



CAMPFIRE - Emissionsfreie Schiffsantriebe für grünen Ammoniak als kohlenstofffreier Kraftstoff

Jens Wartmann, ZBT

Leiter der Strategieentwicklung und Technologie CAMPFIRE

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Wandel durch
Innovation
in der Region



Wasserstoff
Leitprojekte
Grün. Groß. Global.

Das Kohlenstoff-Risiko



Natural catastrophe losses intensified
by climate change (2017-2019)¹

\$640b

Value at risk as a result of climate change
to manageable assets by 2100²

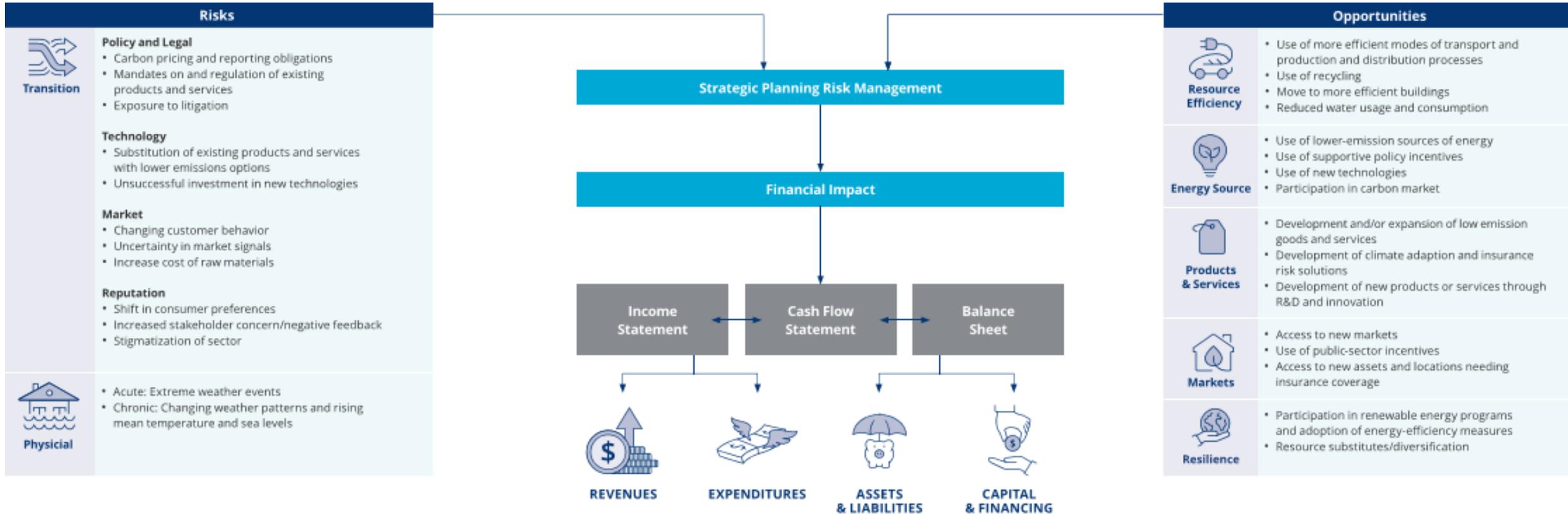
up to **\$43t**

¹ Source: Munich Re, "The natural disasters of 2018 in figures," 8 Jan 2019, and "Hurricanes cause record losses in 2017 — The year in figures," 4 Jan 2018. <https://www.munichre.com/en/company/media-relations/media-information-and-corporate-news/media-information/2020/creating-billions-in-losses-dominate-nat-cat-picture-2019.html>

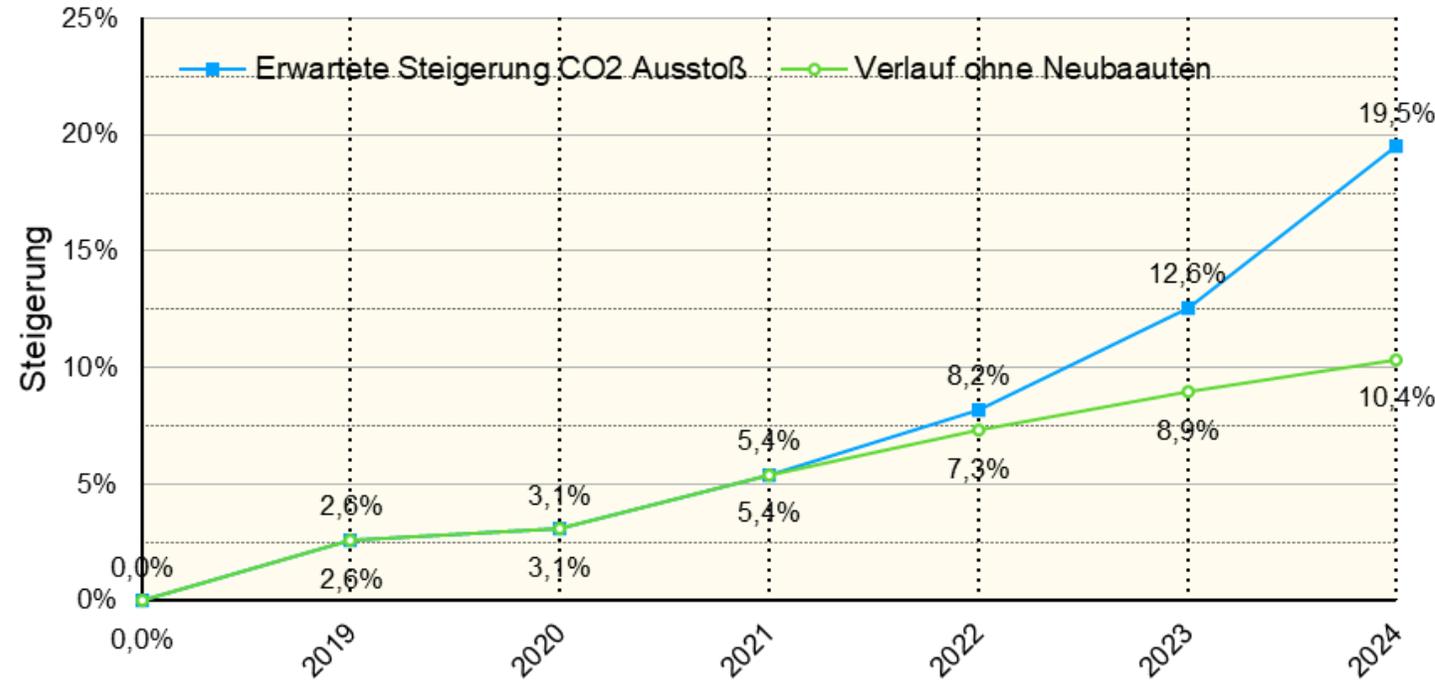
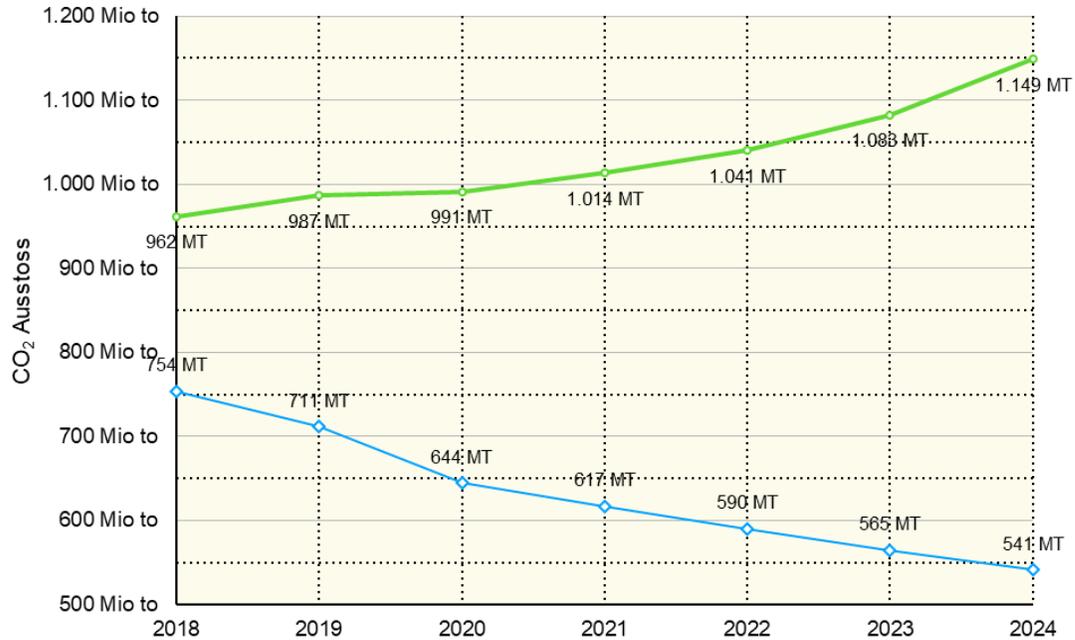
² Source: The Economist Intelligence Unit, "The Cost of Inaction: Recognising the Value at Risk from Climate Change," 2015.



Climate-Related Financial Disclosure



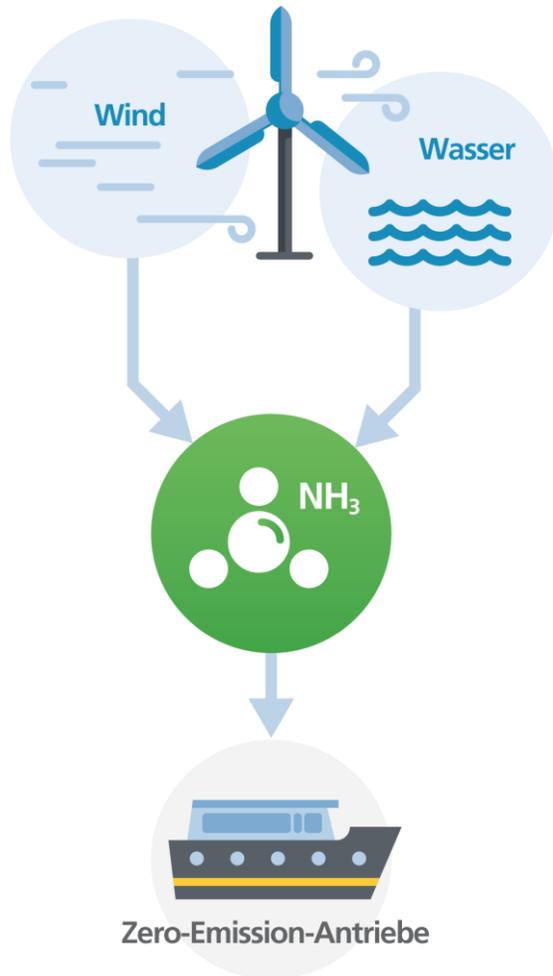
Entwicklung der globalen CO₂ Emissionen durch maritime Mobilität im Vergleich zu Deutschland



EU-Ziele für die CO₂-Reduktion in der Maritimen Mobilität:

-2% from 01/2025; -6% from 01/2030; -13% 01/2035; -26% 01/2040; -59% 01/2045; -75% 01/2050

Innovation Field Ammonia-based Energy Technologies



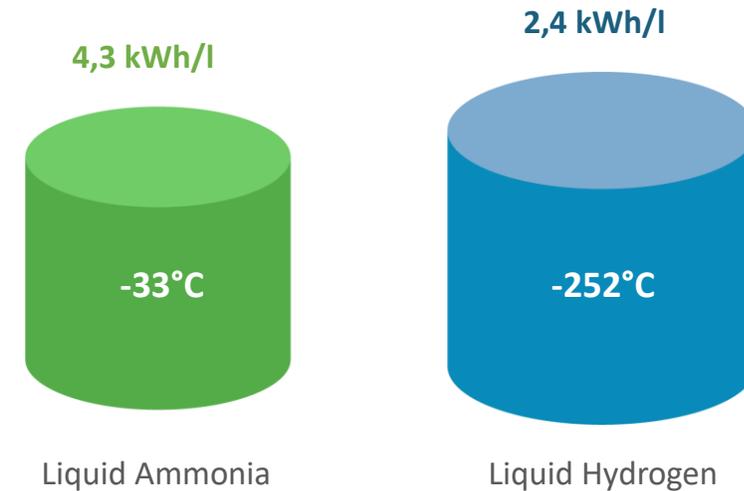
- Technologien für die **saisonale und dezentrale Produktion von Ammoniak** aus Wind und Wasser
- Technologien für die **Nutzung von grünem Ammoniak in emissionsfreien Antrieben** in der maritimen Mobilität

wir! Wandel durch
Innovation
in der Region

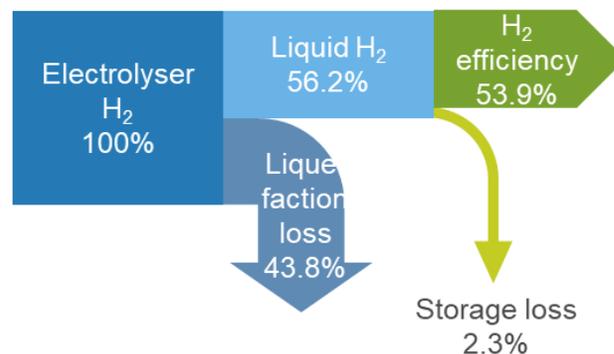
 Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Ammoniak als maritimer Kraftstoff

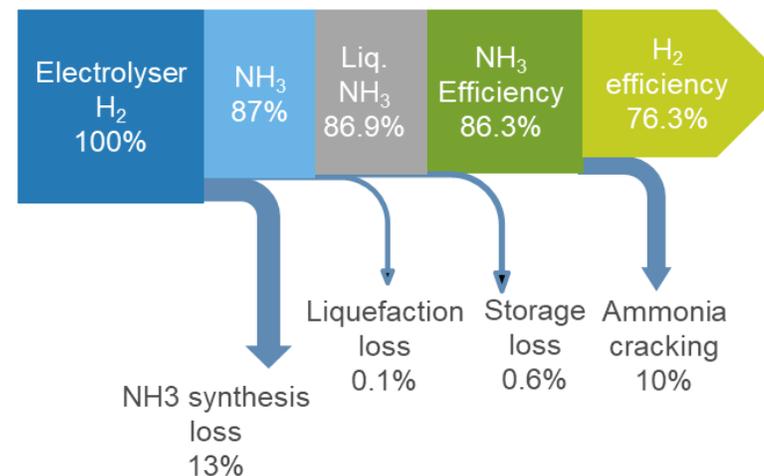
- kohlenstofffreier Energieträger
- kosteneffiziente Verflüssigbarkeit und Speicherung
- hohe Energiedichte
- über 150 Jahre sichere Handhabung



Hydrogen Liquefaction & Storage



Ammonia Synthesis, Liquefaction & Storage



Ammoniak als maritimer Kraftstoff



Power-to-Fuel-to-Power Indizes von C- und N-basierten Energieträgern (in äquiv. Arbeit)

Fuel	Air separation	Water splitting	Energy for synthesis	Transport	Energie-densität (GJ t ⁻¹)	$\eta^{\text{Combustion}}$ [g]	PFP ^{Atm} [h]
Methan	0.326	1.64	0.022	0.027	55.5	54.1 %	27 %
MeOH	0.382	1.44	0.202	0.005	23.7	54 %	27 %
DME	0.398	1.50	0.274	0.005	31.7	50 %	23 %
Ammonia	0.008	1.43	0.071	0.008	22.5	53 %	35 %

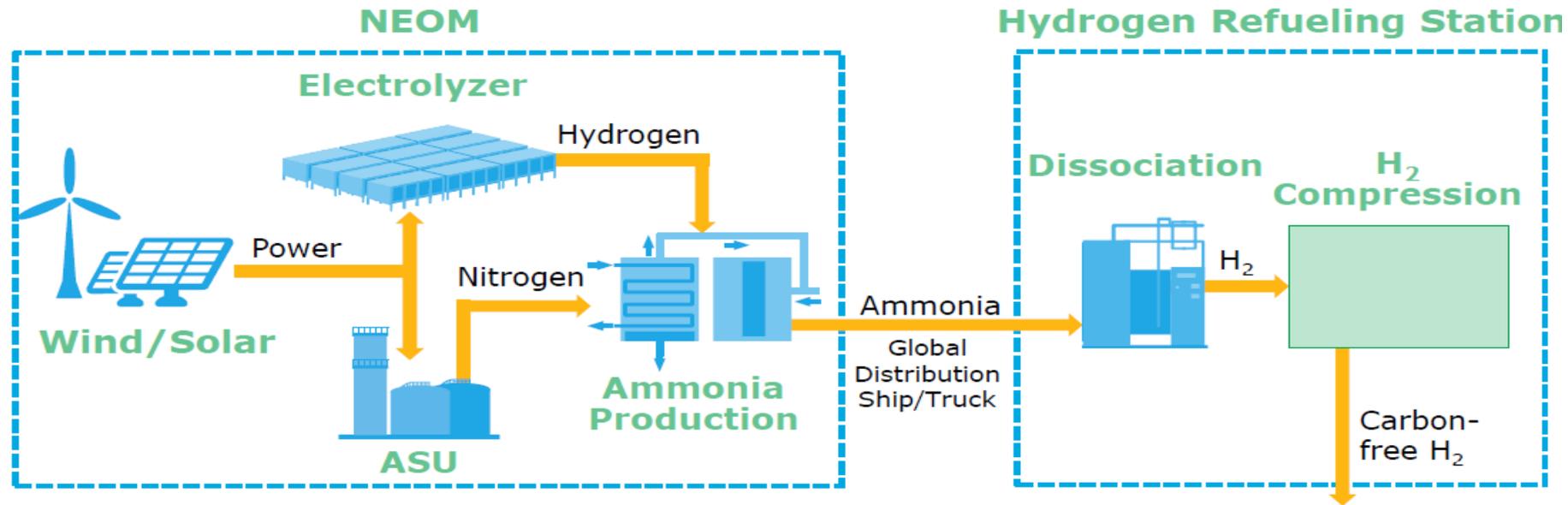
Ammoniak ist Wasserstoff 2.0



Moving forward

Carbon-free hydrogen

Produced and delivered with proven, world-class technology



by 2025

Einsatz von erneuerbaren und low-Carbon Kraftstoffen im maritimen Transport



Class / Feedstock	Pathway name	LCV [$\frac{MJ}{g}$]	$CO_{2eq\ WtT}$ [$\frac{gCO_{2eq}}{MJ}$]	Energy Converter Class	$C_{f\ CO_2}$ [$\frac{gCO_2}{gFuel}$]	$C_{f\ CH_4}$ [$\frac{gCH_4}{gFuel}$]	$C_{f\ N_2O}$ [$\frac{gN_2O}{gFuel}$]	C_{slip} As % of the mass of the fuel used by the engine
Renewable Fuels of non-Biological Origin (RFNBO) (e-fuels)	e-MeOH	0.0199	Directive (EU) 2018/2001	all ICES	1.375 MEPC245 (66) Regulation (EU) 2015/757	0,00005	0,00018	-
	e-H ₂	0.12	3.6	Fuel Cells	0	0	0	-
				ICE	0	0	TBM	-
e-NH ₃	0.0186	0	No Engine	N/A	N/A	TBM	-	



Brussels, 14.7.2021
COM(2021) 562 final
2021/0210 (COD)

Proposal for a
REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending Directive 2009/16/EC

(Text with EEA relevance)
{SEC(2021) 562 final} - {SWD(2021) 635 final} - {SWD(2021) 636 final}

GHG intensity index	WtT	TtW
$GHG\ intensity\ index\ [\frac{gCO_{2eq}}{MJ}] =$	$\frac{\sum_i^{n\ fuel} M_i \times CO_{2eq\ WtT,i} \times LCV_i + \sum_k^c E_k \times CO_{2eq\ electricity,k}}{\sum_i^{n\ fuel} M_i \times LCV_i + \sum_k^c E_k}$	$+\frac{\sum_i^{n\ fuel} \sum_j^{m\ engine} M_{i,j} \times [(1 - \frac{1}{100} C_{engine\ slip\ j}) \times (CO_{2eq\ TtW,j}) + (\frac{1}{100} C_{engine\ slip\ j} \times CO_{2eq\ TtW,slippage,j})]}{\sum_i^{n\ fuel} M_i \times LCV_i + \sum_k^c E_k}$

Equation (1)

$$CO_{2eq,TtW,j} = (C_{f\ CO_2,j} \times GWP_{CO_2} + C_{f\ CH_4,j} \times GWP_{CH_4} + C_{f\ N_2O,j} \times GWP_{N_2O})_i$$

Kriterien für den Einsatz von emissionsfreien Antrieben



Zero-emission technology	Criteria for use
Fuel cells	Fuel cells used on board for power generation while at berth should be fully powered by renewable and low carbon fuels.
On-board Electricity Storage	The use of on-board electricity storage is allowed irrespective on the source of energy that produced the stored power (on-board generation or on-shore in case of battery swapping).
On-board Electricity production from wind and solar energy.	Any ship that is capable to sustain energy needs at berth through the use of wind and solar energy.



Brussels, 14.7.2021
COM(2021) 562 final
2021/0210 (COD)

Proposal for a
REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL
on the use of renewable and low-carbon fuels in maritime transport and amending
Directive 2009/16/EC

(Text with EEA relevance)
{SEC(2021) 562 final} - {SWD(2021) 635 final} - {SWD(2021) 636 final}

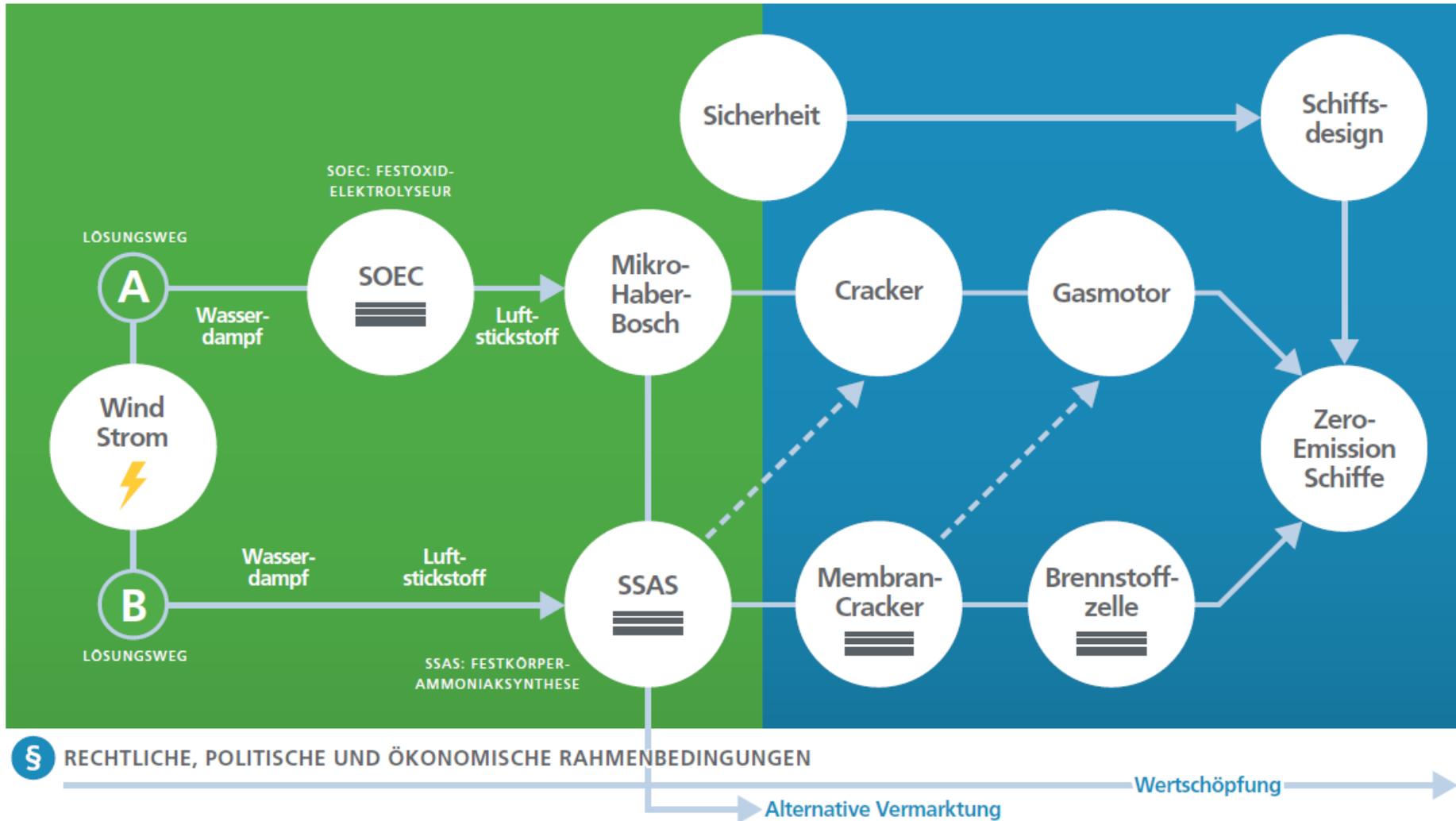
The use of these zero-emission technologies shall continuously achieve emissions that are equivalent to the emissions reductions that would be achieved by using on-shore power supply.

CAMPFIRE Bündnis und aktuelle Projekte



ERZEUGUNG VON GRÜNEM AMMONIAK

EMISSIONSFREIE MARITIME MOBILITÄT



Stand 06/2021:

- 62 Partner davon ca. 50% aus der Region North-Ost
- 80% Industrie, davon 40% KMU

CAMPFIRE Bündnis und aktuelle Projekte



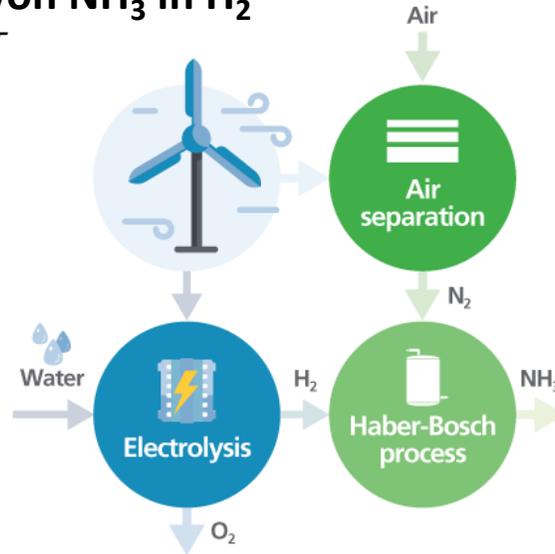
Dünnschichten

Festkörper-Ammoniaksynthese

INP, ZBT, IKTS, LIKAT, sunfire, Kerafol

Oxidativ-Cracker für die Umwandlung von NH_3 in H_2

ZBT, IKTS, INP, LIKAT



Erzeugung von grünem Ammoniak

Mikroverfahrenstechnik und Katalysatoren für die Ammoniaksynthese

Uni Rostock, ZBT, INP, KIT, MET, YARA

Konzept für 15 MW Anlage für die industrielle Erzeugung von grünem Ammoniak

ENERTRAG, sunfire, ZBT, IKEM



Emissionsfreie maritime Mobilität

Sport Yacht mit NH_3 -betriebenen 15 kW-Cracker-Gasmotors-Sekundärtrieb

Hanse Yachts, ISC, sunfire, IKEM, ZBT, FVTR, autosoft, INP, YARA

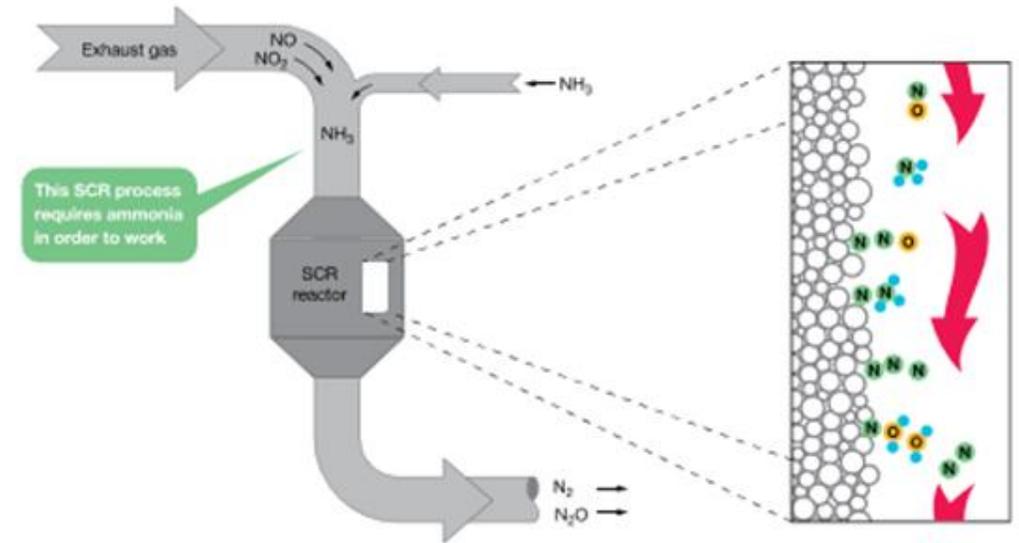
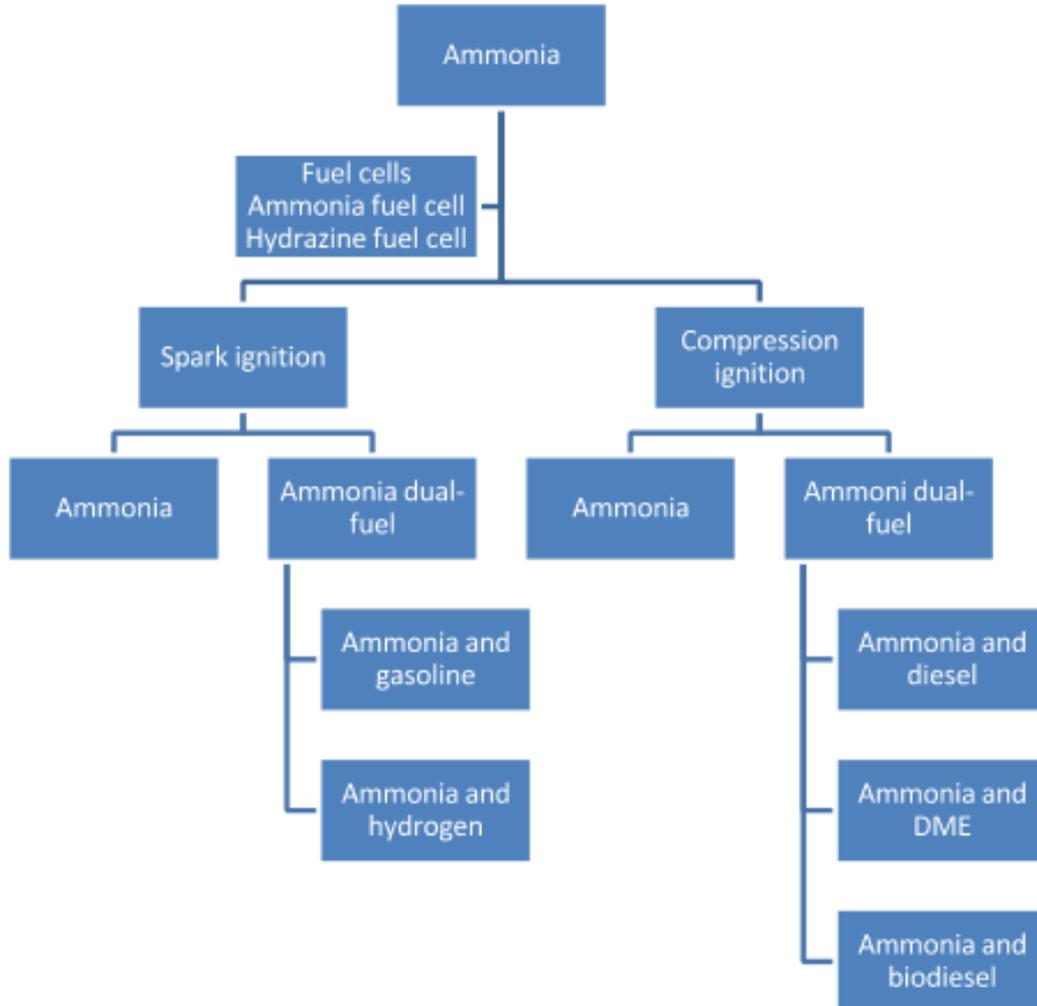
Konzeptes für ein NH_3 -betriebenes Binnenschiff. NH_3 -Reformer für 350 kW-Gasmotor

Weißer Flotte, Tamsen Maritim, DST, DNV GL, FVTR, ZBT, IKEM, HOST, ISV

GreenBaltic Cruising: Evaluierung eines NH_3 -betriebenen Brennstoffzellen-Antriebssystem für ein Kreuzfahrtschiff

Carnival Maritime, ZBT, Port Rostock, DVN GL, ISC, IKEM, INP

Ammoniak als maritimer Kraftstoff



Ammonia cracker for back-conversion to hydrogen

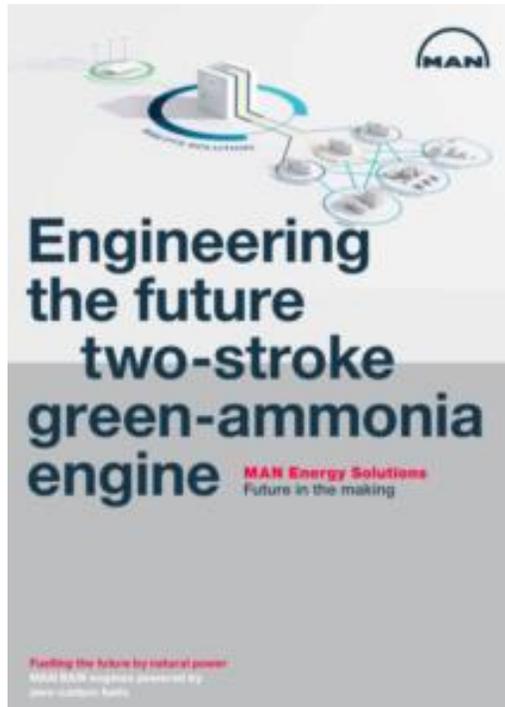


ICE gas engine with for operation with Ammonia/hydrogen mixtures

Ammoniak als maritimer Kraftstoff



Technisches Paper 11/ 2019



“Viking Energy “

NH₃-betriebene 2MW SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)

Retrofit in 2024



WÄRTSILÄ

Ammoniak-4Takt-Schiffsmotor, ab 2022 auf Carrier



CAMPFIRE Projekt „ GreenBaltic Cruising“ Evaluierung eines NH₃-betriebenen Brennstoffzellen-Antriebssystem für ein Kreuzfahrtschiff

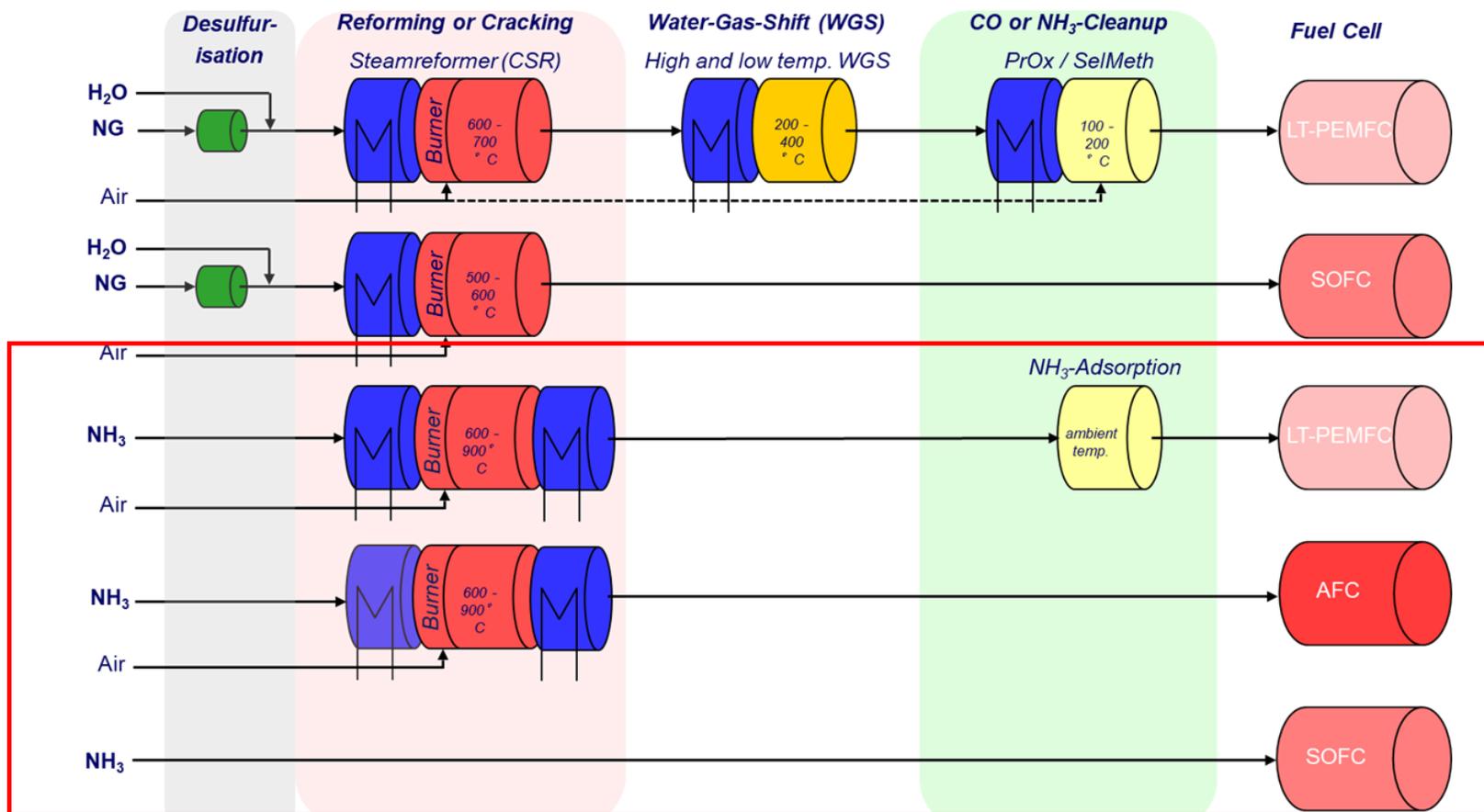
GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

wir! Wandel durch
Innovation
in der Region

Ammoniak als maritimer Kraftstoff



Large PEM Power Plant
Nedstack fuel cell technology, BV, Arnhem, NL



Sunfire SOFC

GreenBaltic Cruising: Evaluierung eines NH_3 -betriebenen Brennstoffzellen-Antriebssystem für ein Kreuzfahrtschiff



Konzept für die Implementierung der neuen Antriebssysteme für die Nutzung von Ammoniak als Kraftstoff im Ostseeraum. Technische Evaluierung für ein neues Ammoniak-basiertes Antriebssystem für ein Kreuzfahrtschiff.

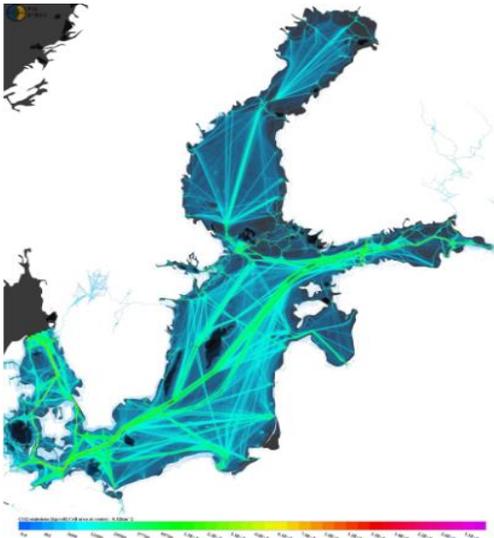


- Untersuchung der Strategien zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen und Klimaziele der Anrainerstaaten und Identifizierung einer rechtlichen Vorgehensweise für die Etablierung von Ammoniak als mariner Kraftstoff
- technische Betrachtung und Bewertung eines Kreuzfahrtschiffes für eine ausgewählte TransOstsee-Route mit Antriebssystem aus Ammoniak-Cracker und NT-PEMFC im Vergleich zum Betrieb des Antriebs mit LNG
- ökonomische Analyse für den Betrieb des Kreuzfahrtschiffes mit Ammoniak im Vergleich zu LNG unter Berücksichtigung der Power-to-Liquid-to-Power-Indices
- Konzept für die Schaffung einer landseitigen Bunker- und Infrastruktur für grünes Ammoniak im Ostseeraum
- Dynamik und Risiken einer neuen Zuliefererpyramide für die Implementierung der Ammoniak-Antriebstechnologien im Ostseeraum
- „Grüne Ostsee“ der Region Nord-Ost im CAMPFIRE Open Innovation Lab

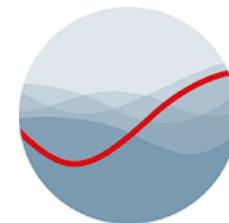
GreenBalticCruising: Eröffnung des Pfades für Ammoniak-basierte Antriebe im Ostseeraum



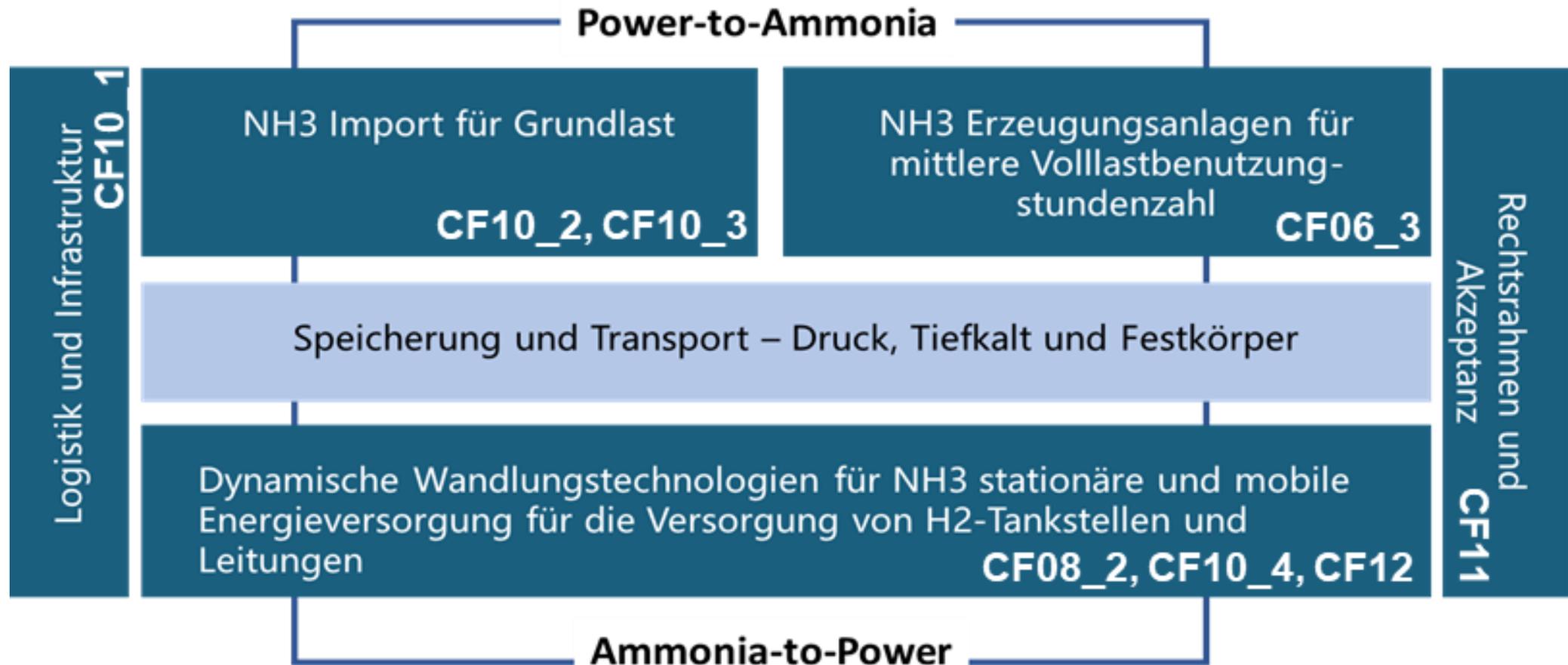
- verallgemeinerbare Lösungsansätze für die wichtigsten Herausforderungen auf dem Weg zum Null-Emissionen-Schiff
- rechtliche und politische Rahmenbedingungen sowie die Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit des emissionsfreien Kraftstoffes Ammoniak



GreenBalticCruising: Partner



Ammoniak-Energietransportsystem



NH3 Erzeugungsanlagen für mittlere Volllastbenutzung-Stundenzahl



NH3-Reaktor für Mittellastanlage

INP-COIL, ZBT, KIT, INP, Uni Rostock, autosoft, Air Products

Logistik und Infrastruktur



Logistik und Infrastruktur

ISC, IKEM, HS Wismar, DST, Dettmer Reederei, ISV

Flexible NH3-Betankungsanlage

DST, ISC, Göhler Dettmer Reederei, Elaflex, BunkerONE, Port Rostock, YARA

Landseitige Betankungsanlage

INP-COIL, ISC, ZBT, Uni Rostock, Port Rostock

NH3-zu-H2-Betankungsanlage

INP-COIL, ZBT, ENERTRAG, PSL Lasertechnik, exentis group, ISC, Air Products



TransHyDE – CAMPFIRE Umsetzungsprojekt



Dynamische Wandlungstechnologien für NH3 stationäre und mobile Energieversorgung für die Versorgung von H2-Tankstellen und Leitungen



CF08_2 NH3-Cracker Motoren für Binnenschiffe

INP-COIL, Liebherr, ZBT, Schiffdieseltechnik Kiel, GKE, Uni Rostock, autosoft, FVTR



CF12_1 NH3-Cracker-Motor-BHKW

INP-COIL, Jenbacher, ZBT, LEC, autosoft, Webasto, YARA

Rechtsrahmen und Akzeptanz



Rechtsrahmen und Akzeptanz

IKEM, ISC, Agentur für Erneuerbare Energie

Standardisierung und Zertifizierung

ISC, IKEM





DANKE



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

wir! Wandel durch
Innovation
in der Region

www.wir-campfire.de