



Stiftung
Klimaneutralität

Wirtschaftliche Effekte einer Quote für grünes Ammoniak in der Düngemittelproduktion

Fachliche Analyse:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität

Berlin, September 2025

Herausgeber und Auftraggeber:

Stiftung Denkfabrik Klimaneutralität gGmbH
Friedrichstr. 155
10117 Berlin

Fachliche Analyse:

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin

Projektleitung:

Sebastian Helgenberger, Sören Borghardt

Autorinnen und Autoren:

Friederike Altgelt, John Kox, Joshua Reichert,
Sinja Rostalski, Jérôme Seibert

www.stiftung-klima.de

www.dena.de

Diese Analyse wurde von der dena im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität erstellt.

Die Berechnungen basieren auf gemeinsam mit dem Auftraggeber festgelegten Annahmen und Parametern. Die Auswertung und Interpretation der Daten erfolgte in enger Abstimmung mit dem Auftraggeber und spiegelt den gemeinsamen Standpunkt zum Zeitpunkt der Erstellung wider.

Überblick

1. **Einführung und Kernergebnisse**
2. **Wasserstoff- und Ammoniakproduktion**
 - Grüne und fossile Bereitstellungsrouten
 - Transportwege
3. **Düngemittelproduktion**
4. **Ökonomische Effekte einer Quote für grünes Ammoniak**
 - Ausgestaltung der Quote und Pönale
 - Ökonomische Effekte in der Landwirtschaft
 - Beitrag zu THG-Einsparungen und REDIII-RFNBO-Industriequote
5. **Quellen**



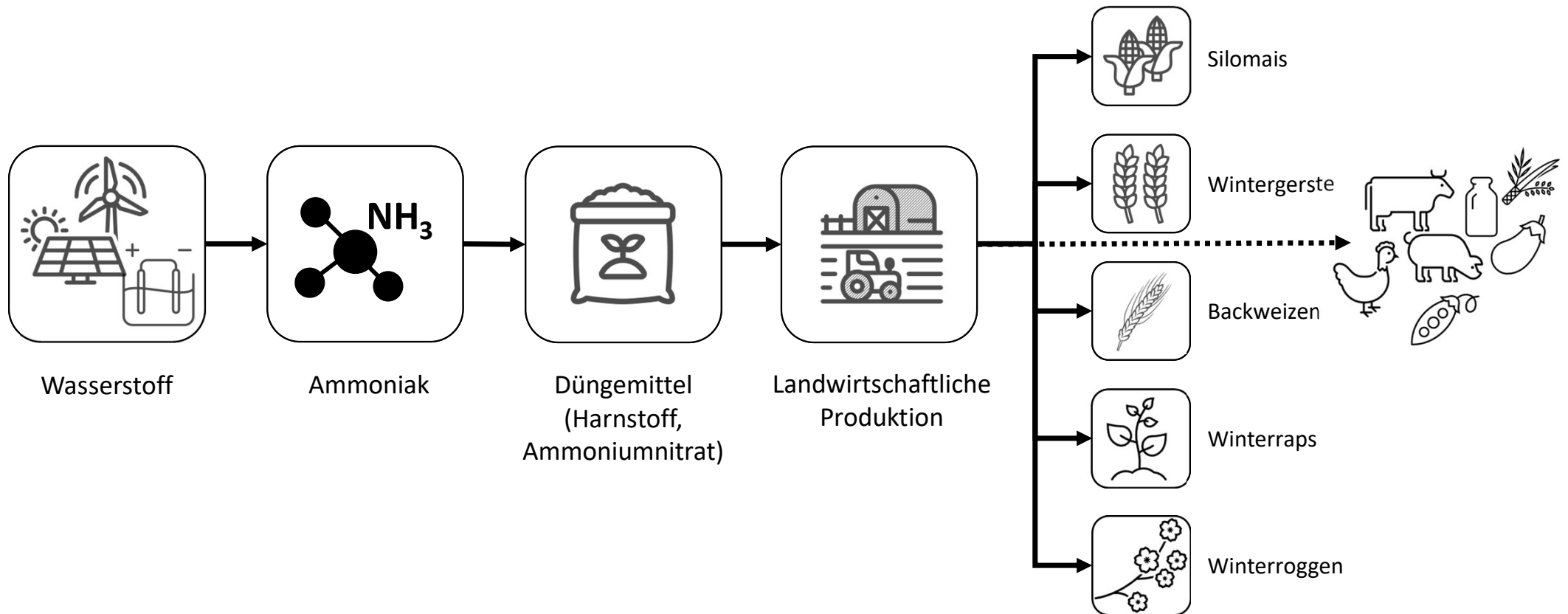
1.1 Einführung

Die Analyse betrachtet die ökonomischen Auswirkungen der Einführung einer Quote für grünes Ammoniak zur Produktion von Stickstoffdüngemitteln entlang der Wertschöpfungskette (Wasserstoffproduktion bis hin zu landwirtschaftlichen Erzeugnissen). Dazu wird die grüne Produktion in verschiedenen Produktionsländern mit einem fossilen Referenzszenario verglichen.

Die Analyse vergleicht die Auswirkungen der Quoteneinführung mit einer vollständig fossilen Düngemittelproduktion

- **Die Einführung einer Quote für grünes Ammoniak** zur Produktion von Stickstoffdüngemitteln kann **als Leitmarkt- und Nachfrageinstrument** zur Ermöglichung **notwendiger Investitionen** dienen.
 - Der Düngemittelsektor als zentraler Produzent und Abnehmer von Ammoniak ist ein wichtiger potenzieller Leitmarkt für grünen Wasserstoff und grünes Ammoniak als Wasserstoffderivat.
 - Der durch eine Quote graduell ansteigende Einsatz von grünem Ammoniak für die Produktion von Stickstoffdüngemitteln kann die Transformation der Chemieindustrie und Landwirtschaft unterstützen - und würde Nachfragesicherheit für den Wasserstoffmarkthochlauf schaffen.
- Die **Wettbewerbsfähigkeit fossiler Produktionsrouten wird relativ betrachtet zu heute sinken**, wenn Erdgas- und CO₂-Preise steigen.
 - Kostenlose ETS-Zertifikate für Düngemittelproduzenten vermindern Investitionsanreize in grüne Produktionslinien und eine klimaneutrale Transformation bis 2039 (letzte Zuteilung EU-ETS1-Zertifikate).
 - Aufgrund langer Investitionszyklen muss die mit Investitionen hinterlegte notwendige Umstellung von Produktionsverfahren zeitnah erfolgen. Die Einführung einer Quote für grünes Ammoniak kann ein ergänzendes Instrument zur Gestaltung dieses Übergangszeitraumes darstellen.

Die ökonomischen Effekte einer Quote erstrecken sich über die gesamte Wertschöpfungskette



Drei Standorte für die grüne Produktion dienen dem exemplarischen Vergleich mit einem fossilen Referenzszenario (1/2)

1 Fossile Produktion in Deutschland



2 Grüne Produktion in Deutschland



3 Grüne Produktion, inner-europäischer Import (Spanien, H₂)



4 Grüne Produktion, außer-europäischer Import (Namibia, NH₃)



- Die fossile Route des Referenzszenarios "*Fossile Route (DEU)*" wird ausschließlich für die heimische Produktion in Deutschland berechnet.
- Zum wirtschaftlichen Vergleich verschiedener Bereitstellungsrouten für grünes Ammoniak in Deutschland werden betrachtet:
 - Produktion von Wasserstoff und Ammoniak in **Deutschland** ("*Grüne Route (DEU)*"),
 - Innereuropäischer Import von Wasserstoff am Beispiel **Spaniens** zur Produktion von Ammoniak in Deutschland ("*Grüne Route (ESP)*"), sowie
 - Außereuropäischer Import von Ammoniak nach Deutschland am Beispiel **Namibias** ("*Grüne Route (NAM)*").

Drei Standorte für die grüne Produktion dienen dem exemplarischen Vergleich mit einem fossilen Referenzszenario (2/2)

1 Fossile Produktion in Deutschland



2 Grüne Produktion in Deutschland



3 Grüne Produktion, inner-europäischer Import (Spanien, H₂)



4 Grüne Produktion, außer-europäischer Import (Namibia, NH₃)



- Zur Betrachtung der Kostenauswirkungen in den unterschiedlichen Wertschöpfungsstufen wird davon ausgegangen, dass Mehrkosten entlang der Wertschöpfungskette weitergereicht werden.
- Die grünen Produktionsrouten basieren auf Herstellung und Einsatz von RFNBO-konformem Ammoniak* für die Düngemittelproduktion.
- Spanien und Namibia wurden aufgrund ihrer vielversprechenden Produktionsbedingungen für grünen Wasserstoff bzw. grünes Ammoniak als exemplarische Betrachtungsfälle ausgewählt.

*entsprechend der EU-Kriterien für die Produktion von erneuerbaren Kraftstoffen nicht biogenen Ursprungs gem. den Delegierten Verordnungen (EU) 2023/1184 und (EU) 2023/1185 8

Die getroffenen Annahmen für die Kostenberechnungen orientieren sich am deutschen Klimaneutralitätsziel 2045

Kategorie	Deutschland	Spanien	Namibia	Angelehnt an
EE-Strombezugskosten für die Elektrolyse	7 ct/kWh	5,5 ct/kWh	3 ct/kWh	<i>Strategic Energy Europe (2025), Montel (2023), Montel (2024), Veyt (2024), Synertics (2025), Aurora Energy Research (2025)</i>
Volllaststunden (FLH) (Elektrolyseure)	4.000 FLH	4.500 FLH	6.000 FLH	<i>Experteneinschätzung und –interviews sowie BNEF (2023), MIBGAS (2025)</i>
Capital Expenditure (CAPEX) (Elektrolyseure)	Kostensenkungen im Jahresverlauf werden für DEU, ESP und NAM angenommen. Die Werte sinken linear von 1.625 €/kW (2030) auf 750 €/kW (2035) ab. Ab 2035 bleiben die Kosten konstant.			<i>European Commission (2024), Barnard (2025)</i>
Finanzierungskosten (Weighted Cost of Capital, WACC)	8 %	9 %	10 %	<i>KPMG (2024), World Bank (2025)</i>

Die zentralen Annahmen wurden von der dena in Absprache mit dem Auftraggeber unter Berücksichtigung einschlägiger Literatur und Experteneinschätzungen getroffen. Ergänzende Erläuterungen und Quellenangaben finden sich im zugehörigen Begleitdokument.

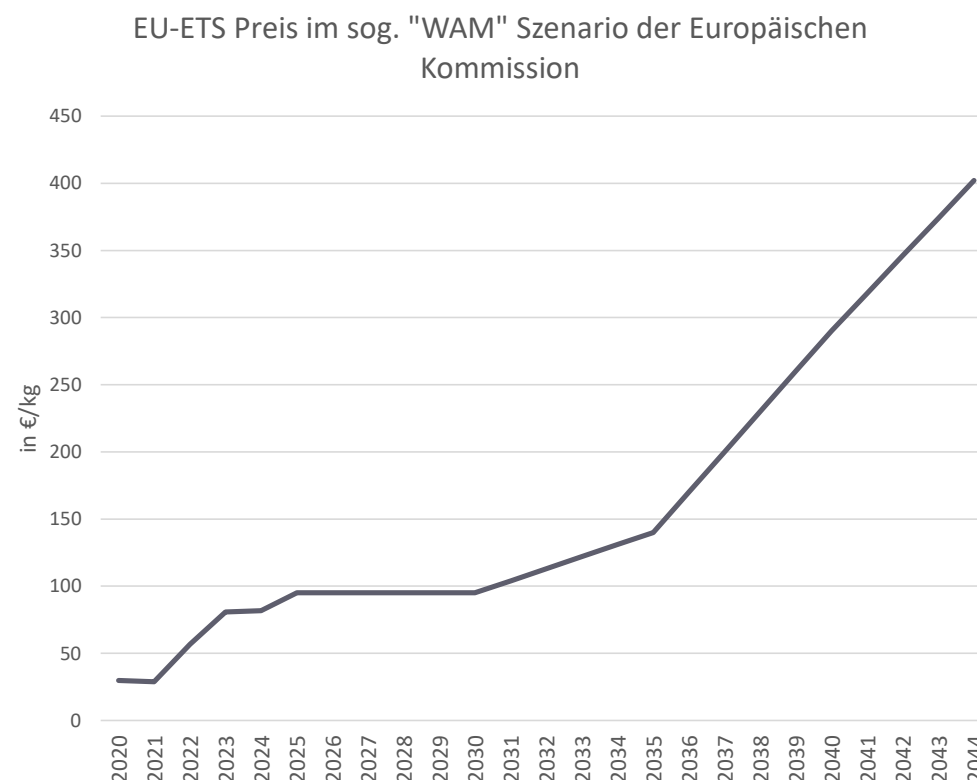
Die Analyse nimmt an, dass Begleitmaßnahmen wie staatliche Bürgschaften und Abnahmemechanismen existieren

Kategorie	Deutschland	Spanien	Namibia	Angelehnt an
Beschaffungskosten für CO₂	Beschaffungskosten für CO₂ für die stoffliche Verwendung liegen bei 50 €/t (fossil) und 100 €/t (grün).			<i>Lewis et al. (2022), Wollnik (2023), Wollnik et al. (2024), Fuss et al. (2018)</i>
Netzstromkosten	Netzstromkosten für NH ₃ - und Düngemittelproduktion in DEU können aus lizenzrechtlichen Gründen nicht angegeben werden.			<i>Aurora Energy Research (2025)</i>
EU-ETS Preise	EU-ETS Preise entsprechen dem „WAM - With additional measures“-Pfad der Europäischen Kommission (95 €/t CO ₂ in 2025 und 140 €/t CO ₂ in 2035). Für den Zeitraum von 2020 bis 2024 werden die historischen EU-ETS Preise den Berechnungen zugrunde gelegt.			<i>European Commission (2025)</i>
Gaspreise	Gaspreise entsprechen den historischen Werten bis 2020 und basieren im Folgenden auf den gemittelten Projektionen der Europäischen Kommission (rd. 3 ct/kWh).			<i>European Commission (2025)</i>
Laufzeit der Produktionsanlagen	Die Laufzeit der fossilen und grünen Anlagen zur Produktion von Ammoniak beträgt 25 Jahre. Bei der fossilen Anlage wird von einem Abschreibungszeitraum ab 2020 ausgegangen			<i>Experteneinschätzung und –interviews</i>

Ergänzende Erläuterungen und Quellenangaben zu den getroffenen Annahmen finden sich im zugehörigen Begleitdokument.

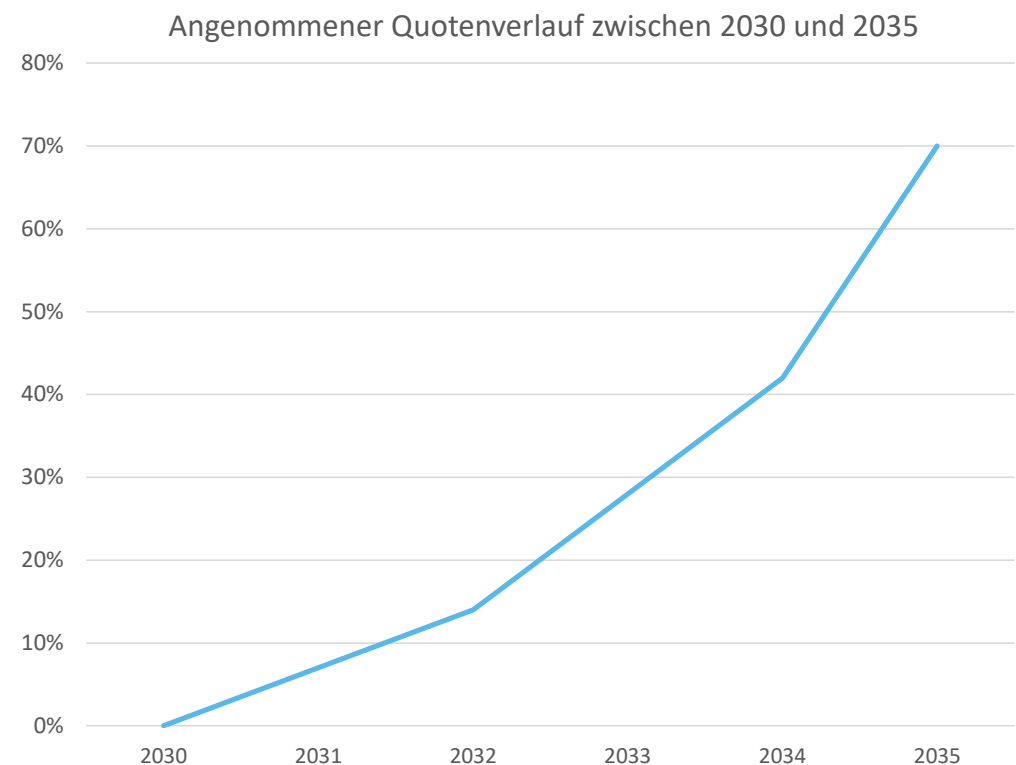
Die angenommenen EU-ETS Preise spiegeln das verbindlich festgelegte Ziel der Klimaneutralität wider

- Datengrundlage sind die **Empfehlungen der Europäischen Kommission zur harmonisierten Berichterstattung von THG-Projektionen**.
- Der Analyse liegt das fristgerechte **Erreichen der europäischen Klimaziele** zugrunde. Daher wird das sogenannte „With Additional Measures“ (WAM) Szenario für EU-ETS Projektionen verwendet.
- Viele andere EU-ETS Preisprognosen gehen abweichend davon von einem Verfehlen der deutschen und europäischen Klimaziele aus.



Die Untersuchung betrachtet die ökonomischen Effekte einer Quote für grüne Stickstoffdüngemittel in Deutschland

- Die untersuchte Quote verpflichtet (primär) **Inverkehrbringer von mineralischen ammoniakhaltigen Stickstoffdüngern** sowie subsidiär düngende Landwirte (zur Vermeidung von Umgehungen, mit De-minimis-Ausnahmen).
- Für die Untersuchung wird folgender **Quotenpfad** angenommen: Beginn 2031 bei 7% und Anstieg auf 70% im Jahr 2035.
- Gemäß einem Rechtsgutachten der Kanzlei Becker, Büttner, Held* ist eine solche **nationale Quote für Inverkehrbringer grundsätzlich rechtskonform** mit nationalem Recht, Europarecht und internationalem (WTO-) Recht.



Gestehungskosten machen die Wirtschaftlichkeit verschiedener Technologien und Standorte vergleichbar

Die **Gestehungskosten** (Levelised Cost of X, LCOX) setzen die **Kosten für die Errichtung und den jährlichen Betrieb der Anlagen ins Verhältnis zur Erzeugungsmenge über die gesamte Lebensdauer**.

Die LCOX berechnen sich anhand von

- Investitionen (I in €) und Betriebskosten (O in €)
- Produzierter Menge (M in t)
- Gewichteten durchschnittlichen Kapitalkosten (WACC in %)
- für das i -te Jahr in dem Gesamtzeitraum von N Jahren

LCOX werden für alle Ausgangsstoffe, Zwischenprodukte und finalen Stickstoffdüngemittel berechnet.

Für die Quotenerfüllung wird vom Einsatz aller bis zum jeweiligen Quotenjahr betriebenen Anlagen (Neuanlagen & Bestandsanlagen) ausgegangen, wodurch die mittleren Produktionskosten über den Produktionskosten einer im Quotenjahr in Betrieb gehenden Neuanlage liegen.

$$LCOX = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{I_i + O_i}{(1+WACC)^i}}{\sum_{i=1}^N \frac{M_{X,i}}{(1+WACC)^i}}$$

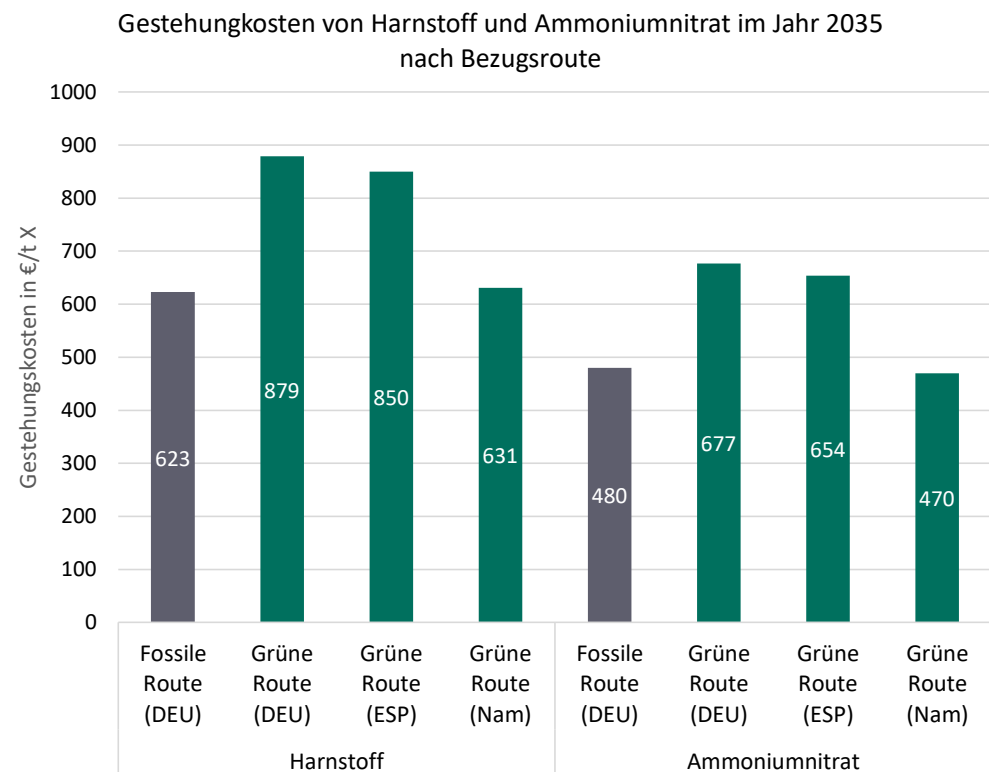


1.2 Kernergebnisse

Die untersuchte Quote kann eine gesicherte Abnahme für Wasserstoffprojekte sowie Planbarkeit für Düngemittelproduzenten und Landwirte schaffen. Der Import günstiger Vorprodukte kann Mehrkosten verringern. Begleitmaßnahmen wie Abnahme- und Garantieinstrumente sind jedoch notwendig.

Im Jahr 2035 könnte die Düngemittelproduktion mit grünem Ammoniak aus Namibia wettbewerbsfähig mit fossilen Düngemitteln sein

- Niedrige Stromkosten und hohe Volllaststunden ermöglichen niedrigere LCOH in Namibia.
- Der **Import von grünem NH_3 aus Namibia** mit anschließender Weiterverarbeitung zu Düngemitteln in Deutschland ist daher die **günstigste Route** für grünen Harnstoff und Ammoniumnitrat.
- Ab 2035 wird die Ammoniumnitratproduktion aus importiertem NH_3 aus Namibia aus neu errichteten Anlagen günstiger als die fossile Produktion in Deutschland.
- Zur Realisierung von internationalen grünen NH_3 -Importen werden **staatliche Begleitmaßnahmen** benötigt.

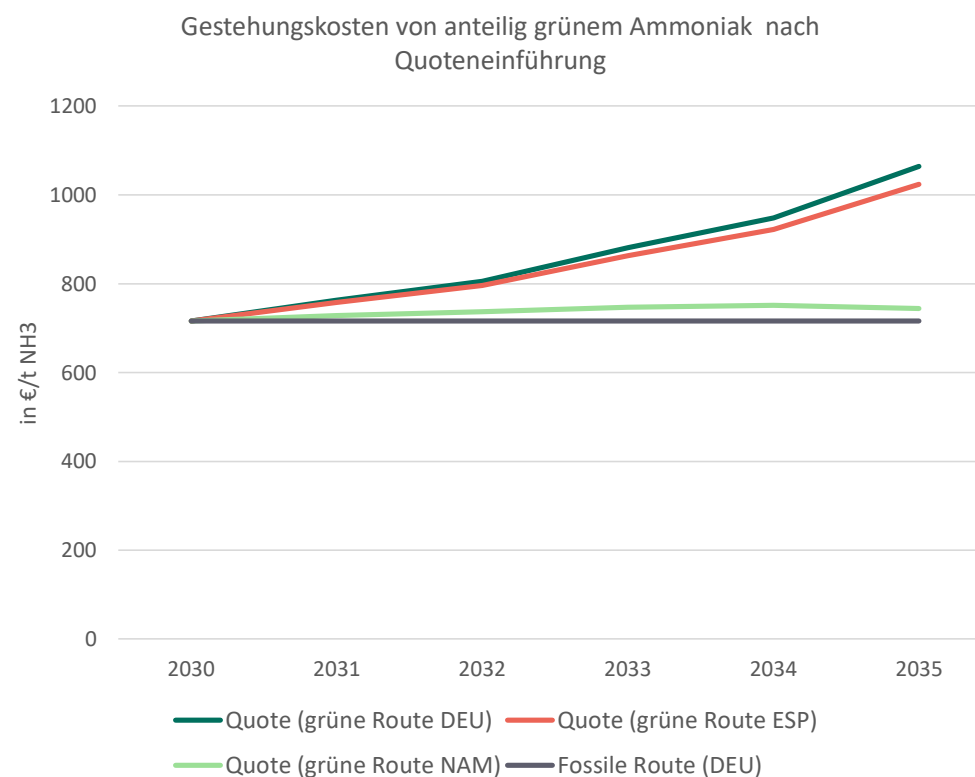


Günstigere Produktionskosten und höhere EU-ETS Preise können die Wettbewerbsfähigkeit grüner Düngemittel verbessern

- Der vorgesehene **Phase-Out-Pfad der freien Zertifikatezuteilung reicht nicht** aus, um zeitnah benötigte Investitionen in grüne Anlagen zu ermöglichen. Eine Quote für grünes Ammoniak für die Produktion von mineralischen N-Düngemitteln kann die alleinstehend nicht ausreichende Lenkungswirkung des EU-ETS auffangen und dafür sorgen, dass **Investitionen rechtzeitig** getätigt werden.
- Damit grünes Ammoniak bis 2035 wettbewerbsfähig wird, ist neben einem ansteigenden **CO₂-Preis** **Preispfad im EU-ETS auch die Implementierung zusätzlicher Maßnahmen** erforderlich, etwa durch Steuerung der Zertifikatsmengen im Rahmen der Marktstabilitätsreserve oder Anpassung der freien Allokation.

Mehrkosten durch eine Quoteneinführung können durch Importe von Vorprodukten reduziert werden

- Die höheren Gestehungskosten für grünes Ammoniak führen unabhängig von der Bezugsroute zu **höheren Kosten für Ammoniak bei Einführung einer Quote**.
- Dabei kann der **Import von Vorprodukten**, insbesondere von NH_3 aus Namibia, die **Kostendifferenz zu dem fossilen Niveau auf bis 30 €/t NH_3 reduzieren**.
- Die tatsächlichen Mehrkosten hängen dabei unter anderem von den angenommenen Importquoten an.

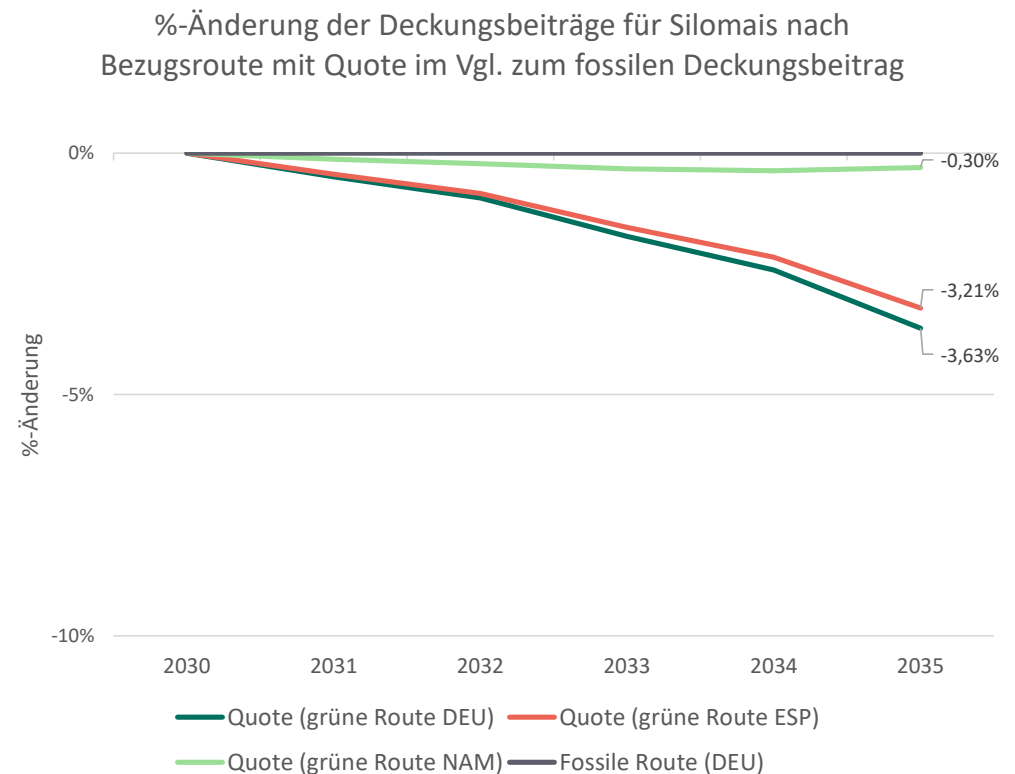


Die Quote kann einen maßgeblichen Beitrag zur Erfüllung des EU-RNFBO-Industrieziels leisten

- Rd. 70 % des für das EU-RNFBO-Industrieziel relevanten Wasserstoffbedarfs der deutschen Industrie stammt aktuell aus der Ammoniakherstellung (EWI, 2024).
- Bei konstant bleibendem industriellem H₂-Bedarf könnte durch die **Quote für grünes Ammoniak** in der Düngemittelproduktion **bis 2035** bis zu 58 % dieses Bedarfes durch RNFBO gedeckt werden. Somit würde ein **erheblicher Beitrag zur Erfüllung der EU-RNFBO-Industriequote (Art. 22a REDIII)** geleistet werden.
- Wird auf Grundlage der Langfristszenarien ein stark wachsender H₂-Bedarf der Industrie angenommen, liegt der Beitrag zur Erreichung der REDIII-Quote jedoch unter 10 %.

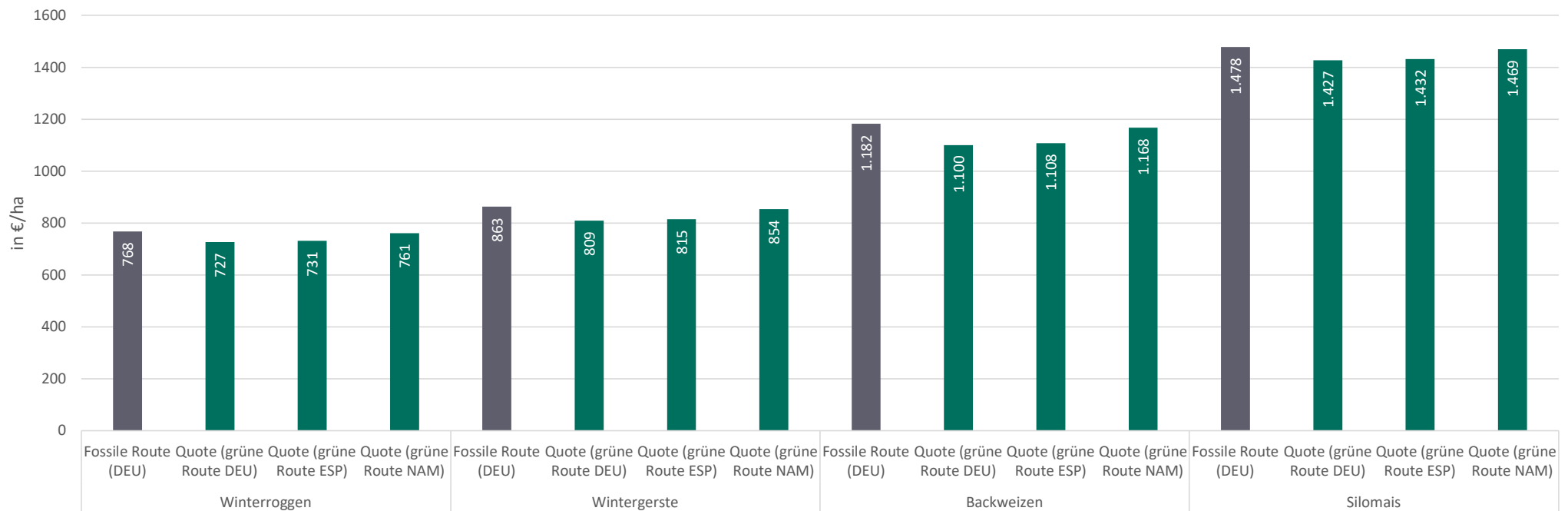
Die Einführung einer Quote würde zu leicht sinkenden Deckungsbeiträgen in der Landwirtschaft führen

- Mit der Berechnung von Deckungsbeiträgen lassen sich Kosteneffekte für die Landwirtschaft abschätzen.
- Unabhängig von der Kulturart wird eine Quote für grüne Düngemittel zu **leicht sinkenden Deckungsbeiträgen** führen. Das gezeigte Ergebnis von Silomais ist auf andere Kulturarten übertragbar.
- **Ohne Begleitmaßnahmen** zum Ausgleich von **Wettbewerbsnachteilen** ist die Weitergabe von Mehrkosten in der Landwirtschaft nur eingeschränkt möglich.
- Die Reduktion der Deckungsbeiträge fällt bei weniger lukrativen Kulturarten mehr ins Gewicht.



Je nach Kulturart und Bezugsroute des grünen Ammoniaks variiert der Effekt der Quote auf die Deckungsbeiträge

Deckungsbeiträge im Jahr 2035 für Harnstoff nach Bezugsroute und Kulturart mit 70% Grünquote



Regulatorische Maßnahmen und Förderinstrumente könnten dazu beitragen, die Kostenlücke zu verringern

Regulatorische Maßnahmen

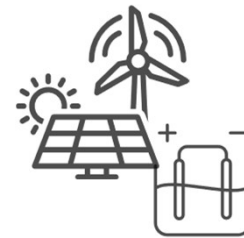
- Maßnahmen wie Netzentgelt-, Steuer- und Umlagenbefreiungen für Elektrolyseure können Strombezugskosten senken.
- Ermöglichung der **Ausweisung der Produktion von erneuerbarem/emissionsarmem Wasserstoff** auf Basis **stündlicher statt jährlicher Durchschnittswerte des EE-Anteils** kann Volllaststunden erhöhen.

Zur Realisierung von internationalen grünen NH_3 -Importen werden weitere staatliche Begleitmaßnahmen benötigt.

Förder- und Finanzierungsinstrumente

- Finanzierungskosten könnten durch **staatliche Garantien bzw. Bürgschaften** gegenüber Kreditinstituten gesenkt werden.
- Für den Import von erneuerbarem Wasserstoff und dessen Derivaten, inkl. NH_3 , ist **H2Global** aktuell das zentrale Förderinstrument der Bundesregierung.
- Denkbar sind weitere Förderinstrumente, z.B. zum Ausgleich der Mehrkosten bzw. der Differenz zwischen grünen Produktionskosten und erzieltm Erlös (**CfD-Mechanismus**).
- Für **systemdienliche Elektrolyseure** plant Deutschland ein dezidiertes Förderprogramm.

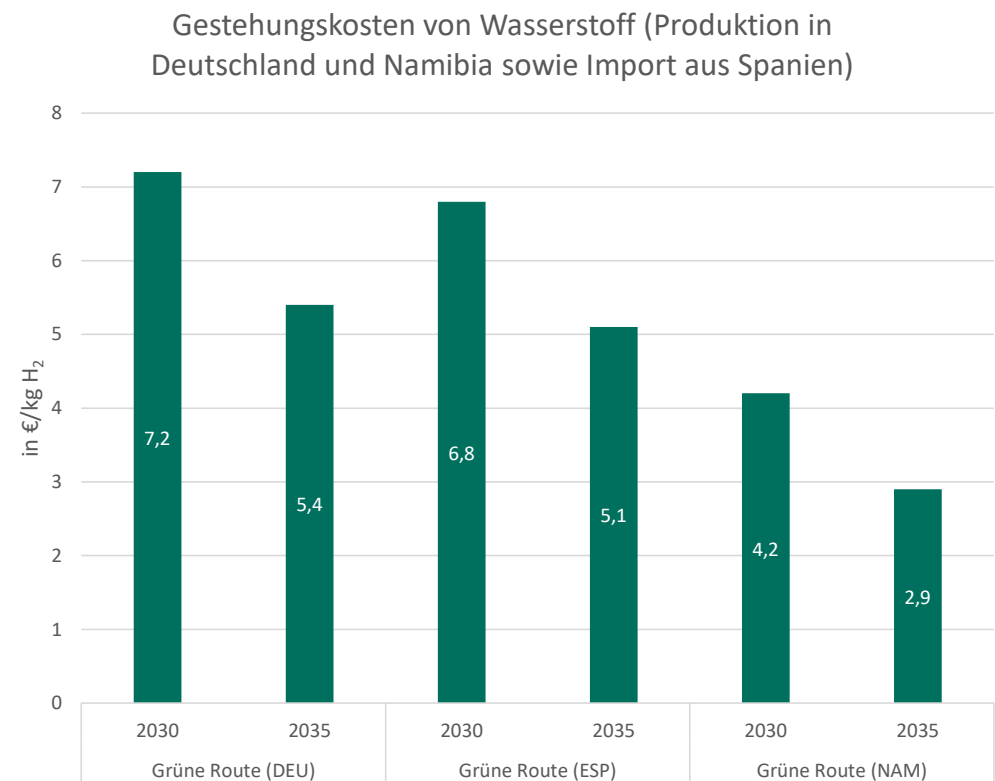
2.1 Wasserstoffproduktion



Die Gestehungskosten für erneuerbaren Wasserstoff bleiben auch 2035 in Europa auf einem hohen Niveau. Die Gestehungskosten in Namibia sind deutlich niedriger. Wichtigster Kostenpunkt sind CAPEX sowie Strombezugskosten.

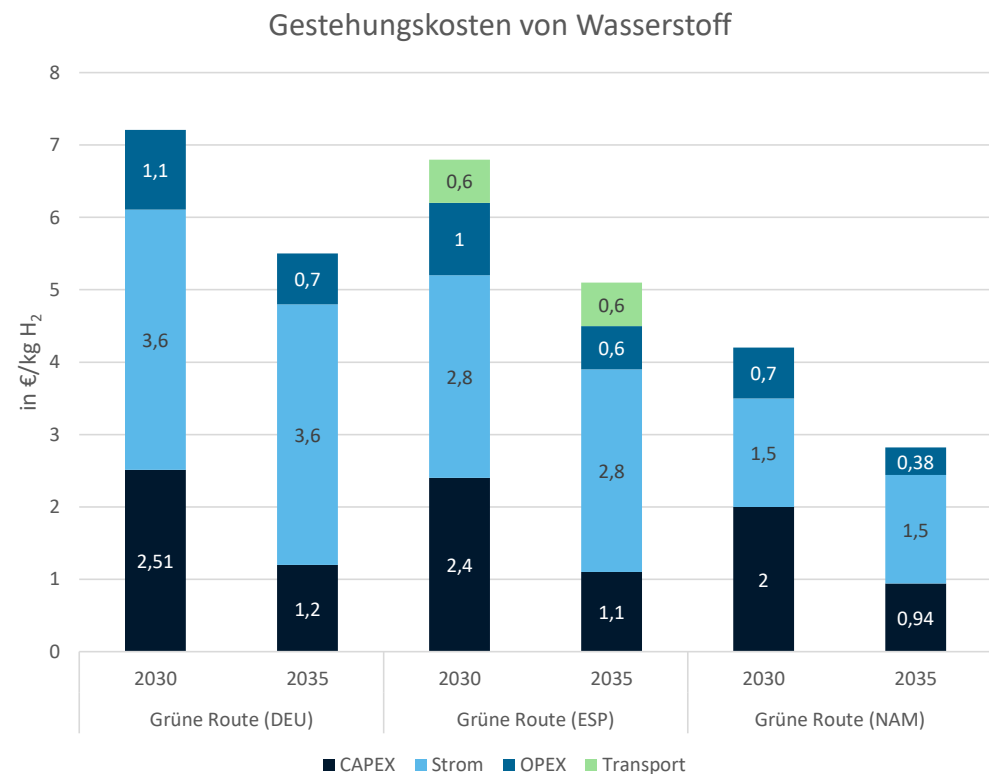
Wasserstoffgestehungskosten in Deutschland sind um bis zu 45 % höher als in Namibia

- Die **Gestehungskosten für Wasserstoff in Namibia** (ohne Transportkosten) liegen 2030 rd. 38 % **niedriger** als in Deutschland.
- Im Jahr 2035 erhöht sich der **Kostenvorteil** für die Produktion in Namibia auf über 45 %.
- Der Import von molekularem Wasserstoff aus Spanien via Pipeline reduziert Kosten gegenüber der heimischen Produktion nur leicht.



Kosten für Strombezug machen im zeitlichen Verlauf den größten Anteil der Gestehungskosten aus

- Zu Beginn sind die Elektrolyse-CAPEX der größte Kostenfaktor der Wasserstoffproduktion.
- Im zeitlichen Verlauf werden die Kosten für den erneuerbaren Strombezug jedoch in allen Produktionsländern den größten Kostenfaktor darstellen.
- Trotz zusätzlicher Transportkosten ist der **Import von Wasserstoff oder Ammoniak günstiger als die inländische Produktion.**



2.2 Ammoniakproduktion

Trotz bestehender Mehrkosten verringert sich die Kostenlücke zwischen grünem und fossilem Ammoniak in einer Investitionskostenrechnung mittelfristig stark. Unter der Voraussetzung stark ansteigender EU-ETS Preise kann importiertes grünes Ammoniak aus Namibia mittelfristig wettbewerbsfähig sein.

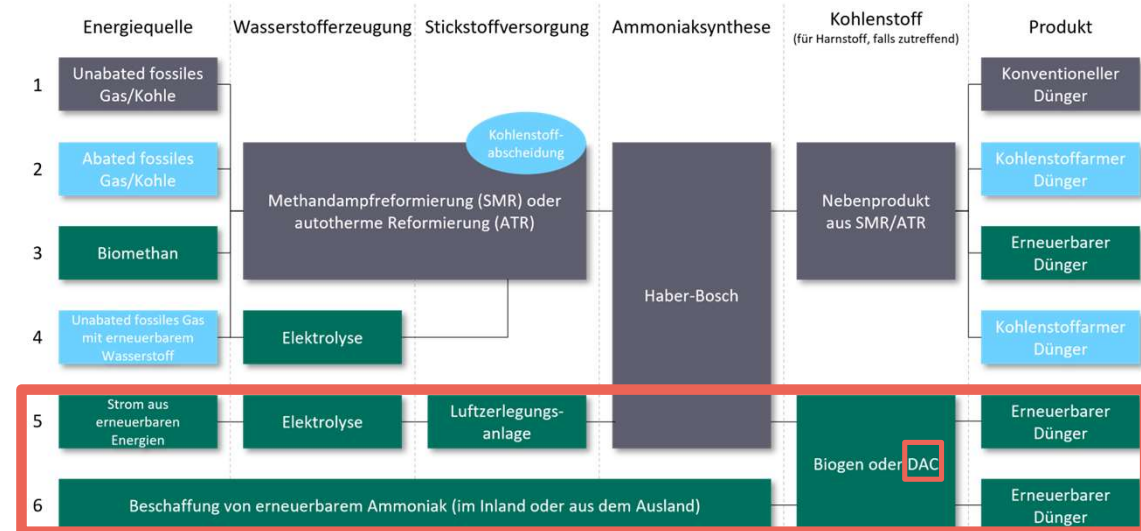


Grünes Ammoniak

Der wichtigste Kostenhebel für die Gestehungskosten für grünes Ammoniak sind die Wasserstoffkosten, welche maßgeblich durch die Elektrolyse-CAPEX, Volllaststunden und Strombezugskosten bestimmt werden.

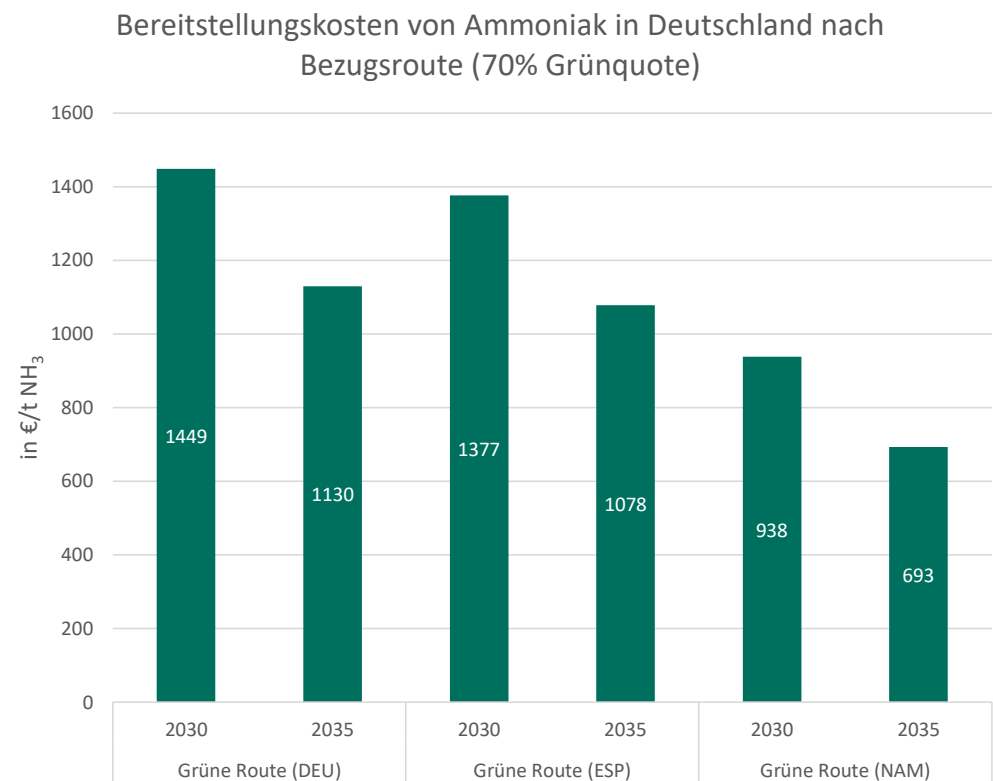
Methodik und Annahmen

- Die betrachteten Elemente der Haber-Bosch-Anlage für die grüne Ammoniakproduktion umfassen unter anderem eine Luftzerlegungsanlage (ASU), N₂-Kompressor, H₂-Kompressor und Tanks.
- Die Ergebnisse basieren auf Kostenberechnungen für neu errichtete Anlagen (Greenfield-Investitionen).
- Die grüne Produktion beginnt im Jahr 2031 mit der ersten Produktionsanlage, deren Kapazität auf Erfüllung der Quote ausgerichtet ist. Jedes weitere Jahr wird eine komplett neue Anlage gebaut (optimistische Annahme, dass Projekte bereits in Planung sind).
- Die Gestehungskosten beziehen sich immer auf die im jeweiligen Jahr errichtete Anlage und berücksichtigen nicht die Kosten der bisherigen Anlagen zur Deckung der Nachfrage.



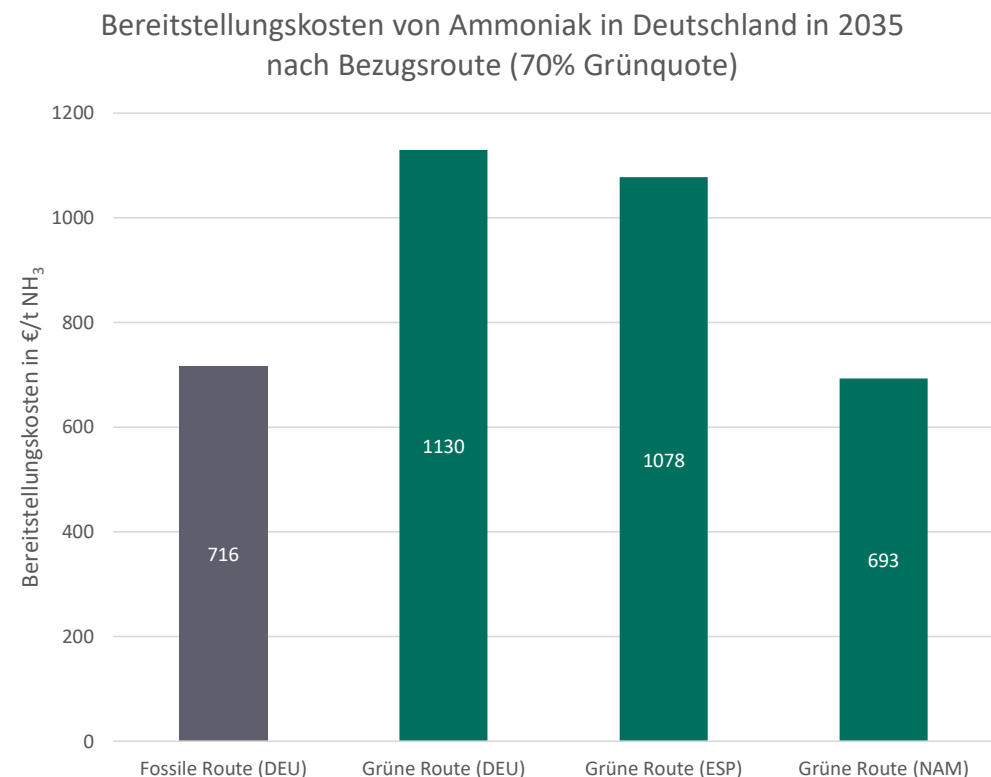
Durch Lerneffekte sinken die Produktionskosten für grünes NH₃ im Zeitverlauf um über ein Drittel

- Die **Gestehungskosten für Ammoniak reduzieren sich** bis 2035 in Deutschland um 22 % auf 1.130 €/t NH₃, in Namibia um etwa 26 % auf 693 €/t NH₃.
- Hauptursache ist der Rückgang der CAPEX für die Wasserelektrolyse infolge **technologischer Weiterentwicklungen** und **skalierungsbedingter Lerneffekte**.
- Im Vergleich zu Namibia wird sowohl für Deutschland als auch Spanien von höheren Wasserstoffgestehungskosten ausgegangen, die entlang der Wertschöpfungskette weitergereicht werden.



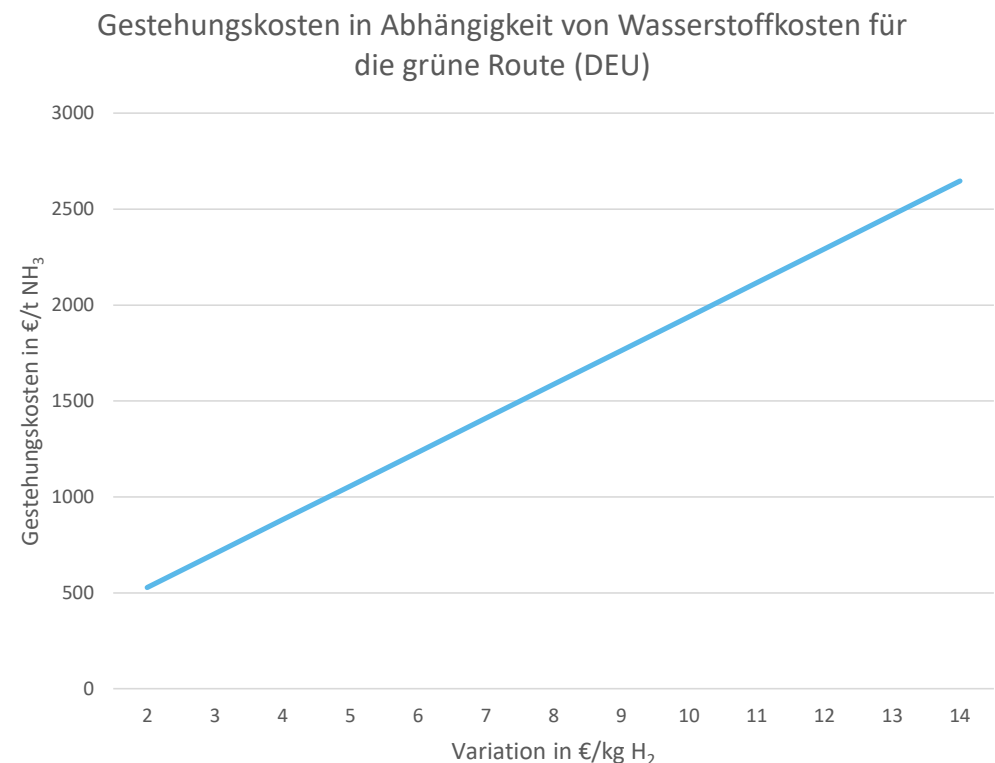
Mittelfristig kann importiertes grünes Ammoniak aus Namibia günstiger werden als fossiles

- **Importiertes grünes Ammoniak aus Namibia kann ab dem Jahr 2035 günstiger sein als fossiles Ammoniak.**
- Die Produktion von grünem Ammoniak in Deutschland mit hier produziertem H₂ oder aus Spanien importiertem H₂ liegt im Jahr 2035 noch mehr als 50 % über den Kosten für fossiles Ammoniak. Ursächlich dafür sind vor allem die zugrunde gelegten niedrigeren Volllaststunden sowie die im Vergleich zu Namibia höheren Strompreise in Europa.
- Die **Transportkosten** von H₂ bzw. NH₃ aus Spanien bzw. Namibia sind nur von **untergeordneter Bedeutung**.



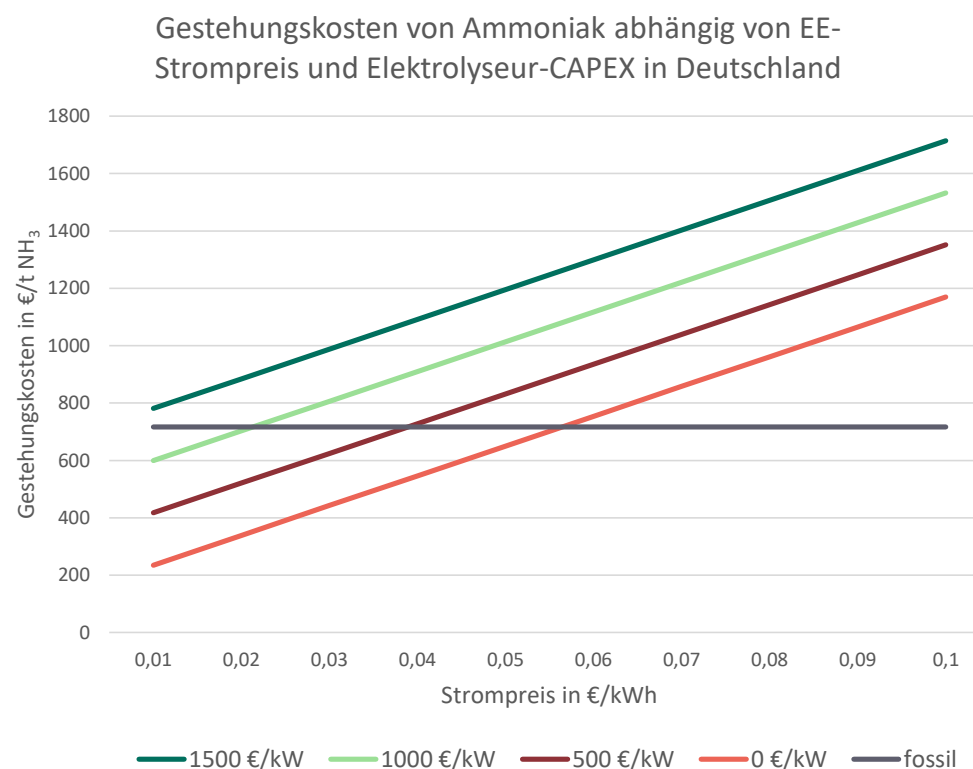
Gestehungskosten von grünem Ammoniak sind maßgeblich vom Wasserstoffpreis abhängig

- Der mit Abstand **größte Kostenanteil** der Ammoniakgestehungskosten entfällt auf die **Beschaffung von Wasserstoff**.
- Bei einer Verdoppelung der Wasserstoffkosten steigen die NH_3 -Kosten um 50 %: Bei einer Verdopplung der H_2 -Kosten von 5 auf 10 €/kg steigen die Gestehungskosten für NH_3 von 1050 €/t auf knapp 2000 €/t.
- Dieser Zusammenhang lässt sich für alle drei Routen der Ammoniakproduktion feststellen.



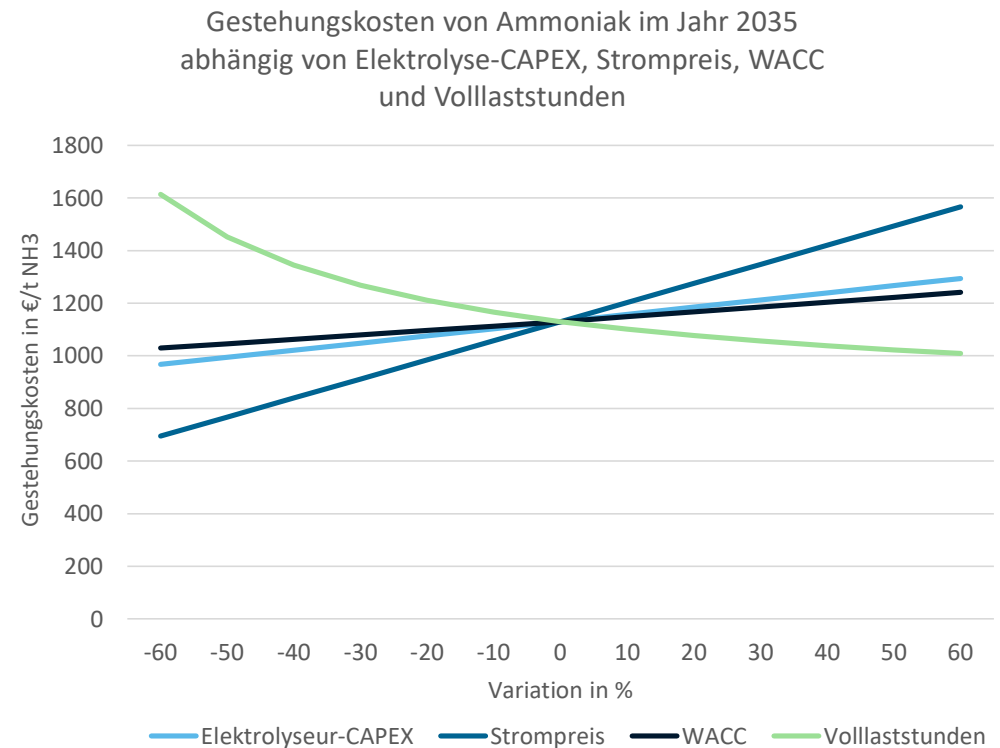
Grünes NH_3 ist bei sehr niedrigen Stromkosten und CAPEX gegenüber fossilem NH_3 wettbewerbsfähig

- Grünes Ammoniak wird gegenüber fossilem in Deutschland bei Strompreis unter 4 ct/kWh und CAPEX-Kosten unter 500 €/kW wettbewerbsfähig - unter der Annahme von 4000 Volllaststunden.
- Bei den angenommenen Stromkosten in Deutschland von 7 ct/kWh und Verlauf des EU-ETS Preis gem. „WAM“-Szenario ist die **grüne Produktion** auch bei vollständigem Wegfall der Investitionskosten für Elektrolyseure **nicht wettbewerbsfähig** gegenüber der fossilen Produktion.



Die wichtigsten Kostenhebel sind Strompreise und Volllaststunden

- Eine prozentuale **Senkung** der **Strombezugskosten** führt zu einer **stärkeren Reduzierung der Gestehungskosten** als die Senkung von Elektrolyseur-CAPEX oder WACC.
- Auch **steigende Volllaststunden**, beispielsweise durch einen beschleunigten EE-Ausbau, sind ein erheblicher **Hebel** für Kostensenkungen.



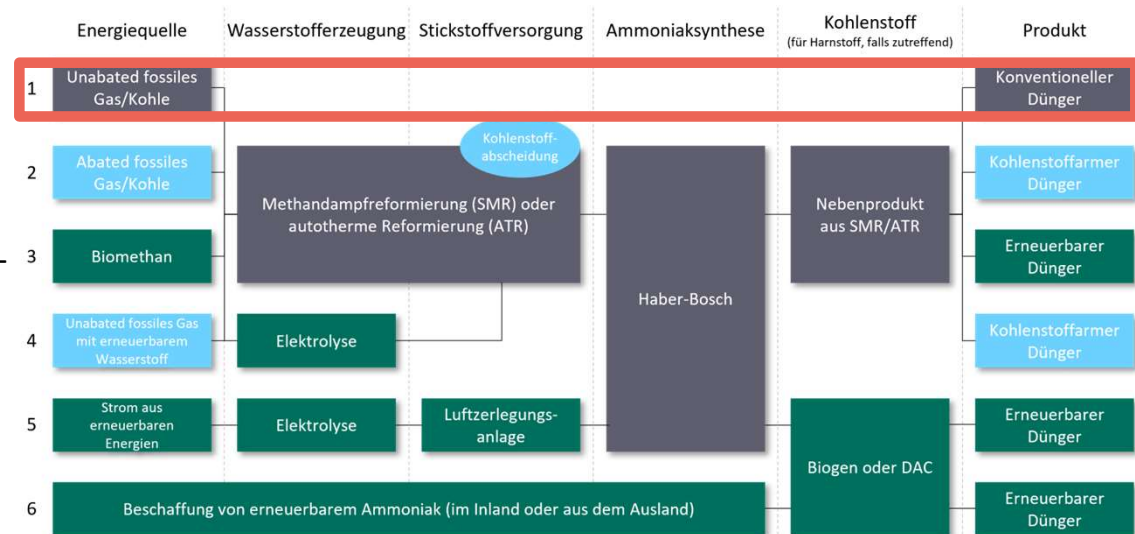


Fossiles Ammoniak

Die Gestehungskosten von fossilem Ammoniak sind stark vom Erdgaspreis abhängig. Auch der EU-ETS-Preis hat einen wichtigen Effekt, der allerdings durch die freie Zuteilung der Zertifikate reduziert wird. Ein möglicher Lenkungseffekt für die Umstellung auf grüne Erzeugungsrouten hängt maßgeblich von der Entwicklung des EU-ETS-Preises ab.

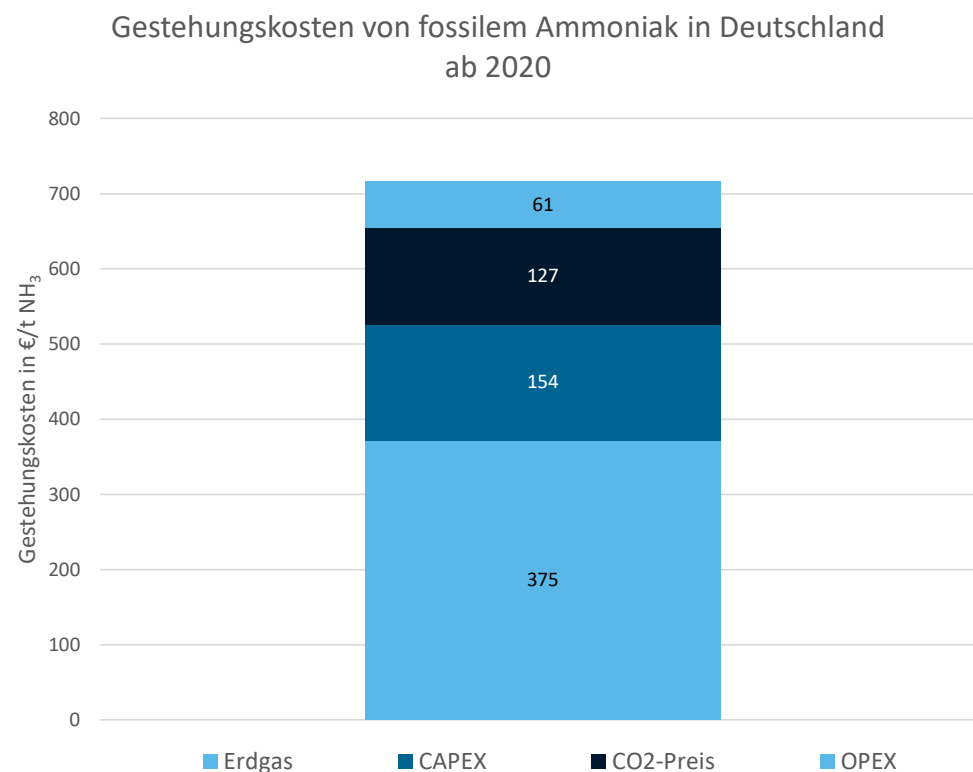
Methodik und Annahmen

- Die betrachteten Elemente zur fossilen Ammoniakherstellung umfassen neben einer Haber-Bosch-Anlage unter anderem eine Einheit zur **Dampfpreformierung**.
- Es wird eine prototypische Anlage mit Jahreskapazität von 875 kt NH₃ betrachtet.
- Die Ergebnisse basieren – ebenso wie bei der grünen Route – auf Neubauten (Greenfield-Investitionen).
- Für die Kostenberechnung der fossilen Route wird von einer Inbetriebnahme der Anlage 2020 ausgegangen. Den ersten fünf Jahren liegen reale Energie- und ETS-Preise zugrunde, bei einer Gesamtlaufzeit von 25 Jahre.
- Auslaufen der **Zuteilung freier ETS-Zertifikate bis 2035**
- Bei der Berechnung der Gestehungskosten werden der ETS-Preis sowie sämtliche weiteren Kosten über die Laufzeit von 25 Jahren umgelegt.



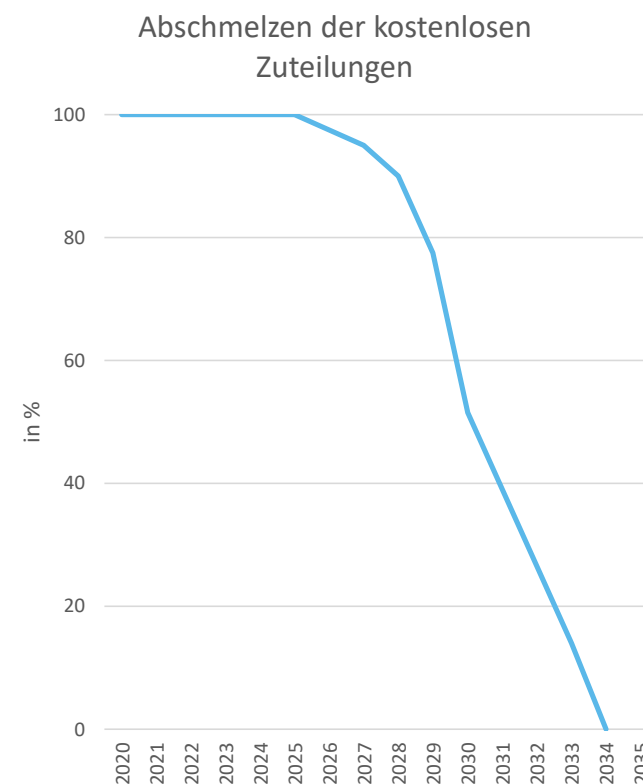
Der Erdgaspreis ist Hauptkostentreiber der fossilen Erzeugung

- Der Preis für **fossiles Ammoniak** wird hauptsächlich **durch den Erdgaspreis** bestimmt. Er trägt mehr als die Hälfte zu den gesamten Gestehungskosten in Höhe von 716 €/t bei.
- Die Höhe der CO₂-Bepreisung ist ebenfalls spürbar, macht aber unter dem angenommenen EU-ETS-Preisentwicklungspfad nur 17 % der fossilen Gestehungskosten aus.



Für einen Großteil der Emissionen aus der NH_3 -Produktion werden aktuell keine ETS-Zertifikate benötigt

- Der Benchmark-Wert für die freien Zuteilungen im EU-ETS liegt 2021-2025 bei 1,57 t CO_2 -äq/t NH_3 . Insgesamt wurden im Jahr 2021 fast 24 Mio. freie Zertifikate an Ammoniakproduzenten ausgegeben.
- Parallel zur CBAM-Einführung wird die kostenlose Zuteilung bis 2035 jährlich prozentual verringert; ab 2035 werden ETS-Zertifikate für alle Emissionen benötigt.
- Eine exemplarische Kalkulation veranschaulicht, wie "**free allocations**" den **tatsächlichen CO_2 -Preis für Unternehmen erheblich reduzieren** können: Angenommener EU-ETS CO_2 -Preis: 100 €/t; 90 % der Emissionen werden durch die freie Zuteilung abgedeckt; effektiver CO_2 -Preis: durchschnittlich 10 €/t.



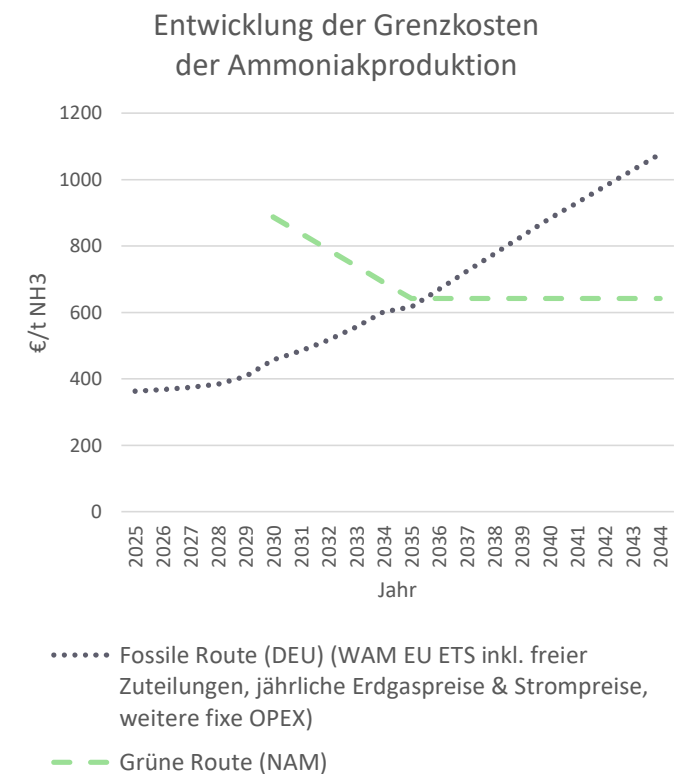
Bis 2035 wird durch das Ende der kostenlosen Zertifikate und den steigenden CO₂-Preis annähernd Kostengleichstand zwischen beiden Routen erreicht

Zu Beginn unterscheiden sich die Grenzkosten beider Produktionsmethoden deutlich. **2035** sind die **Grenzkosten von grünem Ammoniak aus Namibia und fossilem Ammoniak** auf einem **vergleichbaren Niveau**. Grund dafür sind drei Entwicklungen:

- Steigender ETS-Preise: Treibhausgasemissionen werden jedes Jahr teurer
- Auslaufen der kostenlosen Zertifikate-Zuteilung: Unternehmen müssen sämtliche Zertifikate kaufen
- Sinkende Kosten für grünen Wasserstoff in Namibia: Produktion und Export werden günstiger

Exkurs: Unterscheidung zwischen Gestehungskosten und Grenzkosten:

Gestehungskosten sind langfristige, investitionsbezogene Kennzahlen, die Investitionen (CAPEX) und Diskontierung berücksichtigen, während **Grenzkosten** kurzfristig die variablen Zusatzkosten für eine weitere Produktionseinheit abbilden und als mengenbezogenes Steuerungsinstrument dienen. Bei der Berechnung der **Grenzkosten spielt der Diskontsatz keine Rolle**, da sie nur die aktuellen, zusätzlichen Kosten pro produzierter Einheit betrachten und sich auf unmittelbare Entscheidungssituationen beziehen, nicht auf zukünftige Zahlungsströme. Grenzkosten umfassen ausschließlich die variablen Zusatzkosten (z.B. Rohstoffe, Energie) für eine zusätzliche Einheit; Fixkosten und Investitionskosten bleiben unberücksichtigt, da sie sich durch die Produktion einer weiteren Einheit nicht verändern.





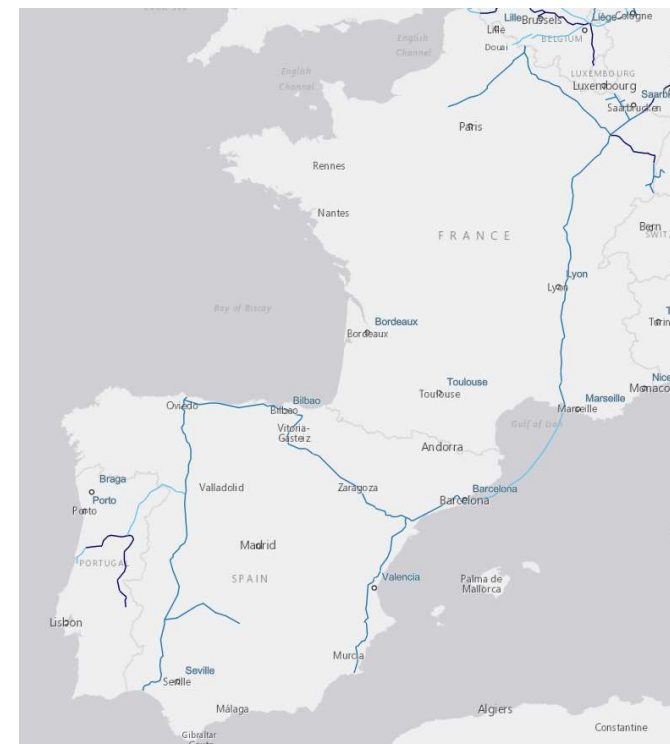
2.3 Transportwege

Der Transport von Wasserstoff und Ammoniak ist noch mit großen Unsicherheiten verbunden. Ammoniak wird zwar global und lokal per Tanker, Zug und Binnenschiff transportiert, für Import und Export werden jedoch neue Infrastrukturen benötigt. Für Wasserstoff wird ein intereuropäisches Kernnetz benötigt, das sich noch in einer frühen Phase der Entwicklung befindet.

Die Nutzung der H₂-Potentiale der iberischen Halbinsel benötigt eine transeuropäische H₂-Pipelineinfrastruktur

- Für den Import von spanischem H₂ ist eine (teilweise) **Realisierung des spanischen H₂-Kernnetzes und grenzüberschreitender Pipelineprojekte notwendig.**
- Die Realisierung der dargestellten Projekte wird Investitionen von rd. 12 Mrd. € benötigen.*
- Eine Verbindung nach Deutschland stünde frühestens 2029 zur Verfügung.
- Mögliche Finanzierungsbeteiligungen Frankreichs und dessen Rolle als künftiges Transitland sind große Unsicherheiten für viele Projekte.

Geplante H₂-Pipelines mit Project of Common Interest-Status**



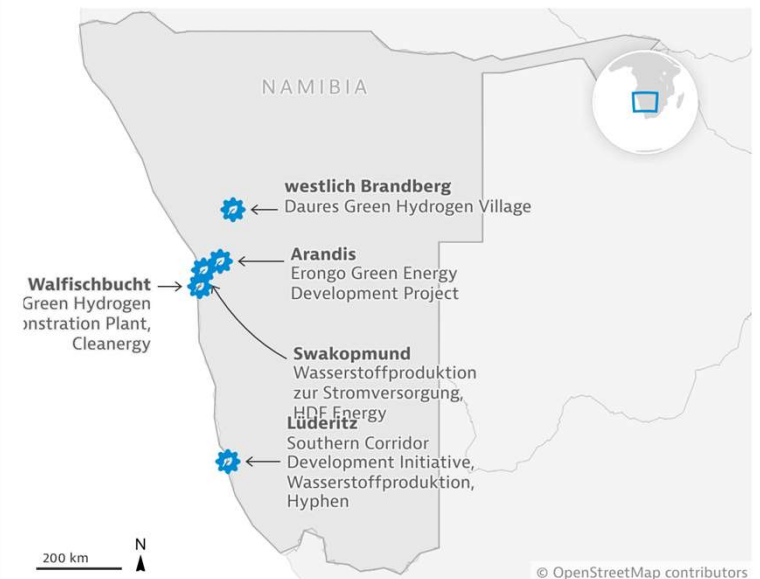
*kumulierte CAPEX der Projekte H2-Hercules Süd, Hy-FEN, H2Med, Spanish Hydrogen Backbone.

**Quelle: www.h2inframap.eu / ENTSG, GIE, EUROGAS, CEDEC, GD4S, GEODE (2024)

Für den Export von Ammoniak aus NAM sind Erweiterungen und Neubauten in Häfen notwendig

- Der **Aufbau von Exportinfrastrukturen** in namibischen Häfen (z.B. Lüderitz oder Walvis Bay) ist notwendig und mit weiteren - in der Analyse nicht berücksichtigten - Kosten verbunden.
- Zu den Exportinfrastrukturen gehören u.a. Produktpipelines, Lager- und Verladeeinrichtungen.
- Namibia hat bisher **kaum Erfahrung** in der Ammoniakproduktion und -Transport, was einen hohen Bedarf an ausländischer Technologie und Know-how bedeutet.
- Der Export per Schiff erfolgt mit speziellen Ammoniak-Tankern, die bereits etabliert sind.

Standorte für grünen Wasserstoff in Namibia: Wüste mit Hafenanschluss



Die Ammoniakanlandung und der Weitertransport per Binnenschiff kann ein limitierender Faktor in der Transportkette sein

- **Transport und Lagerung von Ammoniak** ist in Deutschland seit langem **etabliert**. Allerdings ist Ammoniak ein Gefahrenstoff. Daher müssen bei Transport, Lagerung und Umschlag hohe Sicherheitsstandards eingehalten werden.
- Für den großskaligen Ammoniakimport ist der **Bau neuer Hafenterminals** in Deutschland bzw. den Benelux-Staaten notwendig und in Planung.
- Der Weitertransport von den Häfen zu den Abnehmern kann per Binnenschiff erfolgen. In der Binnenschifffahrt werden neue Schiffstypen entwickelt, um den Transport noch sicherer zu gestalten.*
- Niedrige Pegelstände (z.B. Rhein), insb. im Sommer, stellen jedoch **Hürden** in der innerdeutschen Verteilung dar.

*Quelle: <https://www.hgk.de/zukunftweisendes-pionierprojekt-in-der-binnenschifffahrt-hgk-shipping-entwickelt-europas-erstes-gastankerschiff-zum-transport-von-tiefkaltem-ammoniak-und-lco2/>

Bundeswasserstraßen**



**Quelle: https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/service/karten/01_karten/karten-node.html

Der Weitertransport per Schiene ist eine etablierte Alternative, kann aber ebenfalls ein limitierender Faktor sein

- **Transport und Lagerung von Ammoniak** ist in Deutschland seit langem **etabliert**. Allerdings ist Ammoniak ein Gefahrenstoff. Daher müssen bei Transport, Lagerung und Umschlag hohe Sicherheitsstandards eingehalten werden.
- Der Schienentransport von Ammoniak in speziellen Kesselwagen ist bereits etabliert.
- Pro Ganzzug können max. 1.000 Tonnen Ammoniak transportiert werden.
- Die bereits hohe Auslastung des Schienennetzes in Verbindung mit dem existierenden Sanierungsstau stellt jedoch eine logistische Herausforderung dar.

Deutsches Schienennetz



3. Düngemittelproduktion

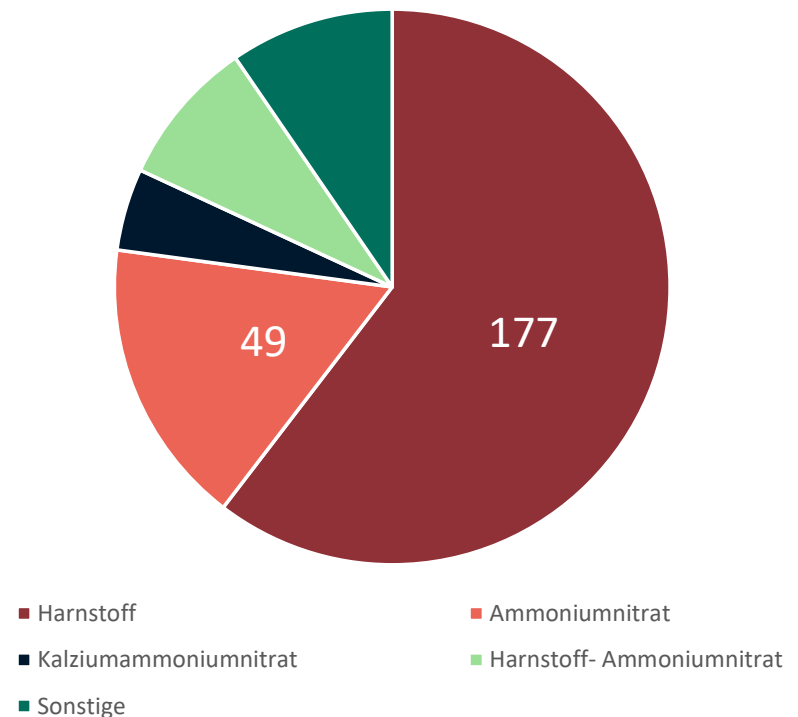


Im Jahr 2035 können Düngemittel, die auf Basis von grünem Ammoniak aus Namibia hergestellt werden, wettbewerbsfähig mit fossilen Düngemitteln sein.

Harnstoff und Ammoniumnitrat machen über 75 % der weltweiten N-Düngemittelproduktion aus

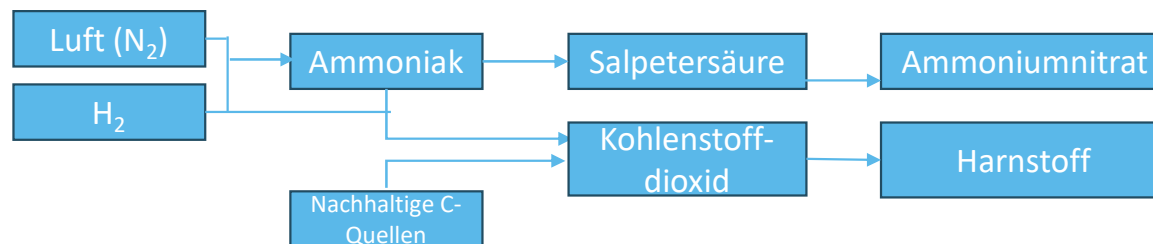
- Die **Stickstoffdüngemittel Harnstoff (60 %) und Ammoniumnitrat (17 %)** dominieren die weltweite Produktion an mineralischen Stickstoffdüngern.
- Daher stehen die beiden N-Düngemittel exemplarisch für die unterschiedlichen Düngemittel, die durch die Quote abgedeckt würden, im Fokus der folgenden Analyse.

Globale Düngemittelproduktion 2023 (in Mt)



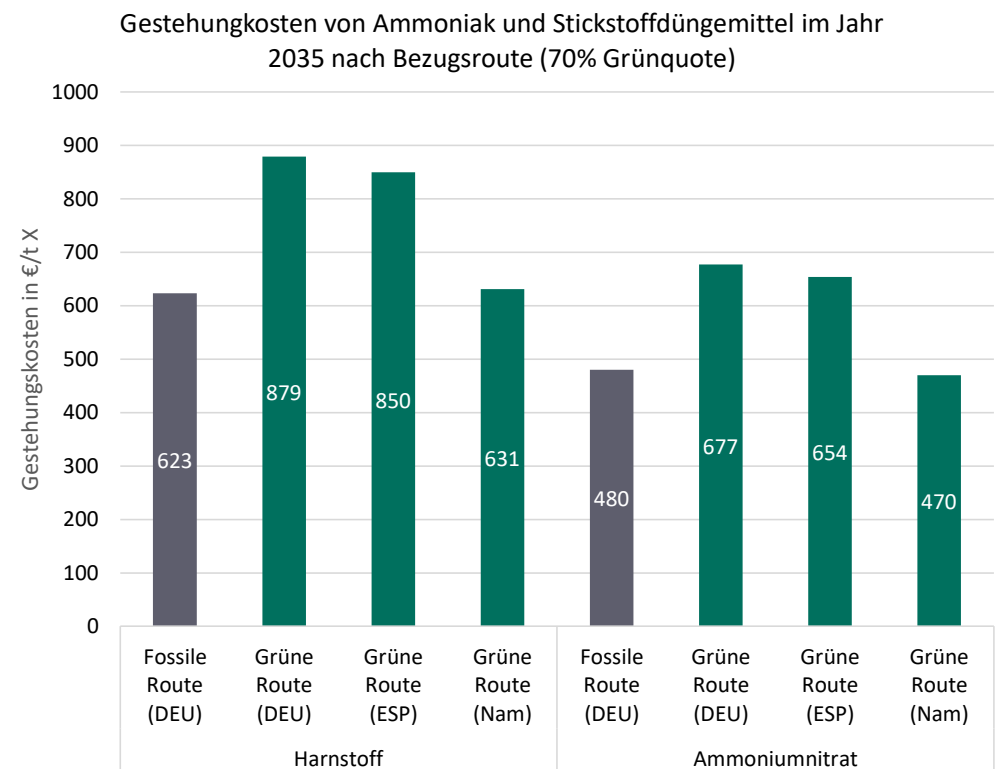
Für harnstoffbasierte Düngemittel müssen zukünftig nachhaltige CO₂-Quellen erschlossen werden

- Aktuell erfolgt die **CO₂-Bereitstellung aus der fossilen Ammoniak-Synthese**. Bei grüner Ammoniakherstellung muss zukünftig für die Harnstoffproduktion CO₂ als **Rohstoff** beschafft werden. Für die Harnstoffproduktion (grüne Route) wurden pauschale Beschaffungskosten in Höhe von 100 €/t CO₂ angenommen.
- Preisentscheidend werden hierfür kurz- bis mittelfristig die Abscheidungs- und Transportkosten sein. CO₂-Bezugspreise werden daher maßgeblich durch den Standort der Produktion beeinflusst werden. Langfristig müssen auch potenzielle Opportunitätskosten aufgrund von CO₂-Verknappung durch die Verringerung der fossilen Ammoniakproduktion und steigender Nachfrage nach nachhaltigem CO₂ berücksichtigt werden. Regulatorische Unsicherheiten erschweren Preisprognosen.
- Grundsätzlich kann der Einsatz von harnstoffbasierten Stickstoffdüngern vollständig durch andere Stickstoffdünger wie Ammoniumnitrat-basierte Dünger (CAN/KAS) substituiert werden, die nicht auf CO₂ als Rohstoff angewiesen sind

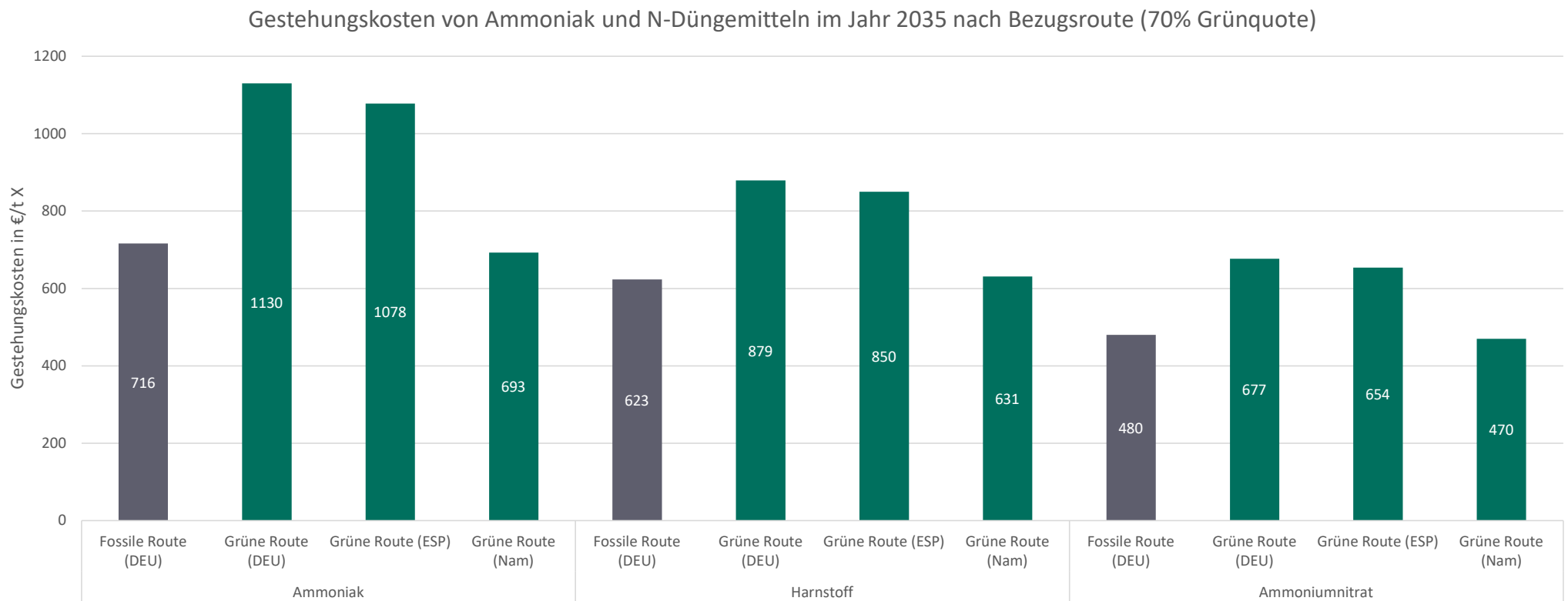


Im Jahr 2035 könnte Produktion von Düngemitteln mit Ammoniak aus Namibia wettbewerbsfähig mit fossilen Düngemitteln sein


- Der **Import von grünem NH_3 aus Namibia nach DEU mit anschließender Weiterverarbeitung zu Düngemitteln in Deutschland** ist die **günstigste betrachtete Route** für Harnstoff- und Ammoniumnitratproduktion im Jahr 2035.
- Die grüne Düngemittelproduktion mit vollständiger Wertschöpfungskette in Deutschland wird auch 2035 über 32 % teurer sein als die fossile Produktion.



Gestehungskosten von NH₃ und N-Düngemitteln im Jahr 2035 nach Bezugsroute



Quelle: Berechnung und Darstellung der dena



4. Ökonomische Effekte einer Quote für grünes Ammoniak in der Düngemittelproduktion

Die Einführung einer Quote hätte vielfältige ökonomische (Neben-)Effekte, die in ihrer Gesamtheit schwierig abzuschätzen sind. Die Analyse zeigt auf, dass steigende Gesamtkosten zu erwarten sind, deren Höhe jedoch stark von Importquoten und Produktionsmengen abhängt. In der Landwirtschaft sind daher Mehrkosten erwartbar, sofern keine Begleitmaßnahmen existieren.



4.1 Ausgestaltung der Quote und Pönale

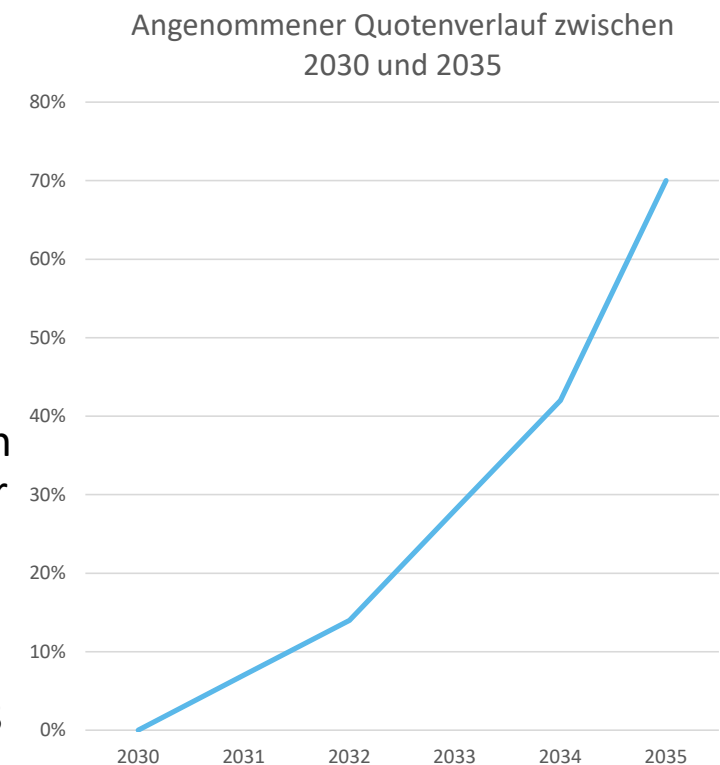
Die Einführung einer Quote wird zu einem ansteigendem Kostenpfad für Düngemittel führen. Der Import günstigerer Vorprodukte könnte diese Mehrkosten jedoch erheblich reduzieren.

Die Definition der untersuchten Quote bezieht sich auf die Menge an Ammoniak, die für die Herstellung von stickstoffhaltigen Düngemitteln verwendet wird

$$\text{Düngemittel-Quote} = \frac{\text{Vertrieb eines Inverkehrbringers von in mineralischem Stickstoffdünger verwendetem grünem Ammoniak im aktuellen Jahr in der Bundesrepublik Deutschland}}{\text{Gesamtvertrieb eines Inverkehrbringers von in mineralischem Stickstoffdünger verwendetem Ammoniak (einschließlich grünem Ammoniak) im aktuellen Jahr in der Bundesrepublik Deutschland}}$$

Die Quote steigt zwischen 2031 und 2035 um 70 Prozentpunkte an

- **Quotenverpflichtete: Inverkehrbringer von ammoniakhaltigem Stickstoffdünger** sowie subsidiär düngende Landwirte (zur Vermeidung von Umgehungen, mit De-minimis-Ausnahmen)
- Eine **nationale Quote für Inverkehrbringer ist grundsätzlich rechtskonform** mit nationalem Recht, Europarecht und internationalem (WTO) Recht (siehe Gutachten BBH 2025).
- **Quotenpfad:** ab dem Jahr 2031 konvex auf 70 % im Jahr 2035
- Für die **Berechnung** wird angenommen, dass die grüne Produktion im Jahr **2030 mit der Errichtung der ersten Produktionsanlage** zur Erfüllung der Quote im nächsten Jahr beginnt.
- **Jedes weitere Jahr** werden bis drei weitere **grüne Anlagen** mit einer Jahresproduktionsmenge von 90.000 t NH₃ errichtet, um die durch eine jährliche Steigerung der Düngemittelquote um 7 bis 28 Quotenprozent ausgelöste Nachfrage decken zu können.



Zur Quotenerfüllung werden im Jahr 2031 bereits 90.000 Tonnen grünes Ammoniak benötigt

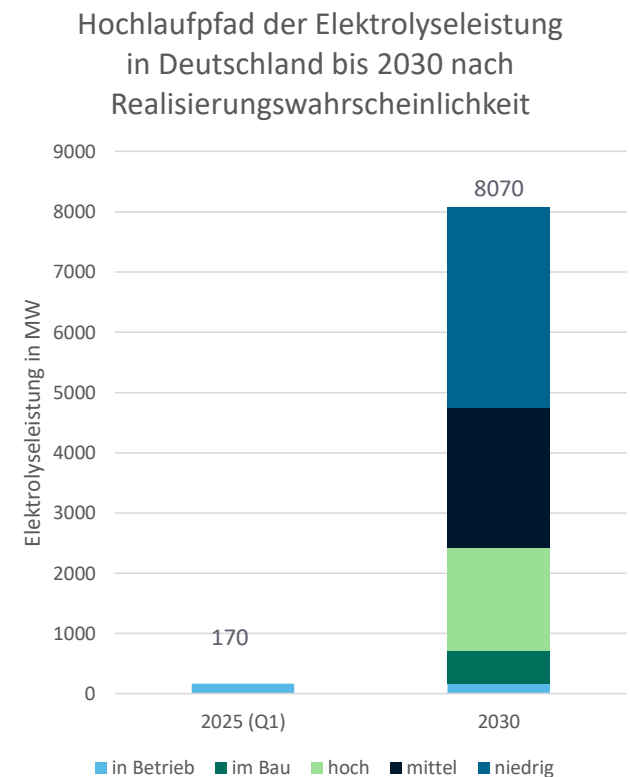
- Der **Stickstoffdüngerverbrauch in DEU** belief sich im Jahr 2022/2023 auf 1,03 Mio. t Stickstoff. Dies entspricht umgerechnet **1,26 Mio. t Ammoniak-äq.**
- Wird ein gleichbleibender Düngemittelverbrauch unterstellt, ist pro Prozentpunkt der Quote eine Produktion von rd. 13.000 t grünem Ammoniak (NH_3) erforderlich.
- Pro Jahr würden daher mindestens rd. **90.000 t grüner NH_3** bzw. **rd. 16.000 t grüner H_2** benötigt (entspricht einer 7%-Erhöhung).

Menge benötigtes grünes Ammoniak für Quotenerfüllung

Jahr	Quote	Mio. t grüner NH_3 für Quotenerfüllung (Basis Düngemitteljahr 22/23)
2030	0 %	0
2031	7 %	0,09
2032	14 %	0,18
2033	28 %	0,35
2034	42 %	0,53
2035	70 %	0,88

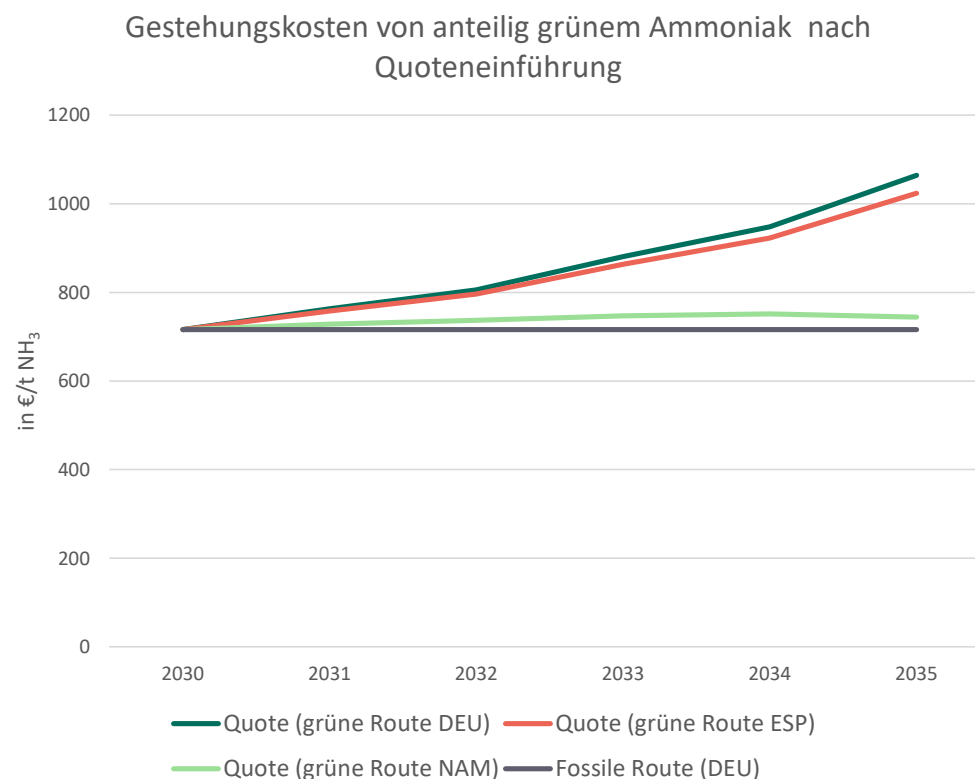
Die Quote schafft eine gesicherte Abnahme für Wasserstoffprojekte mit einer Kapazität von über 2 GW

- Unter der Annahme einer **Elektrolyseur-Effizienz von 65 %** und **4.000 Volllaststunden** wird für **7 Quotenprozentpunkte** eine **Elektrolyse-Kapazität von rd. 200 MW** benötigt.
- Im Vergleich zu geplanten Projekten in Deutschland wäre dies eine große Anlage mit einer hohen Anzahl von Volllaststunden. Bereits in Betrieb befindliche Elektrolyseure in DEU kommen auf ca. 1.500 - 2.000 Volllaststunden und eine kumulierte Kapazität von rd. 170 MW.



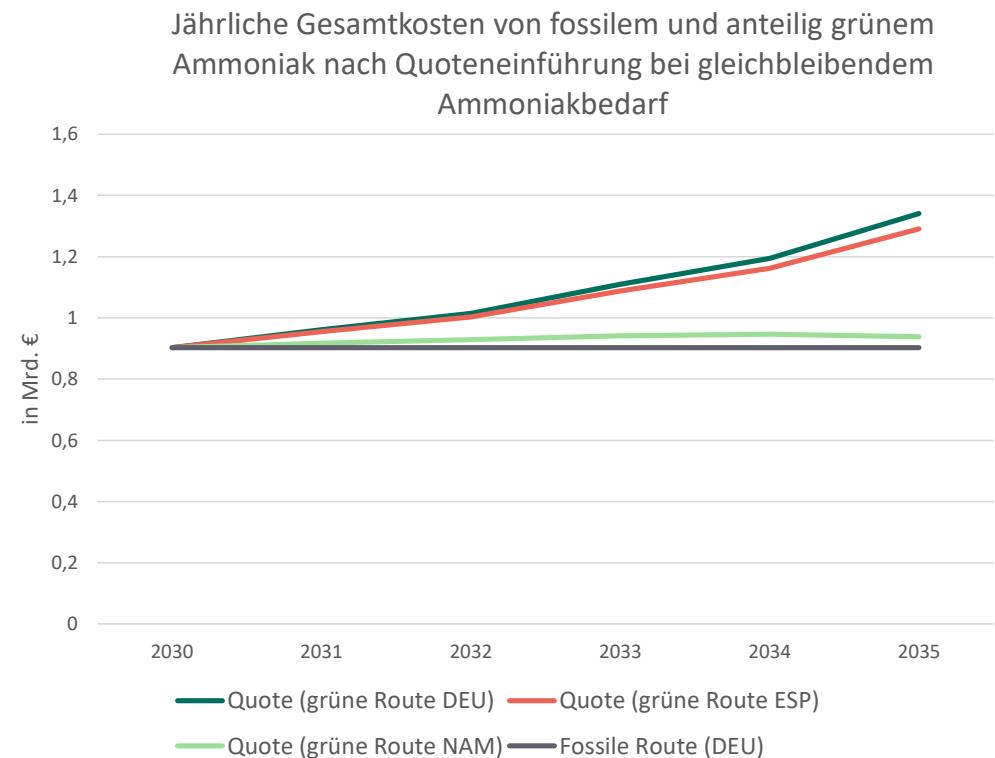
Eine Quote für grünes NH_3 führt zu einem kontinuierlich ansteigenden Kostenpfad

- Die kombinierten bzw. **durchschnittlichen NH_3 -Gestehungskosten (LCOA) ergeben sich aus dem grünen Anteil** (zur Erfüllung der Quote) **und dem verbleibenden fossilen Anteil.**
- Der **Import von Vorprodukten**, insbesondere von NH_3 aus Namibia, könnte den **Anstieg des Kostenpfads spürbar reduzieren.**
- Der tatsächliche Kostenpfad kann in Abhängigkeit von der Importquote zwischen den dargestellten Pfaden liegen.



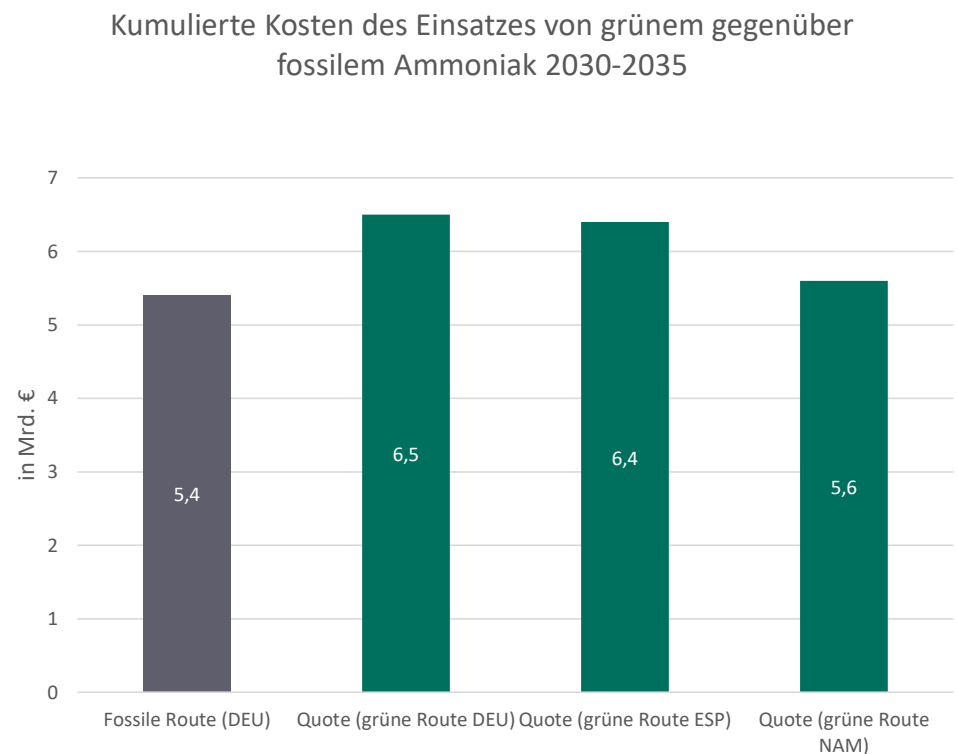
Die jährlichen Mehrkosten könnten bis 2035 um mindestens 36 Mio. € ansteigen

- Die **Kosten** für die zunehmend durch die Quote grün bereitgestellte NH_3 -Bereitstellung **steigen** an, wobei der Anstieg zu Beginn noch moderat ist.
- Findet die gesamte Wertschöpfungskette in Deutschland statt, liegen die Mehrkosten im Jahr 2035 bei über 400 Mio. €.
- Der Import von Vorprodukten wird die Mehrkosten reduzieren. **Bei NH_3 -Import aus Namibia liegen die Mehrkosten im Jahr 2035 nur bei rd. 36 Mio. €.**



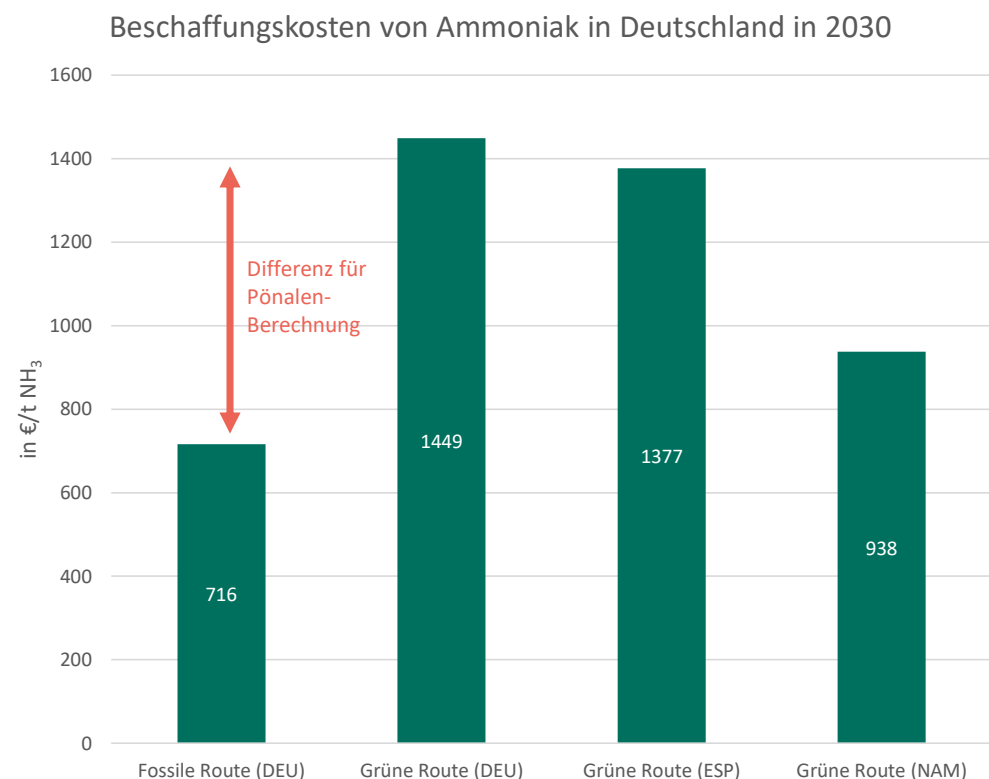
Die kumulierten Gesamtkosten für die Quotenerfüllung bis 2035 variieren zwischen 0,2 und 1 Mrd. €

- Zwischen 2030 und 2035 summieren sich die Mehrkosten für grünes Ammoniak aus Deutschland gegenüber fossilem Ammoniak auf insgesamt rd. 1,1 Mrd. €.
- Werden günstige Vorprodukte importiert, bspw. aus Namibia, können die kumulierten Mehrkosten bis 2035 auf lediglich rund 0,2 Mrd. € absinken.
- Dementsprechend läge die **benötigte Fördersumme** zum vollständigen staatlichen Ausgleich der Mehrkosten **bei 0,2-1,1 Mrd. € in den ersten fünf Jahren der Quote.**
- Die Kosten der initialen Projekte müssen auch über das Jahr 2035 hinaus berücksichtigt werden, da die durchschnittlichen **Produktionskosten** jeweils über die **gesamte angenommene Laufzeit von 25 Jahren refinanziert werden müssen.**



Durch eine ausreichend hohe Pönale wird die Nachfrage nach grünem Düngemittel angereizt

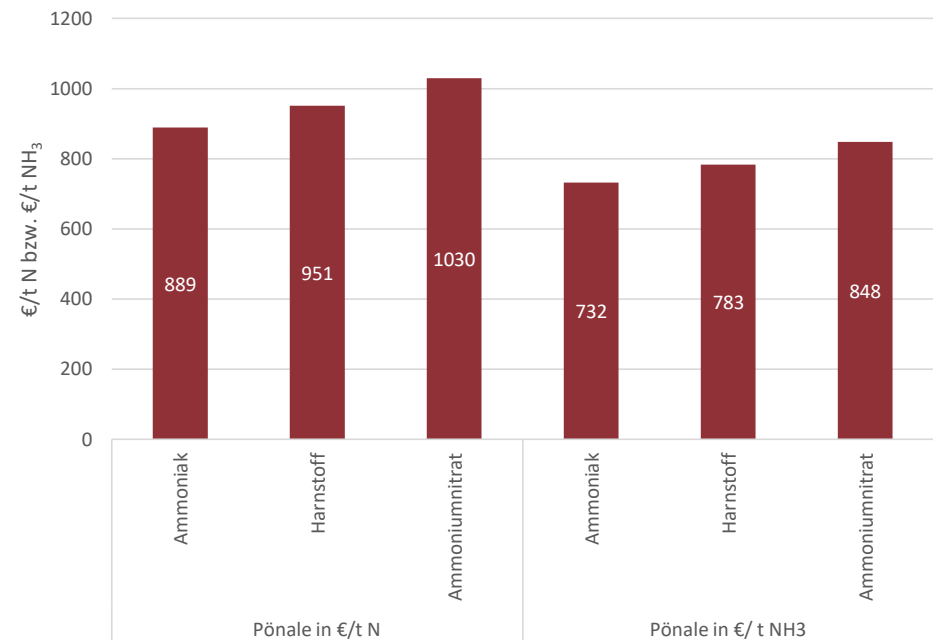
- Grünes Ammoniak hat im **ersten Quotenjahr** die **höchsten Gestehungskosten**, die mit der Zeit sinken. Die Pönale wird anhand der teuersten Bezugsroute bestimmt (gesamte Produktion in Deutschland).
- Die Pönale bezieht sich auf die Gestehungskosten der grünen Anlage, die im ersten Quotenjahr in Betrieb genommen wird, im Vergleich zu den fossilen Kosten und damit auf die höchsten Gestehungskosten im gesamten Zeitraum.
- Eine Quote für mineralische N-Dünger mit einer geeigneten Pönale kann die **Lenkungswirkung des EU-ETS unterstützen** und dafür sorgen, dass **Investitionen rechtzeitig getätigt** werden.



Eine wirksame Strafzahlung müsste voraussichtlich bei rd. 850 €/NH₃ liegen

- Die Pönalen-Berechnung wird analog zu Ammoniak für jedes N-Düngemittel durchgeführt und auf die Tonne Stickstoff bzw. Ammoniak umgerechnet.
- Hierbei ergeben sich leicht abweichende Werte der Pönale [€/t N] für die verschiedenen Produkte.
- **Die finale Pönale wird mittels des höchsten Werts (hier Ammoniumnitrat) festgelegt und beträgt somit 1.030 €/t N bzw. 848 €/t NH₃.**
- Beim Einsatz von RFNBO-konformem NH₃ wird eine THG-Einsparung von mind. 1,23 t CO₂/t NH₃ erreicht (*siehe Kapitel "THG-Einsparungen"*). Daraus ergibt sich für Ammoniumnitrat ein Pönale von 689 € pro nicht vermiedener Tonne CO₂.

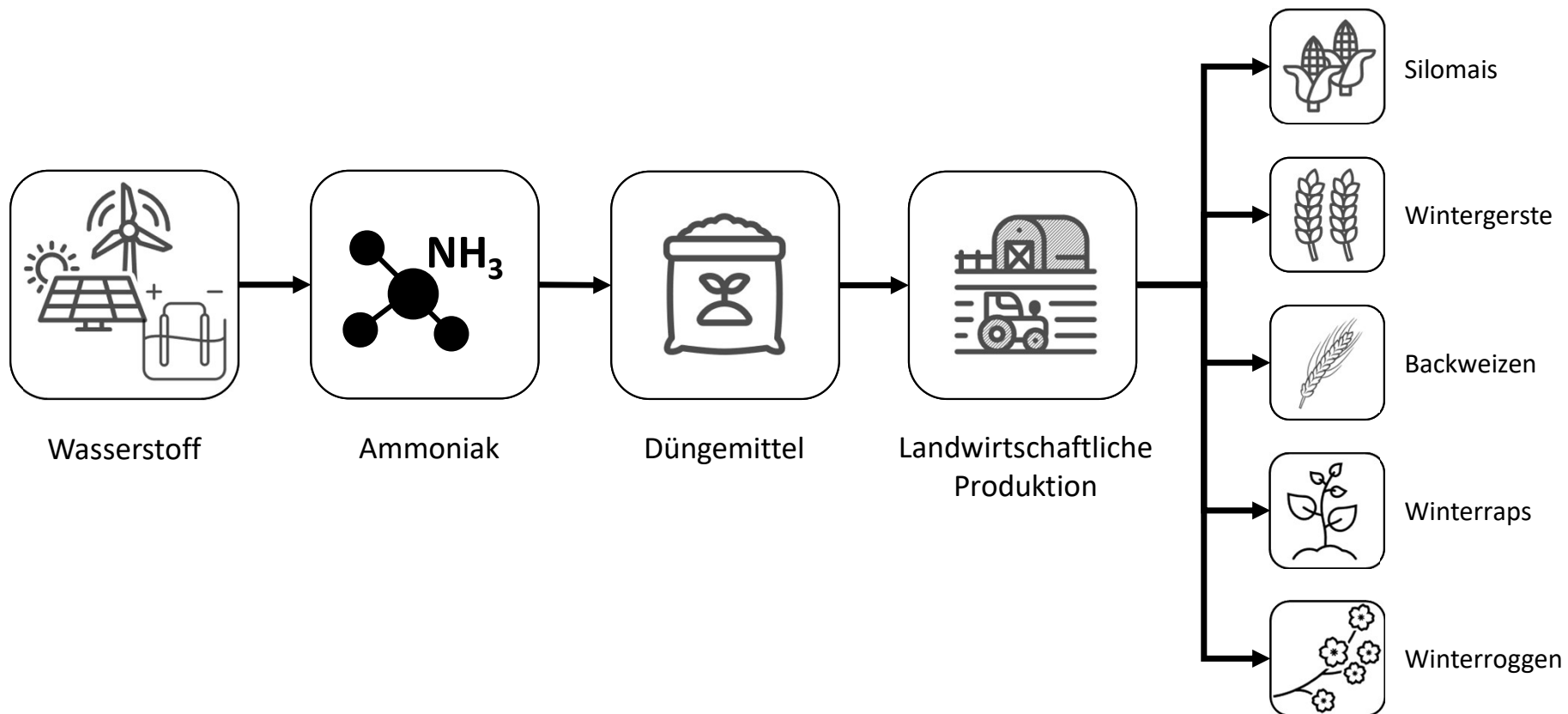
Mindestpönale für Ammoniak und Stickstoffdünger pro Tonne Stickstoff bzw. pro Tonne Ammoniak bezogen auf das erste Quotenjahr



4.2 Ökonomische Effekte in der Landwirtschaft

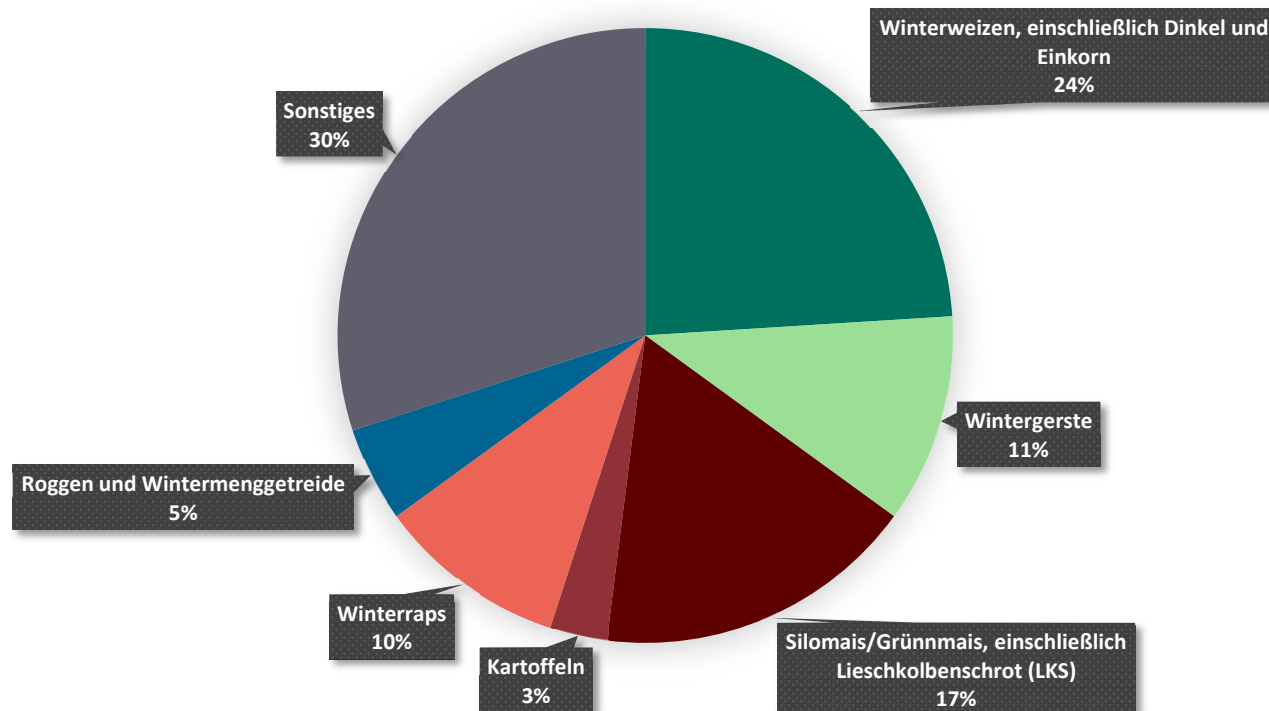
Mehrkosten in der Landwirtschaft durch die Einführung einer Quote können durch Auswirkungen auf Deckungsbeiträge dargestellt werden. Der vermehrte Einsatz von grünen Düngemitteln aus grünem Ammoniak wird ohne Ausgleichsmaßnahmen und Kostenweitergabe mittelfristig zu niedrigeren Deckungsbeiträgen führen.

Die berechneten Gestehungskosten erlauben Abschätzung von möglichen Kosteneffekten in der Landwirtschaft



Die Untersuchung konzentriert sich auf die wichtigsten Anbaukulturen in Deutschland

Anteile von Kulturarten an der Anbaufläche in Deutschland für das Wirtschaftsjahr 2023



Quelle: Darstellung der dena basierend auf Destatis (2023): Betriebswirtschaftliche Ausrichtung landwirtschaftlicher Betriebe 2023 – Anzahl der Betriebe und landwirtschaftlich genutzte Flächen

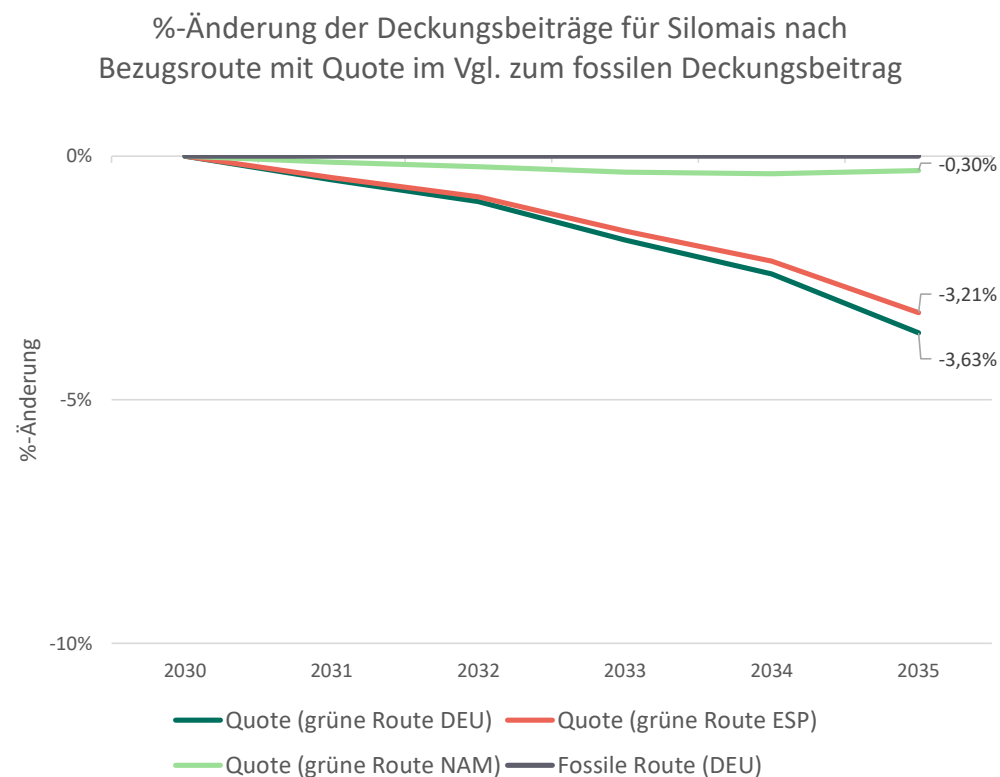
Methodik & Annahmen

- Mit dem Tool "**Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau**" des KTBL* wurden **Deckungsbeiträge** in **Abhängigkeit** der **Düngemittelkosten** berechnet.
- Deckungsbeiträge sind definiert als **Leistung abzüglich variabler Kosten**.
- Die Berechnungen der Modellfelder orientieren sich im Referenzszenario an den Standarddeckungsbeiträgen der letzten verfügbaren Jahre, basierend auf Daten des KTBL.

- Es werden ausschließlich die Kosten für den Düngemiteleinsatz variiert; alle anderen Kosten (Saatkosten, Arbeitskosten usw.) werden konstant gehalten.
- Kosten und Ernteerträge für einzelne Betriebe können regional stark variieren. Die erzielbaren Preise für landwirtschaftliche Erzeugnisse unterliegt starken Schwankungen in Abhängigkeit von u.a. Witterung, globalen Marktentwicklungen, Erntequalität.
- Die Berechnung der Deckungsbeiträge basiert auf den Beschaffungskosten von grünem Ammoniak aus Neuanlagen des jeweiligen Jahres.

Die Einführung einer ansteigenden Quote wird zu mittelfristig niedrigeren Deckungsbeiträgen führen

- Bei Produktion in Deutschland **sinken die Deckungsbeiträge für Silomais bis 2035 um bis zu rd. 5 %** (rd. 74 €/ha pro Jahr).
- Bei **Ammoniakimport aus Namibia** sinken die Deckungsbeiträge um **rd. 1 %** (rd. 21 €/ha pro Jahr).

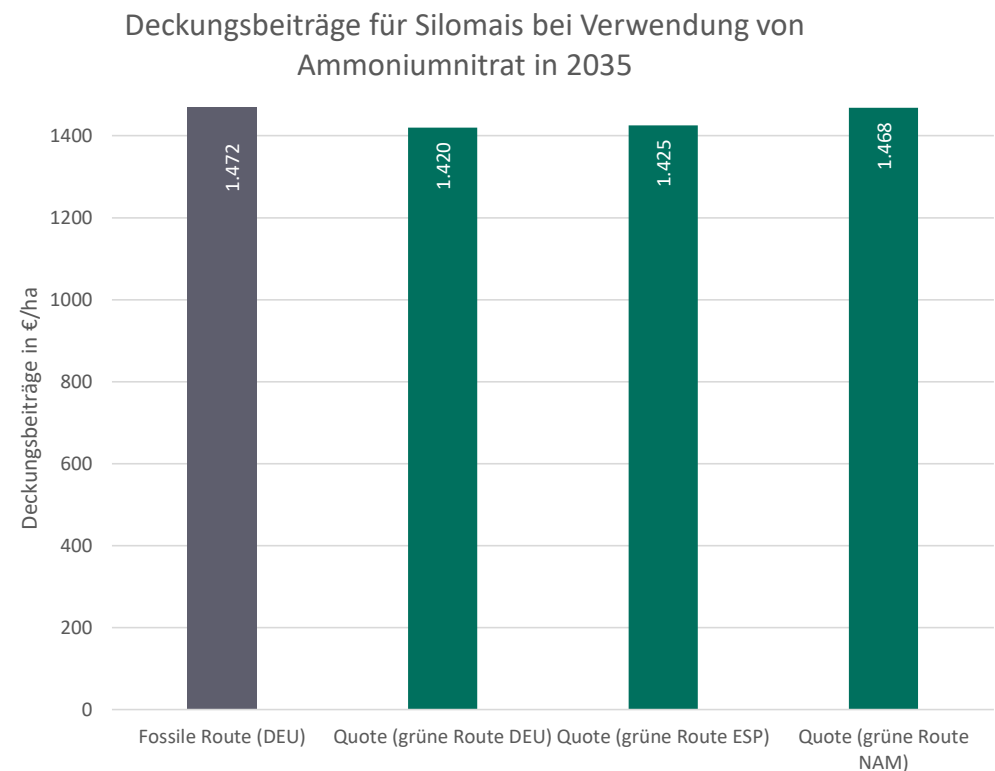


Mögliche Auswirkungen werden anhand von Silomais, einem wichtigen Futtermittel, aufgezeigt



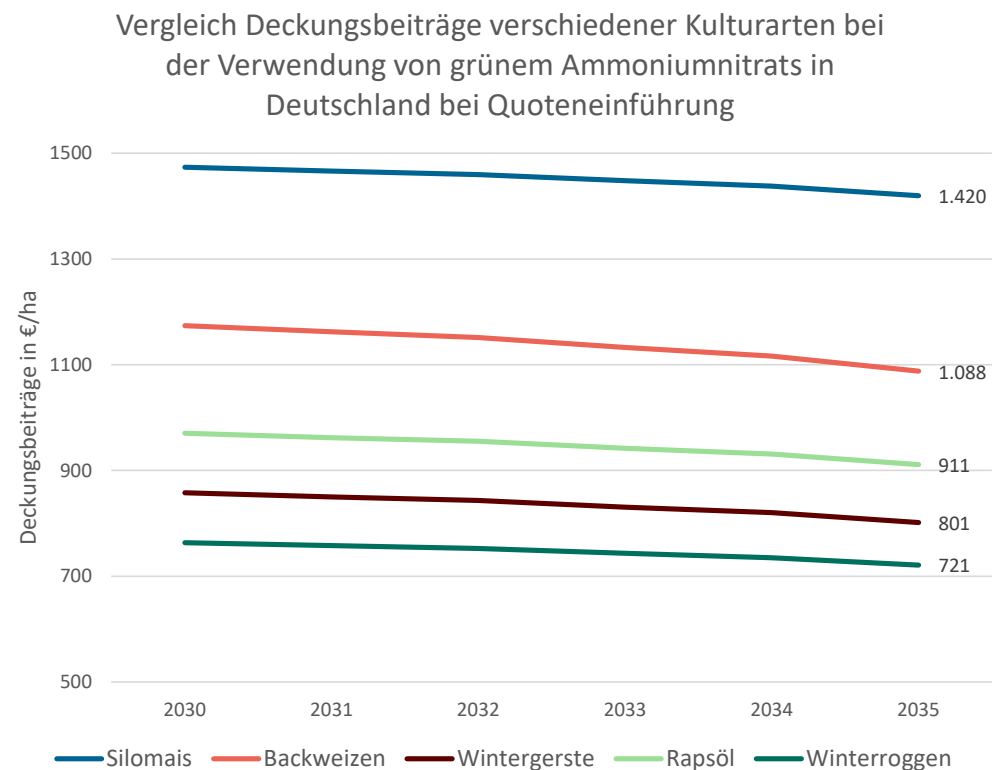
Die Einführung einer Quote führt zu nur gering absinkenden Deckungsbeiträge in 2035

- Unabhängig vom Produktionsland können 2035 auch bei eingepreisten Mehrkosten durch die Quote **wirtschaftlich tragfähige Deckungsbeiträge** erreicht werden.
- Der Import aus **Namibia schwächt die Minderung der Beiträge signifikant ab.**
- Diese Entwicklungen sind unabhängig von der verwendeten Düngemittelart.



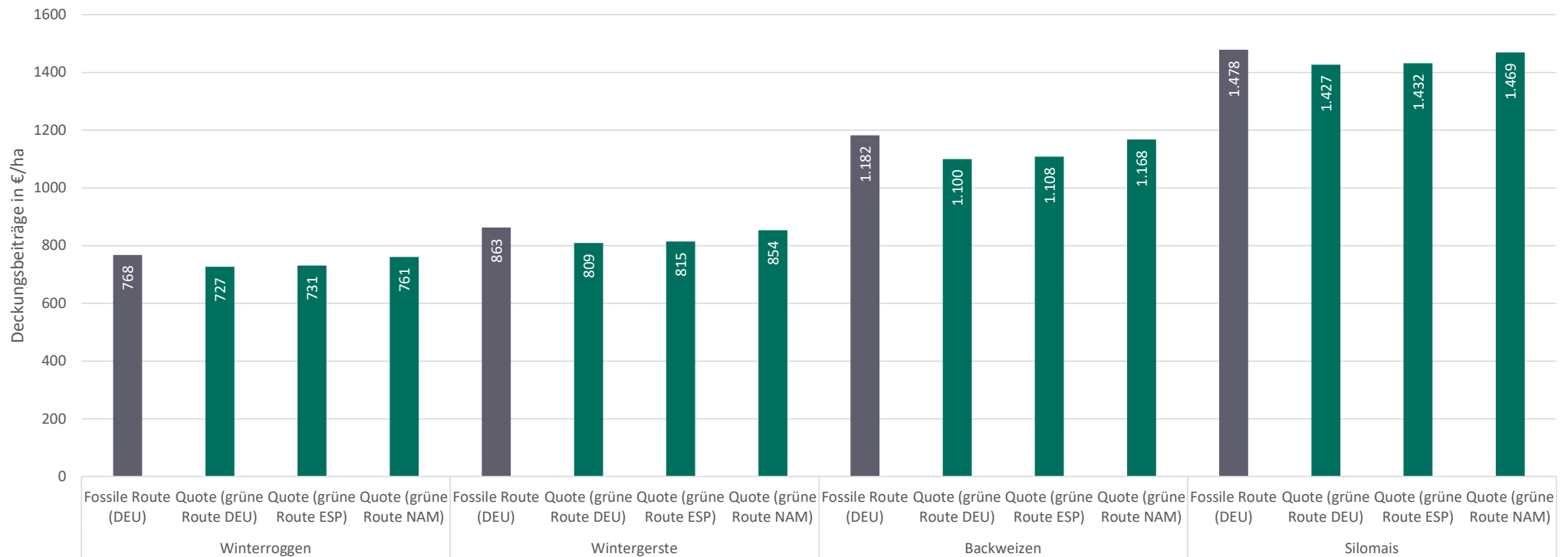
Leicht sinkende Deckungsbeiträge sind auch bei anderen wichtigen Kulturarten zu erwarten

- Silomais verfügt über ein vergleichsweise hohes Ausgangsniveau bei den Deckungsbeiträgen.
- Kulturarten wie Roggen oder Gerste haben ein niedrigeres Ausgangsniveau.
- Die **Dimension der erwartbaren Reduktionen bei Deckungsbeiträgen ist insgesamt begrenzt**, fällt bei weniger lukrativen Kulturarten jedoch mehr ins Gewicht (z.B. bei Silomais rd. -5 %, bei Winterroggen rd. -8 % bei deutscher Produktion der grünen Düngemittel).



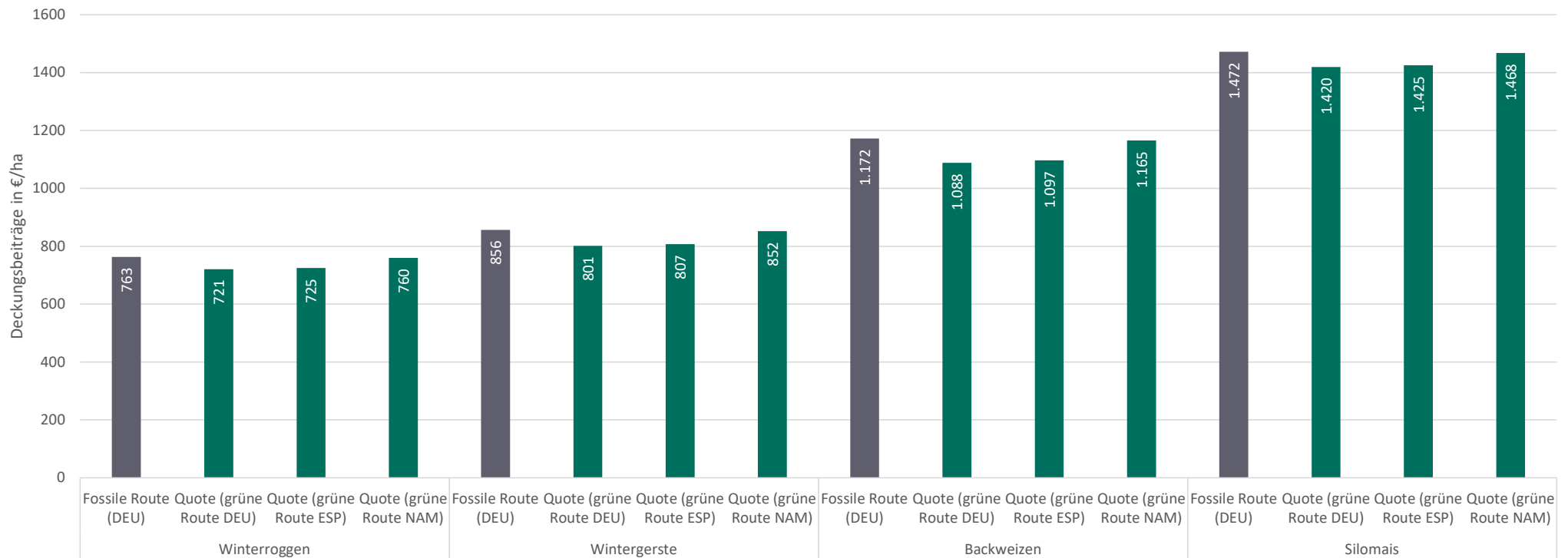
Im Vergleich zur heimischen Produktion sinken die Deckungsbeiträge bei Harnstoff mit NH₃-Bezug aus NAM weniger stark

Deckungsbeiträge im Jahr 2035 für Harnstoff (70% Grünquote)



Auch im Falle von Ammoniumnitrat sinken die Deckungsbeiträge bei Harnstoff mit NH₃-Bezug aus NAM weniger stark

Deckungsbeiträge im Jahr 2035 für Ammoniumnitrat (70% Grünquote)

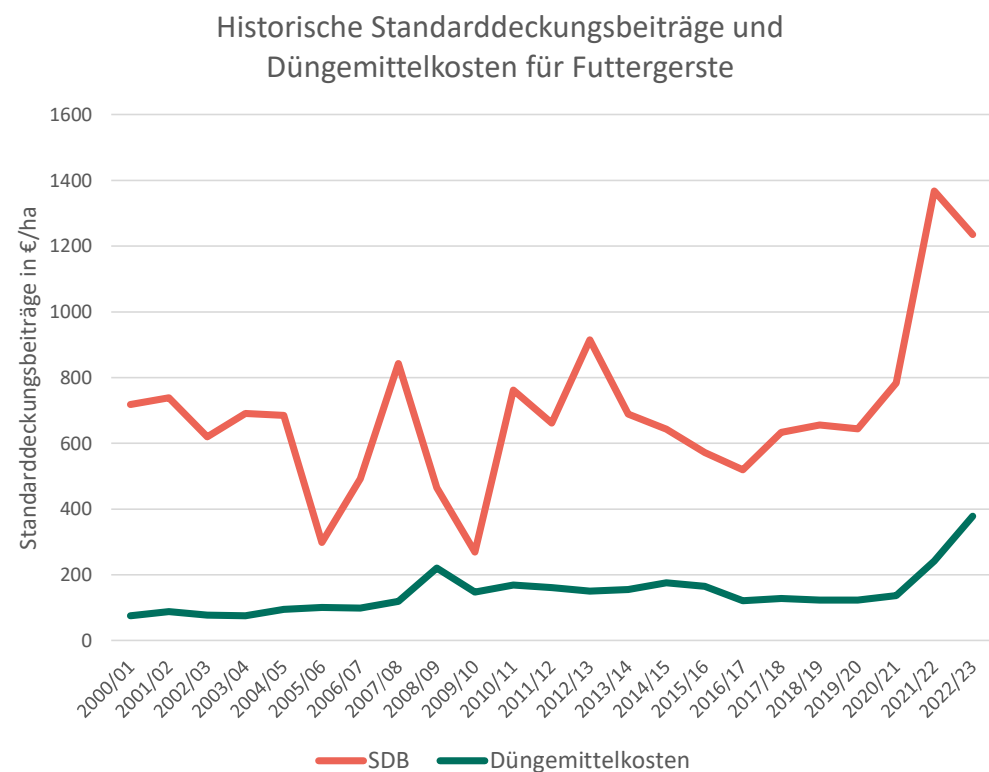


Zum Ausgleich höherer Düngemittelkosten könnten höhere Preise für Agrarprodukte oder Ausgleichsmaßnahmen notwendig werden

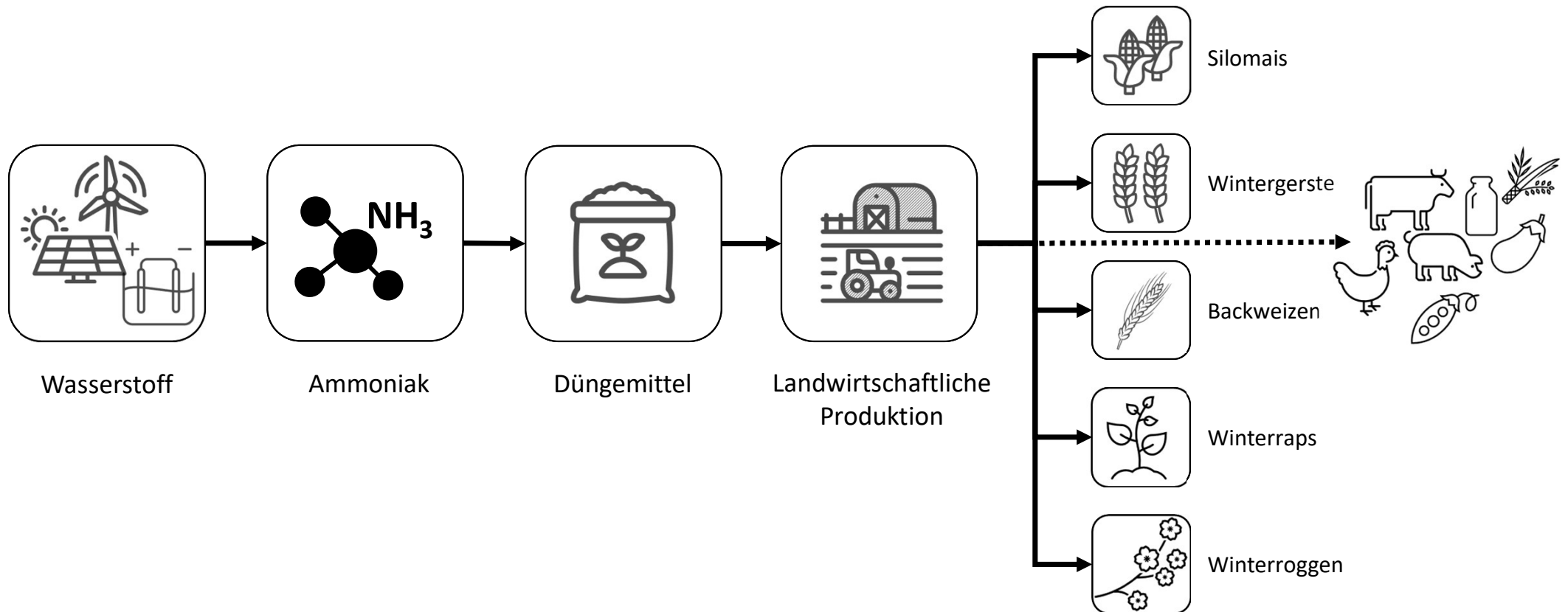
- Je nach Kulturart sind erzielbare **Preise** durch **internationalen Handel oder regionale Märkte** bestimmt.
- **Internationale Konkurrenz** (z.B. bei primär auf globalen Börsen gehandeltem Weizen) könnte Möglichkeiten zur Kostenweitergabe schmälern, weshalb negative Konsequenzen für die deutsche Landwirtschaft möglich sind
- Mehrkosten könnten einerseits durch effizienteren Düngemiteleinsatz abgefedert werden, andererseits kann ein verminderter Düngemiteleinsatz ohne Ersatzmaßnahmen die Erntequalität negativ beeinflussen und so vermarktbare Preise senken.
- Bei wichtigen Kulturarten könnten **Mehrkosten ohne Begleitmaßnahmen darum nur eingeschränkt weitergegeben** werden.
- Maßnahmen zu Senkung der Bezugskosten für grüne N-Düngemittel, Anpassungen bei Agrarsubventionen und Standards / Labelinginitiativen zur Stärkung von grünen Leitmärkten könnten adäquate Begleitmaßnahmen darstellen.

Düngemittelkosten waren bisher nicht maßgeblich für Schwankungen in Deckungsbeiträgen verantwortlich

- **Schwankungen in Preis- und Ertragsmengen** sind entscheidendere **Faktoren**, um historische Schwankungen der Standarddeckungsbeiträge (SDB) zu erklären.
- Corona-Pandemie und Ukrainekrieg haben bei einzelnen Gütern zu deutlich höheren Deckungsbeiträgen in den letzten Jahren beigetragen.
- Durch die Quote würden Kosten für Düngemittel zwar steigen, wären aber planbarer und weniger anfällig für externe Preisschocks auf fossilen Märkten.



Die berechneten Gestehungskosten erlauben Abschätzung von möglichen Kosteneffekten in der Landwirtschaft auf Endprodukte



Kostenveränderungen bei Endprodukten durch den Einsatz grüner Düngemittel sind mit Unsicherheiten behaftet

- Die Berechnung möglicher Mehrkosten bei landwirtschaftlichen Endprodukten ist mit großen **Unsicherheiten** verbunden.
- Konkret können der Stickstoff- und der damit verbundene Düngemiteleinsatz pro Endprodukt stark variieren und hängen von komplexen Umwelteinflüssen und Nutzungseffizienzen ab.
- Studien im Zusammenhang mit Stickstoff in der Landwirtschaft haben meist den negativen Umwelteinfluss von reaktivem Stickstoff als Ausgangspunkt.
- Für die Analyse wurden Stickstoffkosten für die acht Endprodukte **Geflügel, Schweinefleisch, Rindfleisch, Milch, Getreide, Hülsenfrüchte, Kartoffeln** sowie **Obst und Gemüse** berechnet, um einen näherungsweisen Eindruck möglicher Düngemittelkosten pro Endprodukt zu geben.
- Grundlage der Berechnungen sind die ermittelten Düngemittelkosten sowie Literaturdaten zu N-Faktoren und Anteilen.*

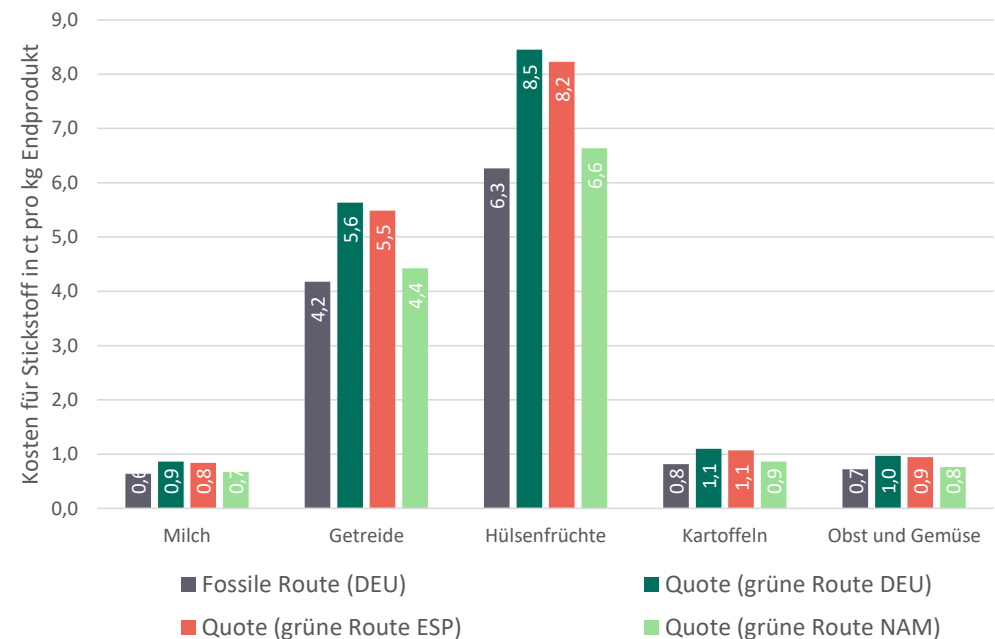
*Pierer et al. (2014): "The nitrogen footprint of food products and general consumption patterns in Austria", Food Policy 49; Leach et al. (2012): "A nitrogen footprint model to help consumers understand their role in nitrogen losses to the environment", Environmental Development 1; Zhang et al. (2018): "Virtual nitrogen factors and nitrogen footprints associated with nitrogen loss and food wastage of China's main food crops", Environmental Research Letters 13(1).

Die (zunehmende) Verwendung grünen Ammoniaks für die Düngemittelproduktion führt zu leicht steigenden Kosten in Endprodukten

- Für Milch, Kartoffeln und Obst und Gemüse wird vergleichsweise wenig Stickstoff eingesetzt. Auch die absoluten Kosten fallen daher gering aus (< 1 ct/kg Endprodukt).
- Je nach Produktionsroute fallen Kostensteigerungen unterschiedlich hoch aus.
- Die **Steigerungen sind auch relativ zu den Gesamtkosten der Endprodukte gering.**

Quelle: Berechnung und Darstellung der dena

Vergleich Kosten für Stickstoffeinsatz nach Endprodukt für das Jahr 2035 nach Quoteneinführung - Einsatz von Harnstoff*



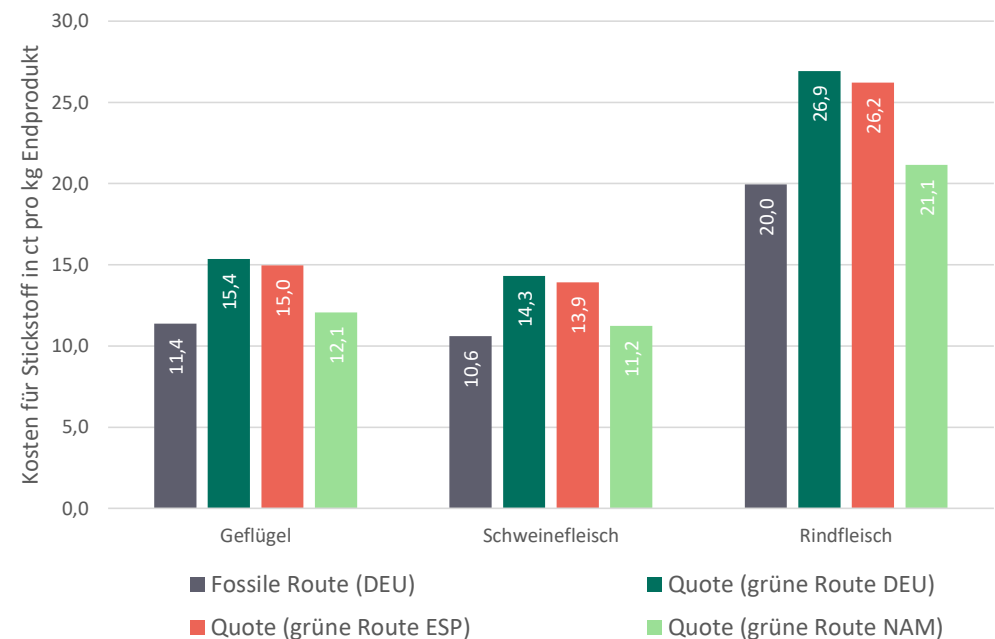
*Diese Rechnung stellt die Zusammenhänge vereinfacht und mit Unsicherheiten behaftet dar. Das Ergebnis ist unabhängig von der verwendeten Düngemittelart (Harnstoff oder Ammoniumnitrat).

Auch bei Geflügel, Schweinefleisch und Rindfleisch fallen die Mehrkosten vergleichsweise gering aus

- Bei Geflügel, Schweinefleisch und Rindfleisch wird im Vergleich zu Obst und Gemüse oder Milch mehr Stickstoff eingesetzt.
- Hier liegen die Mehrkosten gegenüber dem rein fossilen Stickstoff-Einsatz je nach Produktionsroute zwischen rd. 1 ct und rd. 7 ct/kg Endprodukt.
- Die **Steigerungen sind auch relativ zu den Gesamtkosten für Endprodukte gering** (z.B. bei Rindfleisch mit aktuellem Preis im Einzelhandel von rd. 10 €/kg Preissteigerung um 0,3-0,8 %).

Quelle: Berechnung und Darstellung der dena

Vergleich Kosten für Stickstoffeinsatz nach Endprodukt für das Jahr 2035 nach Quoteneinführung - Einsatz von Harnstoff*



*Diese Rechnung stellt die Zusammenhänge vereinfacht und mit Unsicherheiten behaftet dar. Das Ergebnis ist unabhängig von der verwendeten Düngemittelart (Harnstoff oder Ammoniumnitrat).

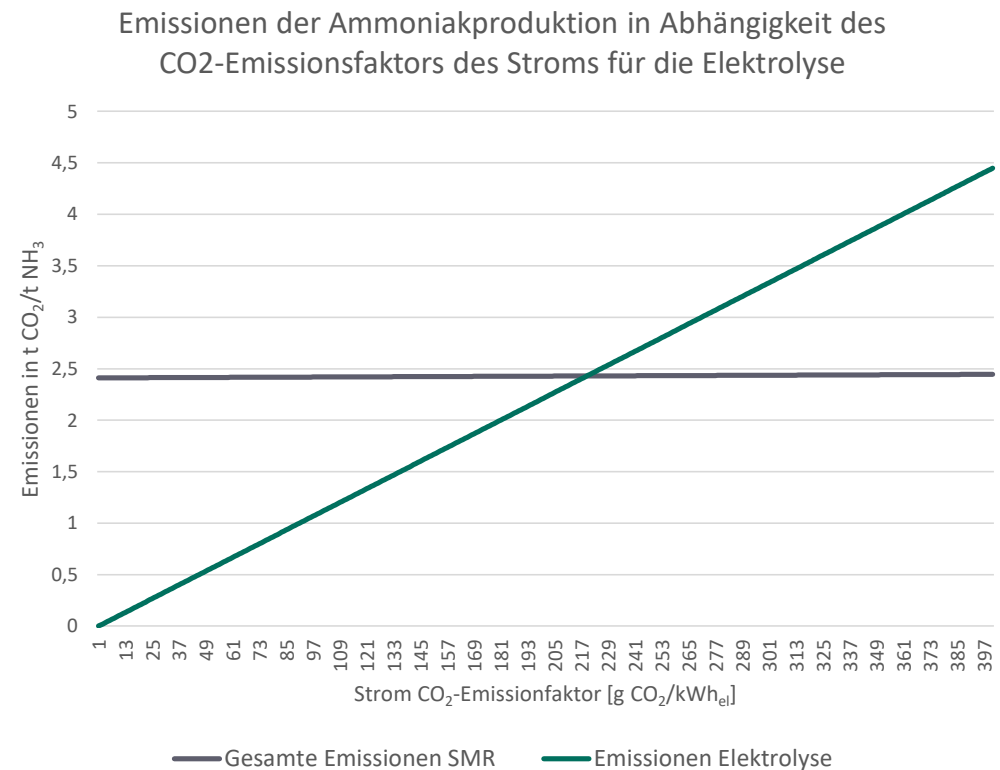


4.3 Beitrag zu THG-Einsparungen und RFNBO-Industriequote

Direkte Treibhausgas-Reduktionen durch die Einführung der Quote für grünes Ammoniak in der Düngemittelproduktion betragen mind. 1,23 t CO₂/ t NH₃ bei der Nutzung von RFNBO-konformem Ammoniak.

Die mögliche Emissionsreduktion der grünen gegenüber der fossilen Produktion hängt stark vom Emissionsfaktor des bezogenen Stroms ab

- Die fossile Wasserstoffproduktion verursacht sowohl **direkte als auch indirekte Treibhausgasemissionen**.
- Direkte CO₂-Emissionen entstehen bei der Dampfreformierung und Wärmebereitstellung (ca. 1,76 t CO₂/t NH₃), während indirekte Emissionen aus der Methanföderung, dem Methanschlupf und Netzstrombezug resultieren (ca. 0,68 t CO₂/t NH₃).
- Die CO₂-Intensität der Stromerzeugung ist ein entscheidender Faktor für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen bei der Produktion von grünem Wasserstoff.
- CO₂-Emissionen des Anlagenbaus werden nicht beachtet (gemäß EU-THG-Methodik für RFNBO). Lachgasemissionen treten weiterhin durch den Einsatz von Stickstoffdüngemitteln auf, wobei eine Reduktion nur bei einem geringeren Einsatz dieser Düngemittel möglich ist.



Durch den Einsatz von grünem Wasserstoff können deutliche Emissionsreduktionen erreicht werden

- Die Quote trägt hauptsächlich zur Senkung der direkten und indirekten Emissionen der fossilen H₂-Produktion durch Substitution mit grünem H₂ bei (andere CO₂-Quelle für die Harnstoff-Synthese benötigt).
- Bei der Nutzung von fossilem CO₂ durch Abscheidung (z.B. fossile H₂-Produktion oder andere fossile industrielle Punktquelle) für die Harnstoff-Synthese sind die CO₂ Emissionen nachgelagert. Diese Emissionen können nur durch die Nutzung von erneuerbaren CO₂-Quellen vermieden werden.
- Beim **Einsatz von grünem Wasserstoff**, der mit EE-Strom erzeugt wird, können **im Vergleich zur fossilen Route** potenziell deutliche **Emissionsreduktionen** erreicht werden: Direkte Emissionen: 1,76 t CO₂/t NH₃; indirekte Emissionen: 0,68 t CO₂/t NH₃. **Gesamtreduktion: 2,44 t CO₂/t NH₃.**

Direkte Treibhausgas-Reduktionen durch die Einführung einer Düngemittelquote betragen mind. 1,23 t CO₂/t NH₃ bei der Nutzung von RFNBO-konformem Ammoniak

- Bei einer **Erhöhung der Quote um 1 Prozentpunkt** (entspricht ca. 13.000 t NH₃) ergibt sich folgendes theoretische **Minderungspotenzial: 22.800 t (direkte Emissionen) und 8.800 t (indirekte Emissionen)**. Hierbei sind noch keine Emissionen durch den Transport beachtet.
- Gemäß EU-Vorgaben müssen RFNBO mindestens 70 % THG-Einsparungen im Vergleich zu einem fossilen Referenzwert (94 g CO₂/MJ) erreichen. Für Ammoniak entspricht dies einem Grenzwert von 0,53 t CO₂/t NH₃ (inkl. Emissionen aus dem Transport, bspw. aus Spanien oder Namibia). Somit können durch **RFNBO-konformen Ammoniak mind. 1,23 t CO₂/t NH₃ direkte Emissionen eingespart** werden.



5. Quellen

Quellenverzeichnis

- Aurora Energy Research (2025): German Power and Renewables Market Forecast April 2025. Net Zero Scenario.
- Barnard, Michael (2025): Hydrogen Electrolysis Cost Projections from Major Organizations Low by 60% to 300% .
<https://cleantechnica.com/2025/02/24/hydrogen-electrolysis-cost-projections-from-major-organizations-low-by-60-to-300/>
- BNEF (2023): Hydrogen Levelized Cost Update: Green Beats Gray. Online verfügbar unter <https://about.bnef.com/insights/clean-energy/2023-hydrogen-levelized-cost-update-green-beats-gray/>.
- European Commission (2024): Clean Energy Technology Observatory, Water electrolysis and hydrogen in the European Union. Status re-port on technology development, trends, value chains and markets. Unter Mitarbeit von Julien Bolard, Francesco Dolci, Katarzyna Gryc, Umberto Eynard, Aliko Georgakaki, Simon Letout et al. Luxembourg: Publications Office.
- European Commission (2025): Recommended parameters for reporting on GHG projections in 2025.
- EWI (2024): Datengrundlage für die H2Bilanz 2024 2. Halbjahr. Online verfügbar unter <https://www.ewi.uni-koeln.de/de/publikationen/datengrundlage-fuer-die-h2bilanz-2024-2-halbjahr/>
- Fertilizers Europe (2024): Forecast of food, farming & fertilizer use in the European Union 2024-2034. <https://www.fertilizerseurope.com/wp-content/uploads/2024/12/Forecast-2024-34-web.pdf>.

Quellenverzeichnis

- Forrestal, P. J., Harty, M. A., Carolan, R., Watson, C. J., Lanigan, G. J., Wall, D. P., Hennessy, D. and Richards, K. G. (2017): Can the agronomic performance of urea equal calcium ammonium nitrate across nitrogen rates in temperate grassland? *Soil Use Manage*, 33.
- Fuss, Sabine; Lamb, William F.; Callaghan, Max W.; Hilaire, Jérôme; Creutzig, Felix; Amann, Thorben et al. (2018): Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects. In: *Environ. Res. Lett.* 13 (6), S. 63002. DOI: 10.1088/1748-9326/aabf9f.
- KPMG AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (2024): Cost of Capital Study 2024. The New Dilemma: Balancing Interest Rates and Growth. Online verfügbar unter <https://kpmg.com/de/en/home/insights/overview/cost-of-capital.study.html>.
- Lewis, Eric; McNaul, Shannon; Jamieson, Matthew; Henriksen, Megan; Matthews, H.; Walsh, Liam et al. (2022): Comparison of Commercial, State-of-the-Art, Fossil-Based Hydrogen Production Technologies.
- MIBGAS (2024): MIBGAS IBHYX Index. Online verfügbar unter <https://greenenergy.mibgas.es/en/index>.
- Montel (2023): PPA Prices Overview in Spain. Online verfügbar unter [https://montel.energy/assets/iberian_energy_day_montel_levelten.pptx-\(1\).pdf](https://montel.energy/assets/iberian_energy_day_montel_levelten.pptx-(1).pdf).
- Montel (2024): German PPA demand “unbroken” despite price falls – Verbund. Online verfügbar unter <https://montelnews.com/news/a7568acf-10b0-4519-aa27-d21df5ead455/ppa-demand-unbroken-despite-market-price-falls-verbund>.
- SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH (2015): Jahresabschluss zum 31. Dezember 2015 und Lagebericht. https://www.skwp.de/fileadmin/content/01_unternehmen/unternehmensprofil/jahresabschluesse/21004010_end_skw_p_te_ja_2015_end_geschuetzt.pdf

Quellenverzeichnis

- Strategic Energy Europe (2025): Germany 2025: Between the PPA boom and the urgent need for more storage. Online verfügbar unter <https://strategicenergy.eu/germany-2025-ppa-boom-more-storage/>.
- Synertics (2025): PPA Country Profile: Spain. Online verfügbar unter <https://www.synertics.io/blog/192/ppa-country-profile-spain>.
- Veyt (2024): German PPA volumes to rise amid bullish futures outlook. Online verfügbar unter <https://veyt.com/articles/german-ppa-volumes-to-rise-amid-bullish-futures-outlook/>.
- Wollnik, Ronja (2023): Factsheets for bio-based carbon dioxide removal options in Germany.
- Wollnik, Ronja; Borchers, Malgorzata; Seibert, Ruben; Abel, Susanne; Herrmann, Pierre; Elsasser, Peter et al. (2024): Dynamics of bio-based carbon dioxide removal in Germany. In: *Sci Rep* 14 (1), S. 20395. DOI: 10.1038/s41598-024-71017-x.
- World Bank (2025): Regulatory Quality: Percentile Rank. Online verfügbar unter <https://databank.worldbank.org/source/worldwide-governance-indicators/Series/RQ.PER.RNK.LOWER>.



Stiftung
Klimaneutralität

Wirtschaftliche Effekte einer Quote für grünes Ammoniak in der Düngemittelproduktion

Fachliche Analyse:
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität

Berlin, September 2025