

Defossilierung der Schifffahrt

Beiträge des DLR

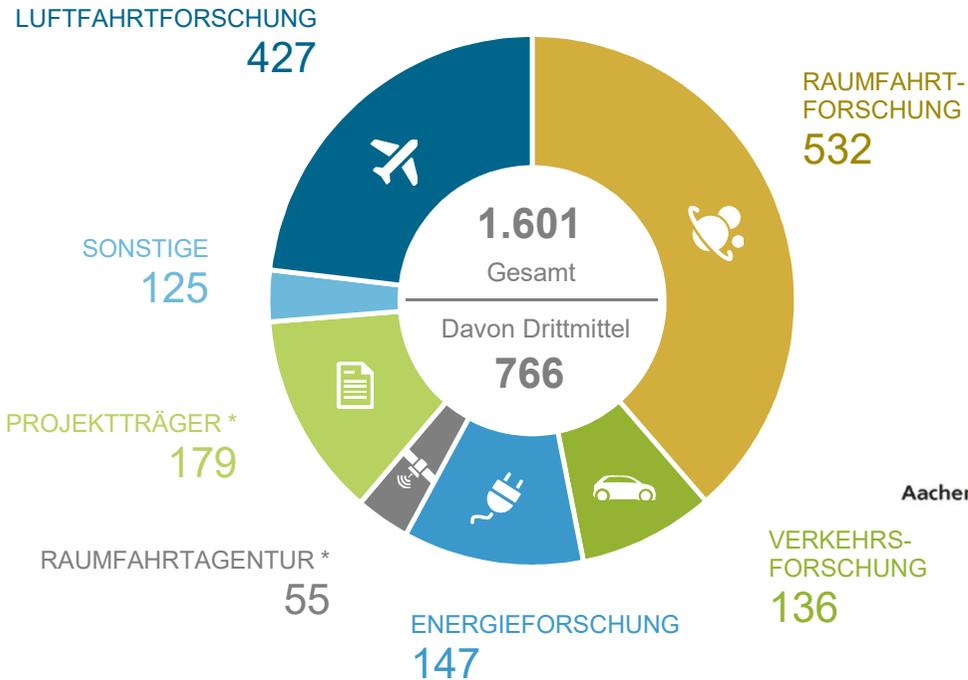
Wiescheider Treff 07.01.2025





DLR

Informationen zum DLR



Geschäftsjahr: 2023.

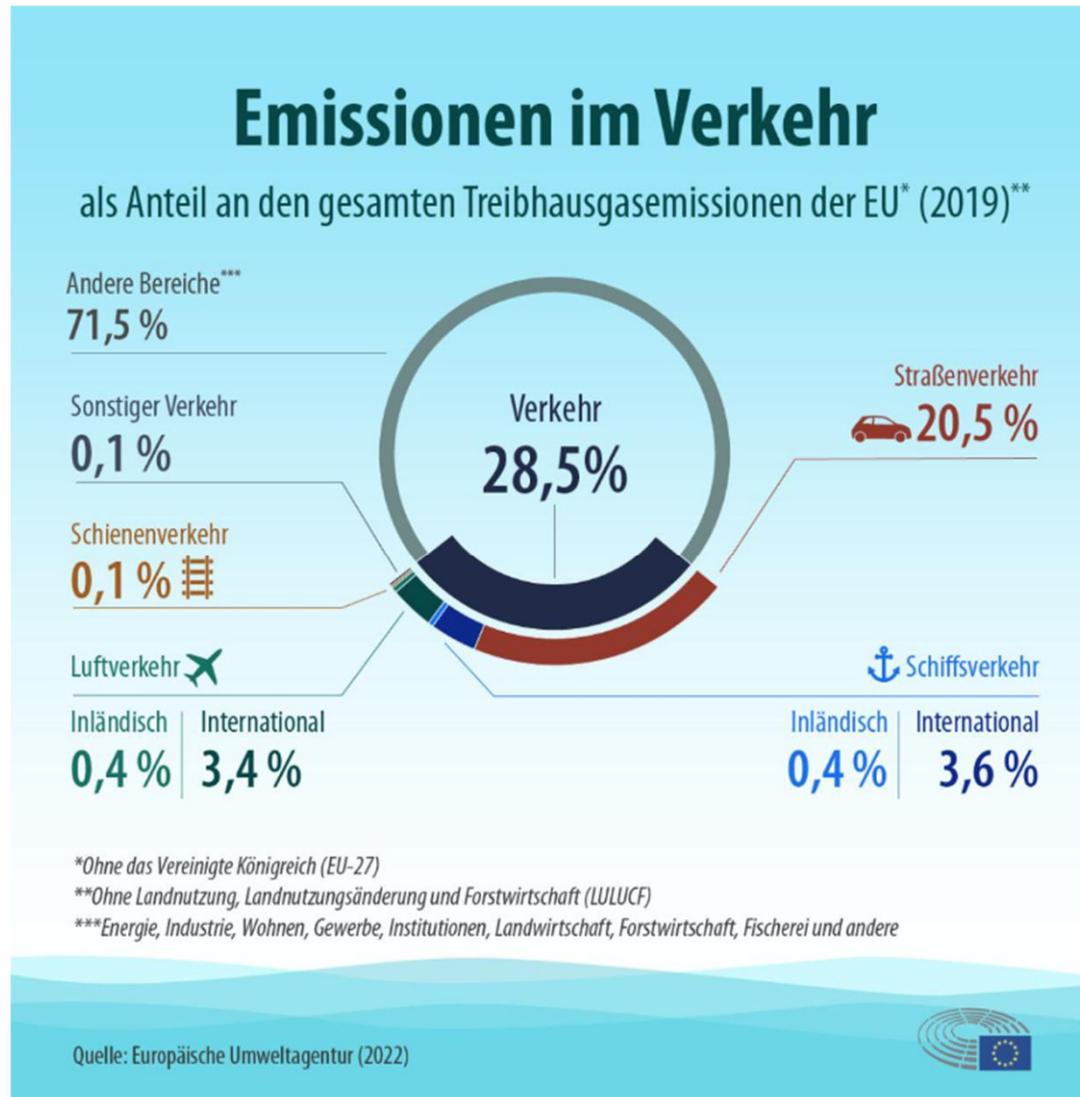
* DLR Projektträger und Projektträger Luftfahrtforschung ohne verwaltete Drittmittel

- 54 Institute und Einrichtungen an 30 Standorten
- 4 Auslandsbüros
- 8 Forschungsstationen
- Mehr als 11.000 Mitarbeitende

An aerial photograph of a large container ship sailing on the open sea. The ship's deck is densely packed with stacks of colorful intermodal containers in shades of red, blue, yellow, and white. The ship's hull is dark, and the water is a deep blue with a white wake. A dark teal banner is overlaid at the bottom of the image, containing the title text.

Derzeitige Situation der Schifffahrt

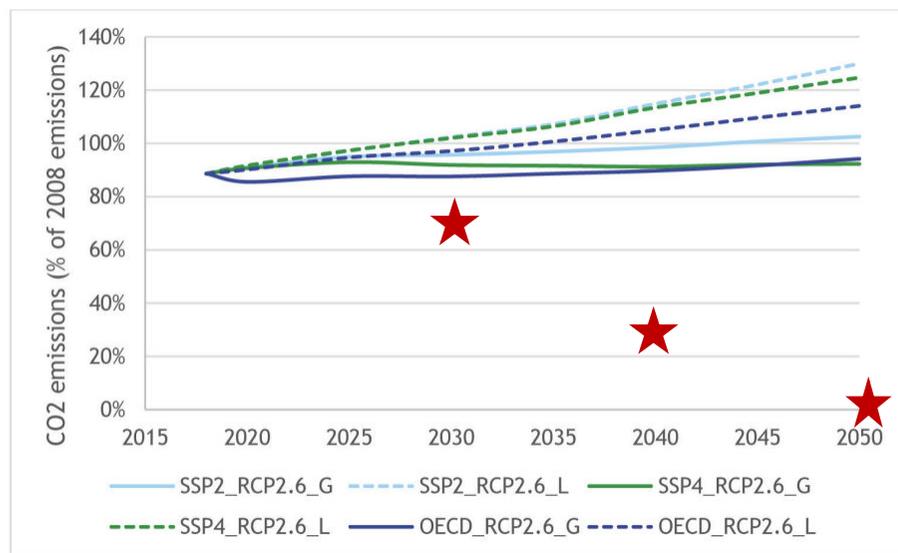
Emissionen der Schifffahrt



2021

- 90% des Welthandels über Seeweg
- 2/3 haben Ziel- oder Ausgangshafen in der EU
- 820 Mt CO₂/a

Ziel: Reduktion der CO₂-Emissionen



“Business as usual”: bis zu 50 % Anstieg



IMO-Vorschriften

net zero

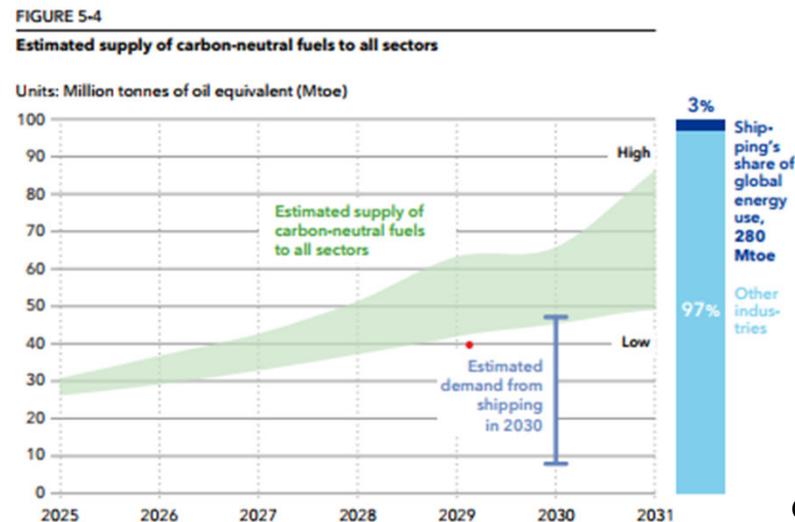
2050: 100% Reduktion
 2040: 70% besser 80% Reduktion
 2030: 20% besser 30% Reduktion
 5-10% Einsatz von klimafreundlichen Brennstoffen

Grafik 1: Projektionen der Emissionen von Seeschiffen als Prozentsatz der Emissionen von 2008

Derzeit verwendete Schiffsantriebe



- 94% (Bruttoraumzahl) mit konventionellem fossilem Brennstoff betrieben
- LNG (C₁) häufigster alternativer Kraftstoff, Nutzung nicht CO₂-frei
- 51% bestellter Schiff mit Antrieb für alternative Kraftstoffe
 - 40% LNG (C₁)
 - 8% Methanol (C₁): notwendige Treibstoffmenge 1,2 Mt (2024) -> 8 Mt (2028)
 - 2% LPG (C₃-C₄)



Quelle: DNV Maritime Forecast to 2050

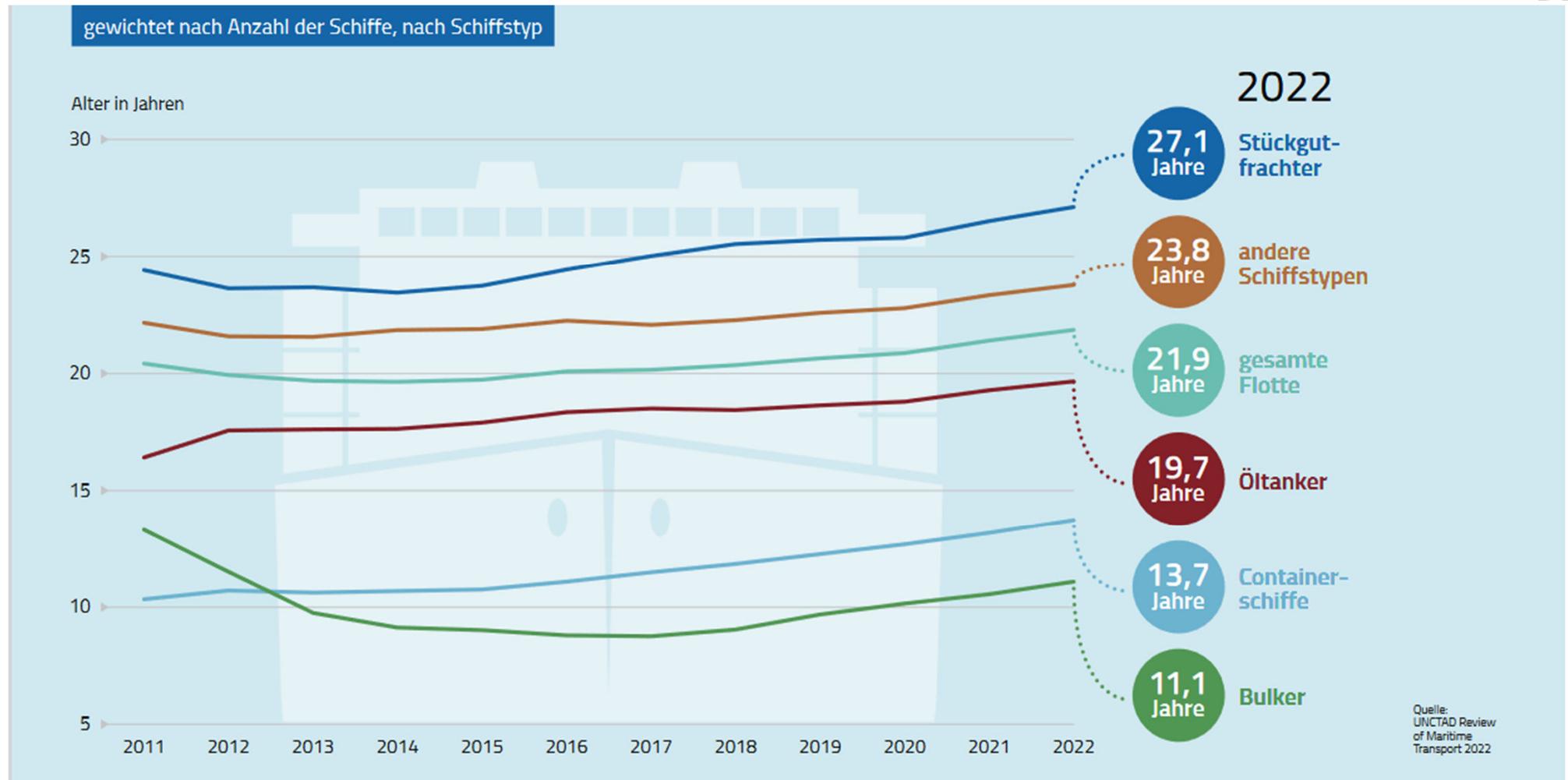
Potentiale durch Retro Fit



- 31% der weltweiten Tonnage ist älter als 15 Jahre
- 5% der bestehenden Seeschiffe müssen umfassend modernisiert oder abgewrackt werden

- Nachrüstungsmaßnahmen
 - Begrenzung der Maschinenleistung
 - Energiesparende Technologien (z.B. Abwärmerückgewinnung, Segel,...)
 - Alternative Kraftstoffe
 - 3,3% der Weltflotte sind für LNG vorbereitet
 - 72 Schiffe sind auf Ammoniak/LNG/Methanol vorbereitet (bereit für jeden dieser Kraftstoffe)
 - 5 Schiffe sind H2-fähig

Durchschnittsalter der Welthandelsflotte



Deutsche Binnenflotte



Schiffsgattung	Anzahl		Tragfähigkeit in t.	
	2020	2019	2020	2019
Motorgüterschiffe für trockene Ladung	763	767	1.063.821	1.068.383
Tankmotorschiffe	408	404	757.024	737.256
Schubleichter für trockene Ladung	700	701	664.048	660.251
Tankschubleichter	38	38	38.050	38.050
Schleppkähne für trockene Ladung	35	36	18.926	19.716
Tanschleppkähne	5	5	1.013	1.013
Zusammen	1.949	1.951	2.542.882	2.524.669
Bunkerboote	48	49	7.552	7.659
	Anzahl		kW	
Schlepper	113	123	25.762	27.960
Schubboote	284	289	131.351	132.632
	Anzahl		Personenkapazität	
Tagesausflugsschiffe	984	989	209.586	210.352
	Anzahl		Bettenkapazität	
Fahrgastkabinenschiffe	57	58	8.285	8.535

Quelle: GDWS, Eigene Berechnungen

The background of the slide is a photograph of a large, multi-masted sailing ship with its white sails fully deployed, sailing on a blue sea under a clear sky. The ship's hull is dark green. A dark teal horizontal bar is overlaid at the bottom of the image, containing the text "Lösungsmöglichkeiten" in white.

Lösungsmöglichkeiten

Sind Segelschiffe die Lösung?



- Termintreue ist nicht garantiert, da Wind unregelmäßig und nicht immer verfügbar ist
- Segel verbrauchen Platz für Container
- Kühlmöglichkeiten fehlen
- Größere Flotte notwendig
- Termintreue ist nicht garantiert

Beiträge des DLR zu Lösungen



- Bereitstellung CO₂-neutraler Kraftstoffe
- Entwicklung von Energiewandlern für diese Kraftstoffe
- Alternative Antriebe
- Energieeinsparungen
- Optimierung von Routen
- Digitalisierung
- Bereitstellung von Infrastrukturen
- Normativer Rahmen
- Bereitstellung von emissionsarmen Herstellungsverfahren für Stahl

CO₂

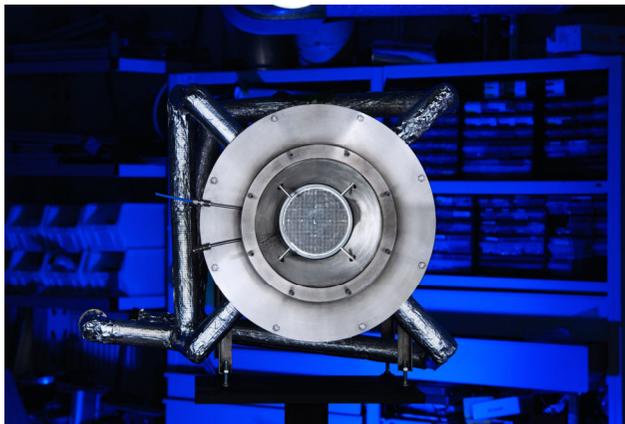
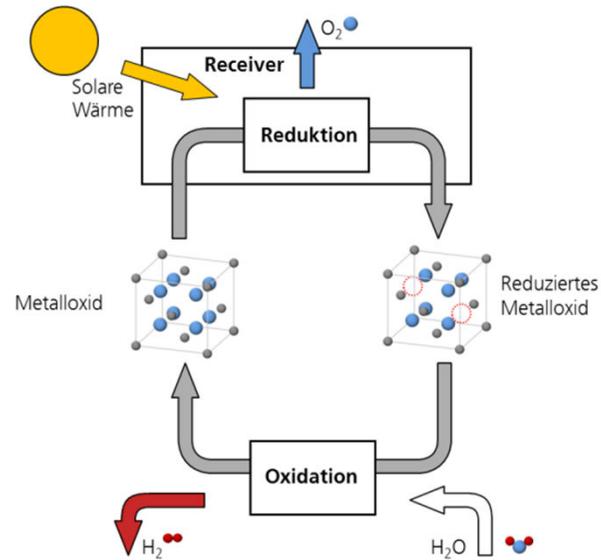
Bereitstellung CO₂-neutraler Kraftstoffe

Wasserstoffbasierte Kraftstoffe



Wasserstoff	Ammoniak	Methanol
<ul style="list-style-type: none"> + Guter Wirkungsgrad + Emittiert nur Wasser + Geringes Gewicht 	<ul style="list-style-type: none"> + enthält keinen Kohlenstoff + Erfahrung als Fracht und Kühlmittel + Höhere Energiedichte als Wasserstoff 	<ul style="list-style-type: none"> + Bei Raumtemperatur flüssig + leicht handhabbar + Regularien existieren + Höhere Energiedichte als Wasserstoff
<ul style="list-style-type: none"> - Leicht entflammbar - - Großes Speichervolumen notwendig - Keine IMO-Regularien verfügbar (in Arbeit) 	<ul style="list-style-type: none"> - Hochgiftig - Technologie noch nicht kommerziell verfügbar - Keine IMO-Regularien verfügbar (in Arbeit) 	<ul style="list-style-type: none"> - Giftig - Leicht entflammbar - Enthält Kohlenstoff
33 - 100 \$/MWh (abhängig vom Strompreis)	67 – 114 \$/MWh	107 -145 \$/MWh

Herstellungsverfahren mittels Solarenergie



solarthermisch



Hochtemperatur-Elektrolyse

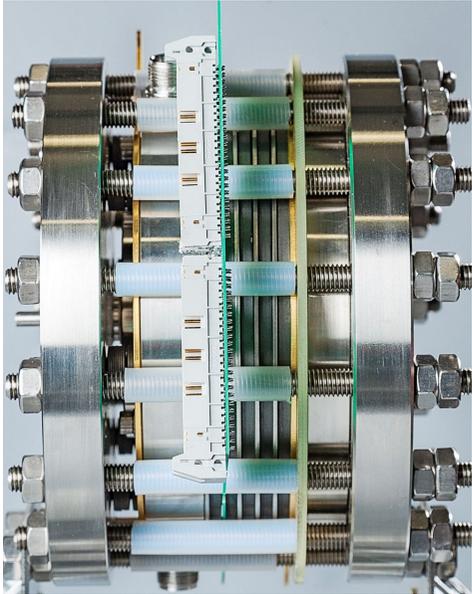
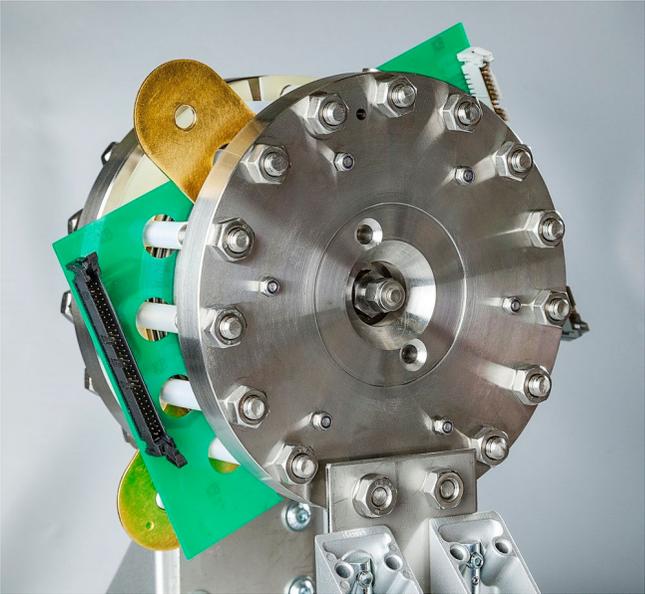
Forschungsanlagen für solare Wasserstofferzeugung



- Sonnenofen, Köln
- Synlight, Jülich
- Solarturm, Jülich



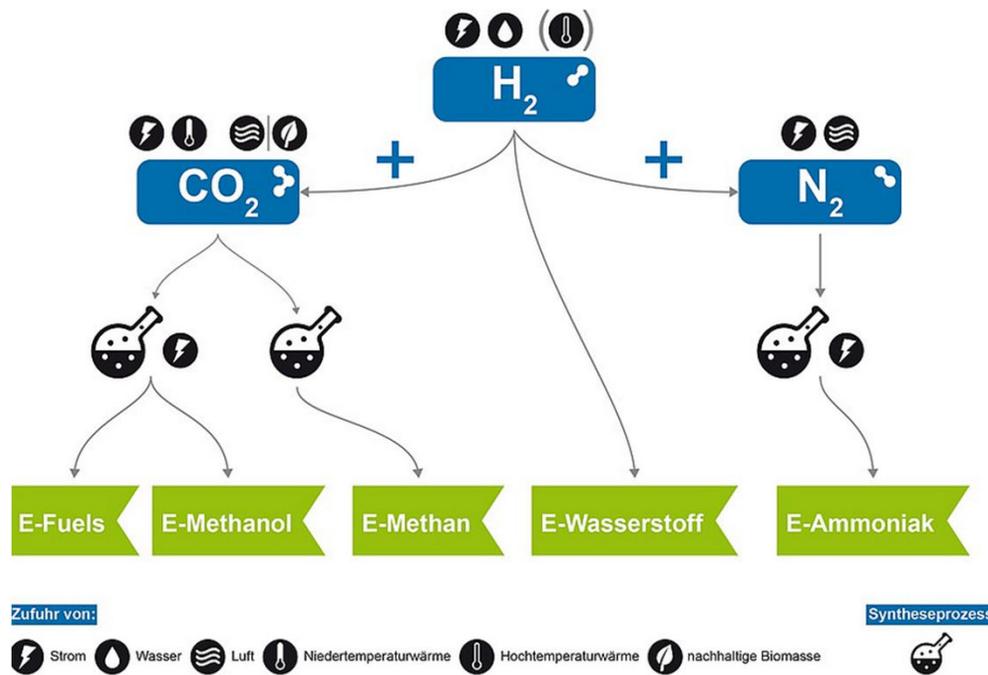
Elektrolyse zur Wasserstoffgewinnung



Elektrolyse Stack

Strombasierte Kraftstoffe

Power-to-X: Überblick Ausgangsstoffe, Prozesse und PtX-Produkte
Wie aus Strom Brennstoffe und chemische Grundstoffe entstehen



Technologieplattform Power-to-Liquid-Kraftstoffe
Umwandlung von Strom in flüssige Kraftstoffe

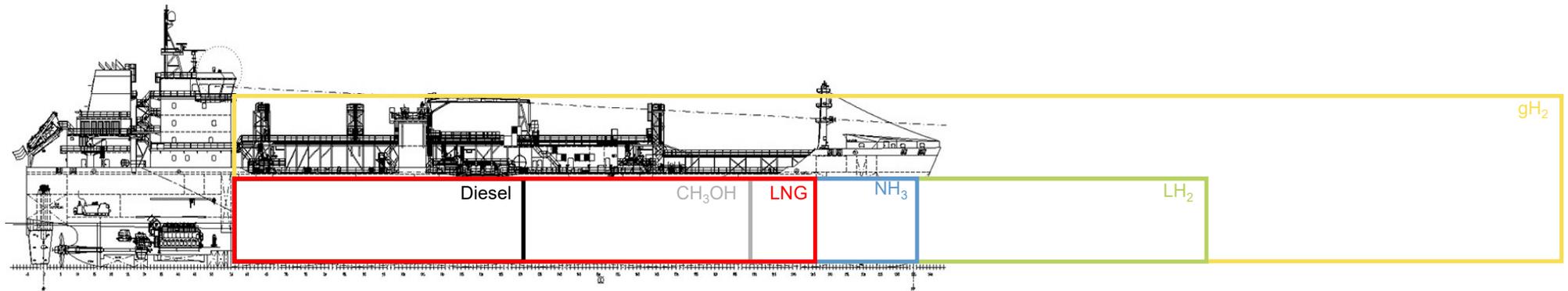
Speicherung auf Schiffen

komprimierter Wasserstoff	flüssiger Wasserstoff
<ul style="list-style-type: none">• 350 oder 700 bar	<ul style="list-style-type: none">• 20 K (-252°C)
<ul style="list-style-type: none">+ Gute Effizienz+ Emittiert nur Wasser+ Erprobte Technik z.B. Autos mit Brennstoffzellen	<ul style="list-style-type: none">+ Energiedichte+ Sehr reiner Wasserstoff+ Emittiert nur Wasser
<ul style="list-style-type: none">– Leicht brennbar– Großes Lagervolumen und Gewicht– Keine maritimen Vorschriften vorhanden	<ul style="list-style-type: none">– Komplexe Lagerung notwendig– Sehr tiefe Temperatur– Leicht brennbar– Keine maritimen Vorschriften vorhanden

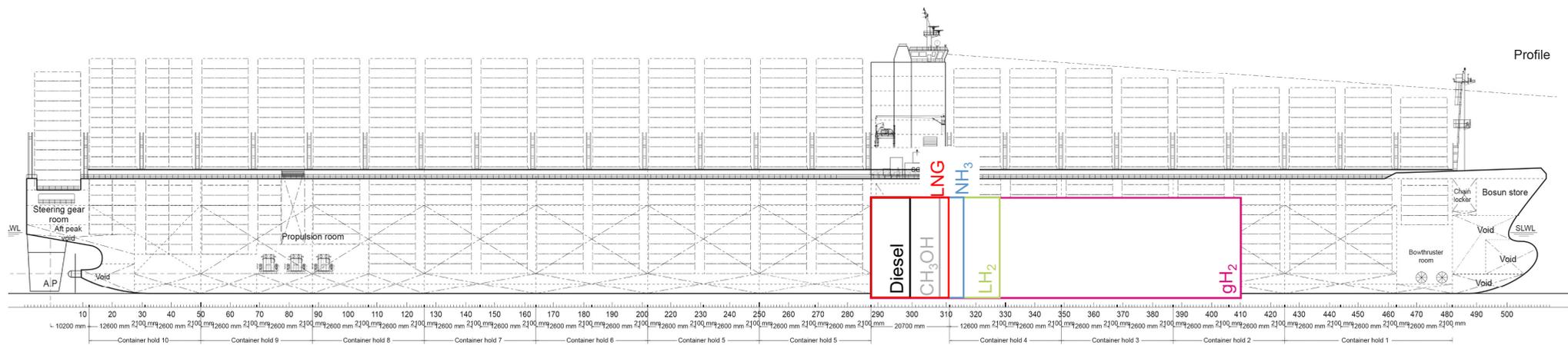


<https://www.nasa.gov/content/liquid-hydrogen-the-fuel-of-choice-for-space-exploration/>

Energiedichte von alternativen Kraftstoffen



<https://hb-hunte.de/references/gas-carrier/18-000-m-Ing-carrier/>



Quelle Abbildung: https://www.dnv.de/Images/General_arrangement_of_the_PERFEC%28T%29_ship_tcm26-45307.jpg

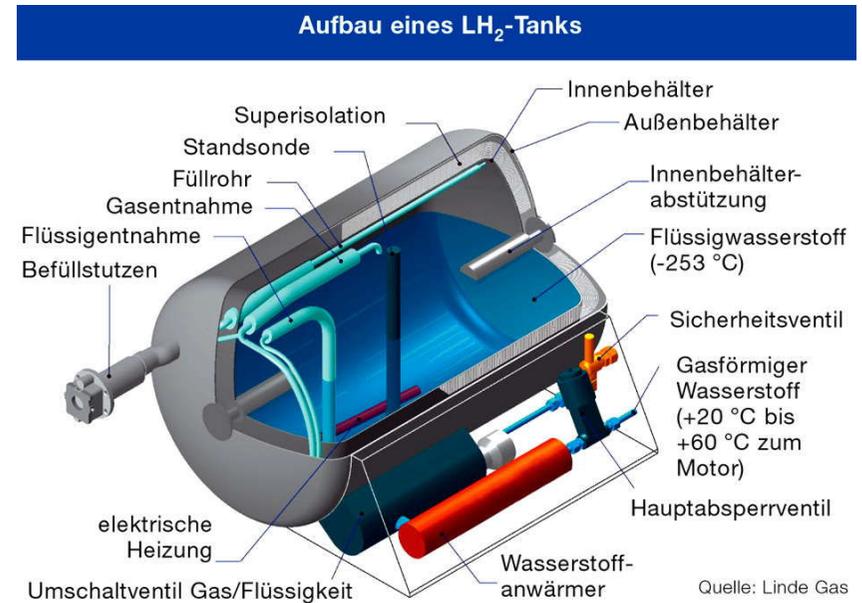
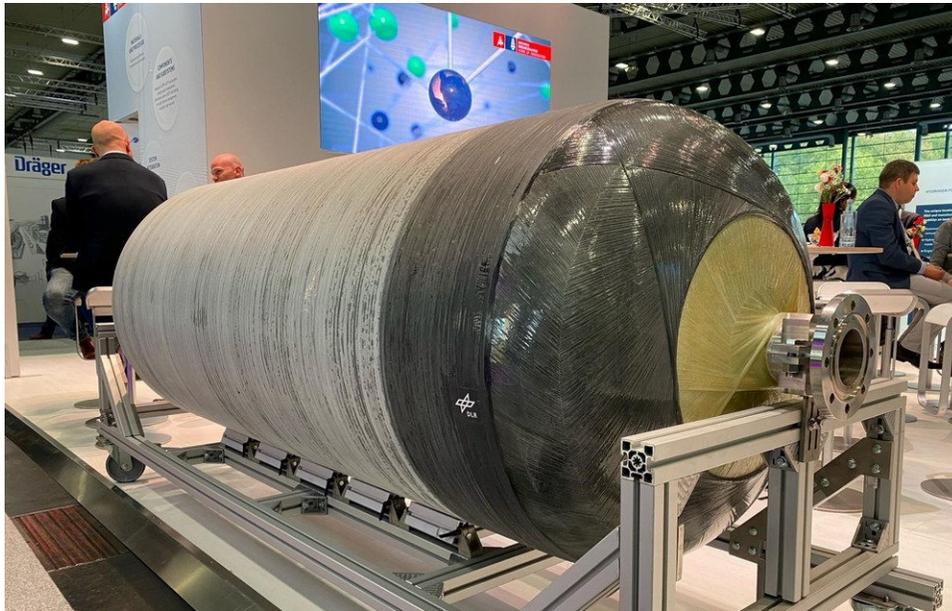
Betankung von Schiffen



Zu lösende Herausforderung

- Lagerung der tiefkalten Flüssigkeit mit Siedepunkt -252°C
- Bewegungen bei der Bunkerung
- Sicherheit bei Schiffsbewegungen

Tank zur Speicherung von flüssigem Wasserstoff



Nutzung von Tankentwicklungen aus der Raumfahrt

- Faserverbundwerkstoffe

Verdampfungsverluste und der Einfluss der Vorkühlung beim Befüllen des LH2-Tanks



- Boil-off Verluste können reduziert werden durch Vorkühlung mit flüssigem Helium oder Stickstoff
- Tankmaterial hat Einfluss auf die Höhe des Verlustes
- Flüssige Helium Vorkühlung kann zu Null führen, aber zu hohen Kosten
- Flüssiger Stickstoff reduziert den Verlust, wobei das verdampfte Gas keinen Kontakt mit der Wand haben sollte
- In allen anderen Fällen, ist die wirtschaftlichste Methode keine Vorkühlung

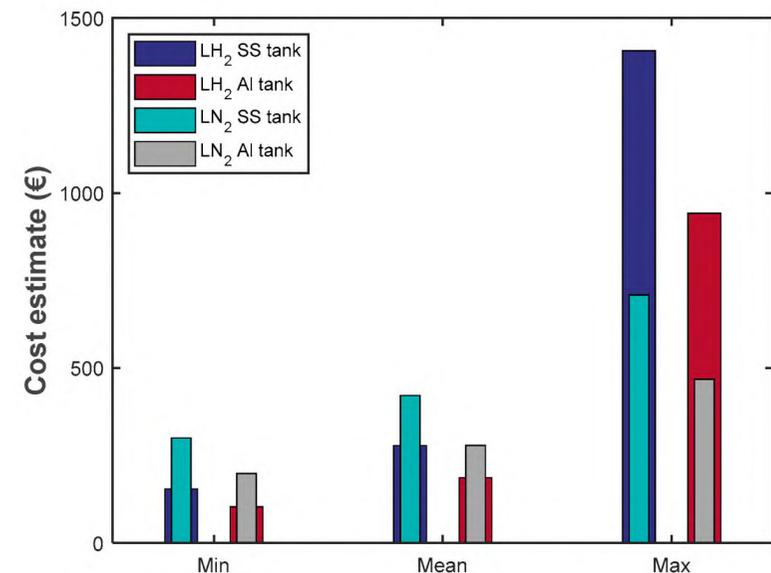


Figure 11. Cost of boil-off losses in an SS 304 tank and AL 5083-O with and without precooling.

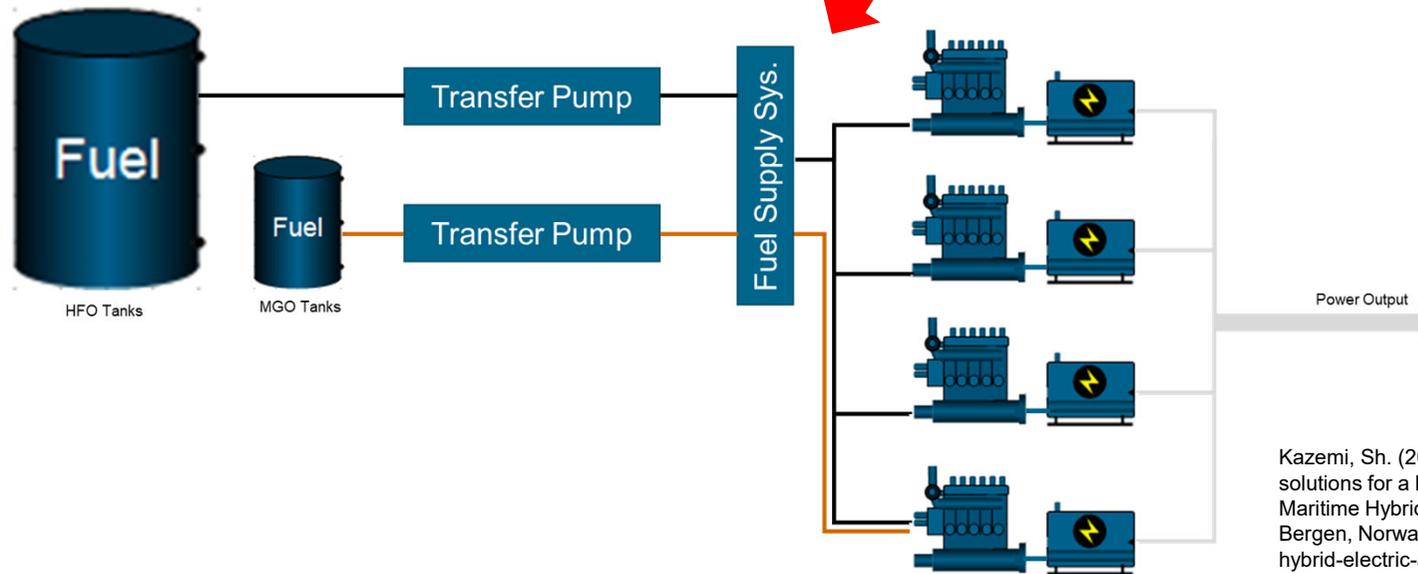
Beispielschiff



Kreuzfahrtschiff
Schiffslänge: 300 m
Schiffsbreite: 37 m
3 * Hauptmotoren
1 * Hilfsmotor
Maximale Leistung: 35 MW
Kraftstoff: HFO, MGO



AI-generated



Kazemi, Sh. (2024, October 29-31). Potential decarbonization solutions for a large cruise ship [Conference presentation]. Maritime Hybrid, Electric & Hydrogen Fuel Cells Conference, Bergen, Norway. <https://www.rivieramm.com/events/maritime-hybrid-electric-and-hydrogen-fuel-cells-conference>

Vergleich der alternativen Lösungen



- Annahmen**
- Bunkerung alle 7 Tage versus 14 Tage aktuell
 - Berücksichtigt werden Verbrennungsmotoren (ICE), FC, Batterie and Tank

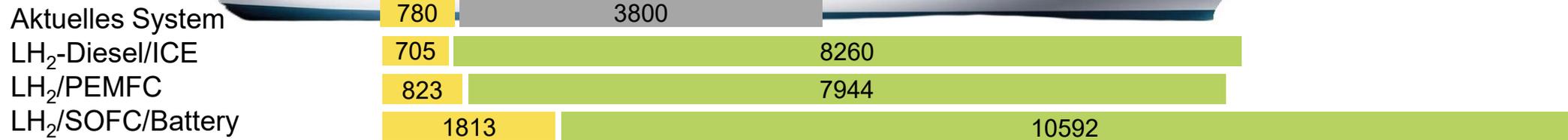
Volumen Vergleich [m³]



Energy System

Current Tank

LH2 Tank



Gewicht Vergleich [t]



- Ergebnis**
- LH₂/Diesel/ICE ermöglicht eine 85% CO₂ Reduktion
 - LH₂/PEMFC besitzt das kleinste Volume and Gewicht
 - LH₂/SOFC ist nicht realisierbar ohne starkem Eingriff in Kabinenkapazität

Sicherheit des Bunkerns von flüssigen Wasserstoff & LNG

Die Zukunft von Häfen gestalten



Bedarf

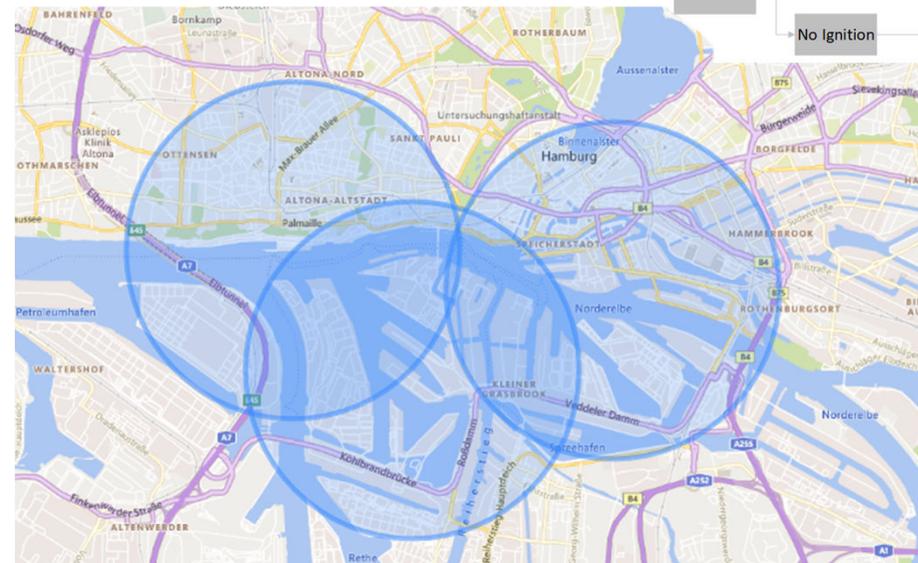
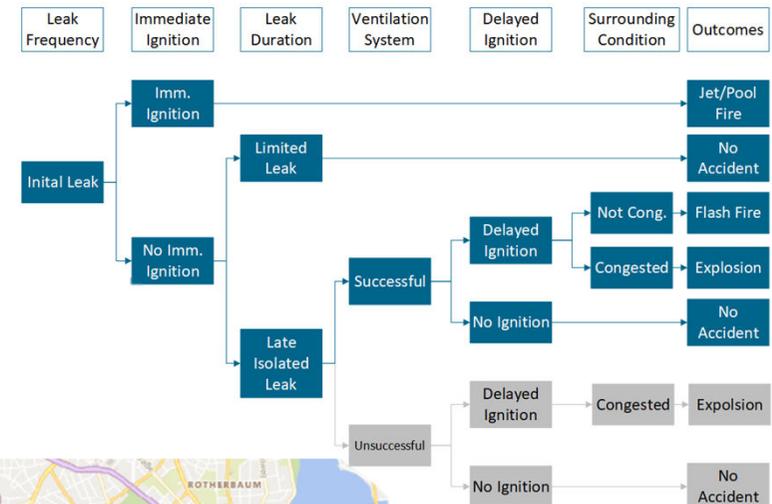
- Sicherheit beim Bunkern erneuerbarer Kraftstoffe (z. B. LH₂, NH₃, CH₃OH)

Ergebnisse

- Beim Bunkern von LH₂ müssen größere Schlauchquerschnitte verwendet werden als bei LNG
- Untersuchung weiterer Maßnahmen notwendig zum Reduzieren der Sicherheitsbereiche

Beiträge für Wirtschaft und öffentliche Hand

- Unterstützung beim Festlegen von notwendigen **Sicherheitsmaßnahmen**
- Mitwirkung bei der **Erstellung internationaler Regularien** für das Bunkern von erneuerbaren Kraftstoffen



A large, complex industrial engine, likely a gas turbine or rocket engine, is displayed outdoors. It is mounted on a metal frame and features a large, circular inlet on the left side. The engine is painted in a light grey color and has numerous pipes, valves, and gauges attached to it. The background shows a white building with windows and a blue sky. A large blue letter 'M' is visible on the right side of the building. A metal fence is in the foreground.

Entwicklung von Energiewandlern für diese Kraftstoffe

Alternative systems

Case scenarios



Fuel System	Energy System
Liquid Hydrogen + Pilot fuel (Diesel)	Internal Combustion Engine
Liquid Hydrogen (pure)	PEMFC + Battery
Liquid Hydrogen (pure)	SOFC + Battery
Ammonia + Pilot fuel (Diesel)	Internal Combustion Engine
Ammonia + Cracker + Purifier	PEMFC + Battery
Ammonia	SOFC + Battery
Methanol + Pilot fuel (Diesel)	Internal Combustion Engine
Methanol + Reformer + Purifier	PEMFC + Battery
Methanol	SOFC + Battery
LOHC + Dehydrogenation System + Pilot fuel (Diesel)	Internal Combustion Engine
LOHC + Dehydrogenation System + Purifier	PEMFC + Battery
LOHC + Dehydrogenation System	SOFC + Battery
LNG	Internal Combustion Engine
LNG + Reformer + Purifier	PEMFC + Battery
LNG	SOFC + Battery

Brennstoffzellen



Hochskalierung von Brennstoffzellen auf 1,5 MW

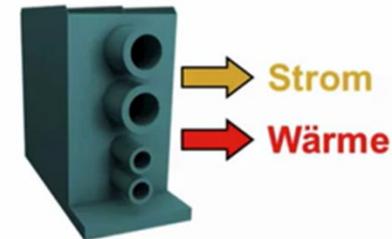


Brennstoffzellen und Batterien



Festoxidbrennstoffzellen (Solid Oxide Fuel Cells - SOFC)

- SOFCs sind hocheffizient und brennstoffflexibel
- **500 kW** LNG-SOFC-Pilotdemonstration bei TRL7 auf einem Kreuzfahrtschiff bis 2027
- **Einsatzmöglichkeiten** für verschiedene maritime Anwendungsfälle – Kreuzfahrtschiffe, Baggerschiffe und Offshore-Schiffe
- **Skalierbarkeit** auf bis zu 20 MW einschließlich Hoteling und Anteil der Antriebslasten
- **Kraftstoffflexibilität** mit kohlenstoffneutralen Kraftstoffen



60% Elektrischer Wirkungsgrad
85% Kraft-Wärme-Kopplung Wirkungsgrad



23% Reduzierung der Treibhausgase erwartet

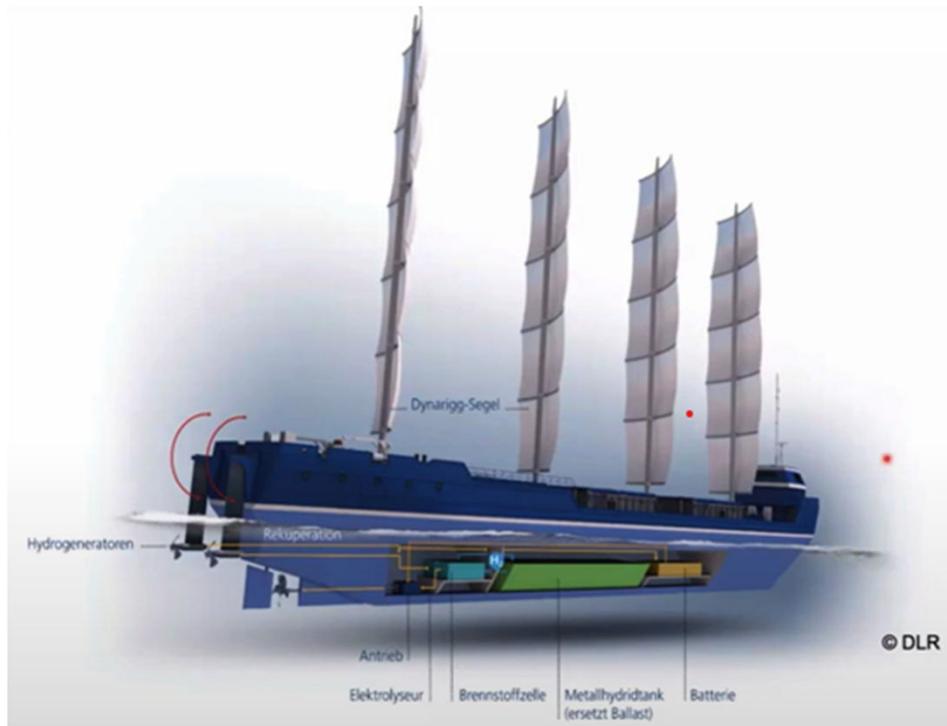




Alternative Antriebe

Frachtsegelschiffe

Segel als Hauptantriebssysteme für klimaneutralen Transport



- Regenerative Energie aus Umgebung nutzen
- Moderne, aus Segel spezialisierte Schiffsdesigns
- Synergien mit elektrifizierten und Wasserstoffantriebe durch Rekuperation
- Emissionsminderung nach EU MaritimeFuels Regularie durch Segel anerkannt

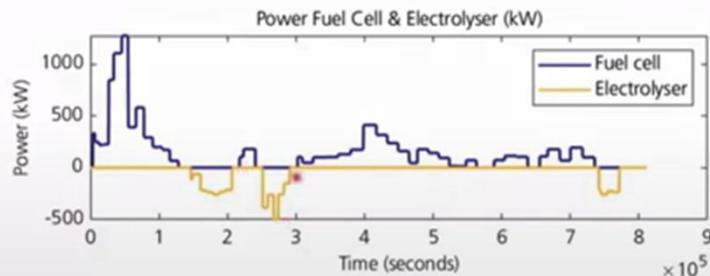
DLR

- Rumpfdesign zur Stabilisierung von seitlichen Kräften
- Modellierung der Segelperformance
- Auslegung des Energiesystems mit Segeln
- Routensimulation mit Wind- und Wellenbedingungen
- Routing für Motor-Segler
- Techno-ökonomische Analysen

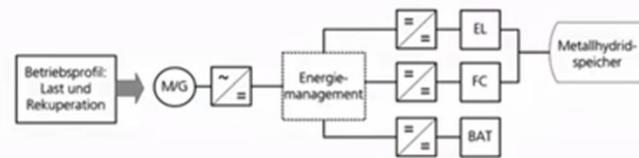
Frachtsegelschiffe

Erkenntnisse aus einer aktuellen Studie am DLR mit Routensimulation über 40 Jahre eines Modellschiffes

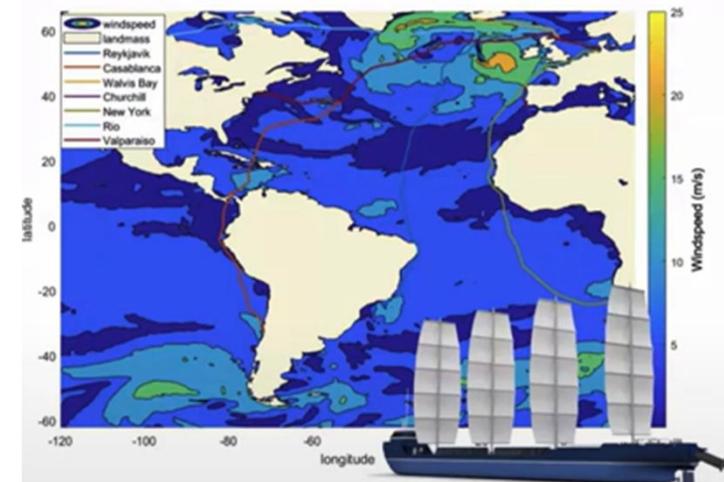
- Eignung von Tankern und Bulkern für die Implementierung
- Reduzierung der benötigten Antriebsenergie im Mittel >50% bei 10 kn Durchschnittsgeschwindigkeit
- Zahlreiche Überfahrten können energieautark erfolgen
- Hohes Potential für Rekuperation und elektrifizierte Systeme bei Durchschnittsgeschwindigkeiten <10 kn



Zusammenspiel aus Antrieb und Rekuperation auf einem Motorsegler mit Wasserstoffenergiespeicher. Quelle: DLR



Energiesystemkonfiguration des Motorseglers. Quelle: DLR



Routing eines Motorseglers zur für eine möglichst energieeffiziente Fahrt. Generierung von Betriebsprofilen für Antrieb und Rekuperation. Quelle: DLR

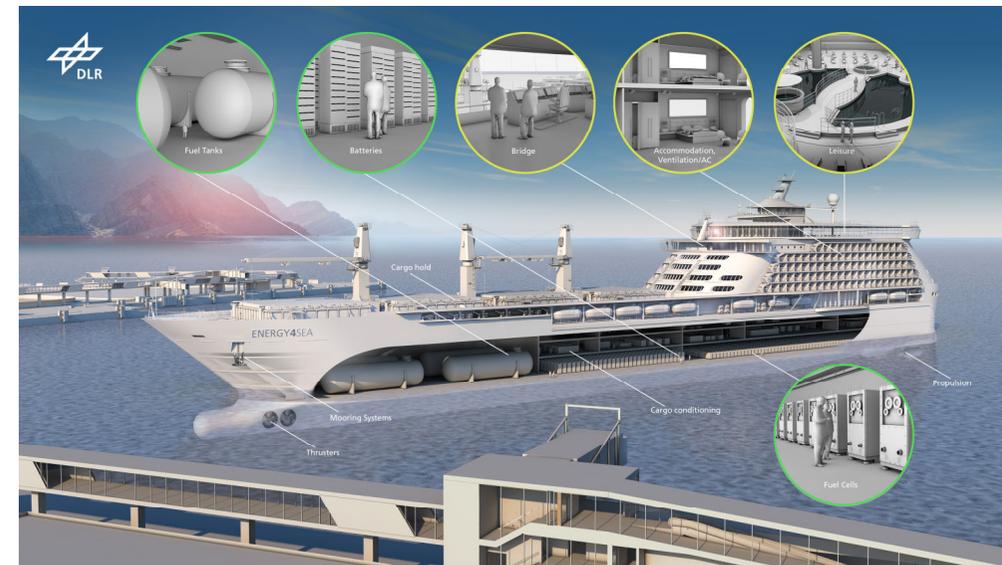


Energieeinsparungen

Energiebedarf von Schiffen



Bild: wiki

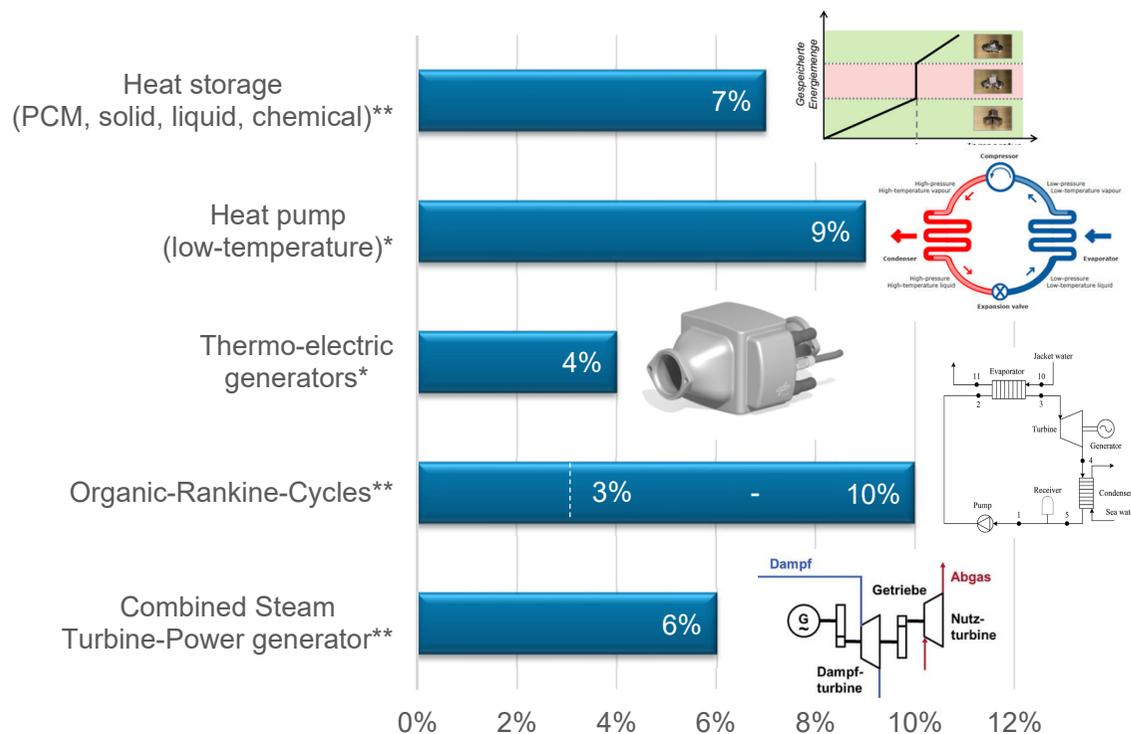


Schiffstyp	Energiebedarf kW	Passagiere
Kreuzfahrtschiff (Oasis of the Seas)	88.200	~5.000

Abwärmennutzung



Potential für Energieeinsparung in % ca.

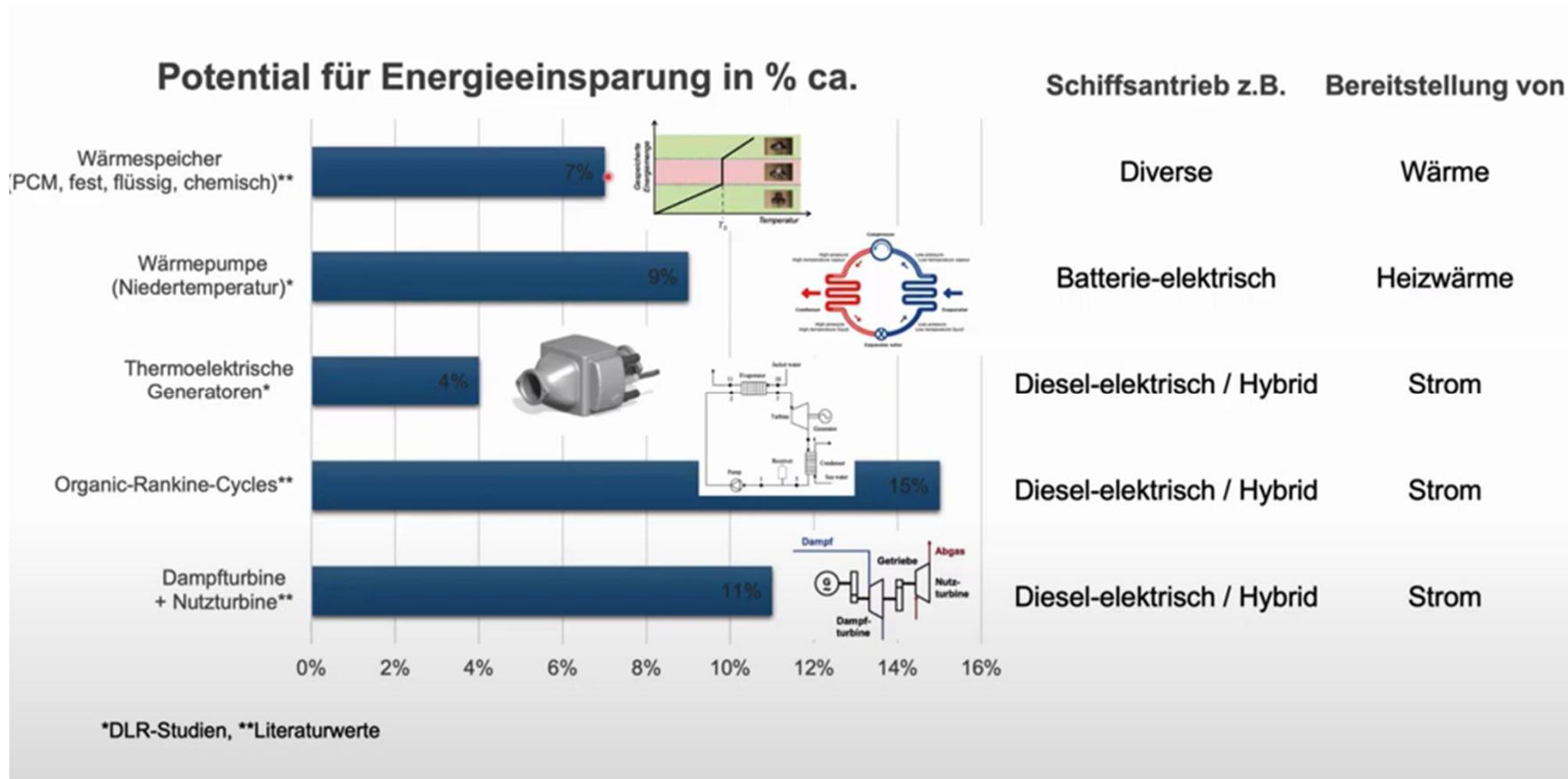


* DLR Studien

** Literatur (ORC: bis zu 15 % abhängig von Designoptimierung)

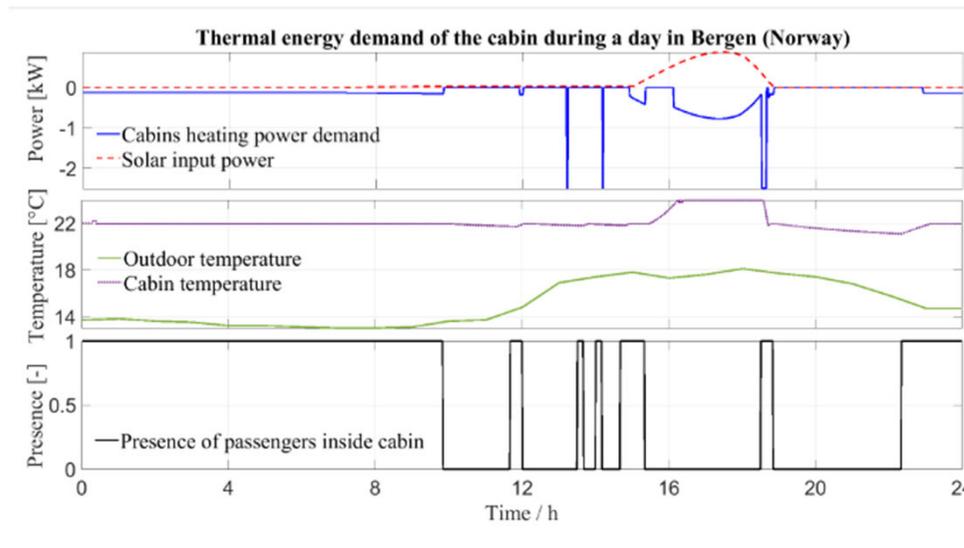
Ship energy system, e.g.	Bereitstellung	Main benefits
Diverse	Wärme	einfach
Batterie-electrisch	Heizwärme	effizient
Diesel-electrisch / SOFC	Strom	Individuelle Anpassung, geringes Gewicht, keine beweglichen Teile, leise
Diesel-electrisch / Fuel cells	Strom	Efficiency, LT heat sources
Diesel-electrisch / SOFC	Strom	Water as working fluid, high TRL

Abwärmennutzung

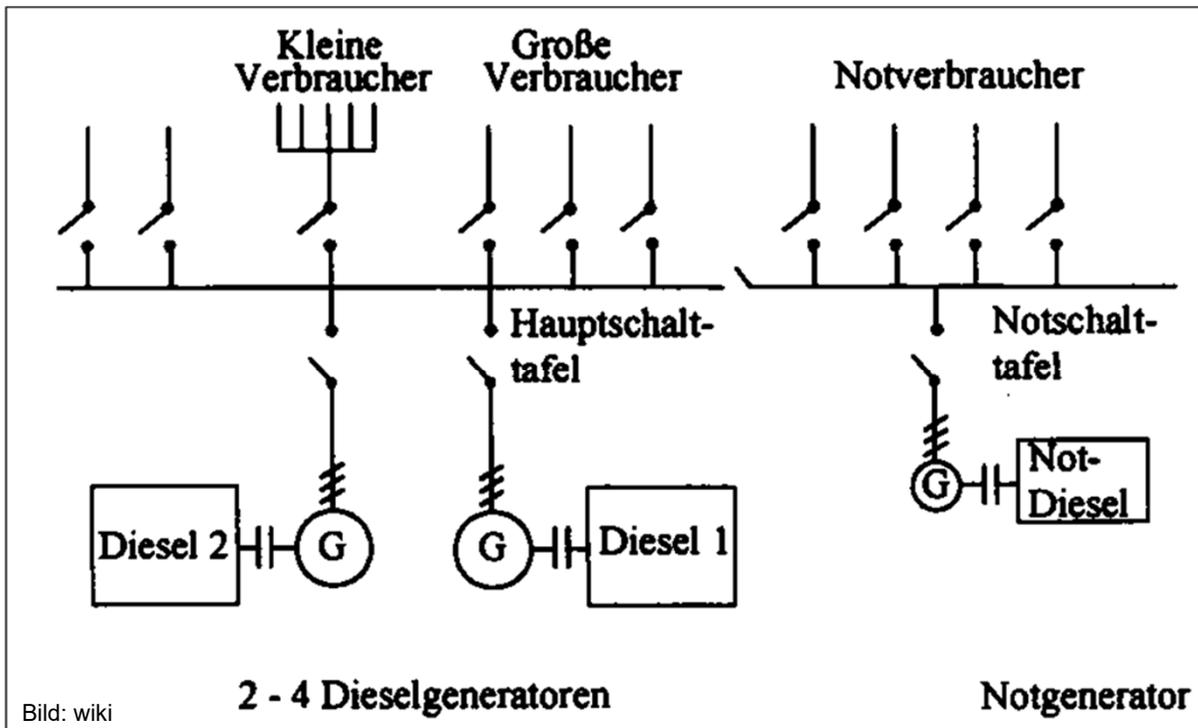


Ermittlung von Lastprofilen

■ Kabine in Kreuzfahrtschiffen



Energienetze



Erzeugung

- Drehstrom 440 V und 60 Hz

Verbraucher

- Wechselstrom
- Gleichstrom
- 230, 110, 24 V, ...

Folge

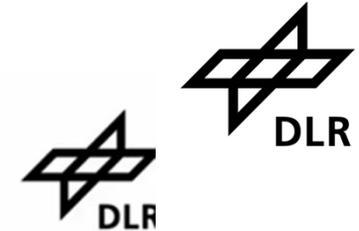
- Umwandlungsverluste

An overhead view of three people (two men and one woman) gathered around a large, illuminated digital display. The display shows a world map with various data points, charts, and text boxes. One man on the left is pointing at the map. The woman is in the center, and another man is on the right. The background is dark, and the floor is made of large, light-colored tiles.

Optimierung von Routen

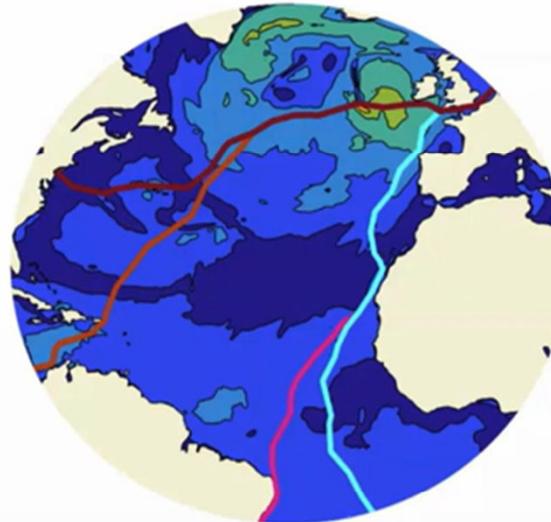
Optimierung von Routen

Schiffsperformance & Routenplanung



Operationsprofil

- Geschwindigkeitsprofile (2-50%)
- Rumpf und Trimoptimierung (2-20%)
- Propulsionssystem (5-15%)



Monitoring

- Rumpfzustand (5-25%)
- Optimierung der Betriebsabläufe und Flottenmanagement (5-50%)

Routenoptimierung (klassisch 1-10%)

- Wetterdaten, Seegang & Strömung, Terminplan, optimiertes Operationsprofil
- Anforderungen und optimaler Operationsbereich der neuen Energiesysteme
- Einbindung von Monitoringsystemen
- WAPS (+ 5-20%) - abhängig von Segel, Schiffstyp, Route

Quelle: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx>

Assistiertes und automatisiertes Fahren



Intelligente Systeme

	Assistiertes und automatisiertes Fahren	Intelligentes Verkehrsmanagement
2020 - 2030	Technologien bzw. Assistenzsysteme für das hochautomatisierte Anlegen und Manövrieren von Schiffen werden in dedizierten Gebieten eingeführt und zugelassen.	Betriebskonzepte für die verstärkte Nutzung der Wasserstraße als Teil eines hocheffizienten und resilienten intermodalen Verkehrssystems sind entwickelt und in Testfeldern demonstriert.
2030 - 2040	Standards für die Zertifizierung von Automatisierungssystemen inkl. selbstlernender Systeme sind für breitere Anwendungen validiert und berücksichtigen Online-Updates.	Remote Control Center ermöglichen in Häfen und entlang der Wasserstraßen das Multi-Fleet-Management von Arbeitsschiffen.
2040 - 2050	Autonom agierende Schiffsverbände ermöglichen einen flexiblen intermodalen Umschlag.	Autonome Schiffe bewegen sich im maritimen Mischverkehr betriebssicher und koordinieren sich automatisiert mit Verkehrszentralen.

Anforderungsgerechte Wasserfahrzeuge

	Effizienter Schiffsantrieb und optimiertes Energiemanagement	Modulare Schiffe und wasserbasierte Transportsysteme
2020 - 2030	Effiziente Energiesystemkomponenten sind verfügbar und experimentell validiert.	Tanksysteme und Schiffe für neue Treibstoffe sind entwickelt.
2030 - 2040	Energiesystemkomponenten sind optimiert und experimentell im Labor und auf See abgesichert.	Komponenten sind entwickelt und auf See erprobt.
2040 - 2050	Emissionsfreie Schiffsantriebe mit optimiertem Energiemanagement liegen vor.	Modulare und ressourcenschonende Schiffe sind entwickelt.

Sicherer und effizienter Maritimer Verkehr

Smartkai – Anlegeassistent für Großschiffe



- Bedarf
 - Vermeidung erheblicher Schäden an Hafeninfrasturktur
 - Beschleunigung der Abläufe
- Ergebnisse
 - **Landgestütztes Assistenzsystem** für Anlegemanöver und Schleuseneinfahrten
 - **Gerichtsfeste Dokumentation**
- Beiträge für die Wirtschaft/ Öffentliche Hand
 - Lösung für Häfen zum Schutz kritischer Infrastruktur



Hochautomatisierte und Autonome Schifffahrt

Autonomes Baggerschiff „AMISIA“



- Bedarf
 - **Kostenreduktion** für die Erhaltung der Häfen und Wasserwege
- Ergebnisse
 - Konzept für autonomes Baggerschiff für **NPorts** (Rezirkulationsverfahren)
 - **Vollautomatisiertes Fahren und Fernsteuerung im DLR Testfeld eMaritime Integrated Reference Platform (eMIR)**
- Beiträge für Wirtschaft und öffentliche Hand
 - **Wirtschaftlich tragfähige Automation**
 - Mitwirkung bei der Erstellung internationaler Regularien für Autonome Schifffahrt



Elektrifizierung der Binnenwasserstraßen

Berücksichtigung der Zuverlässigkeit der Logistik



Bedarf

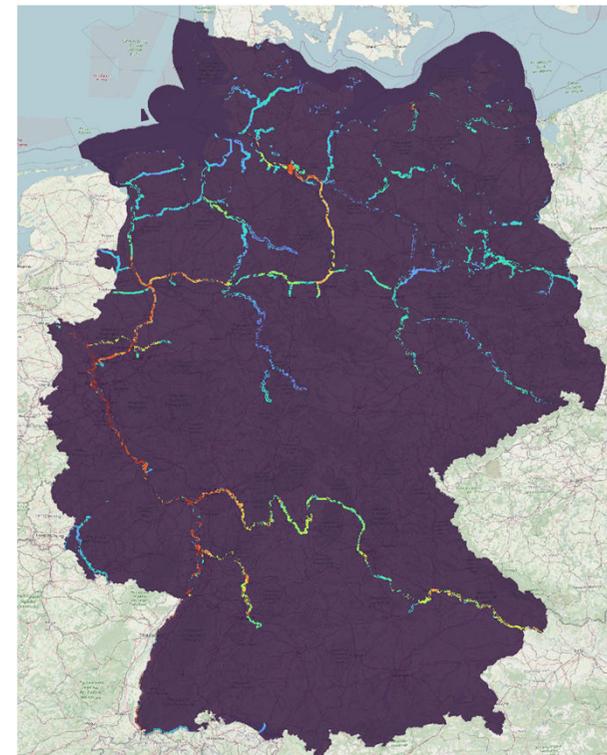
- Reduktion der Schadstoff und CO₂ - Emission entlang der Binnenwasserstraßen
- Erhalten der aktuellen Betriebsabläufe

Ergebnisse

- Mittlere Elektrifizierungsraten bis zu 95 % ohne Änderung des Fahrprofils möglich
- Benötigte Ladeleistung 100 – 200 kW (entspricht verfügbarer Schnelllader für PKW)

Beiträge für die Wirtschaft / Öffentliche Hand

- Fahrplan zur Dekarbonisierung der Binnenschifffahrt
- Unterstützung bei der Planung mögliche Ladestandorte



Untersuchte Binnenwasserstraßen in Deutschland



Digitalisierung

Digitalisierte Schiffskonzepte



Digitalisierte Schiffskonzepte

	Simulationsbasierter Entwurf und virtuelles Testen	Digitalisierter und effizienter Schiffsbetrieb im globalen Transportsystem
2020 – 2030	Innovationsplattform für neuartige Schiffe und Systeme liegt vor.	Neue visualisierungs- und sensorbasierte Überwachungssysteme sind entwickelt und im Forschungsschiff implementiert.
2030 – 2040	Entwurfsmethodik für neuartige und hocheffiziente Schiffe liegt vor.	Standards für Digitale Zwillinge für Labor und Schiff liegen mit Echtzeit HIL-Kopplung vor.
2040 – 2050	Simulationsbasierte Plattform für den virtuellen Betrieb und Entwurf liegt vor.	Digitale Schiffs- und Flottenkonzepte liegen basierend auf erstellten Standards vor.

Digitales Verkehrssystem

Digitale Wasserstraße

2020 – 2030	Ein Digitaler Zwilling der Wasserstraße sowie verbesserte landseitige Dienste und Sensorik auf Basis neuer Kommunikationsplattformen sind entwickelt und demonstriert.
2030 – 2040	Standards für die durchgängige digitale Vernetzung von Wasserstraßen und Schiffen sind validiert und tragen zu einer resilienten Transportkette bei.
2040 – 2050	Vertrauenswürdige Datenräume und dezentral organisierte Daten-/Dienste-Ökosysteme bilden den Rahmen für Test und die Produktzulassung, u. a. für energieeffizienten Transport und automatisierte Be- und Entladung



Bereitstellung von Infrastrukturen

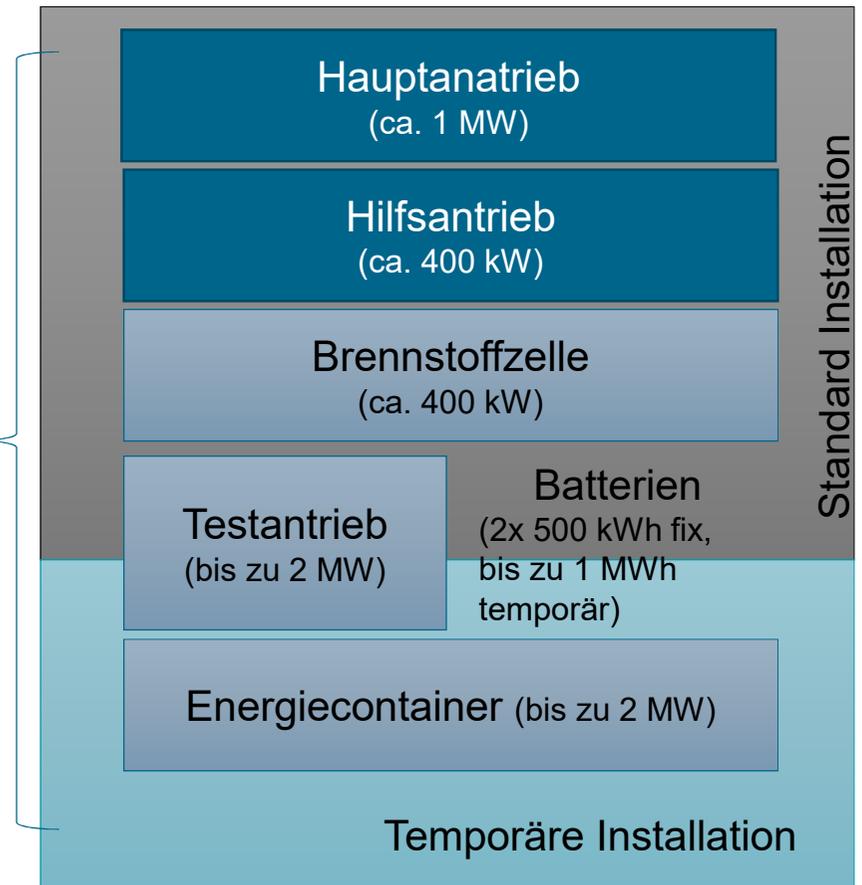
Forschungsschiff



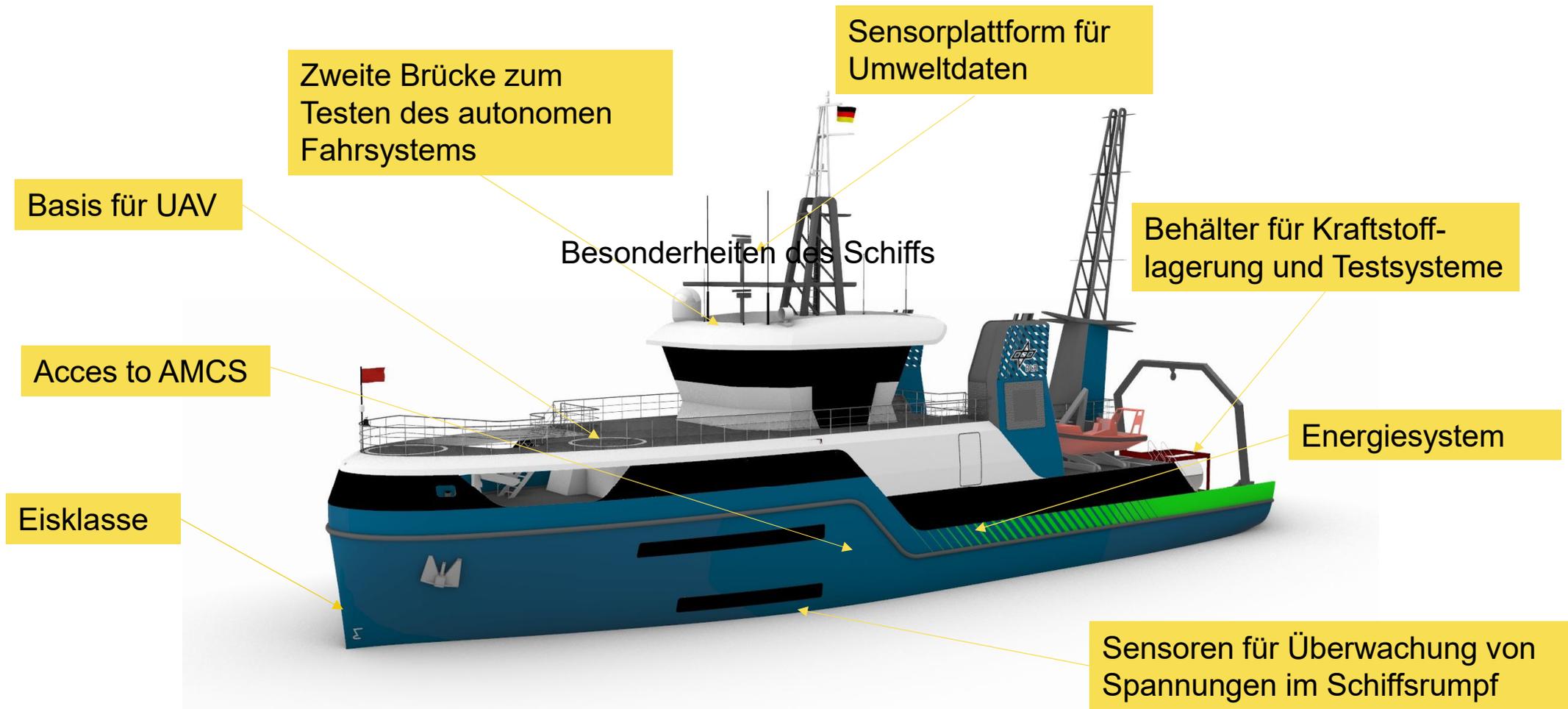
Schwimmender Demonstrator
Realistische Testplattform für maritime Energiesysteme

Planung: 2023
Aufbau: Ausschreibungsverfahren im Prozess
(Stand 2024)
Standort: Kiel
Maße: L=48 m, B=11 m, T= 3,2 m

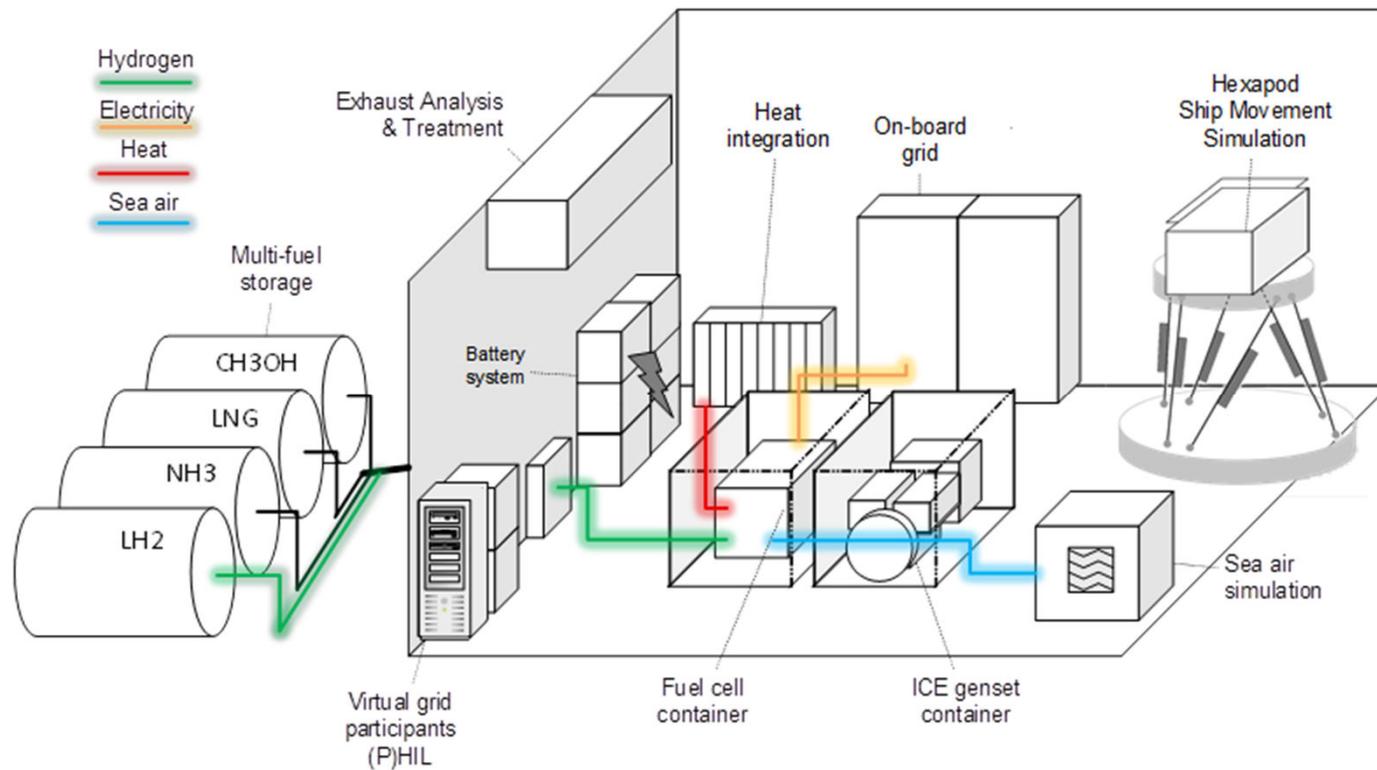
Standard und temporäre Installationen



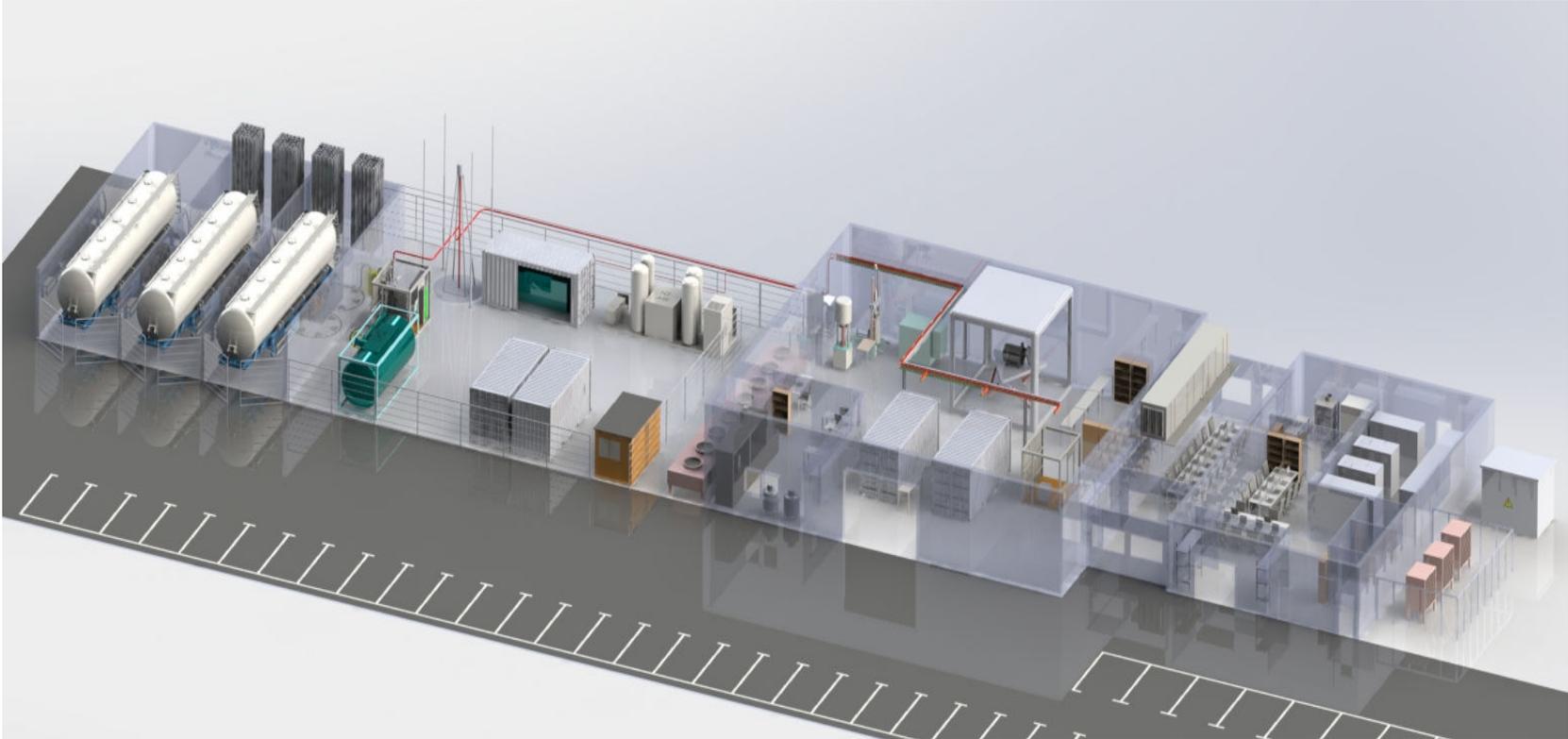
Besonderheiten des Schiffs



Systemüberblick



Landseitiges Labor



STANDARD

Normativer Rahmen

Standardisierung



- Umgang mit Gefahrstoffen auf See und im Hafen
- Ausbildung von Schiffsbesatzung



Decarbonisierte Herstellung von Stahl

Stahlerzeugung



- Ziel: Reduzierung des CO₂-Ausstoßes bei Herstellung von Stahl
- Derzeit 1,5t CO₂ Ausstoß pro t Stahl
- Zwei Ursachen:
 - Reaktionstemperatur von bis zu 1.000 °C
 - Reduktionsmittel bisher Kohlenstoff

Forschung

- Erzeugung der Reaktionstemperatur durch z.B. H₂, Biomasse
- Reduktionsmittel z.B. H₂ und CO₂-neutraler Kohlenstoff

Möglichkeiten der Vertiefung



- <https://youtu.be/oOwKeU8Ltoc>
- [Seehandel: Wie Containerschiffe klimaneutral werden könnten - Spektrum der Wissenschaft](#)
- [BMDV - Maritimer Umweltschutz](#)
- [Maritime Forecast to 2050 by DNV](#)