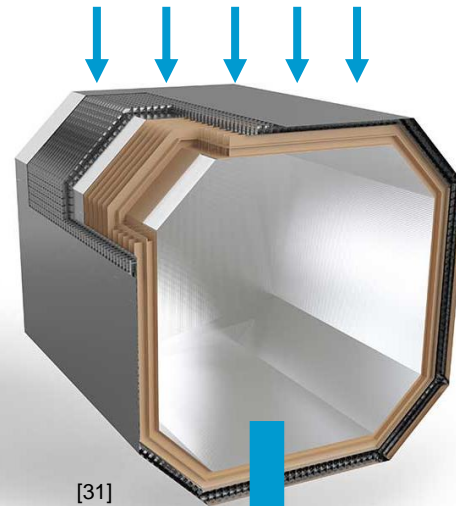
Einflussfaktoren

- Seegang
- Beschleunigungen durch Schiffsbewegung
- Temperaturunterschiede
- Unter Druck stehende Gase



[30]

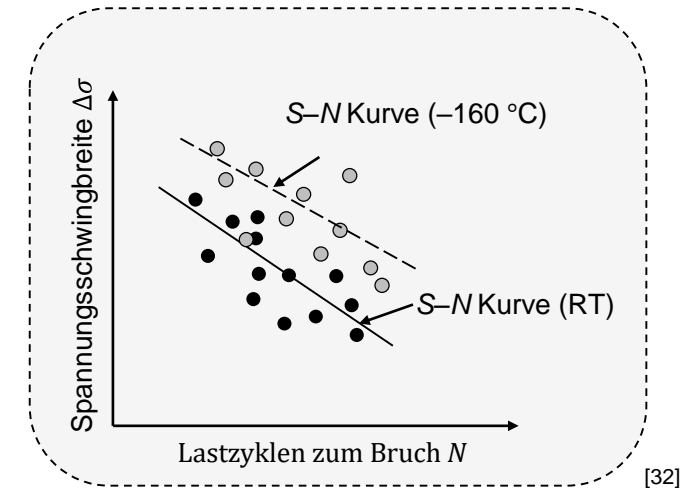
Beschleunigungen +
Außendruck +
Lufttemperatur (z.B. 20 °C)



[31]

Schwerkraft

Innendruck +
LH2 Temperatur (-253 °C)



[32]

Zusammenfassung der Anforderungen

- Maritime Umgebung stellt besondere Herausforderungen dar
- Unterschiedliche Lastprofile erfordern unterschiedliche Energiesysteme
- Sicherheit und Zuverlässigkeit muss gewährleistet werden
- Antriebsleistung und die Versorgung der Bordnetze erforderlich
- Integration der Systeme
- Verfügbarkeit der Treibstoffe und Infrastruktur entscheidend für die Nutzung



harbor &
loading

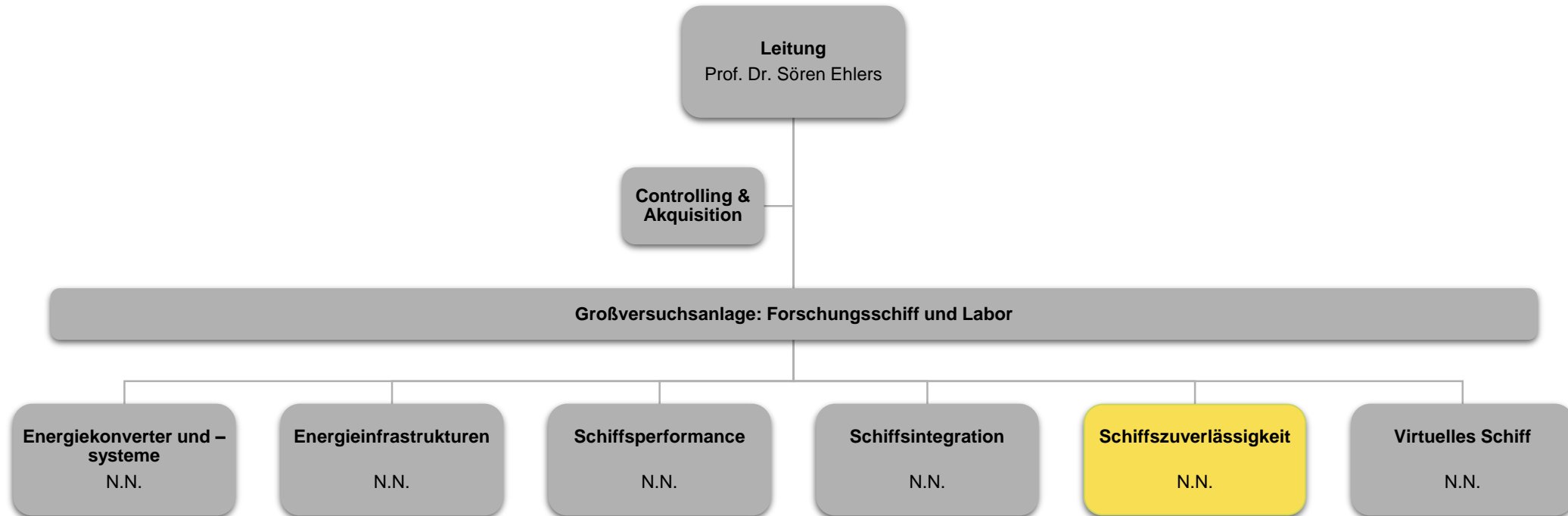


handling
on board



harbor &
unloading

Die Bedeutung des Themengebiets „Schiffszuverlässigkeit“ spiegelt sich am Institut für Maritime Energiesysteme durch die gleichnamige Abteilung wider.



Kontaktinformationen



Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Jorgen Depken, M.Sc.
jorgen.depken@dlr.de
+49 4152 – 84881 14



Institutsleiter

Prof. Sören Ehlers
soeren.ehlers@dlr.de
+49 4152 – 84 881-27

