



# Ammoniak als Energieträger für die Energiewende

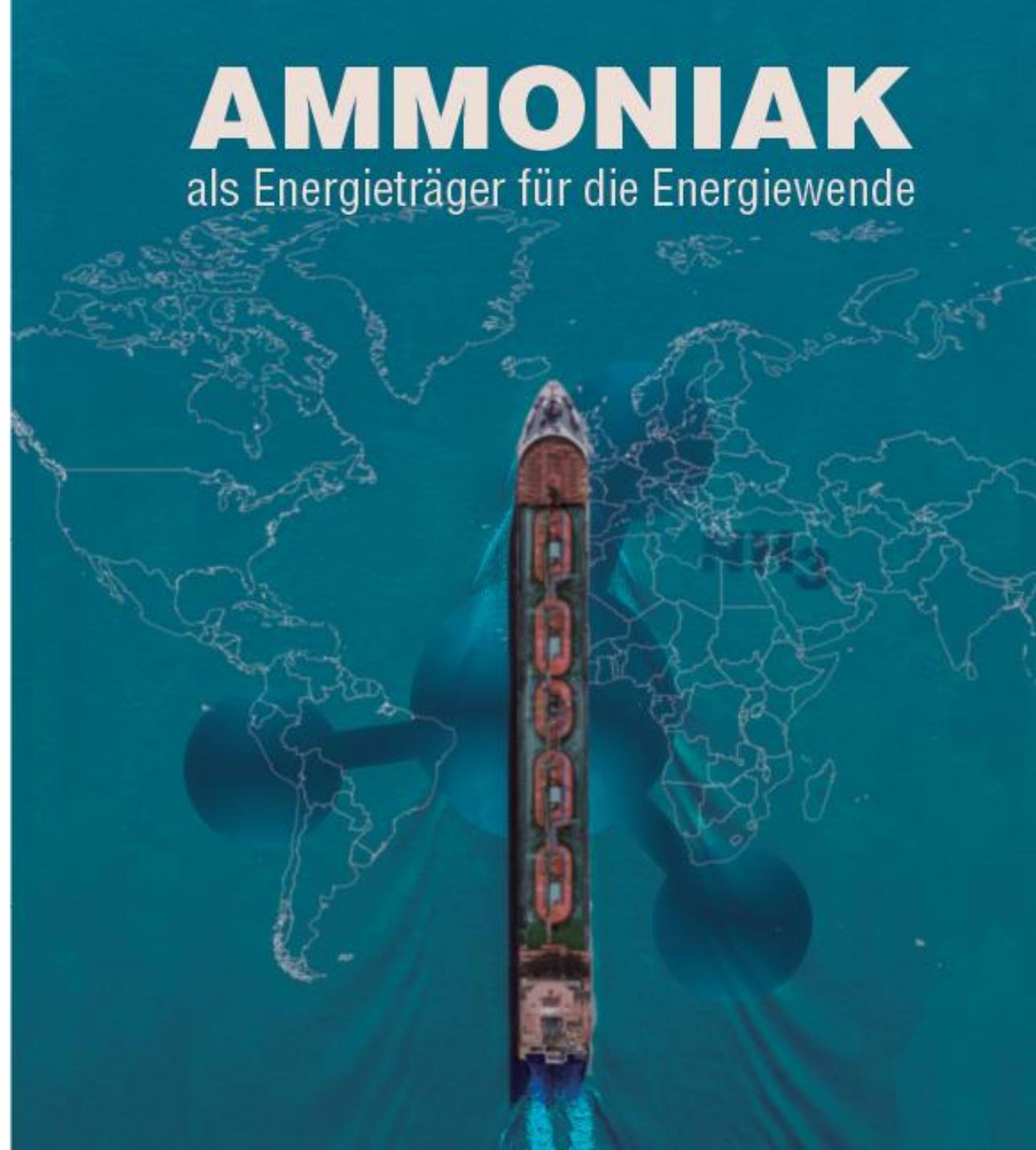
Vorstellung der Studie für den Weltenergieat Deutschland

Dr. Thomas Kattenstein, DMT Energy Engineers

H2-Kolloquium Baden-Württemberg | 04.–05. Juni 2024, Baden-Baden

# Inhalt

1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak
2. Eigenschaften von Ammoniak
3. Wasserstoffderivate im Vergleich
4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak
5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak
6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak
7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate
8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak
9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick



# Inhalt

1. **Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak**
2. Eigenschaften von Ammoniak
3. Wasserstoffderivate im Vergleich
4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak
5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak
6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak
7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate
8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak
9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick

# AMMONIAK

als Energieträger für die Energiewende



# 1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak



- **EE ENERGY ENGINEERS GmbH\***
- Beratung und Engineering für die Erstellung von Machbarkeitsstudien und bei projektbezogenen Analysen (Ammoniak- und Wasserstoffsysteme, Elektrolyseure, H2-Tankstellen etc.)
- Referenzen (Auswahl):
  - Studie für BWI (Hamburg) zu Möglichkeiten des Imports von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten.
  - Validierung der Wasserstoffstrategie für ägyptisches Ministerium



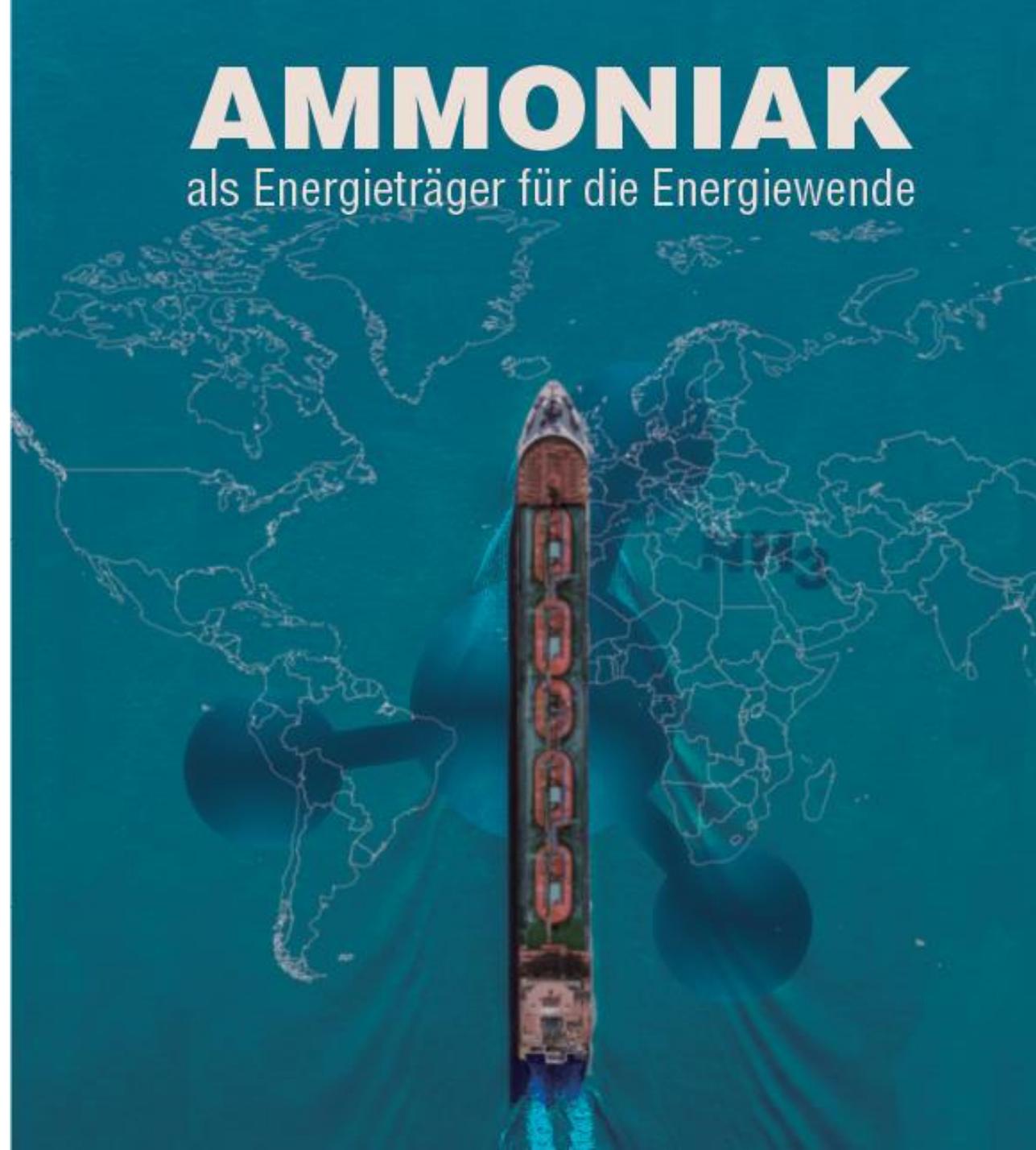
## TÜVNORD

- **TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG**
- Technische Expertise und Prüfgeschäft bei sicherheits- und qualitätsrelevanten Projekten entlang der gesamten Wertschöpfungskette
- Referenzen (Auswahl):
  - Studie für BWI (Hamburg) zu Möglichkeiten des Imports von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten.
  - Studie zu Zertifizierung und Herkunftsnachweisen für grüne Wasserstoff- und P2X-Produkte (H2Global Stiftung)

\* Die EE ENERGY ENGINEERS GmbH, als Gesellschaft der TÜV NORD GROUP, arbeitet zur Erbringung der hier angebotenen Leistungen mit der TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG als Unterauftragnehmer zusammen.

# Inhalt

1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak
- 2. Eigenschaften von Ammoniak**
3. Wasserstoffderivate im Vergleich
4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak
5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak
6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak
7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate
8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak
9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick



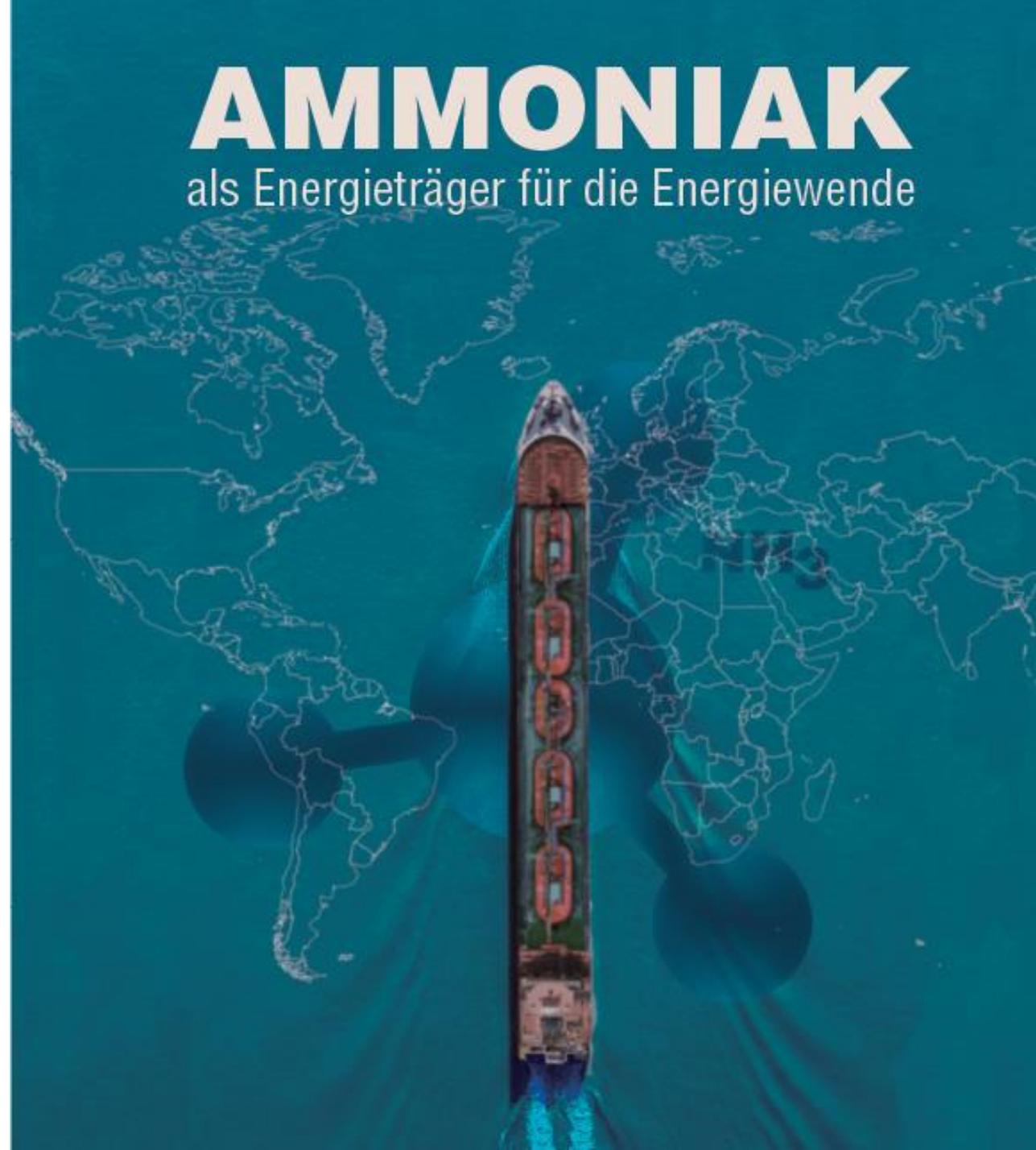
## 2. Eigenschaften von Ammoniak

- Ammoniak wird bereits heute **hergestellt** (180 Mio. t/a weltweit; 2,5 Mio. t/a Deutschland)
- Nutzung zur Produktion von **Düngemitteln** und als **Grundchemikalie**
- Ammoniak ist **toxisch, umweltgefährdend** und insbesondere für Wasserorganismen schädlich
- Eingriff durch Herstellung und Nutzung von Ammoniak in natürlichen **Stickstoffkreislauf**
- **Herstellung und Transport** von Ammoniak ist **grundsätzlich erprobt** und ausgereift (Dampfreformierung und Haber-Bosch-Verfahren)
- Großskalige **Rückgewinnung** des Wasserstoffs mittels **Ammoniak-Cracking** befindet sich in der **Entwicklung**

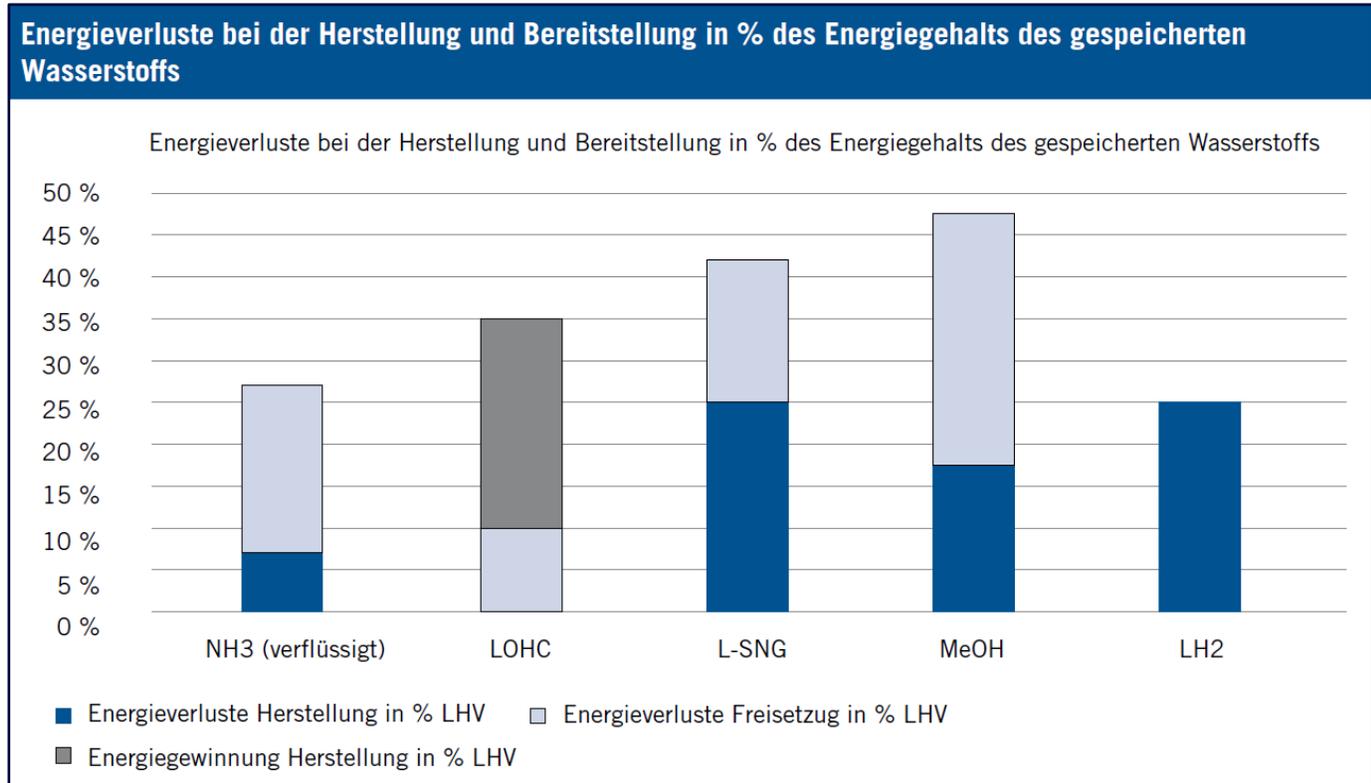
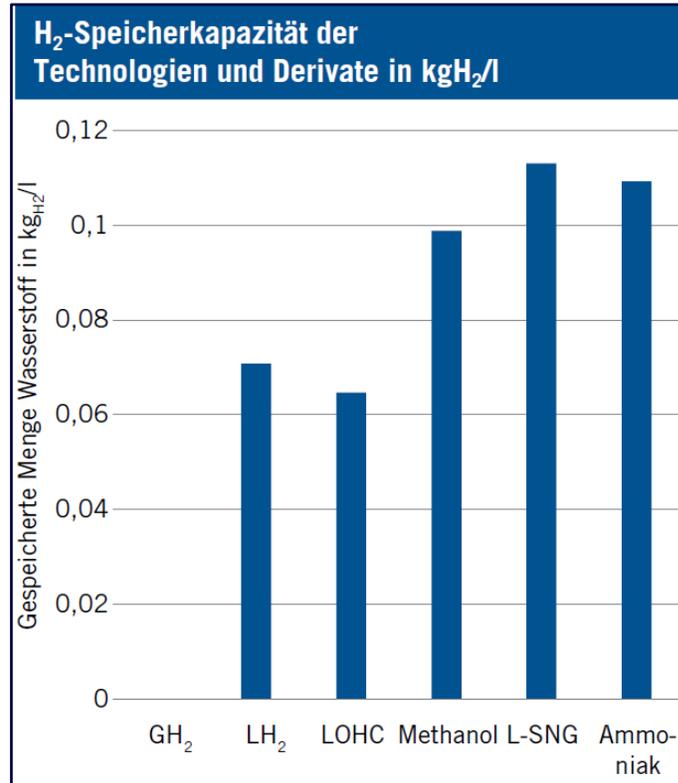


# Inhalt

1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak
2. Eigenschaften von Ammoniak
- 3. Wasserstoffderivate im Vergleich**
4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak
5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak
6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak
7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate
8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak
9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick



## 2. Eigenschaften von Ammoniak



**Ammoniak erreicht hohe Speicherkapazitäten bei geringen Verlusten. Ammoniak bietet zusätzlich den Vorteil einer relativ einfachen Speichertechnologie.**

# 3. Wasserstoffderivate im Vergleich

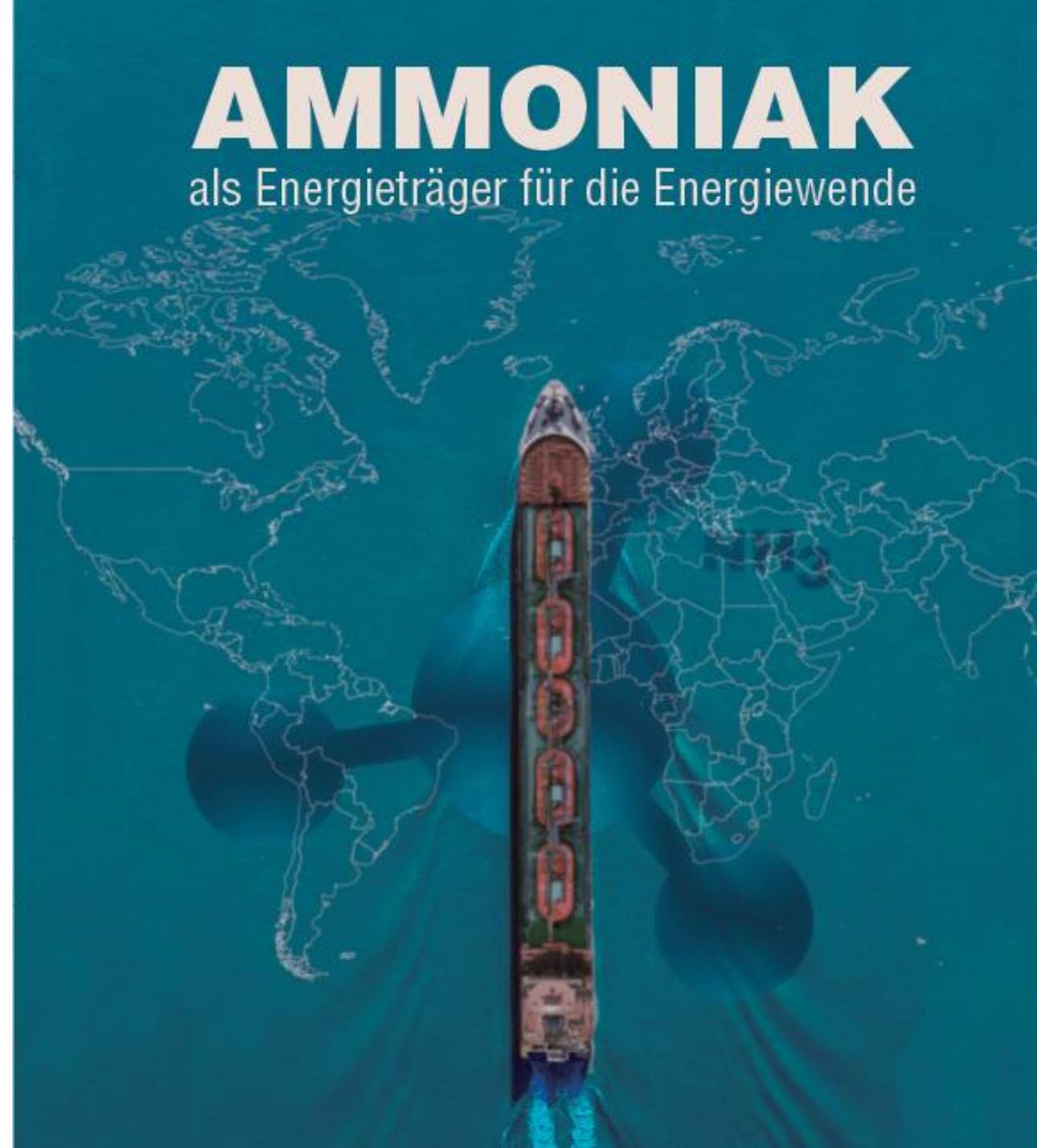
- Im globalen Handel mit H<sub>2</sub> steht **Ammoniak** aufgrund seiner Vorteile (hohe Energiedichte, Transport als Flüssigkeit schon bei -33 °C, erprobten Logistikketten) im Fokus.

Zusammenfassender Vergleich der Derivate						
	Transportkapazität	Technische Reife und Komplexität	Energieverluste	Kosten	Vorhandene Infrastruktur	Skalierbarkeit
Ammoniak NH <sub>3</sub>	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
LOHC	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
L-SNG CH <sub>4</sub>	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Methanol MeOH	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Wasserstoff LH <sub>2</sub>	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●

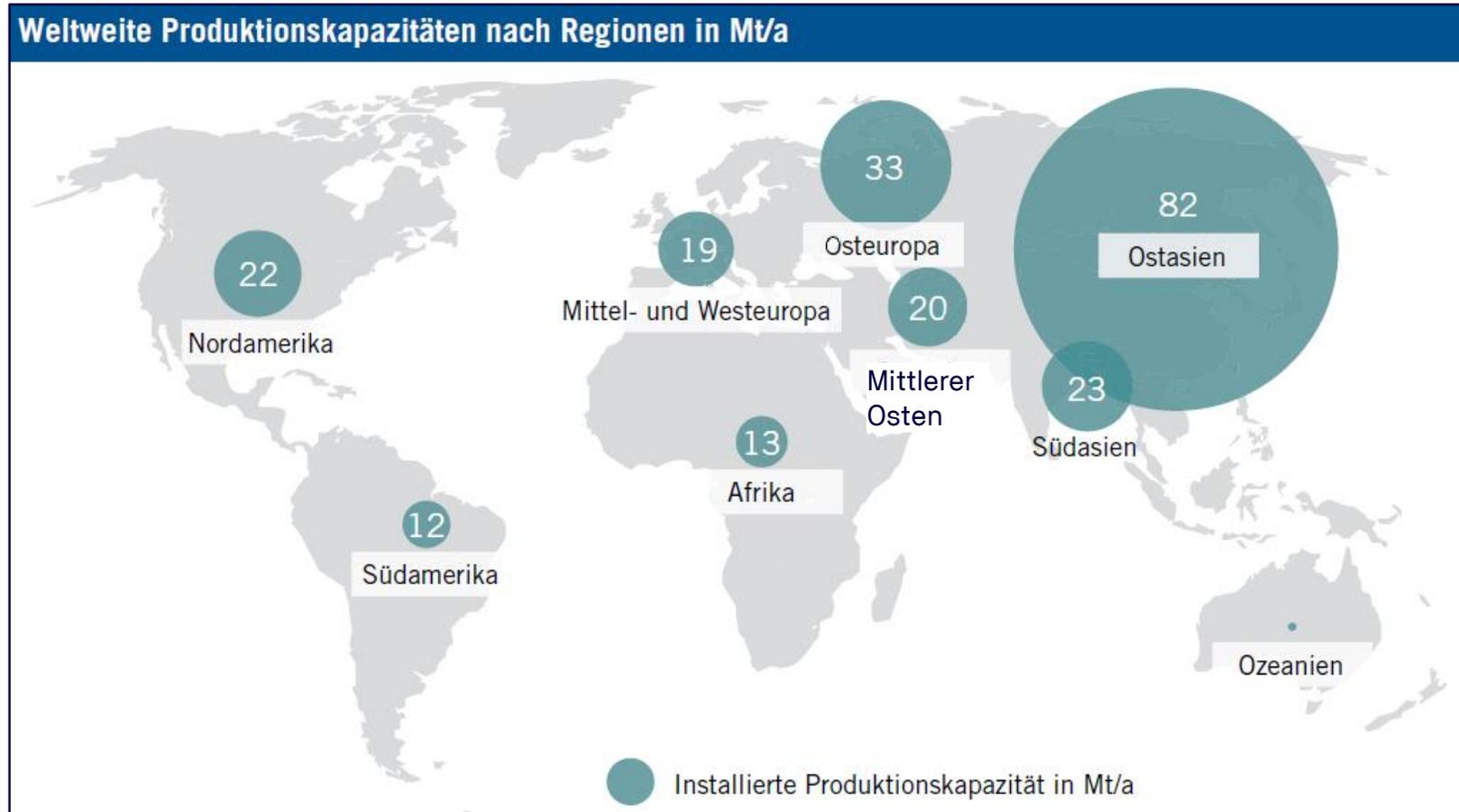
Ammoniak ist in dieser frühen Phase des Marktes für erneuerbaren H<sub>2</sub> die führende Transporttechnologie.

# Inhalt

1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak
2. Eigenschaften von Ammoniak
3. Wasserstoffderivate im Vergleich
- 4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak**
5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak
6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak
7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate
8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak
9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick



# 4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak – heute



Quelle: Reuß: Techno-ökonomische Analyse alternativer Wasserstoffinfrastruktur, 2019 [https://juser.fz-juelich.de/record/864486/files/Energie\\_Umwelt\\_467.pdf](https://juser.fz-juelich.de/record/864486/files/Energie_Umwelt_467.pdf)

# 4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak – zukünftig



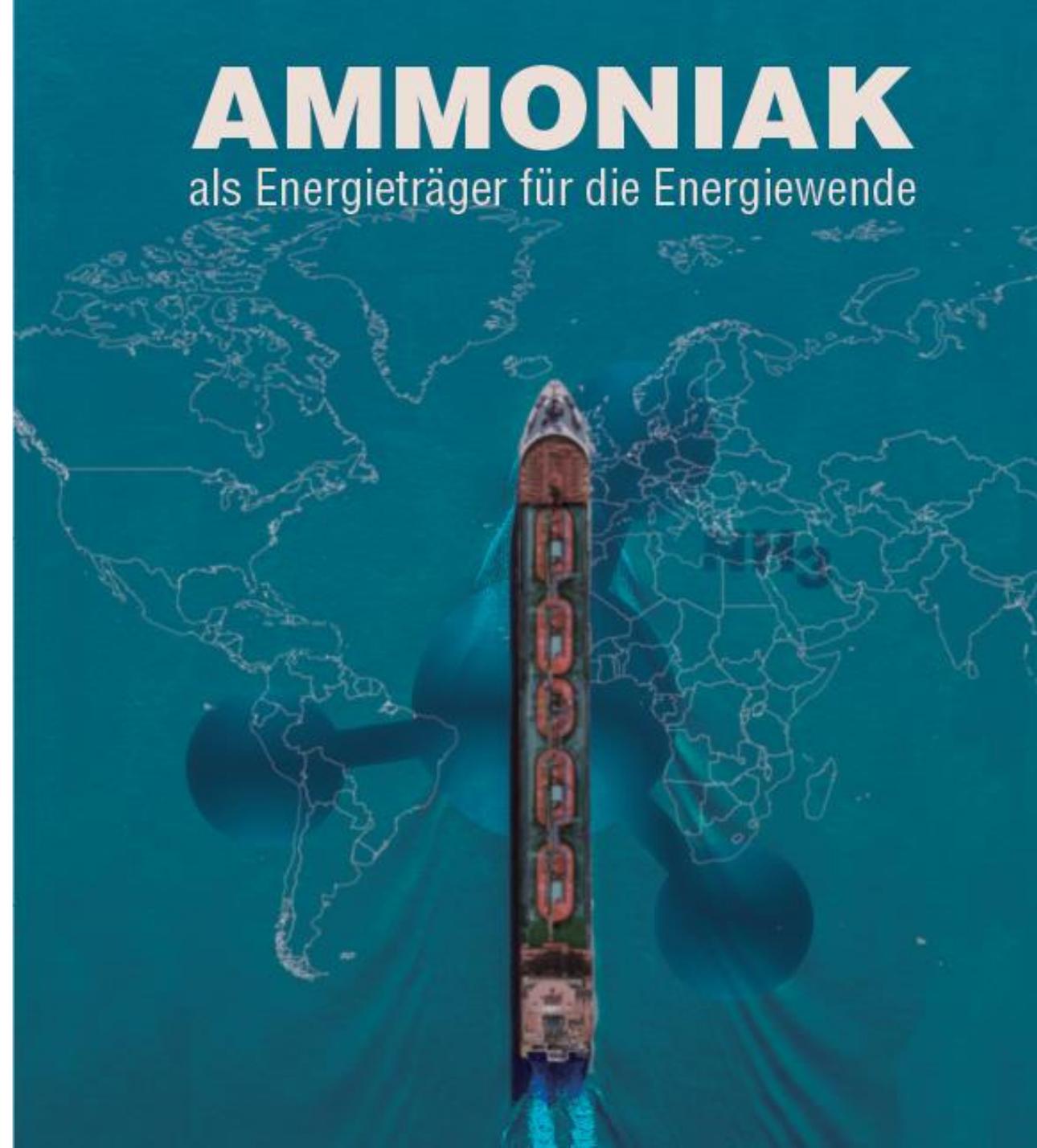
## 4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak – Produzenten und Abnehmer

- Zukünftige Produktionskosten von grünem **Ammoniak** hängen von Verfügbarkeit Erneuerbarer Energien ab
  - Regionen mit Überangebot an Erneuerbarer Energie sind potenzielle Exporteure
- Weitere Einflussfaktoren: **Demineralisiertes Wasser, Flächenverfügbarkeit, Lager- und Transportinfrastruktur**
- **Ammoniak-Export** ist gekoppelt an **Wasserstoff-Erzeugung**
  - Emissionsarme Alternative: Blauer **Wasserstoff**

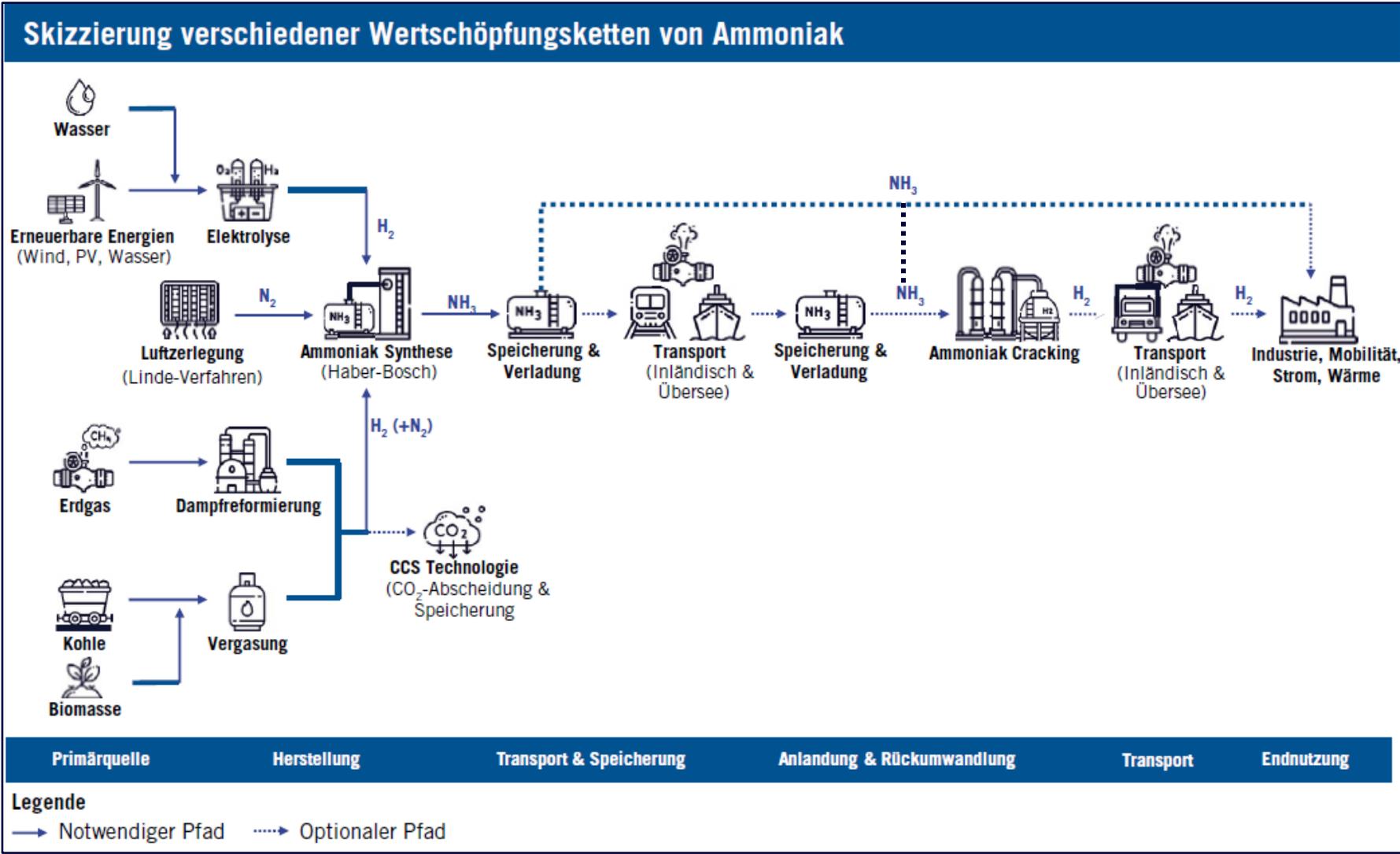
Potenzielle Importländer:  
Ammoniak als die am  
häufigsten gewählte  
Trägersubstanz für  
Wasserstoff

# Inhalt

1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak
2. Eigenschaften von Ammoniak
3. Wasserstoffderivate im Vergleich
4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak
- 5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak**
6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak
7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate
8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak
9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick



# 5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak





## 5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak – Herstellung, Transport, Speicherung und Verteilung

Europa wird auf Importe von erneuerbarem Wasserstoff angewiesen sein:

- Ammoniak hat technische Vorteile in der Verflüssigung und kann per **Schiff** eingeführt und per **Schiff, Schiene** und **Straße** verteilt werden.
- **Seehäfen** in Nordwesteuropa entwickeln **Importstrategien** für Derivate wie Ammoniak.
- **Umrüstung von LNG-Terminals** für Ammoniakimporte in Planung.
- Entwicklung einer **Cracking-Infrastruktur** und Ausbau von Wasserstofftransportnetzen.
- **Dezentrale Systeme** zur Rückumwandlung in Wasserstoff während des Markthochlaufs wichtig

# Inhalt

1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak
2. Eigenschaften von Ammoniak
3. Wasserstoffderivate im Vergleich
4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak
5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak
- 6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak**
7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate
8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak
9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick

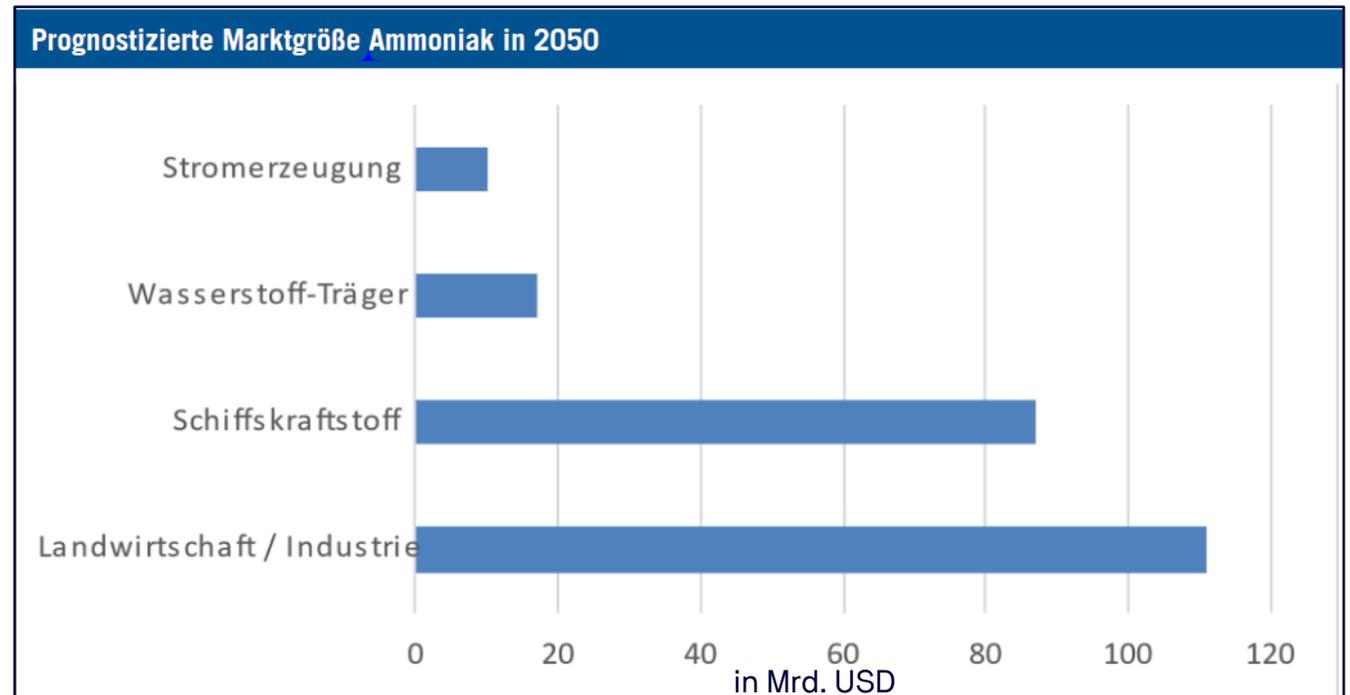
# AMMONIAK

als Energieträger für die Energiewende



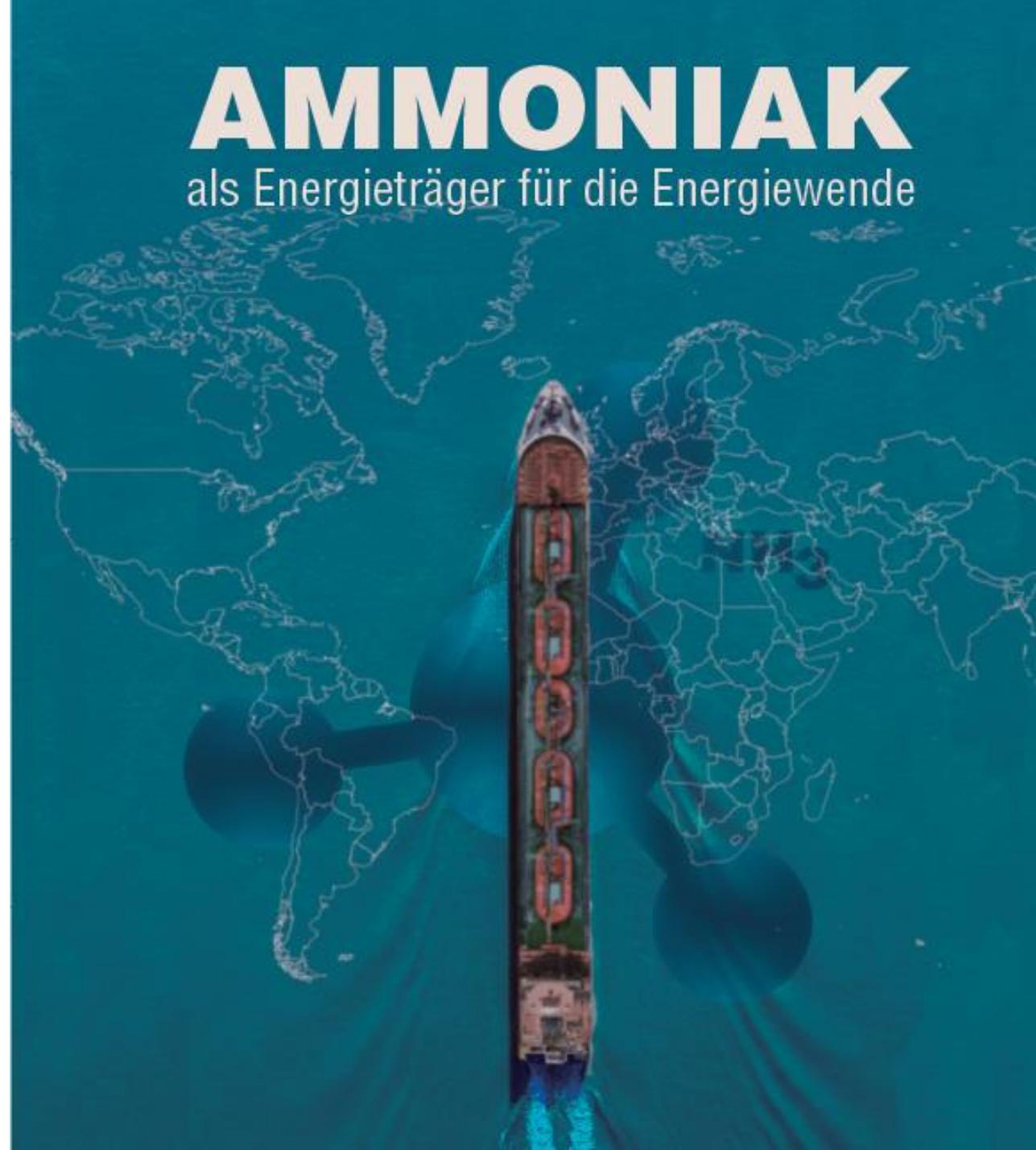
# 6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak

- Prognostizierte Marktgröße in 2050: **ca. 220 Mrd. USD bzw. 600 Mio. t/a**
- Düngemittel wird weiterhin das größte Anwendungsfeld von Ammoniak sein.
- Ammoniak als Schiffskraftstoff hat das Potenzial, den maritimen Verkehr zu dekarbonisieren.
- Neben dem Einsatz als Energieträger kann Ammoniak als Träger von Wasserstoff genutzt werden.
- Ammoniak kann auch als Brennstoff in Kraftwerken zur Stromerzeugung eingesetzt werden.

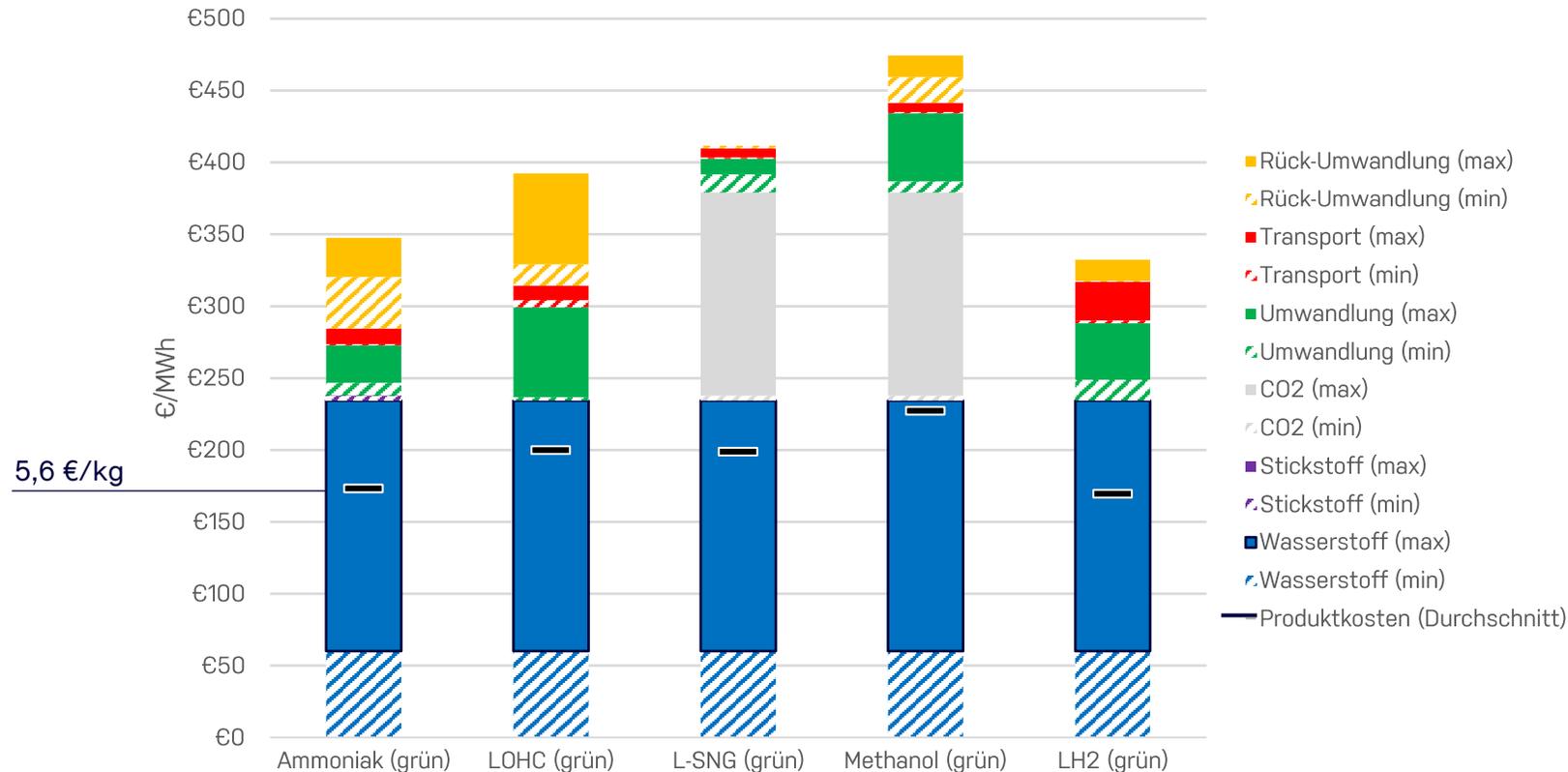


# Inhalt

1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak
2. Eigenschaften von Ammoniak
3. Wasserstoffderivate im Vergleich
4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak
5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak
6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak
- 7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate**
8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak
9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick



# 7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate



Die Gestehungskosten der Wasserstoffderivate spielen eine entscheidende Rolle für deren wirtschaftliche Rentabilität und zukünftige Marktentwicklung.

# Inhalt

1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak
2. Eigenschaften von Ammoniak
3. Wasserstoffderivate im Vergleich
4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak
5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak
6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak
7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate
- 8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak**
9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick

# AMMONIAK

als Energieträger für die Energiewende



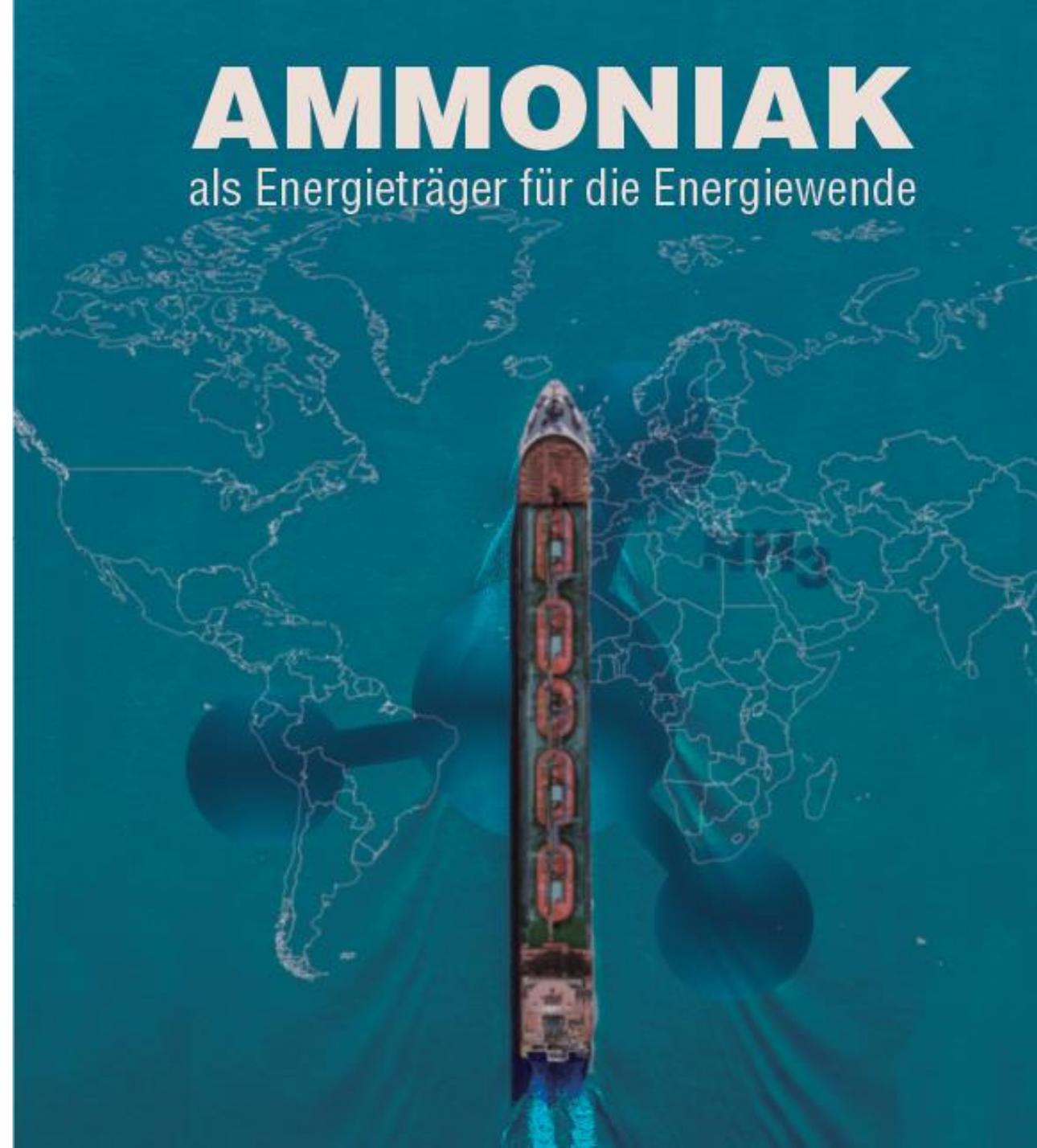
# 8. Rahmenbedingungen beim Markthochlauf

- **Ammoniak** ist giftig, aber der sichere Umgang kann durch **Sicherheitsmaßnahmen und Vorschriften** gewährleistet werden.
- Allerdings **fehlen** noch technische **Regelungen und Standards** für die sichere Verwendung von **Ammoniak** als Kraftstoff in der **Schifffahrt**.
- Die **RED II** der EU bietet eine **regulative Grundlage** für erneuerbaren **Wasserstoff** und fördert dessen Einsatz im Verkehrs- und Industriesektor.

Realisierungschancen der Wasserstoffderivate für den Aufbau einer Importinfrastruktur							
Wasserstoffderivat bzw. Stoff	Kriterium	Herstellung (Konditionierung)	Transport (Übersee)	Anlandung & Rückumwandlung	Transport (inländisch)	Sicherheitstechnik	Gesamtbewertung
Ammoniak	Umwelt/Mensch	▼	▼	▼	▼	▼	
	Technik	▲	▲	▬	▲	▲	
	Wirtschaftlichkeit	▲	▲	▬	▲	n. z.	
LOHC	Umwelt/Mensch	▼	▼	▼	▼	▬	
	Technik	▬	▲	▲	▲	▲	
	Wirtschaftlichkeit	▲	▬	▬	▬	n. z.	
L-SNG	Umwelt/Mensch	▬	▬	▬	▬	▬	
	Technik	▲	▲	▬	▲	▲	
	Wirtschaftlichkeit	▬	▬	▼	▲	n. z.	
Methanol	Umwelt/Mensch	▼	▼	▼	▼	▼	
	Technik	▲	▲	▬	▲	▲	
	Wirtschaftlichkeit	▬	▬	▼	▬	n. z.	
LH <sub>2</sub>	Umwelt/Mensch	▲	▲	▲	▲	▬	
	Technik	▲	▬	▲	▲	▬	
	Wirtschaftlichkeit	▲	▼	▲	▬	n. z.	
Bewertung		Hoch ▲	Mittel ▬	Niedrig ▼	n. z. Nicht zutreffend		

# Inhalt

1. Kurzstudie zum Energieträger Ammoniak
2. Eigenschaften von Ammoniak
3. Wasserstoffderivate im Vergleich
4. Beschaffungsmärkte für Ammoniak
5. Wertschöpfungsketten von Ammoniak
6. Einsatzbereiche für grünen Ammoniak
7. Gestehungskosten der Wasserstoffderivate
8. Rahmenbedingungen beim Hochlauf von Ammoniak
- 9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick**





## 9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick

- Europa wird erneuerbaren Wasserstoff in erheblichen Mengen importieren müssen.
- Bereits heute wird Ammoniak in großen Mengen in der Düngemittelindustrie genutzt.
- Ammoniak ist mit langjährigen Erfahrungen behaftet und vorhandenen Infrastrukturen nutzbar.
- Zu den größten Risiken von Ammoniak als Energieträger gehören die Toxizität und das Risiko von Leckagen.

# 9. Kernaussagen der Studie auf einen Blick

- Ammoniak-Cracking falls Infrastrukturaufbau und Ammoniakeinsatz schwierig. Die Rückumwandlung durch Cracking ist zu skalieren.
- Die jährliche Wachstumsrate für grünes Ammoniak wird im Zeitraum von 2023 bis 2028 auf über 70 % geschätzt (aktuelles Marktvolumen von 0,3 Mrd. USD in 2023 steigt auf knapp 18 Mrd. USD in 2030).
- Internationale Partnerschaften müssen ausgebaut werden, um Synergien zu nutzen und Investitionsrisiken zu teilen.
- Soll der zügige Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland gelingen, ist Ammoniak Teil der Lösung. Ammoniak als **Treiber für internationale H2-Wirtschaft.**



Vielen Dank!



**Dr. Thomas Kattenstein**  
Managing Consultant  
Manager Competence Center  
Hydrogen

Wissenschaftspark,  
Munscheidstr. 14,  
45886 Gelsenkirchen, Germany

[kattenstein@energy-engineers.de](mailto:kattenstein@energy-engineers.de)  
Mobile: +49 173 251 273 9



**Michael Baranowski**  
H2 Import/Export Lead  
HydroHub

Große Bahnstr. 31  
22525 Hamburg, Germany

[baranowski@energy-engineers.de](mailto:baranowski@energy-engineers.de)  
Mobil: +49 (0)160 888 2355



**Anastasios Vlassis**  
Clean Energy Solutions  
Sektorkopplung  
TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG

Am TÜV 1  
30519 Hannover, Germany

[avlassis@tuev-nord.de](mailto:avlassis@tuev-nord.de)  
Mobile: +49 (0)160 8885850

