



MIU

Maritime
Innovation
Update



M.Sc. Johannes Stader

Wasserstoffbasierte Energieträger und Brennstoffzellen – Herausforderungen in der Schifffahrt

Agenda

1. Wasserstoffbasierte Energieträger
2. Antriebstechnologien
3. Brennstoffzellen
4. Zusammenfassung

Abbildung: © Luftbildfotograf / #16534633 / stock.adobe.com



Wasserstoffbasierte Energieträger

Wertschöpfungskette

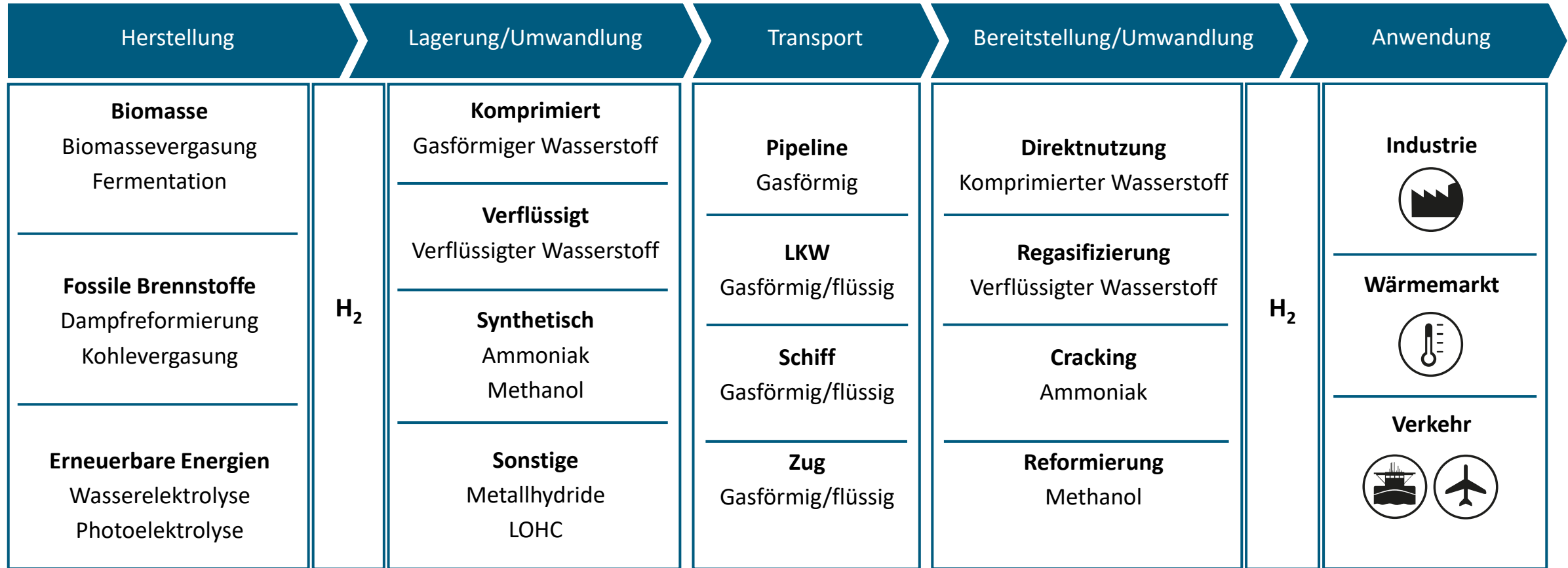
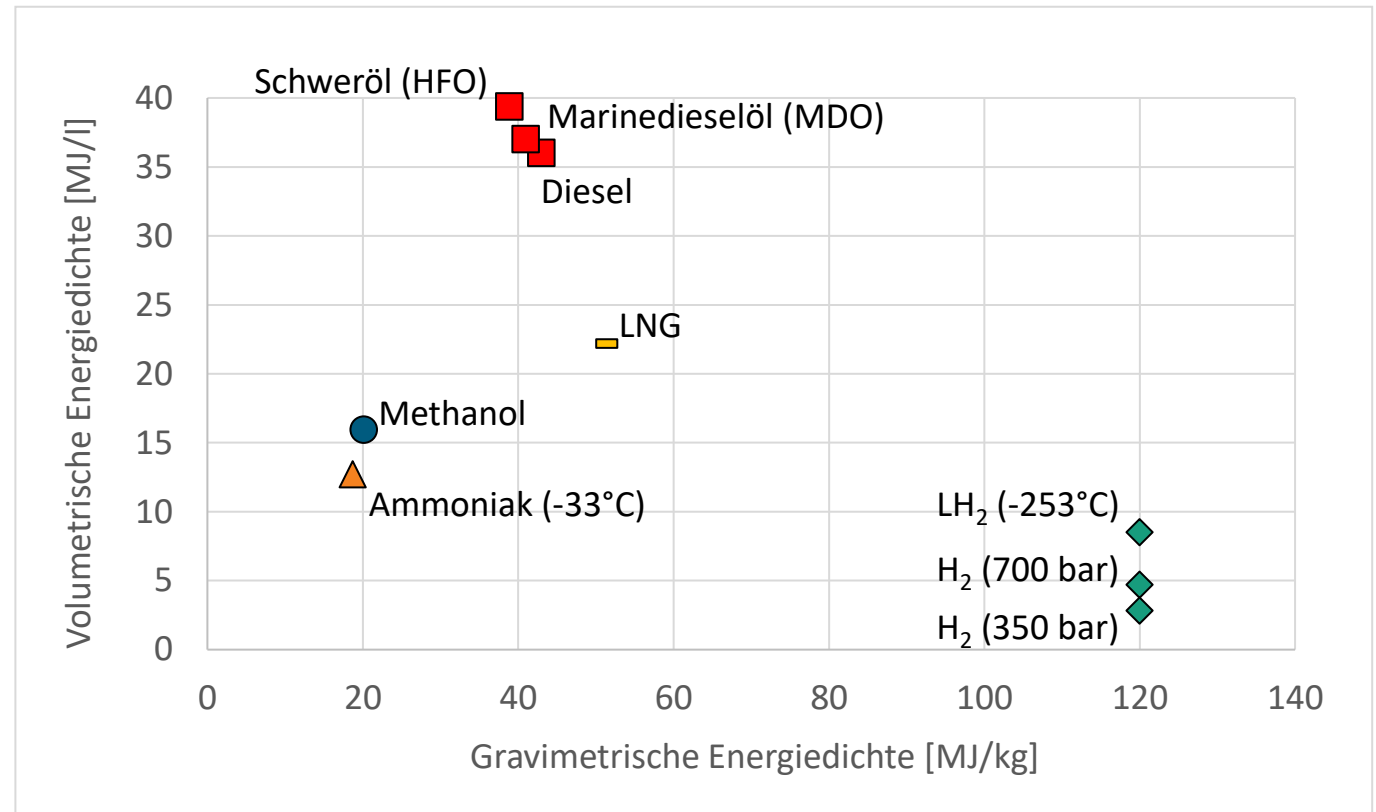


Abbildung: In Anlehnung an Frost & Sullivan 2020

Wasserstoffbasierte Energieträger

Energiedichten

- Konventionelle Kraftstoffe
 - Ausstoß von Treibhausgasen
- Im Fokus erneuerbare Kraftstoffe
 - Wasserstoff
 - Methanol
 - Ammoniak
- Spezielle Anforderungen an Tanks
 - Dimensionierung
 - Sicherheitsanforderungen
 - Regularien



Daten: Depken et al., 2022, Safety Considerations of Hydrogen Application in Shipping in Comparison to LNG;
Ye et al., 2022, System-level comparison of ammonia, compressed and liquid hydrogen as fuels for polymer electrolyte fuel cell powered shipping

Antriebstechnologien

Alternativen in der Schifffahrt

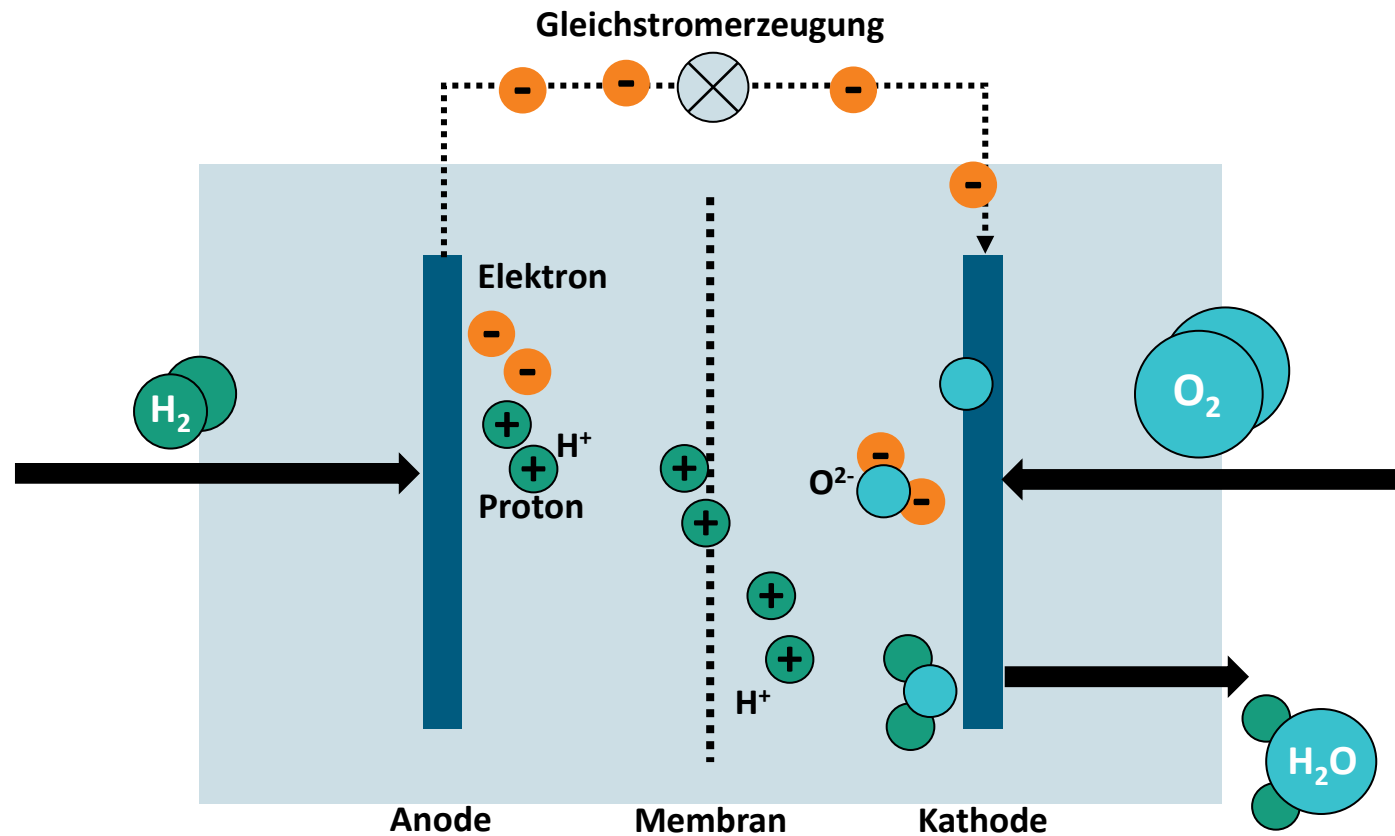
- Verbrennungsmotoren
- Elektromotoren
- Hybridsysteme
 - Verbrennungsmotoren + Elektromotoren
 - Fossil: Diesel-elektrisch
 - Erneuerbar: Grüner Methanol + Elektromotoren
 - Brennstoffzellen + Elektromotoren
- Energiebedarf
 - Schiffsklasse
 - Fahrprofil



Abbildung: © nmann77 / #43299615 / stock.adobe.com

Brennstoffzellen

Funktionsprinzip am Beispiel einer PEM-Brennstoffzelle



Reaktionsgleichung:

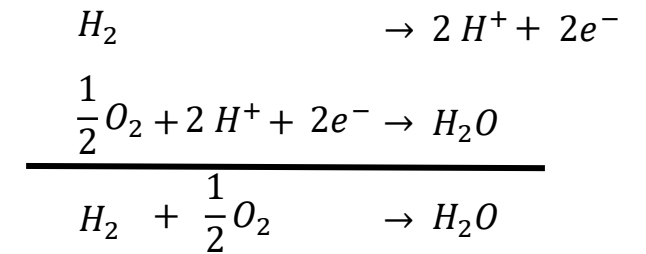



Abbildung: Eigene Darstellung

Brennstoffzellen

Typen



Temperatur [°C]	Typ	Elektrolyt	Ionen	Anwendung	Leistung	Typische Brennstoffe
500-1.000	SOFC (Solid-Oxide-Fuel Cell)	Keramik	O ²⁻	Dezentrale Energieversorgung	≤ 1 MW	Wasserstoff, Methanol, Kohlenwasserstoffe
650-800	MCFC (Molten-Carbonate-Fuel Cell)	Karbonatschmelze	CO ₃ ²⁻	Dezentrale Energieversorgung	≤ 1 MW	Wasserstoff, Methanol, Kohlenwasserstoffe
140-200	PAFC (Phosphoric-Acid-Fuel Cell)	Phosphorsäure	H ⁺	Dezentrale Energieversorgung	≤ 11 MW	Wasserstoff, LNG, Methanol
60-200	AFC (Alkaline Fuel Cell)	Kalilauge	OH ⁻	Verteidigung, Raumfahrt	≤ 500 kW	Wasserstoff
110-180	HT-PEMFC (Proton-Exchange-Membrane Fuel Cell)	Polymermembran	H ⁺	Transport; Notstromversorgung	≤ 1 MW	Wasserstoff
60-80	LT-PEMFC (Proton-Exchange-Membrane Fuel Cell)	Polymermembran	H ⁺	Transport; Notstromversorgung	≤ 1 MW	Wasserstoff

Daten: Elkafas et al., 2022, Fuel Cell Systems for Maritime: A Review of Research Development, Commercial Products, Applications and, Perspectives

Brennstoffzellen

Systemausprägungen

- Unterschiedliche Systeme je nach Kombination zwischen Brennstoff und Brennstoffzelle
 - Systemkomplexität
 - TRL-Level
- Anforderungen in der Schifffahrt, z. B.
 - Seeluft
 - Seegang
 - Gewicht
 - Raumbedarf

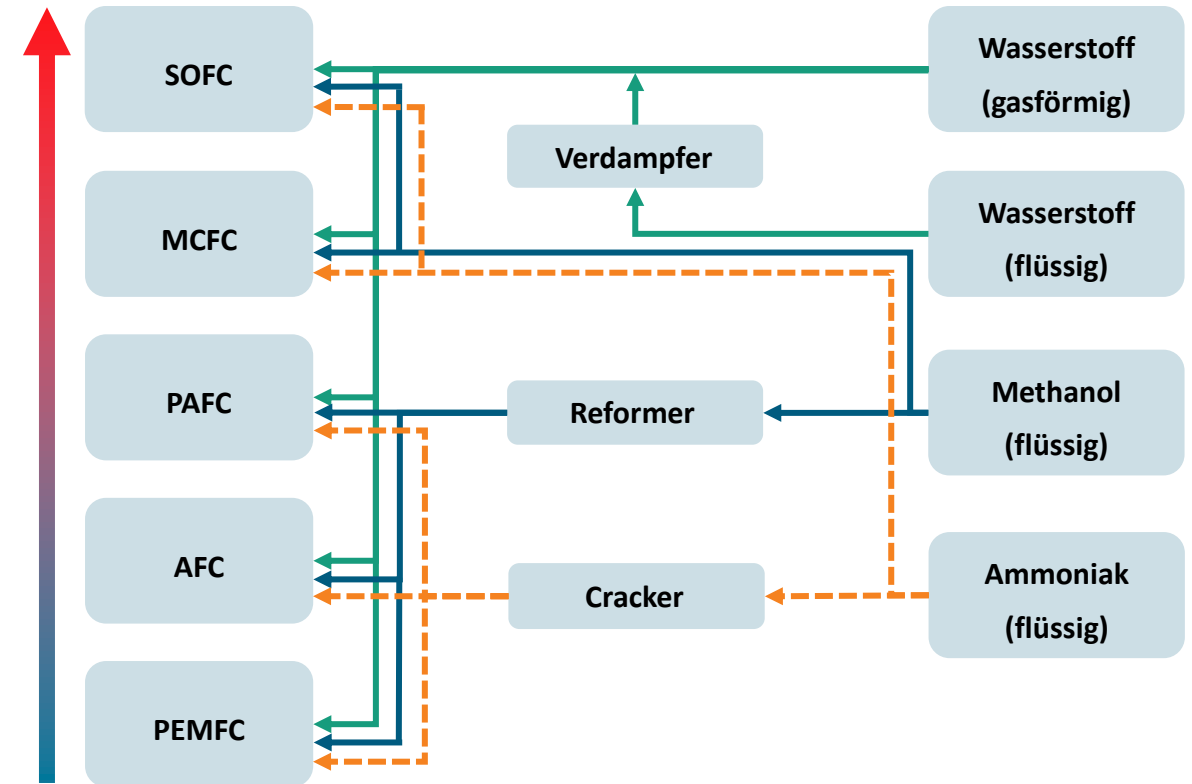


Abbildung: In Anlehnung an Steele & Heinzl, 2001, Materials for fuel-cell technologies

Zusammenfassung

- Energieunterschiede zwischen den wasserstoffbasierten Energieträgern
- Skalierung von Brennstoffzellen notwendig
- Komplexe Integration der Systeme
- Herausforderung durch seespezifische Bedingungen

Abbildung: © Luftbildfotograf / #16534633 / stock.adobe.com





MIU

Maritime
Innovation
Update



M.Sc. Johannes Stader

johannes.stader@cml.fraunhofer.de
+49 40 794 1681 - 1304



MIU

Maritime
Innovation
Update



M.Sc. Cosmin Delea

SeaClear robots fighting marine pollution – Sea trials Hamburg and Marseille