

# Wasserstoff in der industriellen Transformation der europäischen Ammoniakproduktion

Luisa López, Eghe Herrmann, Dr. Florian Ausfelder



# Allgemeine Aspekte der Studie

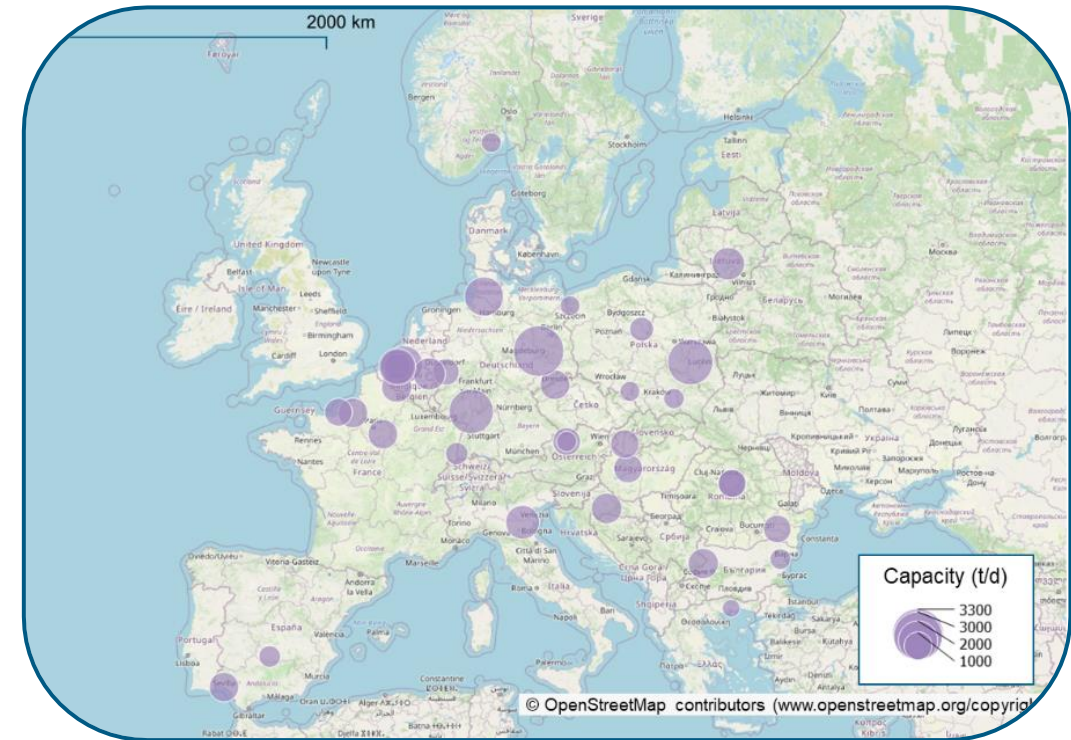
- Vergleich verschiedener technologischer Optionen für die Ammoniakproduktion
- Zeitrahmen: 2020 – 2050 ► Fokus auf 2030
- Systemgrenzen: Wasserstoff- und Ammoniakherstellung
- Eigenschaften der Anlagen: “durchschnittliche europäische Ammoniakanlage”
- Bewertete Aspekte:
  - Energieverbrauch
  - Spezifische Produktionskosten
  - CO<sub>2</sub>-Emissionen

Scope 1 Direkt, aus dem Produktionsprozess

Scope 2 Indirekt, aus dem Stromverbrauch

Scope 3 Alle anderen indirekten Emissionen

Außerhalb der Grenzen der Studie



- CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenzial für zwei Szenarien
- Regionen: Süd-, Nord-, West- und Mitteleuropa

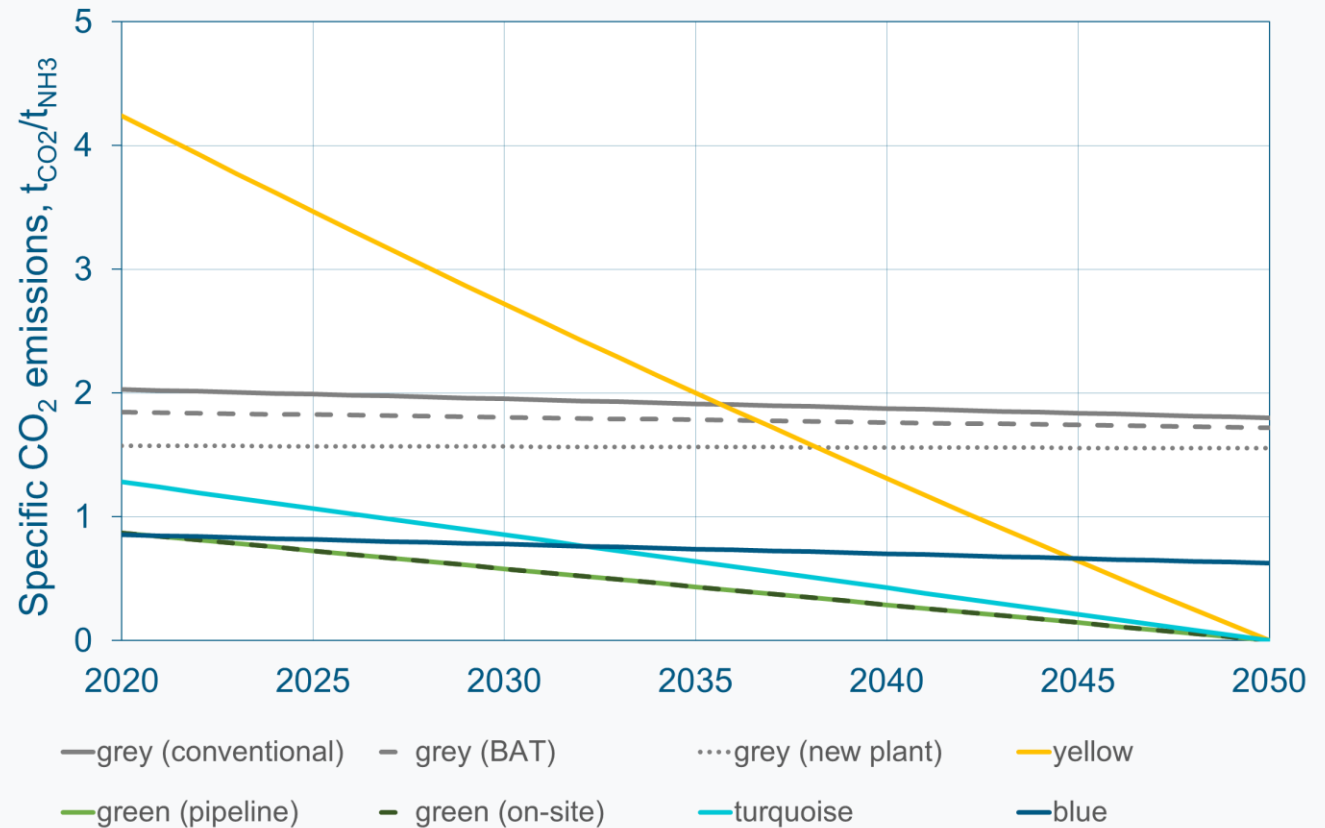


# Wasserstoff-Farbschema

Grau	Aus dem konventionellen Produktionsverfahren (SMR) mit Erdgas	
Grün	Aus der Wasserelektrolyse mit ausschließlich erneuerbarem Strom für die Herstellung	
Gelb	Aus der Wasserelektrolyse unter Verwendung des derzeit verfügbaren Strommixes des Netzes	
Blau	Aus dem konventionellen Produktionsverfahren (SMR) mit Erdgas kombiniert mit <i>Carbon Capture and Storage (CCS)</i>	
Türkis	Aus der Methanpyrolyse	



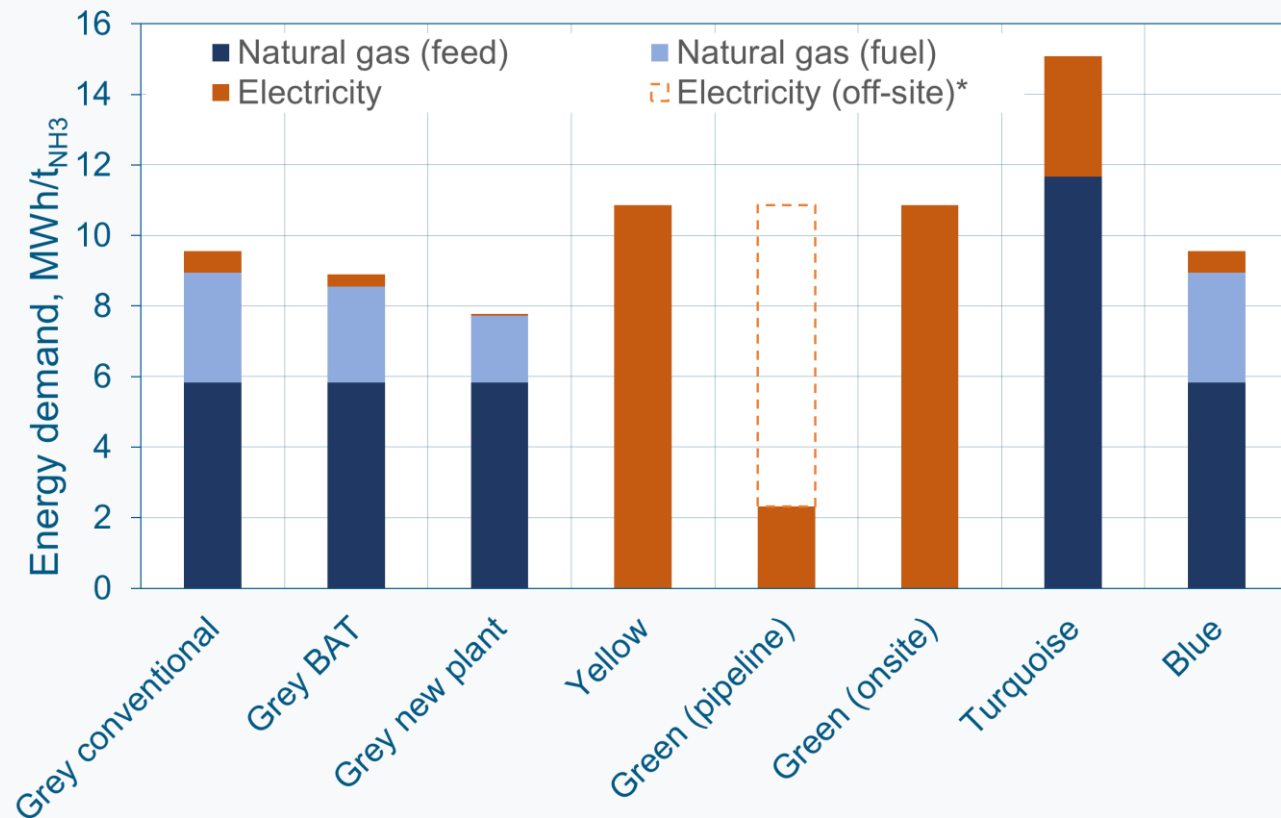
- **Grau:** Emissionen gehen im Laufe der Zeit leicht zurück
- **Andere SMR Technologien:** weniger Emissionen, höhere Effizienz
- **Blau:** weniger als die halben Emissionen im Vergleich zu grauem Ammoniak
- **Gelb:** stark abhängig von der Emissionsintensität des Netzes
- **Grün:** keine Prozessemissionen, außer aus dem Stromverbrauch
- **Türkis:** keine Prozessemissionen, außer aus dem Stromverbrauch



Nur direkte Emissionen (Scope 1 und 2)  
Die Emissionen basieren nicht auf einer LCA

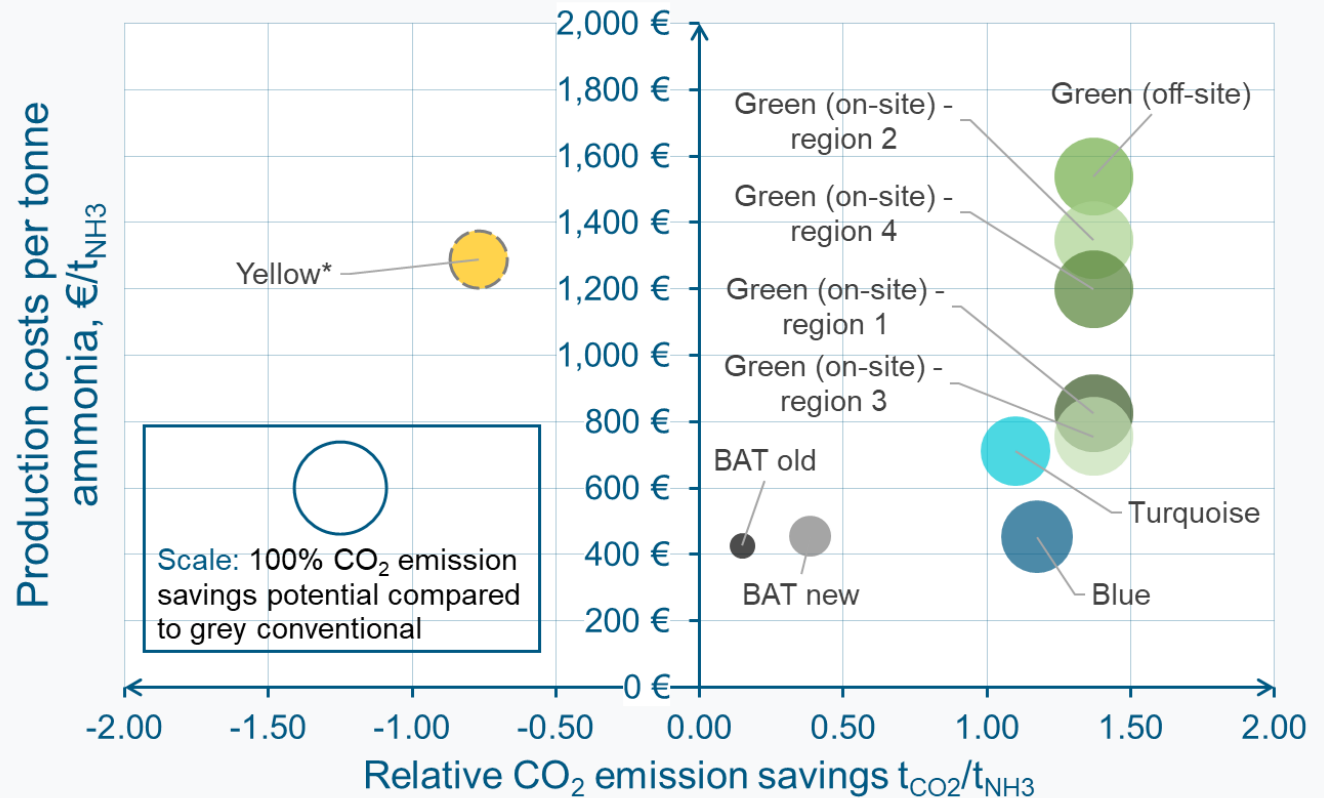


- **Grau:** 9,5 MWh/tNH<sub>3</sub>, Erdgas trägt am meisten dazu bei
- **Andere SMR Technologien:** weniger Energieverbrauch
- **Blau:** dieselbe Energiemenge wie beim SMR.
- **Gelb und Grün (onsite):** gleiche Mengen an Strom
- **Grün (offsite):** Strom für die Elektrolyse außerhalb der Systemgrenzen
- **Türkis:** doppelt so viel Erdgasverbrauch im Vergleich zum konventionellen Prozess





- Jahr: 2030
- Das größte Reduktionspotenzial wird mit **grünem Ammoniak** erreicht (70%)
- **Blaues und türkisfarbenes Ammoniak** sind ebenfalls gute Optionen (60% und 56% Reduktionspotenzial) mit niedrigeren Produktionskosten
- **Alte und neue BAT-Anlagen** bieten ein Reduktionspotenzial von 8% bzw. 20%
- **Gelbes Ammoniak** (39% mehr Emissionen) ► nur an Standorten mit niedrigen Netzemissionsfaktoren

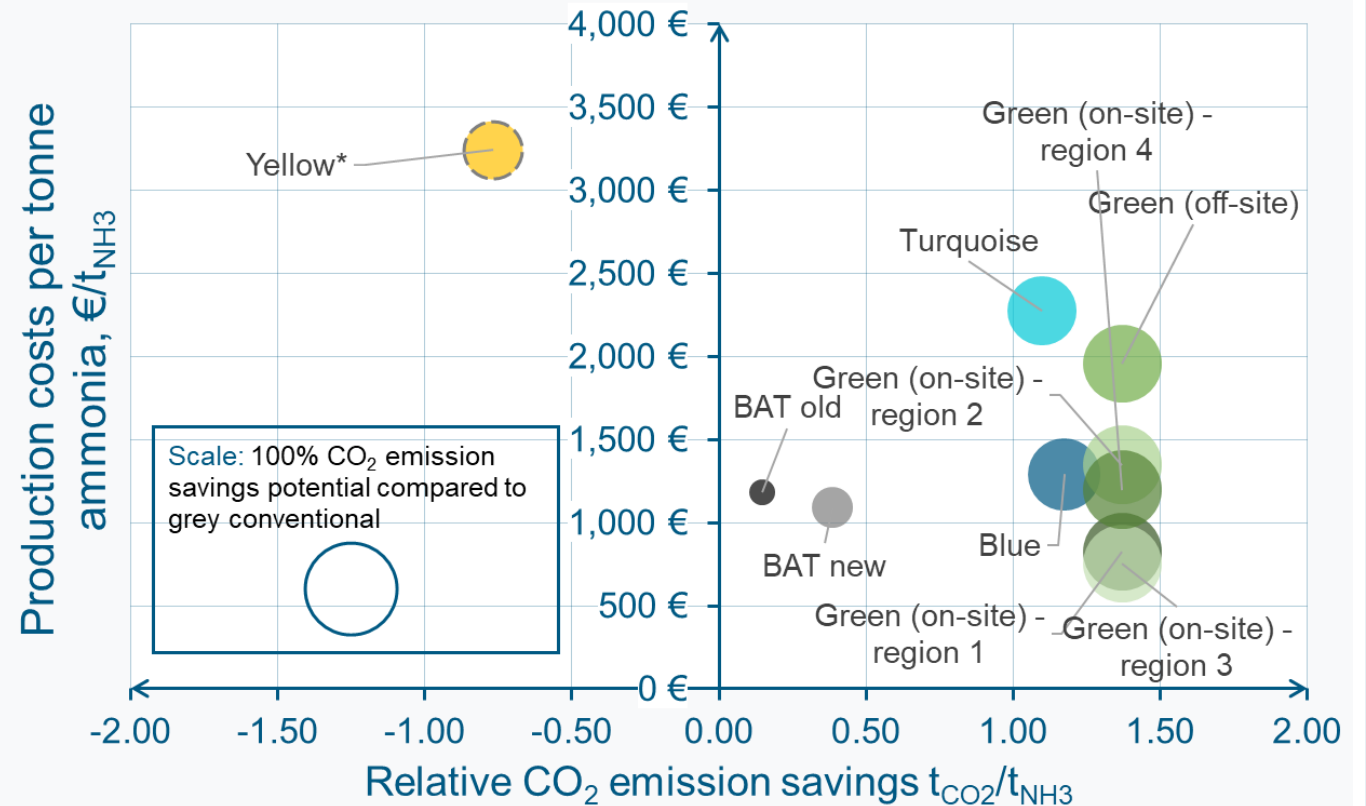


→ Die Kosten wurden mit Preisen aus dem Jahr 2021 berechnet

	Einheit	2020	2030	2040	2050
Strompreis (Netz)	€/MWh	70 €	70 €	70 €	70 €
Erdgaspreis	€/MWh	19 €	19 €	19 €	19 €



Mit Preisen von 2022 werden die grünen Optionen wettbewerbsfähiger



	Einheit	2020	2030	2040	2050
Strompreis (Netz)	€/MWh	218 €	250 €	300 €	350 €
Erdgaspreis	€/MWh	100 €	100 €	100 €	100 €



# Infrastruktur: Anforderungen an Pipelines und Stromübertragung

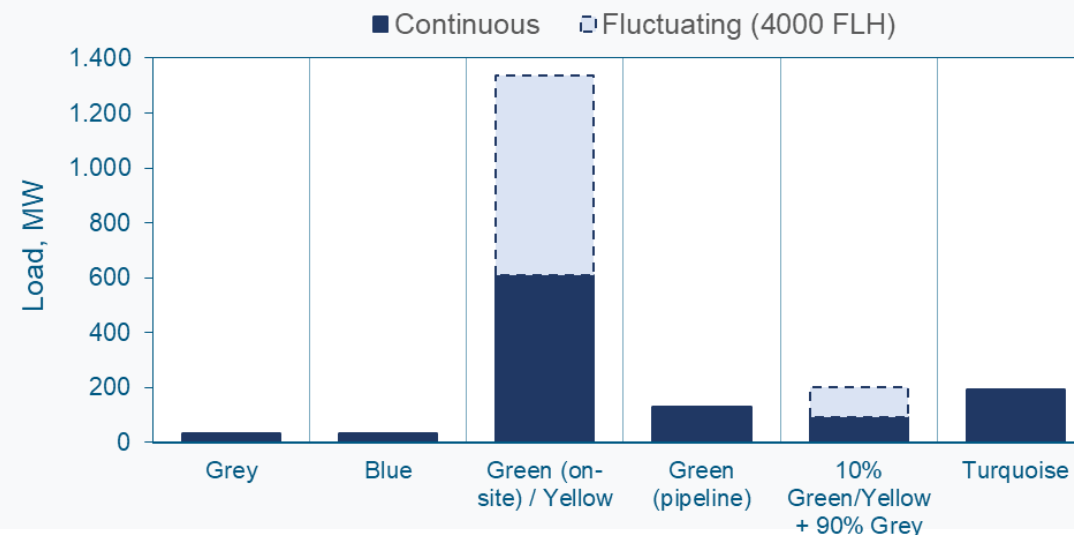
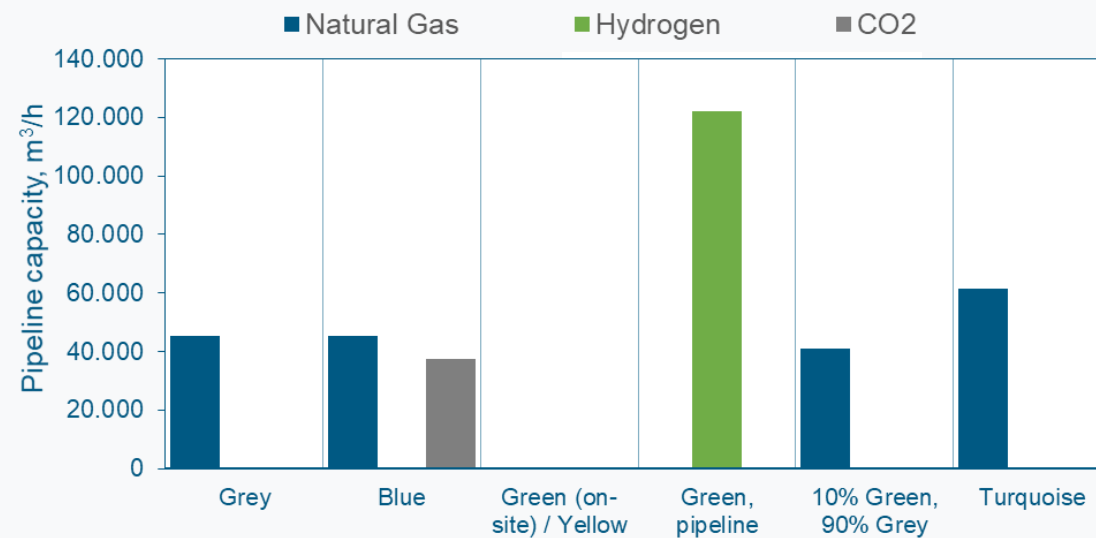
“Durchschnittliche europäische Ammoniakanlage” – 500.000 t<sub>NH3</sub>/a Kapazität

Vergleich der Technologieoptionen mit dem konventionellen Verfahren:

Grau: 45.000 m<sup>3</sup>/h EG-Pipeline und 34 MW elektrische Leistung

- Blau: CO<sub>2</sub>-Pipeline benötigt (0,8-fache der Erdgas-Pipeline)
- Grün (offsite): H<sub>2</sub>-Pipeline 2,7-mal größer als Erdgas-Pipeline und elektrische Leistung 4-mal höher
- Grün (onsite) und Gelb: elektrische Leistung 18- bis 39-mal höher
- Türkis: Erdgas-Pipeline 1,3-mal größer und elektrische Leistung 6-mal höher

→ Die Entwicklung der Infrastruktur ist entscheidend für die Anpassung der Ammoniakproduktion an neue Technologien



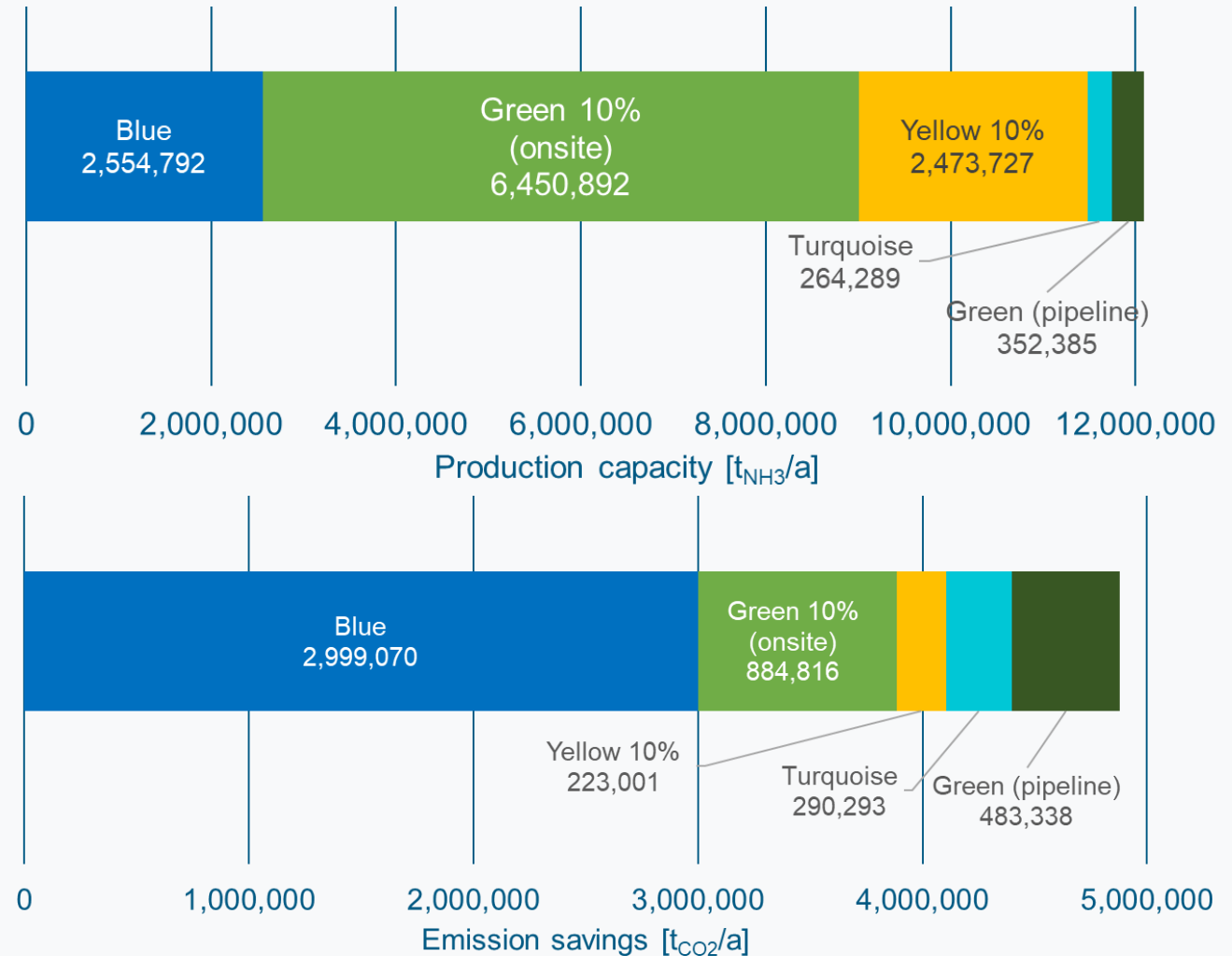


# Gesamteinsparungspotenzial 2030 – Best-case Szenario

- Gesamtproduktion 13,2 Mt<sub>NH<sub>3</sub></sub>/a
- Großer Beitrag von blauem Ammoniak
- Die Anwendung von 10% grünem Ammoniak bringt Vorteile
- Der Beitrag von gelbem Ammoniak hängt vom Produktionsstandort ab
- Türkisfarbener Beitrag hängt von Verfügbarkeit ab
- Die Kosten für grünes Ammoniak sollten gesenkt werden

## Gesamtes Vermeidungspotenzial

Base-case Szenario	13%
Best-case Szenario	19%



# Schlussfolgerungen

- Graues Ammoniak (konventionell): Die Kosten werden aufgrund der steigenden CO<sub>2</sub>- und Erdgaspreise steigen
  - Blaues Ammoniak: spielt eine Rolle als Übergangslösung für die Ammoniakproduktion. Hohe Emissionseinsparungen und vergleichsweise geringere Kosten als bei anderen Technologien
  - Gelbes Ammoniak: ist nur an Standorten mit niedrigem Netzemissionsfaktor ratsam
  - Grünes Ammoniak: beste Option zur Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, erfordert jedoch einen niedrigeren Preis und die Verfügbarkeit von grünem Strom
  - Türkisfarbener Ammoniak: stellt eine gute Möglichkeit zur Emissionsreduzierung dar, hängt aber von der technologischen Reife ab
  - Die am besten geeignete Technologie hängt stark von Standort und Ressourcen ab
  - Gesamtes CO<sub>2</sub>-Einsparungspotenzial beträgt 14 -20% bis 2030.
  - Die Entwicklung der Infrastruktur ist entscheidend für die Anpassung der Ammoniakproduktion an neue Technologien
- Die Wettbewerbsfähigkeit der Technologien hängt stark von den (schwankenden) Preisen für Erdgas, Strom und CO<sub>2</sub> ab

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Luisa López

Tel. +49 69 7564-495

Email: [luisa.lopez@dechema.de](mailto:luisa.lopez@dechema.de)

DECHEMA e.V.

Theodor-Heuss-Allee 25

60486 Frankfurt am Main