Potsdam Institute for Climate Impact Research

„Wirtschaft wissenschaftlich“ der Wirtschaftsvereinigung der Grünen e.V.

„Wasserstoff – was kann er leisten und was nicht für Energiewende, Wirtschaft, Klima?“

Dr. Falko Ueckerdt

Head of National Energy Transitions Team,

Potsdam Institute for Climate Impact Research

„Wasserstoff – was kann er leisten und was nicht für Energiewende, Wirtschaft, Klima?“

› Die Rolle von Wasserstoff im Energiesystem:
- Bandbreiten für Deutschland
- Kurzer globaler Blick

› In welchen Sektoren ist Wasserstoff am wichtigsten?

› Energieimporte: Wieviel und was wird importiert?

› Falls Zeit: Herausforderung Wettbewerbsfähigkeit und Knappheit

› Kurzes Fazit

„Wasserstoff – was kann er leisten und was nicht für Energiewende, Wirtschaft, Klima?“

› Die Rolle von Wasserstoff im Energiesystem:
- **Bandbreiten für Deutschland**
- Kurzer globaler Blick

› In welchen Sektoren ist Wasserstoff am wichtigsten?

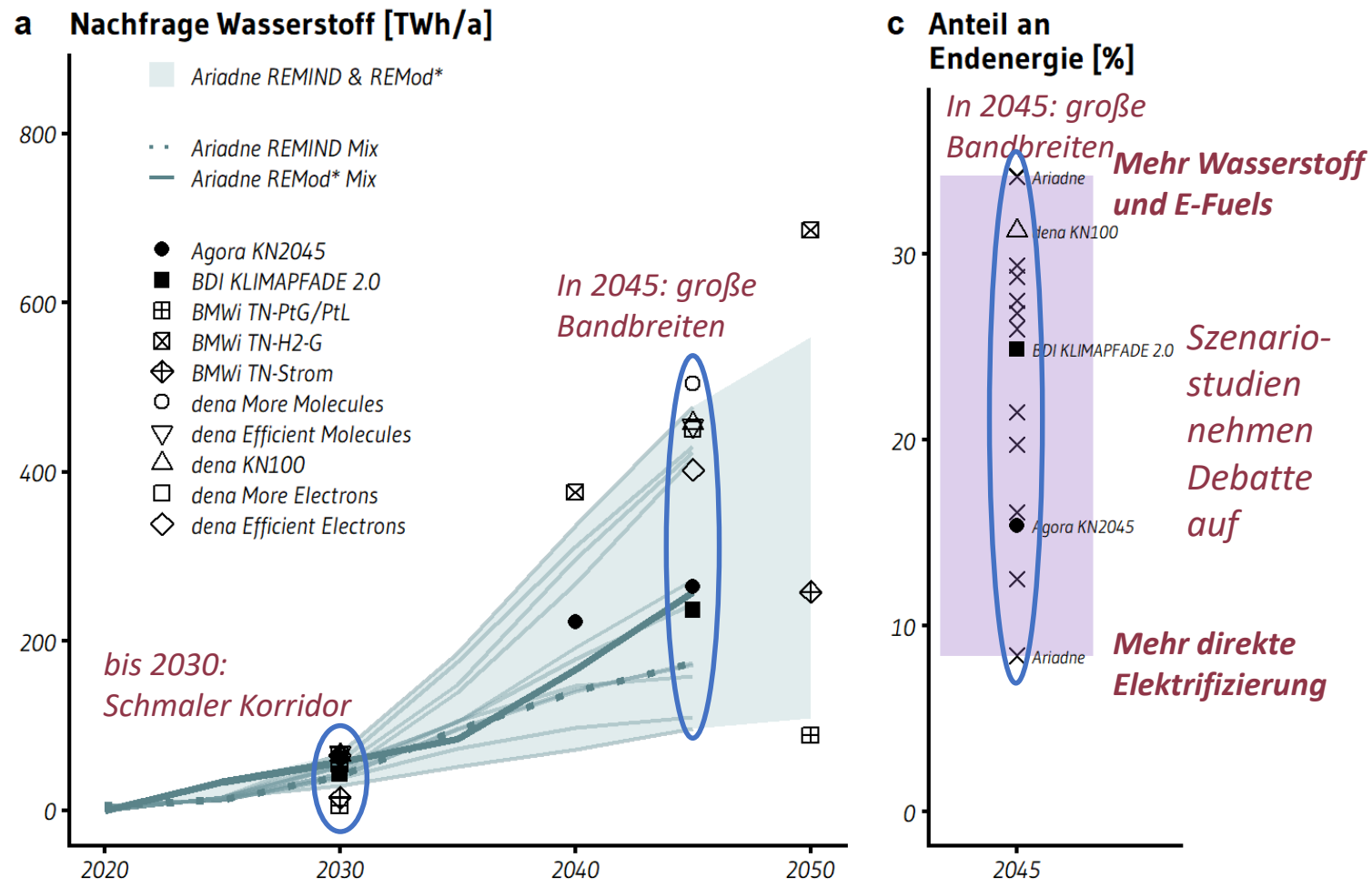
› Energieimporte: Wieviel und was wird importiert?

› Falls Zeit: Herausforderung Wettbewerbsfähigkeit und Knappheit

› Kurzes Fazit

H2: ein notwendiger und umstrittender Baustein der Energiewende.

„Big 5“ Szenarien Deutschland (hin zu Klimaneutralität)



1. Bandbreiten aufgrund **techno-ökonomischer Unsicherheiten** und **(industrie)politischer Präferenzen**. (Wasserstoff wirkt oft strukturkonservativ)
2. **Bandbreiten ≠ Spielräume.** Es gibt Grenzen des Machbaren. Es ist ein Lernprozess.
3. Robust: H2&E-Fuels sind auf absehbare Zeit **knapp und vergleichsweise teuer**
4. Öffentliche&politische Debatte widerspricht teilweise dem **wissenschaftlichen Konsens**:

   Die Rolle von Gas als Energieträger nimmt deutlich ab (Vgl.: ~1000 TWh/a Erdgas 2021)
   → **Wasserstoff wird nicht das neue Erdgas. Wasserstoff wird auch nicht das neue Öl.**

Ueckerdt et al. (2021) Ariadne Project Policy Paper: *„Cornerstones of an adaptable hydrogen strategy“*
https://ariadneprojekt.de/publikation/eckpunkte-einer-anpassungsfaehigen-wasserstoffstrategie/

„Wasserstoff – was kann er leisten und was nicht für Energiewende, Wirtschaft, Klima?“

› Die Rolle von Wasserstoff im Energiesystem:
- Bandbreiten für Deutschland
- **Kurzer globaler Blick**

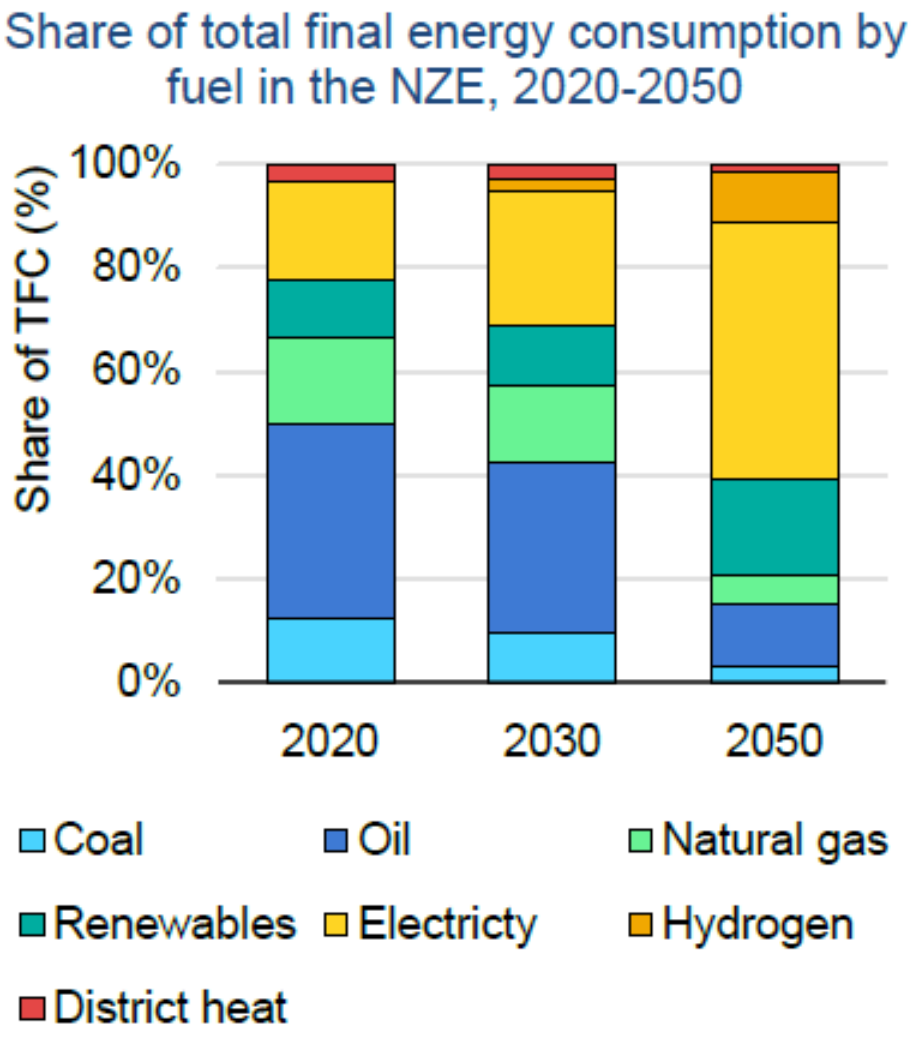
› In welchen Sektoren ist Wasserstoff am wichtigsten?

› Energieimporte: Wieviel und was wird importiert?

› Falls Zeit: Herausforderung Wettbewerbsfähigkeit und Knappheit

› Kurzes Fazit

Global: Im ambitionierten Flagship-Szenario der IEA leistet H2 ~10% in 2050



„Wasserstoff – was kann er leisten und was nicht für Energiewende, Wirtschaft, Klima?“

› Die Rolle von Wasserstoff im Energiesystem:
- Bandbreiten für Deutschland
- Kurzer globaler Blick

› **In welchen Sektoren ist Wasserstoff am wichtigsten?**

› Energieimporte: Wieviel und was wird importiert?

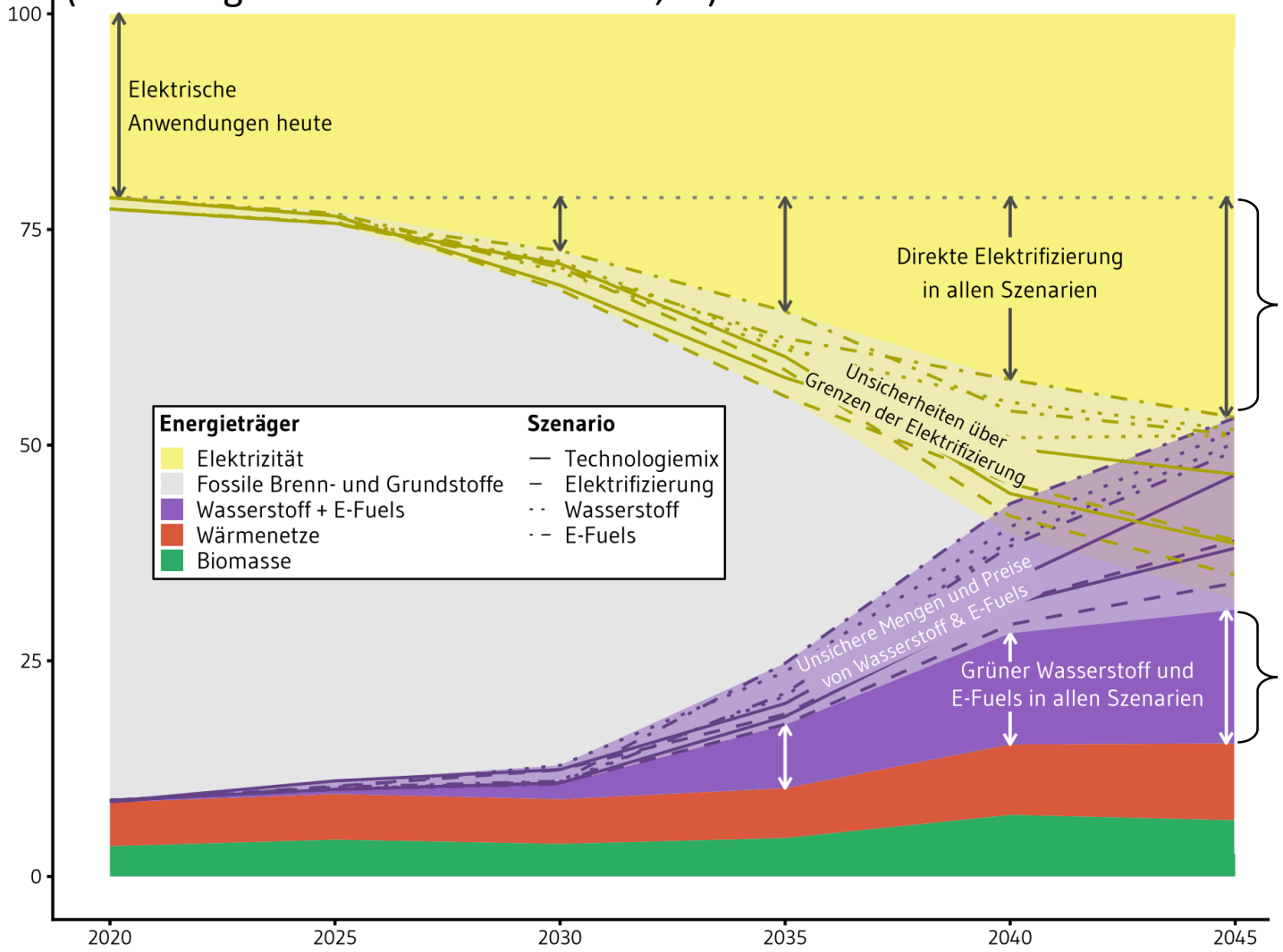
› Falls Zeit: Herausforderung Wettbewerbsfähigkeit und Knappheit

› Kurzes Fazit

Spielräume, Unsicherheiten und robuste Eigenschaften

Klimaneutralität Deutschland 2045

(Endenergie inklusive Grundstoffe, %)



Szenarien-Bandbreiten: 10-35 % der Endnutzung kommt aus Wasserstoff&E-Fuels (hinzu kommt H2 im Stromsystem)

Weitgehender Konsens über die begrenzte Rolle von Wasserstoff und E-Fuels in PKWs

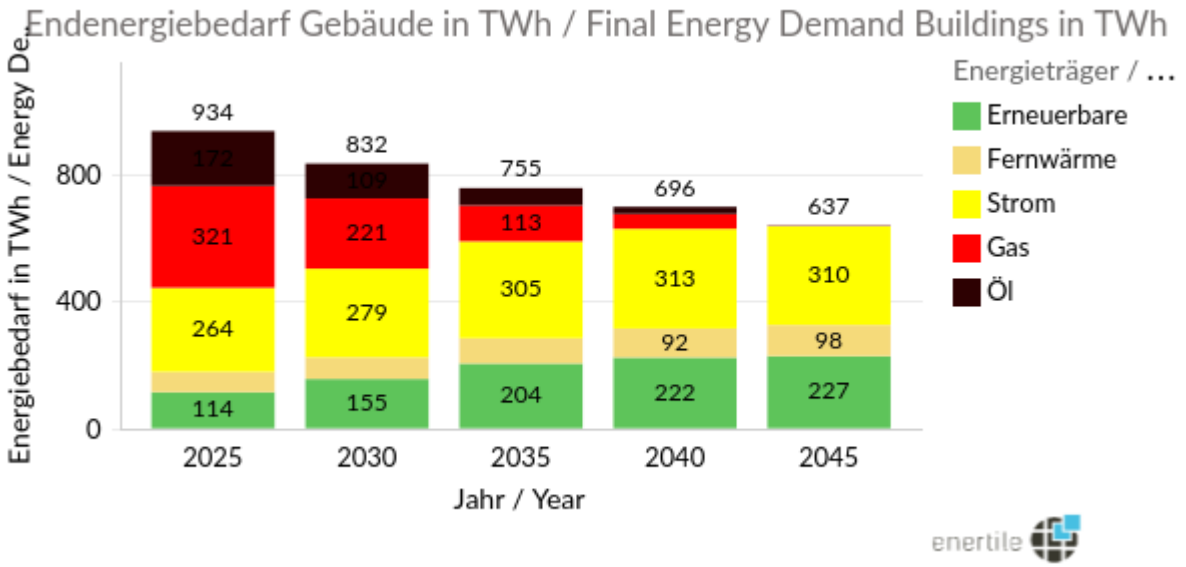
Einigkeit in Szenarien vs. intensive Debatte: Rolle von Wasserstoff in Gebäuden (dezentrales Heizen)

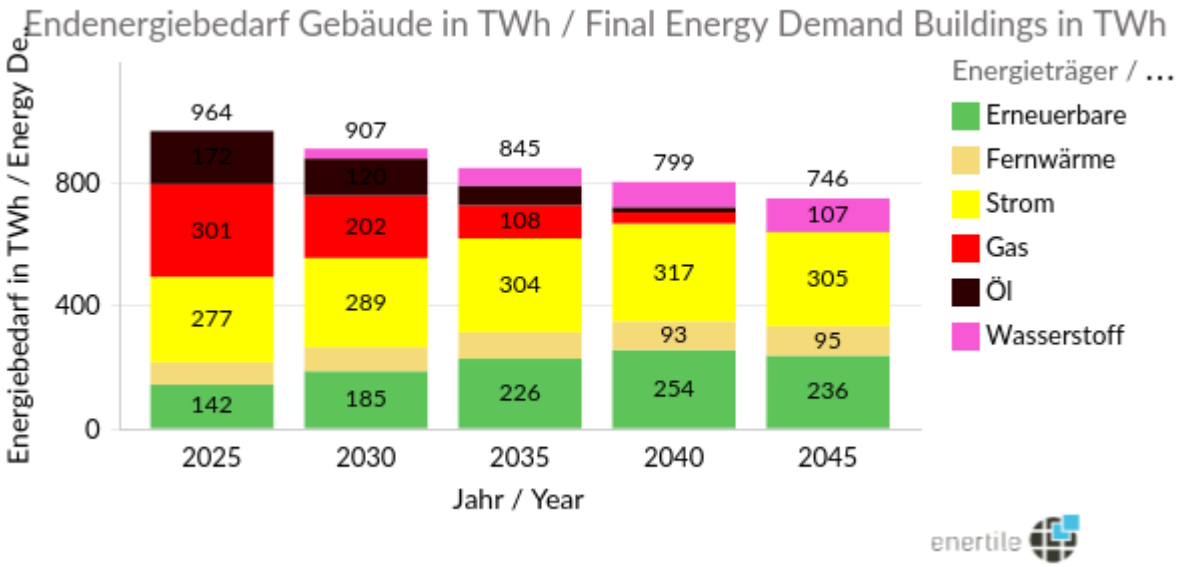
Kurzer Deepdive

Konsens: Wasserstoff ist unverzichtbar für Primärstahl, Ammoniak, Luftfahrt, Schifffahrt, Grundstoffchemie (und H2-Kraftwerke)

Ueckerdt et al. , Luderer (2021) Ariadne Project Policy Paper: *„Cornerstones of an adaptable hydrogen strategy“*
https://ariadneprojekt.de/publikation/eckpunkte-einer-anpassungsfaehigen-wasserstoffstrategie/

Ein sektoraler Blick in die Bandbreiten - Gebäude





› Auch im optimistischen H2-Szenario spielt H2 eine untergeordnete Rolle
› H2 ist *nicht* nötig und typischerweise unökonomisch in der dezentralen Wärme (wichtiger in der Fernwärme)
› In allen Szenarien werden Gasverteilnetze massiv zurückgebaut

→ „H2-ready“-Narrativ birgt große Lock-in-Gefahr in fossile Heizungen.

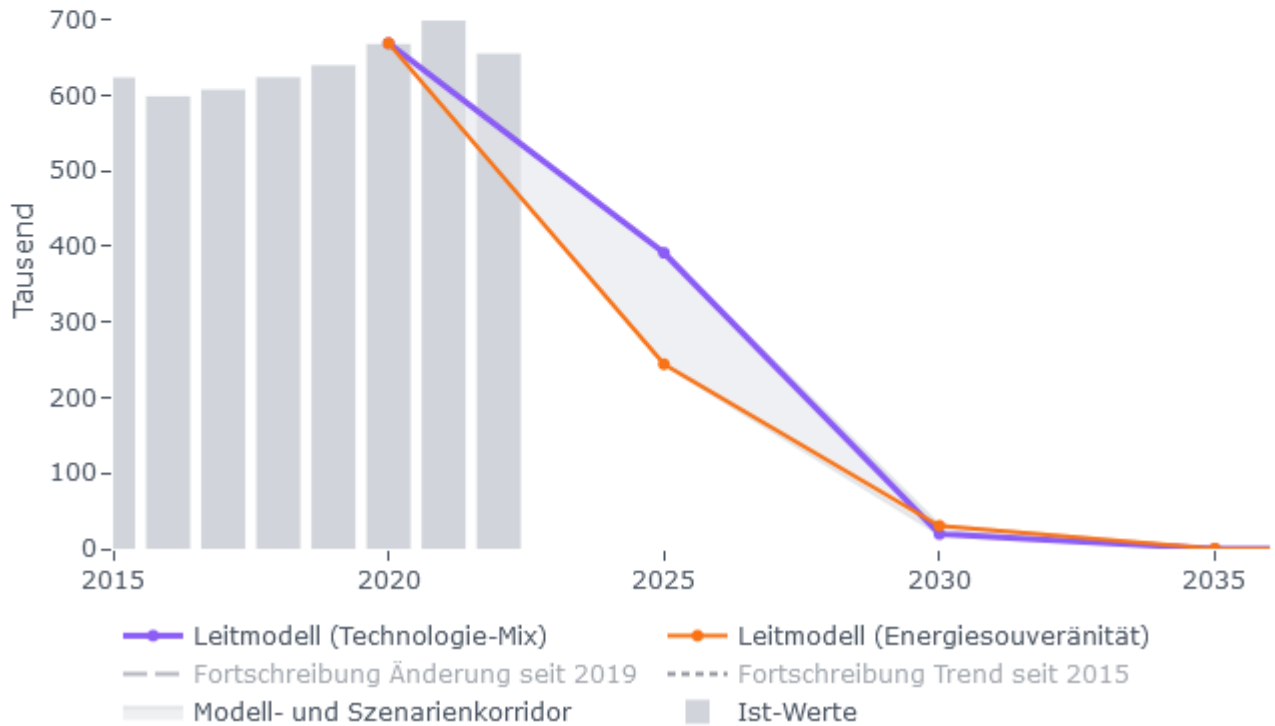
Quelle: aktuelle Langfristszenarien 3

Absatz von Öl- und Gasheizungen pro Jahr

Rückschritt im Vergleich zum Szenario Technologiemix

Dieser Indikator beschreibt die jährlichen Neuinstallationen von Öl- und Gasheizungen zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser im Gebäudesektor.

bis 2035 | bis 2045

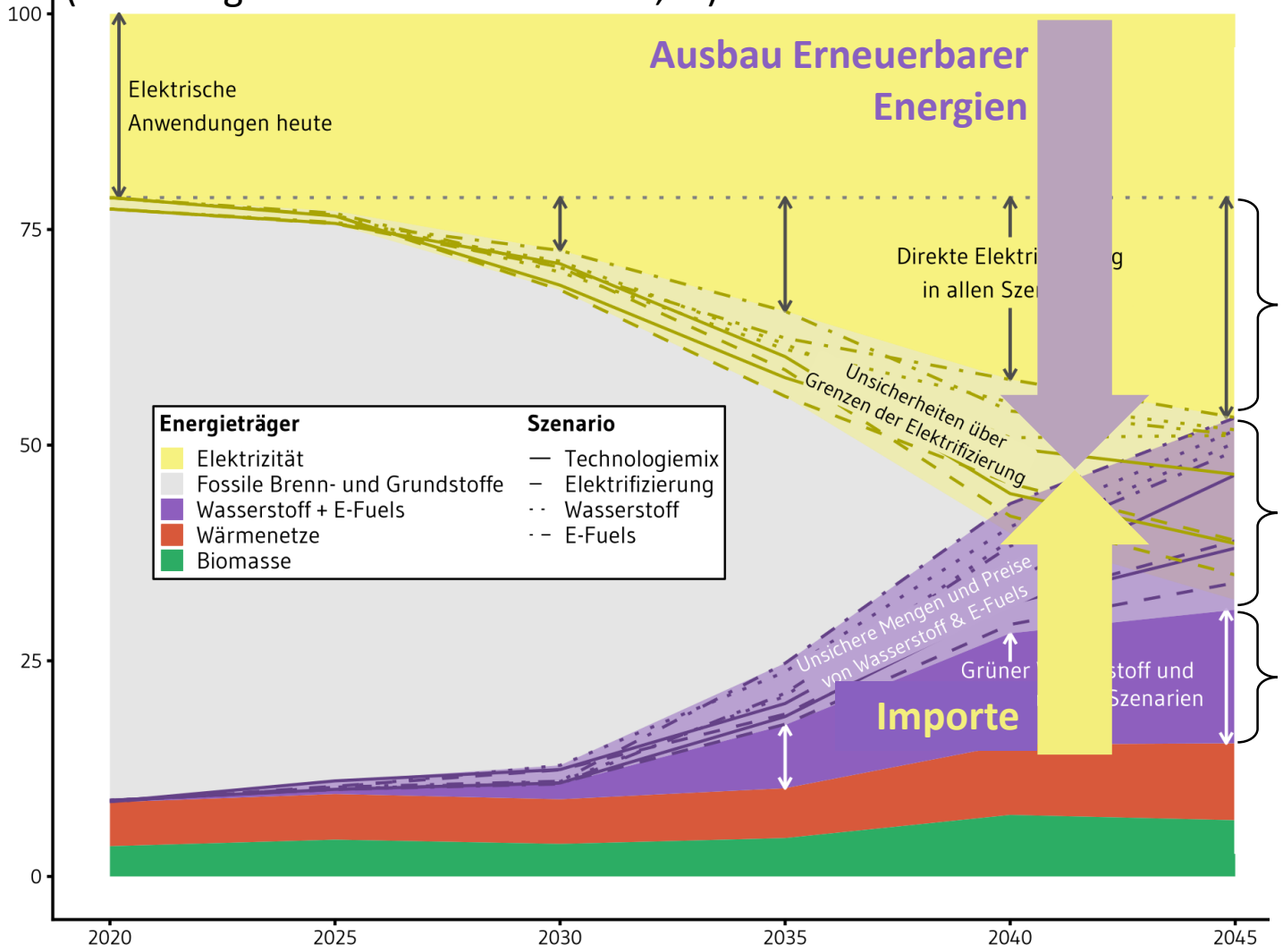


Quelle: Ariadne Transformationstracker

Spielräume, Unsicherheiten und robuste Eigenschaften

Klimaneutralität Deutschland 2045

(Endenergie inklusive Grundstoffe, %)



Szenarien-Bandbreiten: 10-35 % der Endnutzung kommt aus Wasserstoff&E-Fuels (hinzu kommt H2 im Stromsystem)

Weitgehender Konsens über die begrenzte Rolle von Wasserstoff und E-Fuels in PKWs

Einigkeit in Szenarien vs. intensive Debatte: Rolle von Wasserstoff in Gebäuden (dezentrales Heizen)

Offen: die Rolle von Wasserstoff im Schwerlastverkehr und in der industriellen Prozesswärme

Konsens: Wasserstoff ist unverzichtbar für Primärstahl, Ammoniak, Luftfahrt, Schifffahrt, Grundstoffchemie (und H2-Turbinen)

Ueckerdt et al. , Luderer (2021) Ariadne Project Policy Paper: *„Cornerstones of an adaptable hydrogen strategy“*
https://ariadneprojekt.de/publikation/eckpunkte-einer-anpassungsfaehigen-wasserstoffstrategie/

„Wasserstoff – was kann er leisten und was nicht für Energiewende, Wirtschaft, Klima?“

› Die Rolle von Wasserstoff im Energiesystem:
- Bandbreiten für Deutschland
- Kurzer globaler Blick

› In welchen Sektoren ist Wasserstoff am wichtigsten?

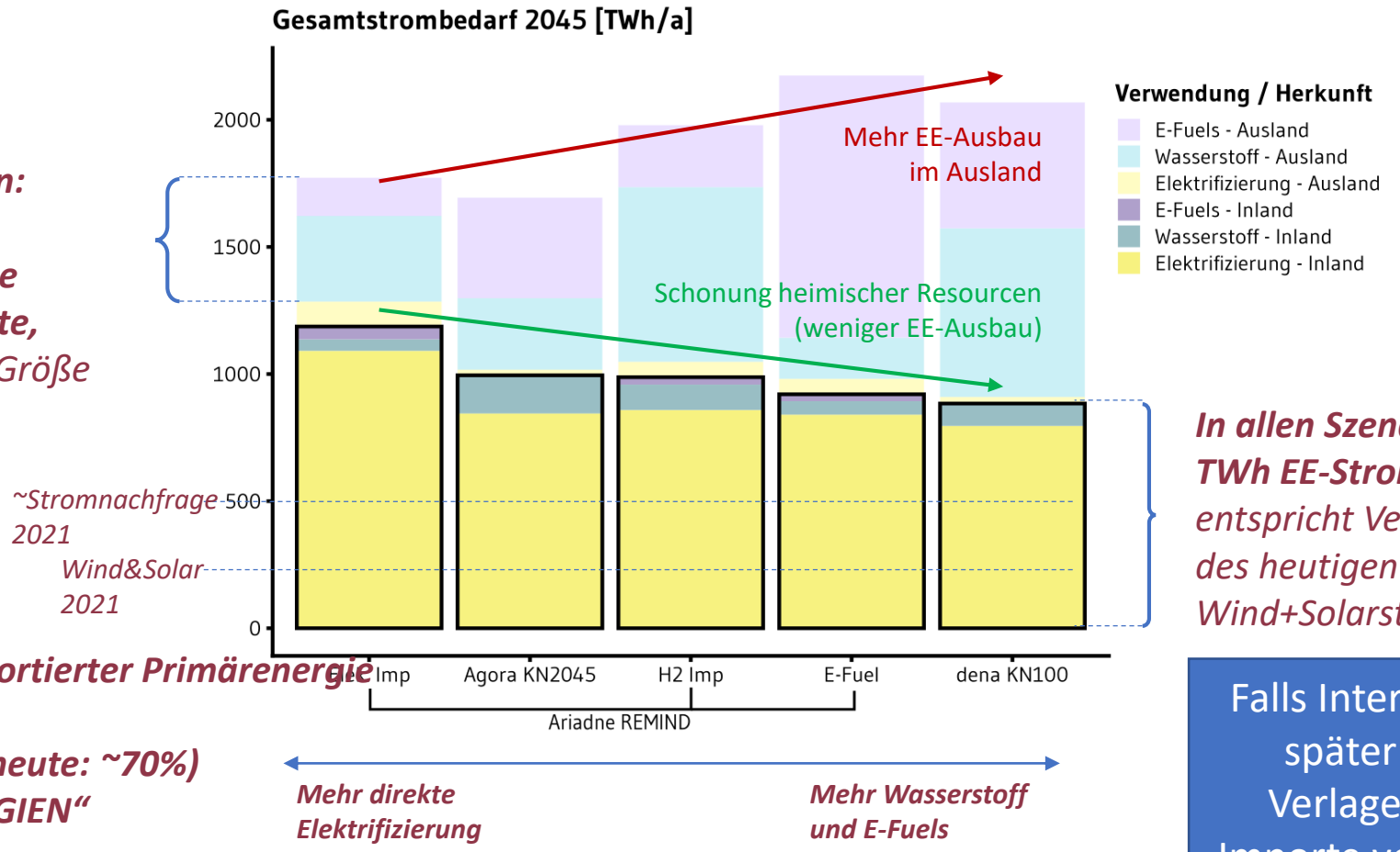
› **Energieimporte: Wieviel und was wird importiert?**

› Falls Zeit: Herausforderung Wettbewerbsfähigkeit und Knappheit

› Kurzes Fazit

Wir brauchen beides, Importe und EE-Ausbau.
Der Importanteil im Energieverbrauch wird dennoch stark sinken.

In allen Szenarien: min. ~500 TWh Stromäquivalente H2/E-Fuel-Importe, *entsprechen der Größe des heutigen Stromverbrauchs*



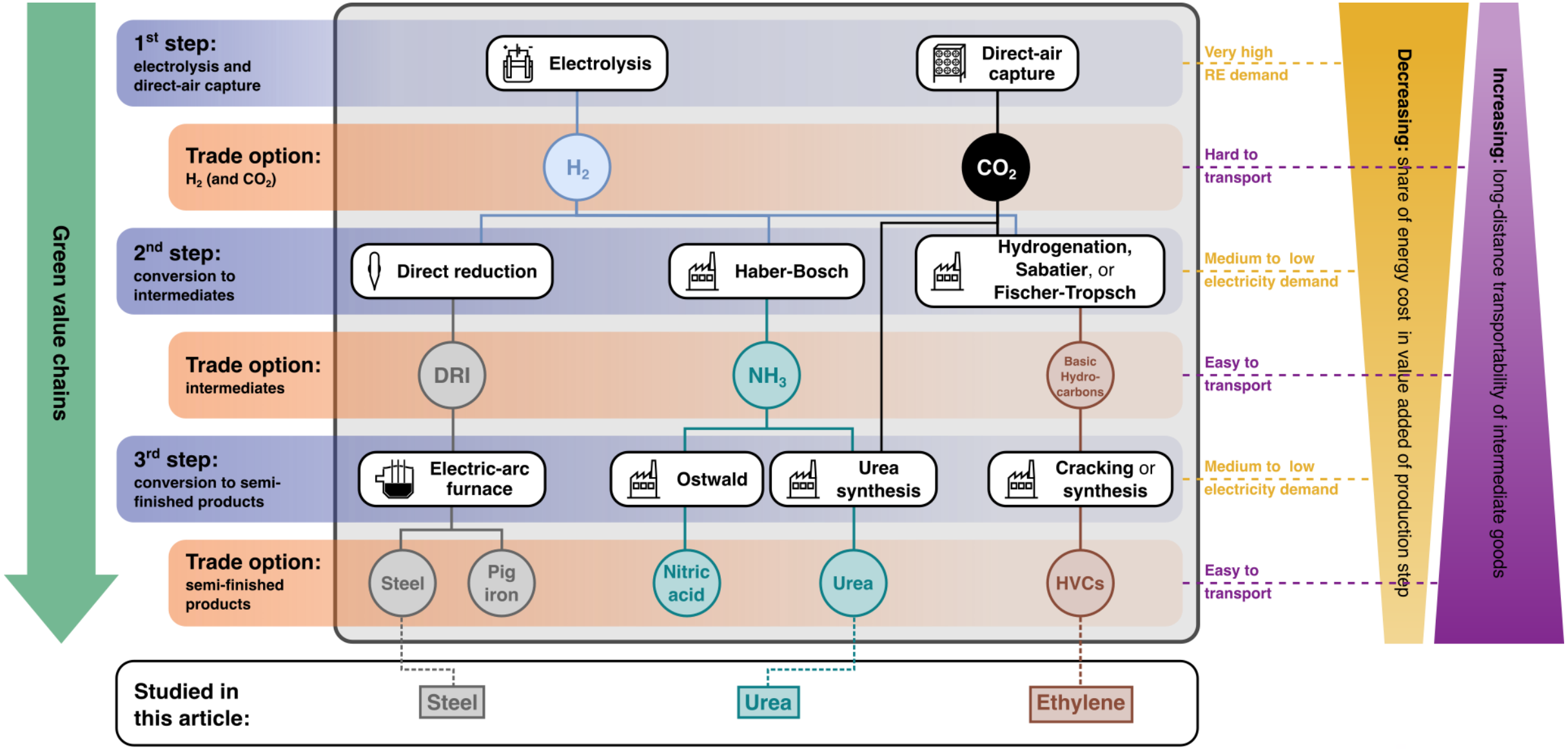
In allen Szenarien: min. 800 TWh EE-Strom, *entspricht Vervierfachung des heutigen Wind+Solarstroms*

Die Mengen importierter Primärenergie nimmt ab (2045: 20-50 %, heute: ~70%) „FREIHEITSENERGIEN“

Falls Interesse besteht, können wir später noch über potentielle Verlagerung von Industrie und Importe von Grundstoffen sprechen (überspringen)

- Unterschiedliche Visionen nicht gegeneinander ausspielen.
- H2-Bedarf vorwiegend importiert, via EU-H2-Pipelines (Schiffsimporte von H2 sind Spekulation)
- Schiffsimporte von Ammoniak, E-Fuels und energieintensiven Vorprodukten

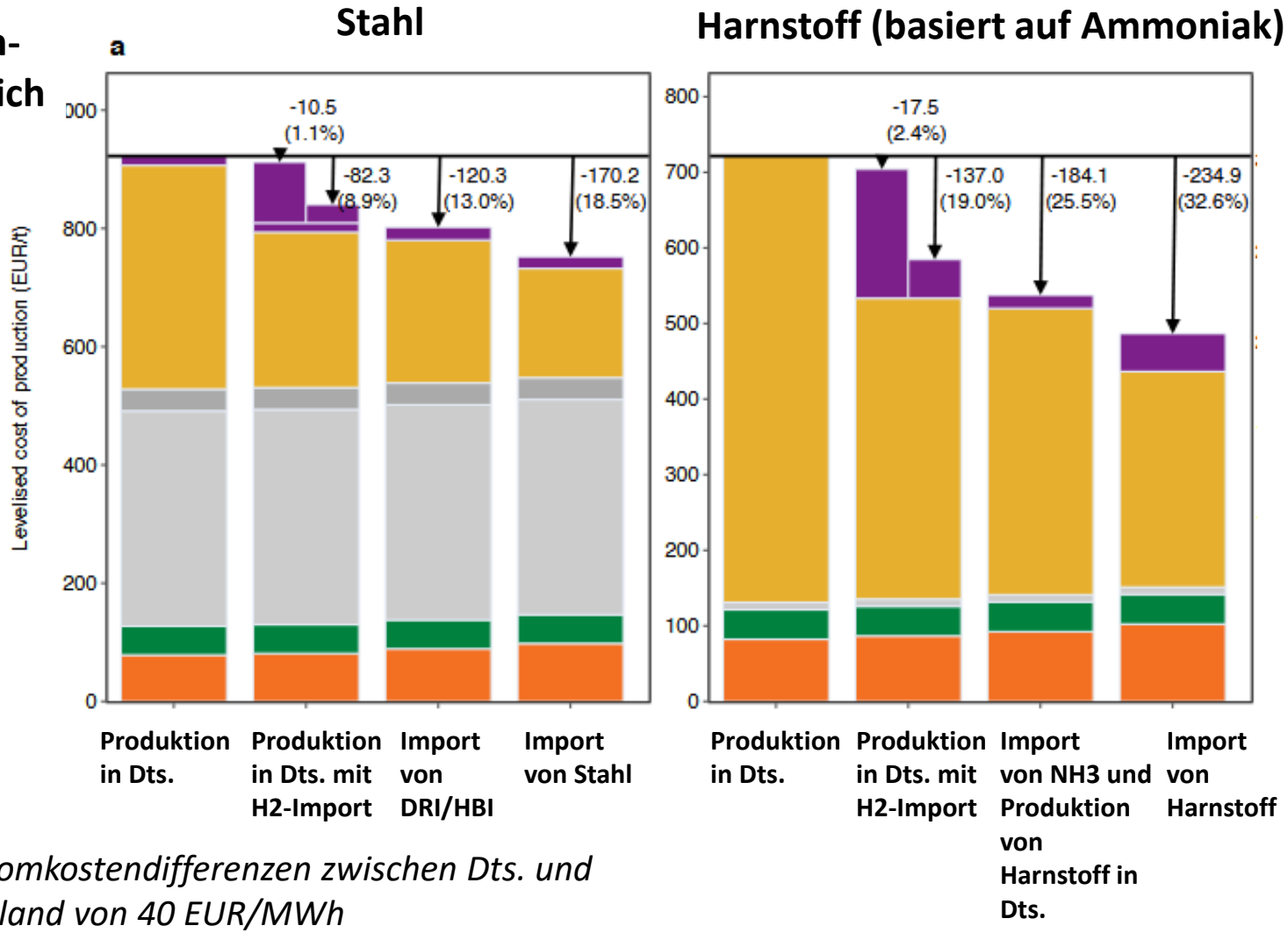
Energieintensive Importe und potentielle Verlagerungen



Verpoort, Ueckerdt, et al. (in review)

Kostenvergleich 2040 – im Vergleich.
Unterschiedliche “Tiefe” der Verlagerung bei Stahl, Harnstoff und Ethylen

Kosten-vergleich



Für Stromkostendifferenzen zwischen Dts. und Importland von 40 EUR/MWh

Verpoort, Ueckerdt, et al. (in review)

- Umfassende “Green Relocation protection” wird wahrscheinlich teuer. (z.B. langfristige Subvention der Energiepreise für die Industrie)
- Kann das politisch durchgehalten werden? Oder kommt der Strukturwandel ohnehin?
- Gibt es “Sweet spots” bei der Verlagerung, bei der der Großteil der industriellen Wertschöpfung bleibt, während energieintensive Wertschöpfungsstufen gehen.
- Wir brauchen bereits heute eine langfristige und integrierte Strategie.

„Wasserstoff – was kann er leisten und was nicht für Energiewende, Wirtschaft, Klima?“

› Die Rolle von Wasserstoff im Energiesystem:
- Bandbreiten für Deutschland
- Kurzer globaler Blick

› In welchen Sektoren ist Wasserstoff am wichtigsten?

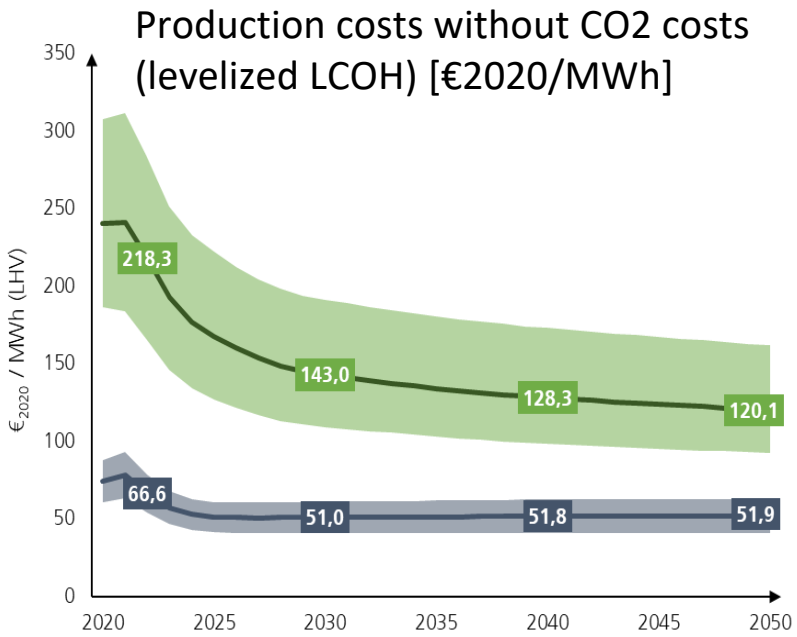
› Energieimporte: Wieviel und was wird importiert?

› **Falls Zeit: Herausforderung Wettbewerbsfähigkeit und Knappheit**

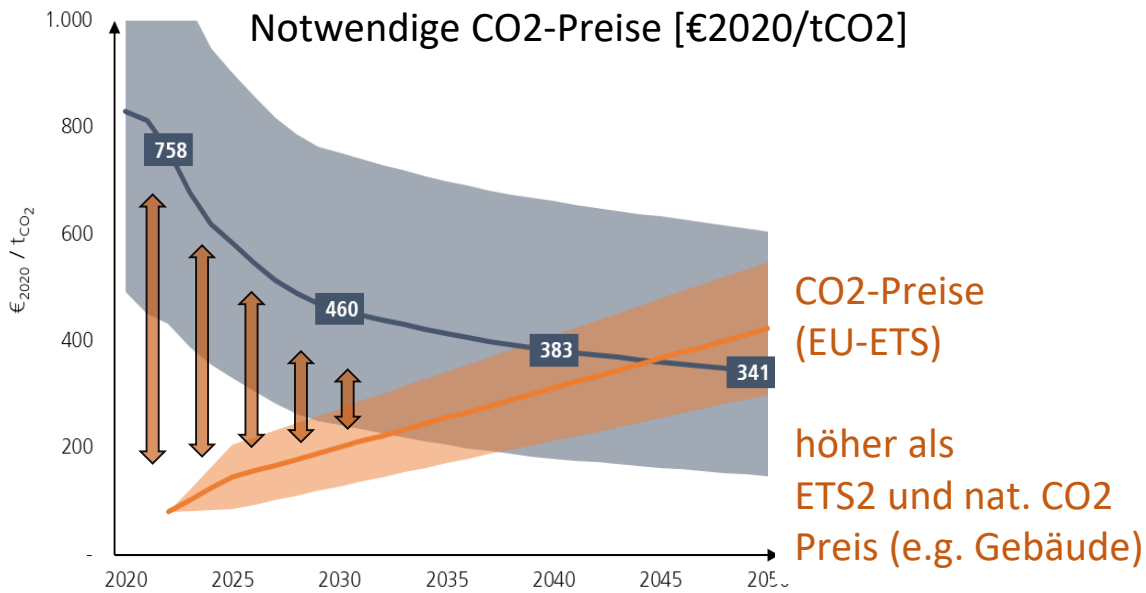
› Kurzes Fazit

Kurzfristig: Substantielle Wettbewerbslücken.
Langfristig: Unsicherheit wann CO2-Preise die Lücke schließen (insb. bei Erdgas).

Grüner Wasserstoff
(netzgebunden produziert in Dts.)



Vs. Erdgas
(mit Gasnetzgebühren)



› Ein europäisches H2-Netz kann die H2-Kosten ab ~2035 senken

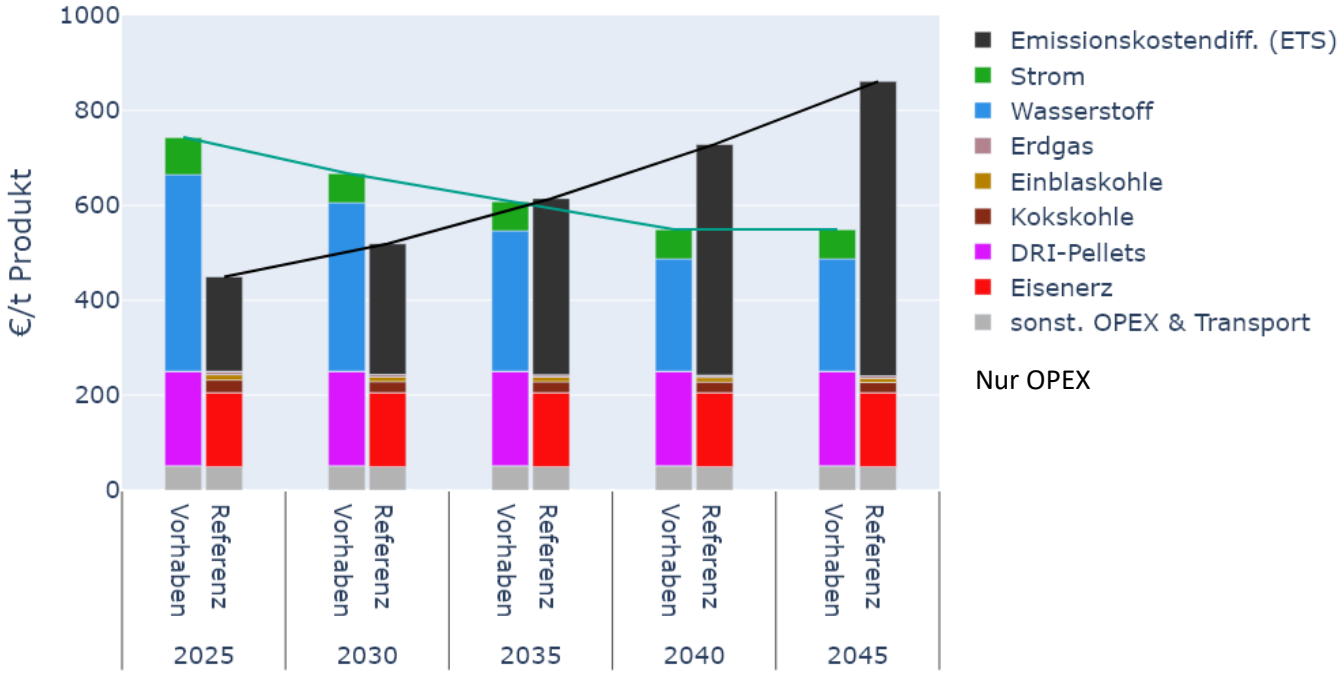
› Die Preisbildung ist unsicher:

- Dts. Standorte könnten marginale Anbieter sein und den Preis setzen. Knappheitspreise sind bis ~2040 wahrscheinlich.

Ariadne-Analyse: Wasserstoff und die Energiekrise – fünf Knackpunkte. Odenweller et al. (2022)
https://ariadneprojekt.de/publikation/analyse-wasserstoff-und-die-energiekrise-funf-knackpunkte/

Stahl: Wettbewerbslücken noch bis ~2035 trotz steigender CO2-Preise

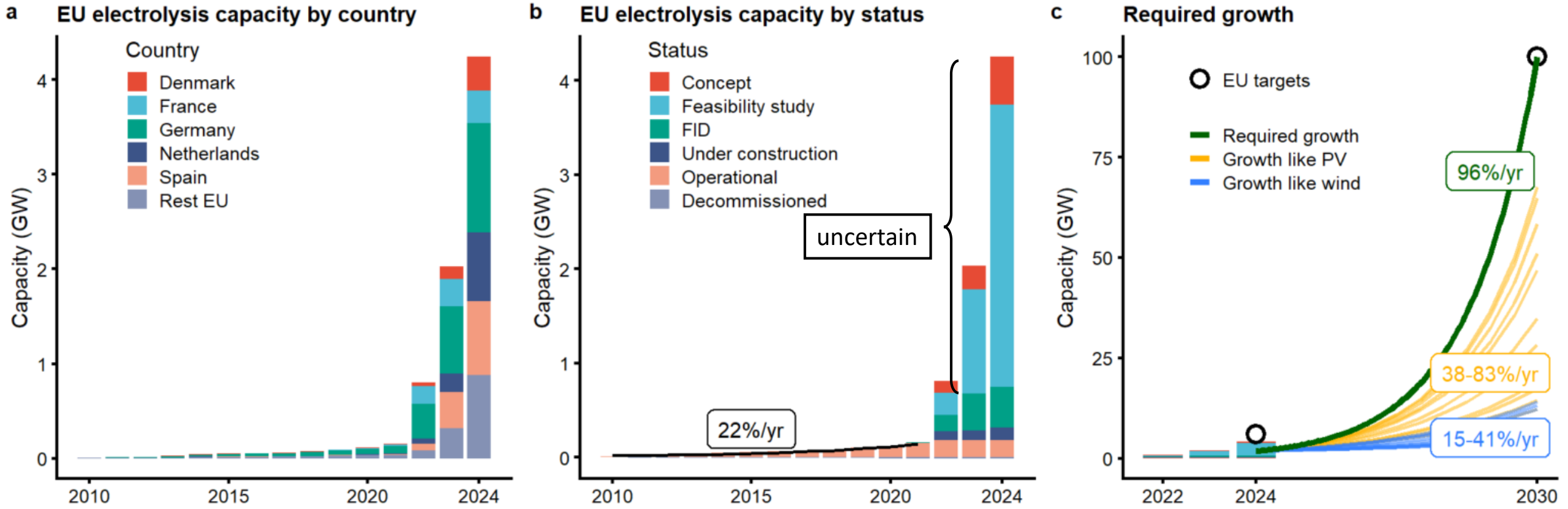
Stahl: H2-DRI vs. BF-BOF



Nur OPEX

- Dennoch kann ein ambitionierter CO2-Preis die polarisierte Debatte um H2&Technologieoffenheit lösen
- Wettbewerbslücken können mit technologiespezifischer Förderungen oder Regulierung geschlossen werden
- Breite angebotsseitige Subventionen können zu ineffizienten Verzerrungen führen, wenn sie nicht mit nachfrageseiten Instrumenten kombiniert werden
- Nachfrageseitige Instrumente: KSVs, H2-Quoten (EU Industrie: 42% in 2030) oder E-Kerosin-Quoten

KURZ: Das EU 2030 Ziel erfordert eine ~500-Fachung der Elektrolysekapazität. Das erfordert ein beispielloses Wachstum.

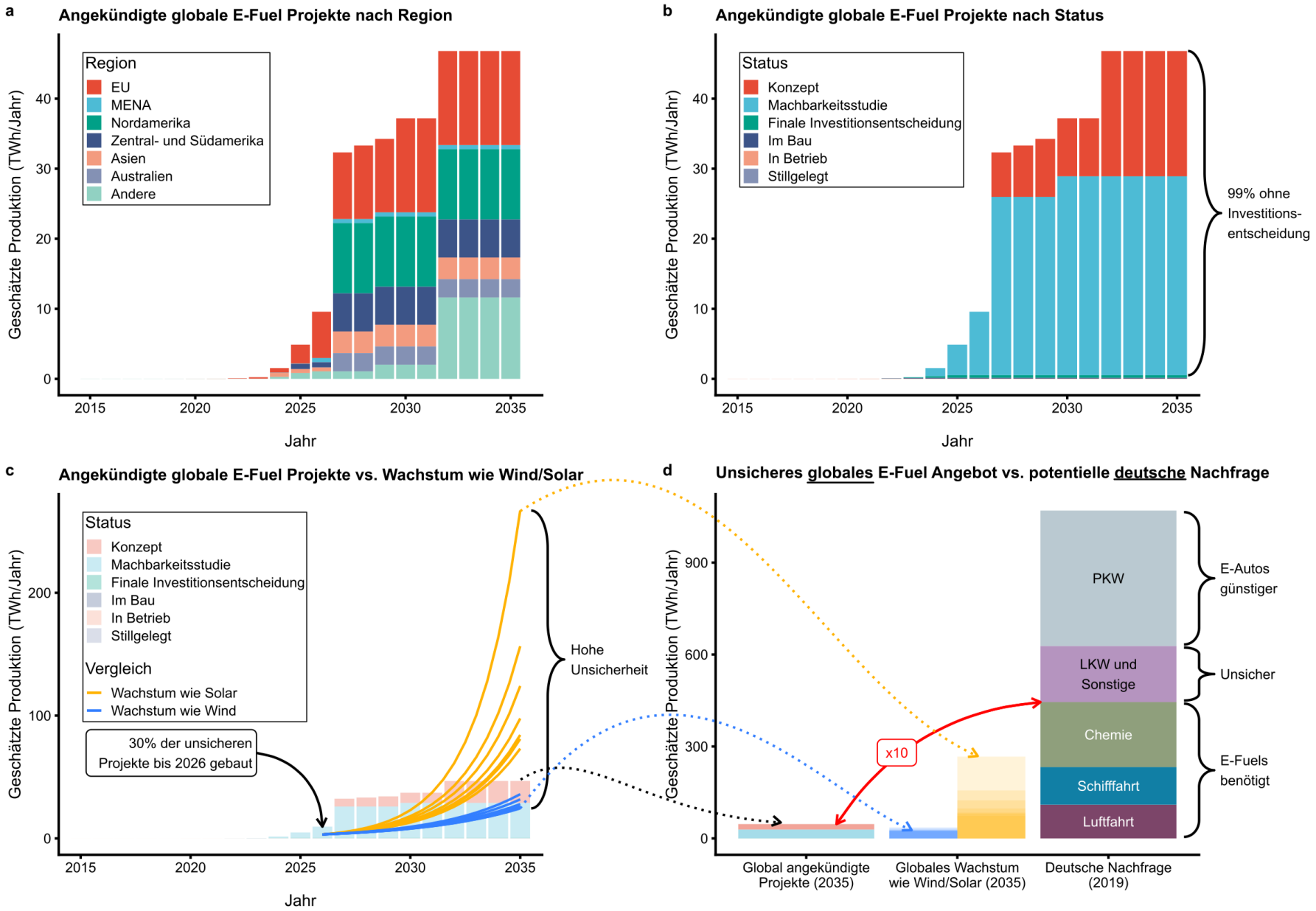


Grüner H2 ist voraussichtlich noch auf absehbare Zeit knapp → Knappheitspreise.

Odenweller, Ueckerdt et al. (2022) Ariadneprojekt, https://ariadneprojekt.de/publikation/analyse-wasserstoff-und-die-energiekrise-funf-knackpunkte/

Odenweller, Ueckerdt et al. (2022), *Probabilistic feasibility space of scaling up green hydrogen supply*. Nature Energy, https://www.nature.com/articles/s41560-022-01097-4

KURZ: E-Fuels im Straßenverkehr unwahrscheinlich. Commitment zur E-Mobilität!



Ueckerdt, Odenweller (2023), https://www.pik-potsdam.de/members/Ueckerdt/E-Fuels_Stand-und-Projektionen_PIK-Potsdam.pdf

„Wasserstoff – was kann er leisten und was nicht für Energiewende, Wirtschaft, Klima?“

› Die Rolle von Wasserstoff im Energiesystem:
- Bandbreiten für Deutschland
- Kurzer globaler Blick

› In welchen Sektoren ist Wasserstoff am wichtigsten?

› Energieimporte: Wieviel und was wird importiert?

› Falls Zeit: Herausforderung Wettbewerbsfähigkeit und Knappheit

› **Kurzes Fazit**

„Wasserstoff – was kann er leisten und was nicht für Energiewende, Wirtschaft, Klima?“

1. Wasserstoff ist ein notwendiger Baustein der Energiewende, der noch am Anfang steht und schnell entwickelt werden sollte

2. Es gibt eine heiße Debatte um die Rolle von Wasserstoff insbesondere da,
   - wo die Wissenschaft relativ klar ist, dass es bessere Alternativen gibt.
   - wo Wasserstoff besonders *strukturkonservativ* wirkt (Gebäude, Pkw)

3. Die Energiesystemforschung respektieren, heißt
   - Robuste Einsichten: den Einsatz des subventionierten und knappen Wasserstoffs zu priorisieren
   - mit Unsicherheiten bei Prozesswärme&Lkw umgehen: ambitioniertes H2-Netz, minimales AFIR-H2-Tankstellennetz – Anpassungen in einem Lernprozess akzeptieren.
   - Notwendige Transformation (EE-Ausbau, direkte Elektrifizierung) nicht ausbremsen
   - Grenzwerte und Verbote senden klare Signale und reduzieren fossile Lock-ins

4. Falsche Erwartungen an Wasserstoff&E-Fuels und verzerrende Instrumente bergen klima-, sozial- und industriepolitsche Risiken.
   - H2 ist dort wirtschaftlich sinnvoll, wo er auch klimapolitisch sinnvoll sind.
   - H2&E-Fuels allein in „No-regret Sektoren“ schaffen riesige Märkte für z.B. Technologie und Anlagenbau
   - Die Marktchancen auch der direkten Elektrifizierung kommunizieren und nutzen
   - Schlechte Klima- und H2-Politik droht die EU und Dts. gesellschaftlich zu spalten
     → Gute Klima- und H2-Politik hält die Gesellschaft zusammen

P I K

Leibniz Association