

e-SAF

Produktionspfade und Regulatorik (Fischer-Tropsch- und Methanol-Route)

Dr. Harry Lehmann

Frankfurt – Oktober 2025

Praxislabor für Grund- und Kraftstoffe aus grünem Wasserstoff



Gegründet in 2021

Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE)



Kompetenzzentrum

Ein Geschäftsbereich der Zukunft – Umwelt – Gesellschaft (ZUG) gGmbH, einer bundeseigenen Dienstleistungsgesellschaft



Akteur im Strukturwandel

Über 35 Mitarbeitende unterstützen die nachhaltige Strukturentwicklung in der Lausitz

Think and Do Tank for Fuels and Basic Materials from Green Hydrogen



Opened 2021

On behalf of the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK)



Competence Centre

A business unit of Zukunft-Umwelt-Gesellschaft (ZUG) gGmbH, a federal-owned service company



Player in Structural Development

Over 30 employees support sustainable structural development in the Lusatia region and beyond

Unsere Mission



Förderung des **PtX-Markhochlaufs**

Wissensplattform für Industrie, Politik und Wissenschaft



Analysieren, beraten und initiieren

Untersuchung einer **nachhaltigen PtX-Produktion**



Gestaltung des **ökonomischen und rechtlichen Rahmens**

Fokus auf die **gesamte Wertschöpfungskette**



SAF - Verfahren und Rohstoffe

Sustainable aviation fuels
(SAF)

Strom (erneuerbare Energien)

Biologische Rohstoffquellen

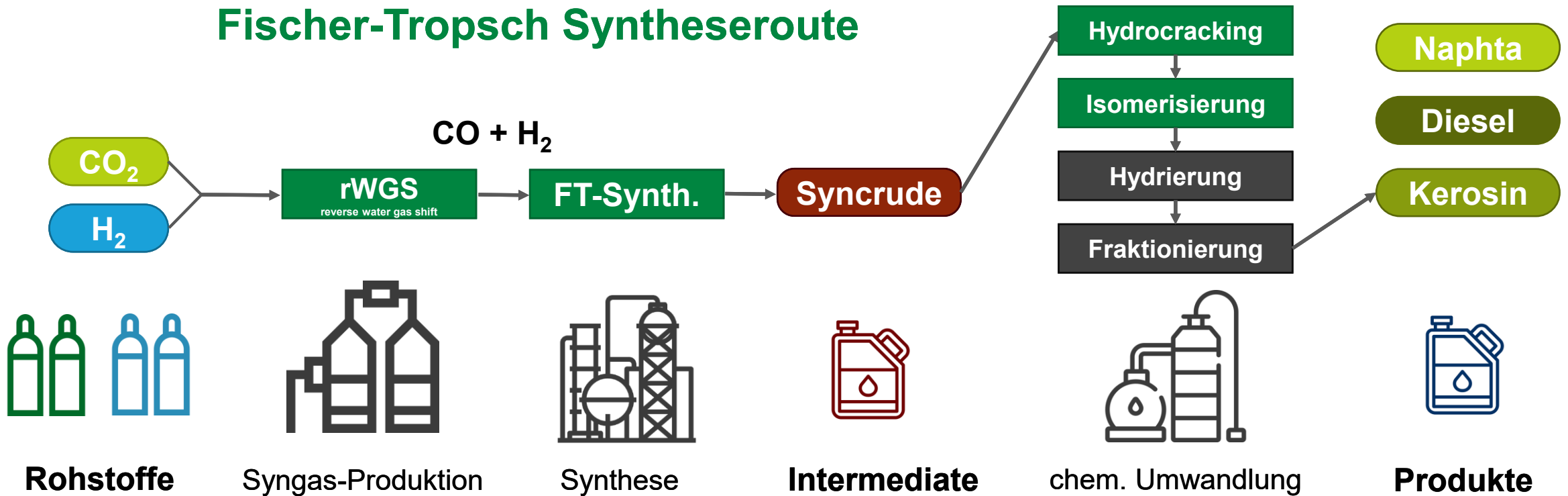
Verfahren	Ausgangsstoffe
Fischer-Tropsch (FT)	Wasserstoff (H_2) aus EE Kohlendioxid (CO_2)
Methanol-Route (MeOH)	Wasserstoff (H_2) aus EE Kohlendioxid (CO_2)

Liefert synthetisches Kerosin

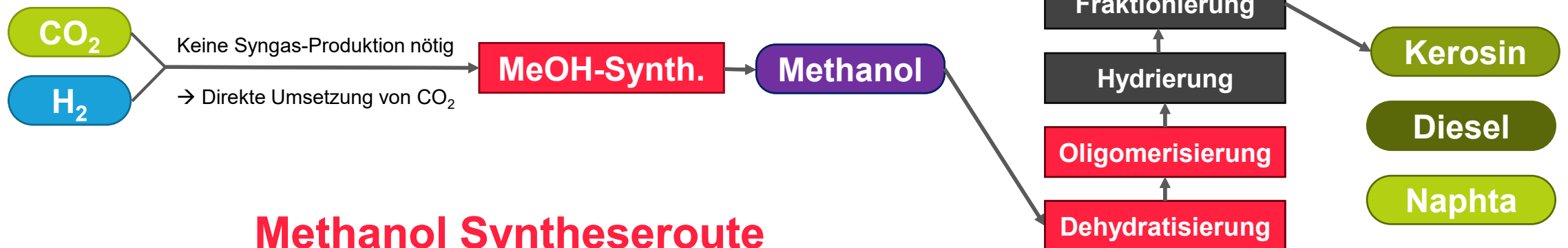
Verfahren	Ausgangsstoffe
HEFA-SPK (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids- Synthetic Paraffinic Kerosene)	Pflanzenöle, tierische Fette, gebrauchte Speiseöle
FT-SPK / FT-SKA (Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene / Synthetic Kerosene with Aromatics)	Erneuerbare Biomasse
AtJ-SPK (Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene)	Alkohol aus Biomasse/Zucker
HC-HEFA-SPK (Hydroprocessed Hydrocarbons)	Algen

Fischer-Tropsch vs. MeOH-Syntheseroute

Fischer-Tropsch Syntheseroute



Methanol Syntheseroute



Zusammenfassung PtL-Kerosinherstellung



Fischer-Tropsch

Vorteile

- Nahezu kompletter CO₂-Umsatz (99%)
- Prozess auf hohe Kerosinausbeute gut einstellbar
- Homogene Produktverteilung des synth. Kerosins
- *state of the art*-Technologie mit Synergien zu bereits bestehenden Raffinerien

→ Bspw. Naphta in Steamcracker zur Erzeugung von Aromaten, Olefinen

Nachteile

- Kein direkter CO₂-Umsatz → Synthesegas benötigt
- hoher Energiebedarf *rWGS* ($\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$)
- hoher Anteil an Nebenprodukten (Naphta, Diesel)
- Geringes Potential für noch höhere Kerosinausbeute

Methanol-Route

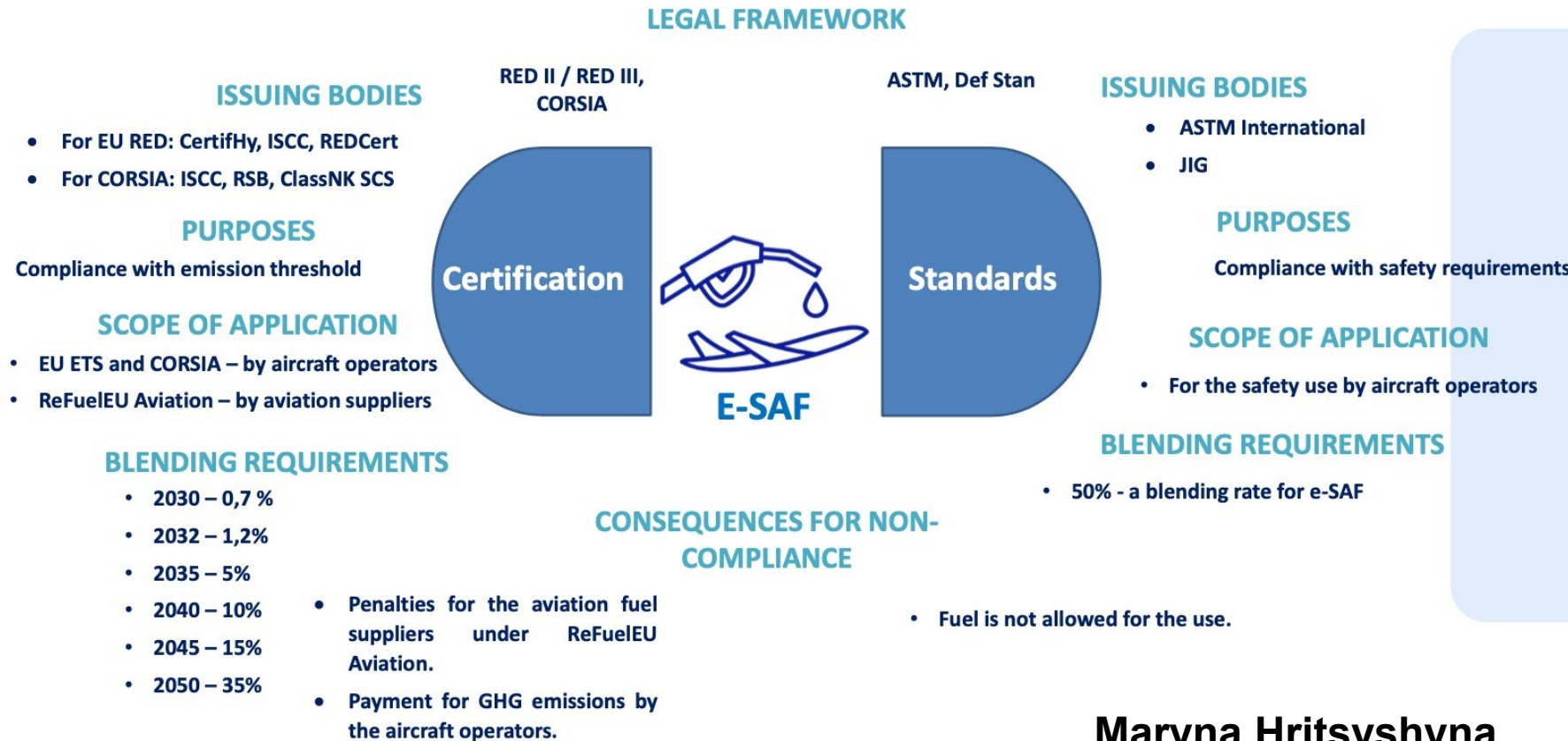
Vorteile

- direkter CO₂-Umsatz → keine Synthesegas-Erzeugung
- geringerer Energiebedarf der einzelnen Prozesse
- *Methanol-Economy* – MeOH als zukünftige Plattformchemikalie für 1. Luftfahrt, 2. Seeverkehr und 3. chemische Industrie
- *Methanol-to-Aromatics* (MtA) liefert nötige Aromaten für Kerosin
- *Methanol-to-Olefins* (MtO) liefert Olefine für chem. Industrie

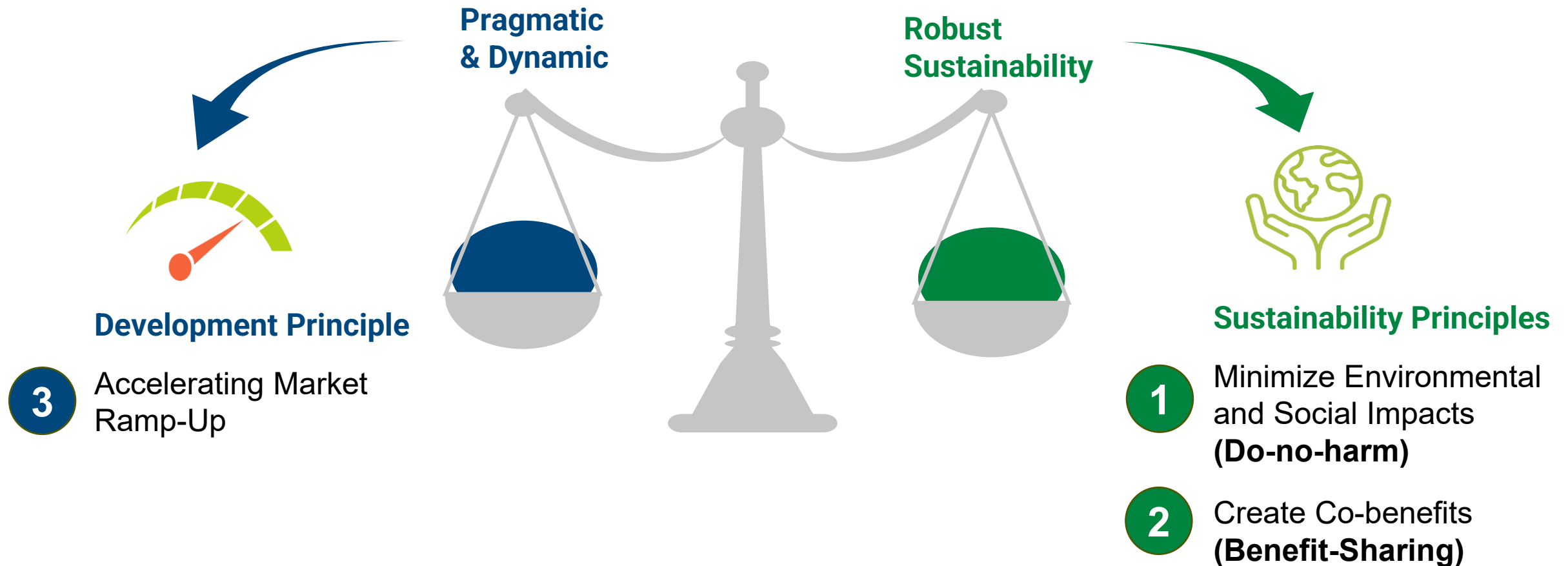
Nachteile

- Schlechter CO₂-Umsatz (85%) durch *MeOH-to-Kerosene*
- ungünstige Produktverteilung des synth. Kerosins
- bisher auf hohe Benzinausbeute optimiert (*Mobil-Prozess*)
- hoher Betriebsdruck (~75 bar) und *first-pass* Umsatz (<25%) im MeOH-Reaktor

Interaction between certification and standards for e-SAF

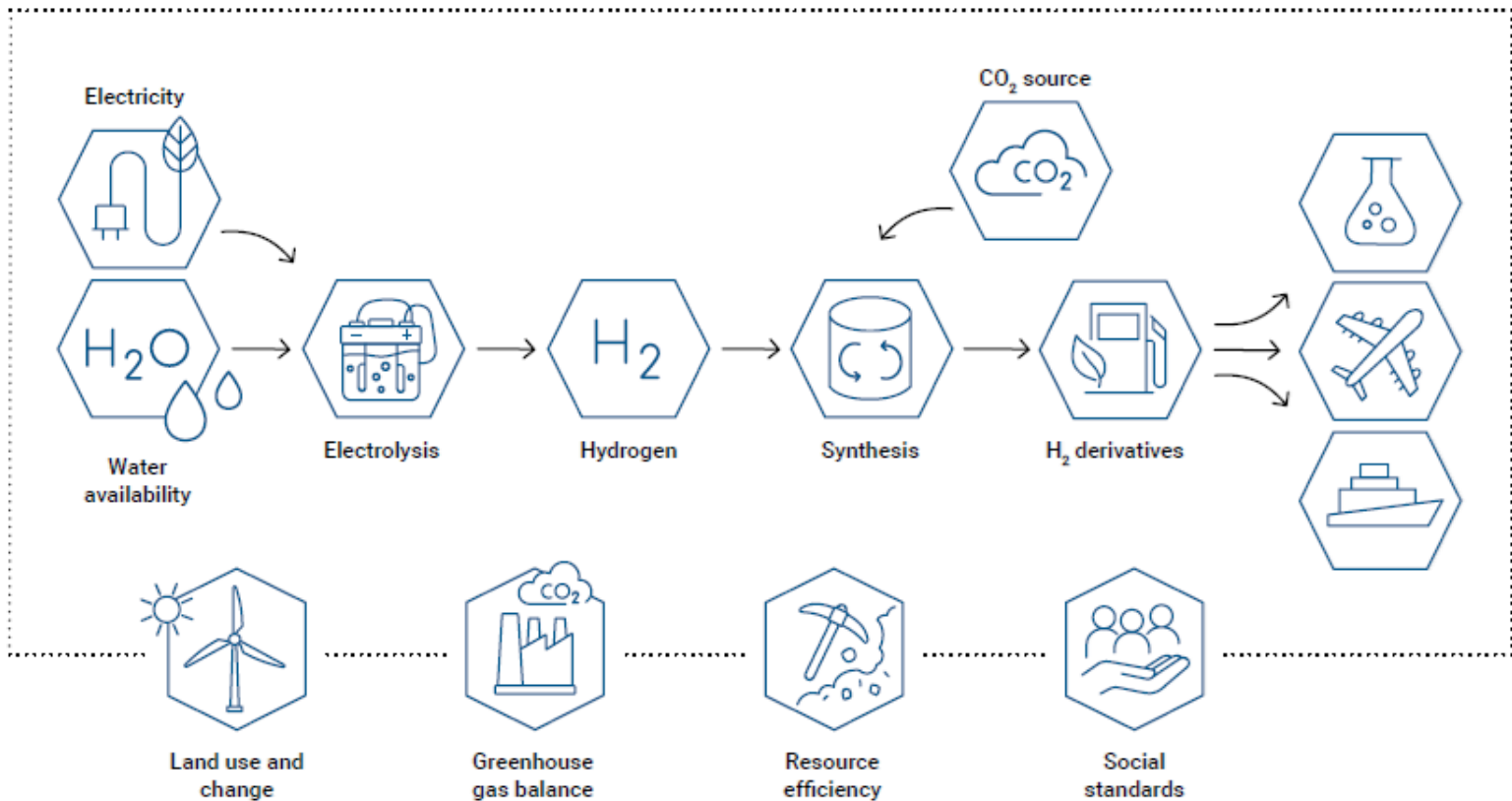


Principles for a **fast** and **sustainable** market ramp-up of RFNBOs



Sustainability Aspects for RFNBOs

RFNBOs value chain and it's impact on sustainability



[PtX Lab Lausitz \(2025a\)](#)

Sustainability Aspects

Electricity requirements

GHG reduction

Carbon/nitrogen source

Resources

Water use

Land use & change

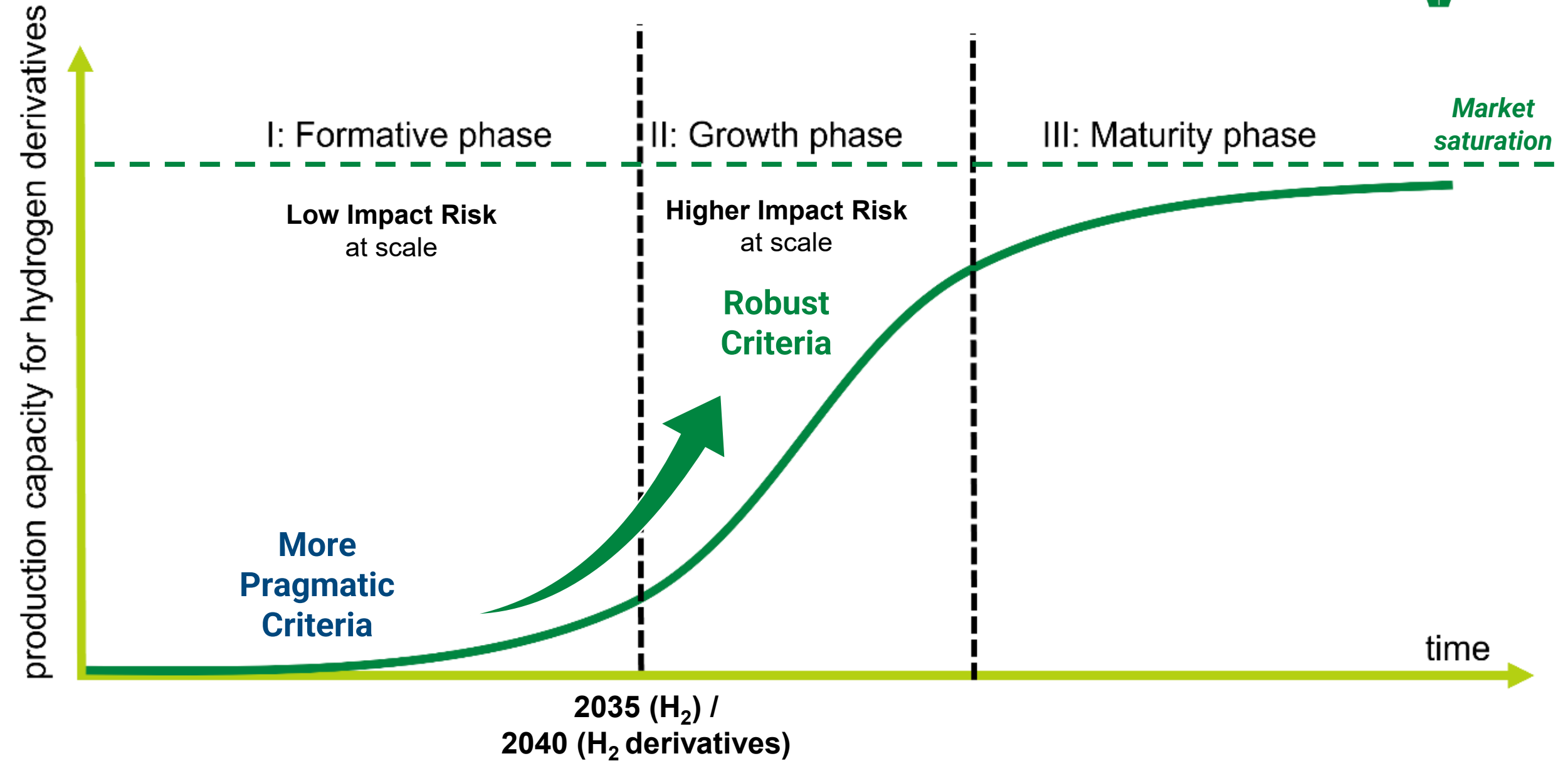
Labour

Standard of living

Society

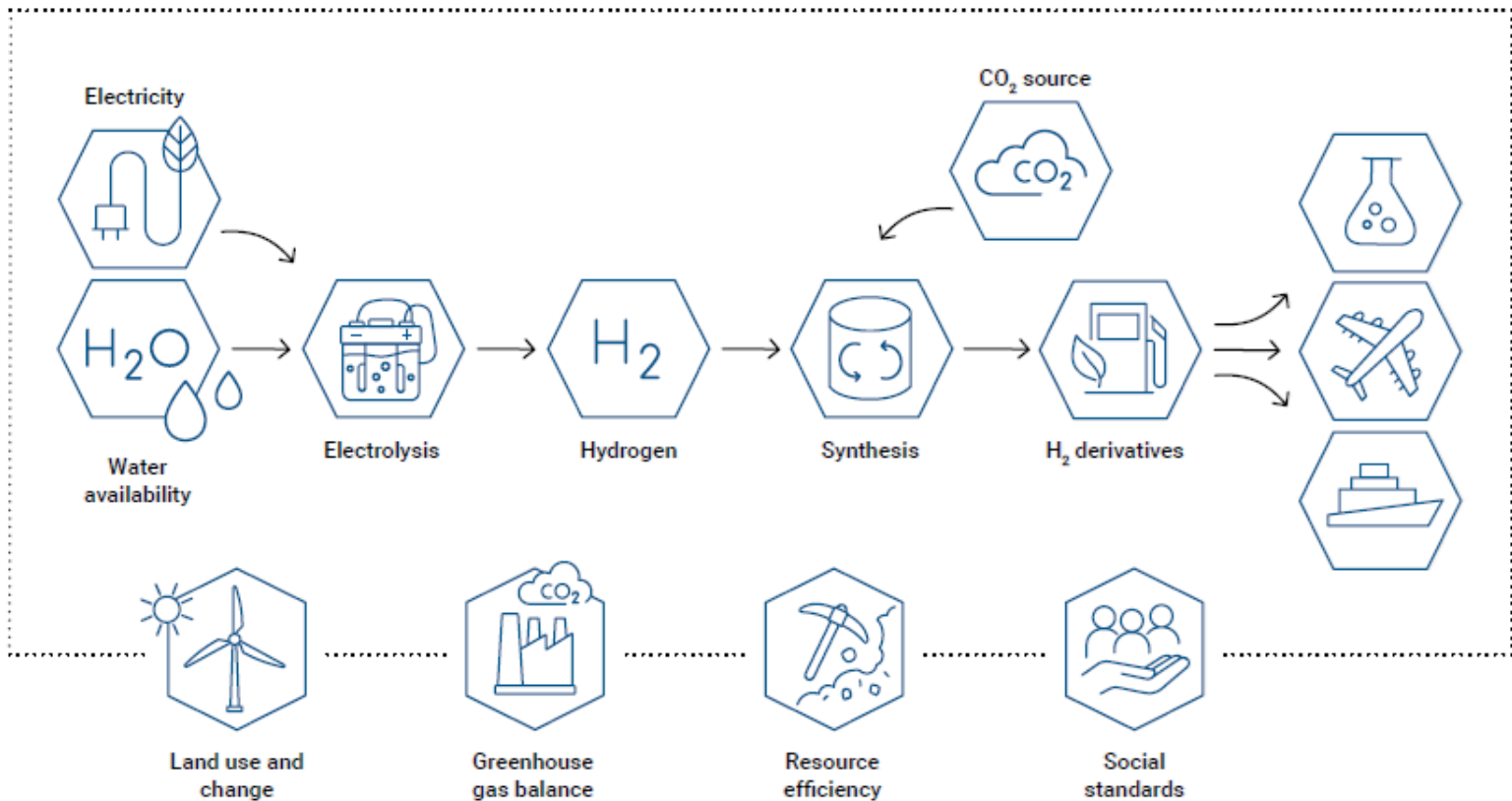
Legality

Time-phased dynamic sustainability Criteria



Sustainability Aspects for RFNBOs

RFNBOs value chain and it's impact on sustainability



[PtX Lab Lausitz \(2025a\)](#)

Sustainability Aspects

Electricity requirements

GHG reduction

Carbon/nitrogen source

Resources

Water use

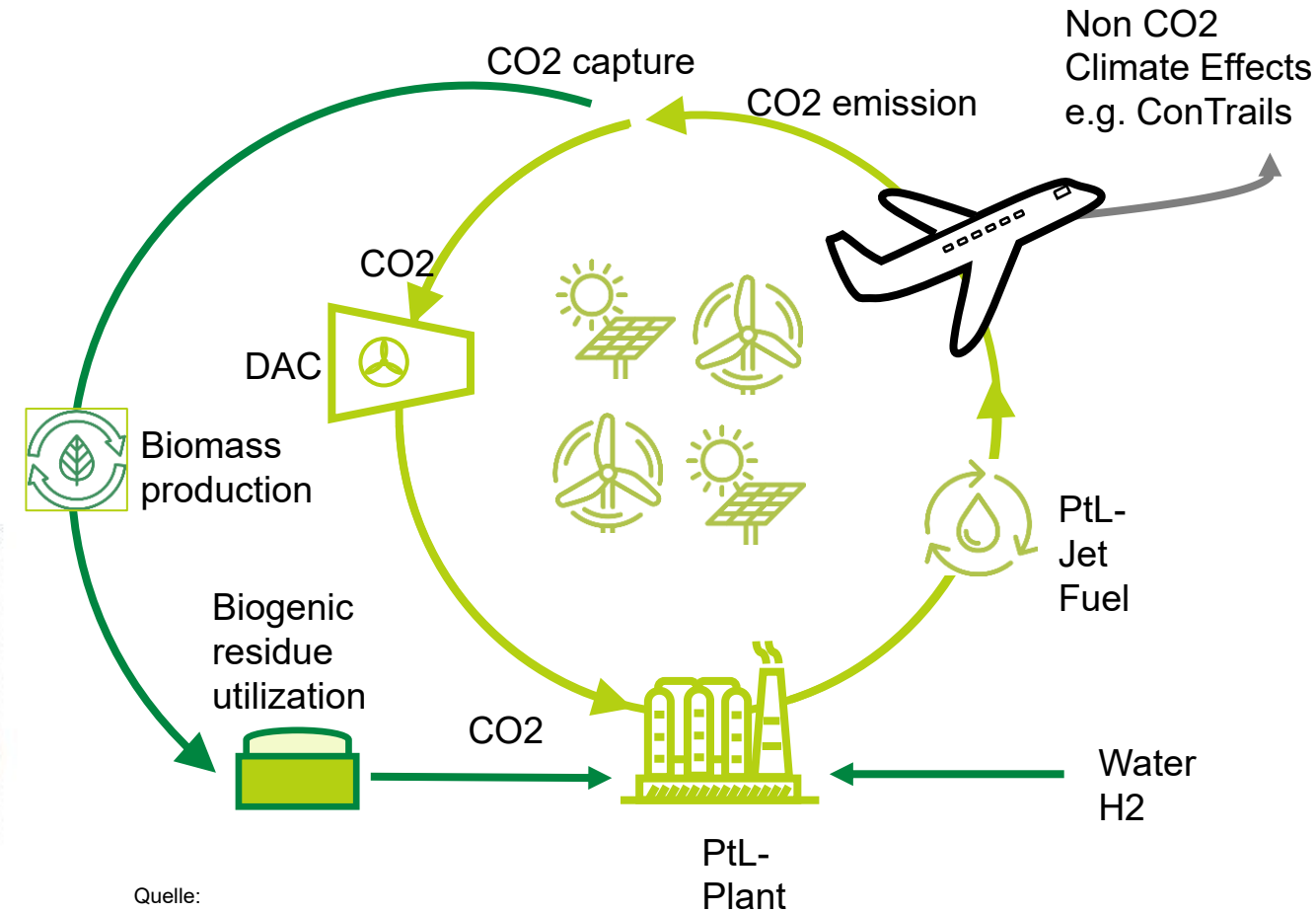
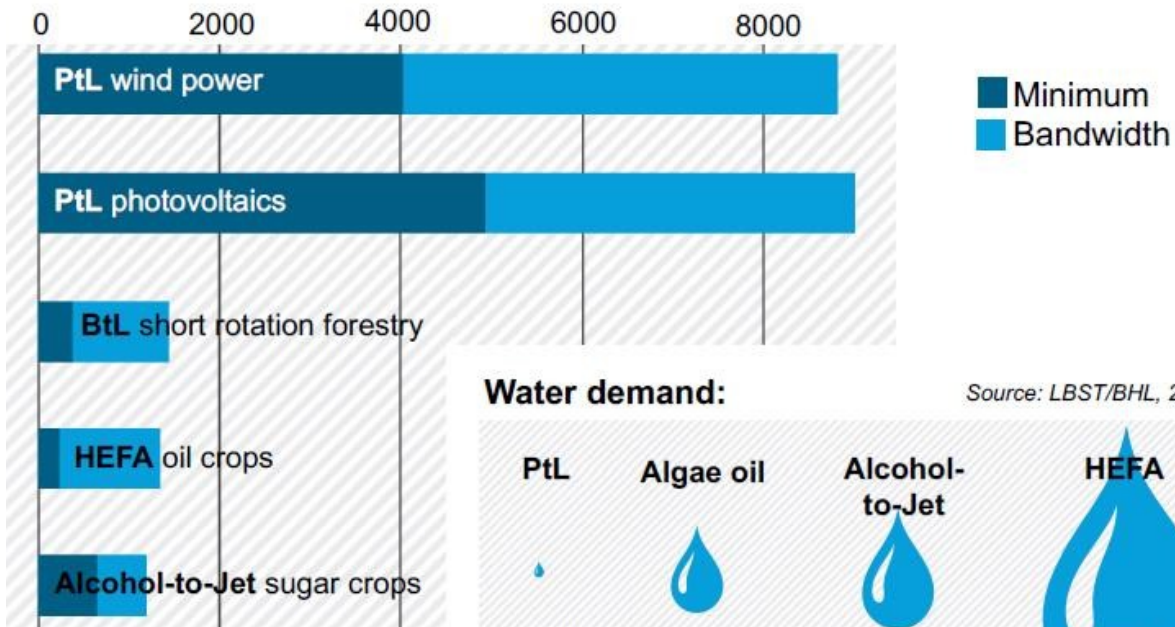
Land use & change

Labour

Standard of living

Society

Legality



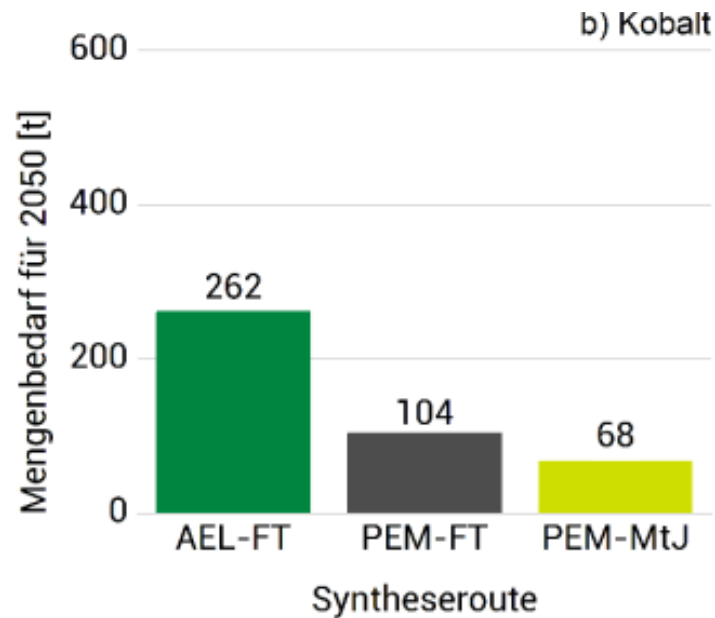
Quelle:
istock/Peacefully7

Source : UBA – LBST – PtX Lab

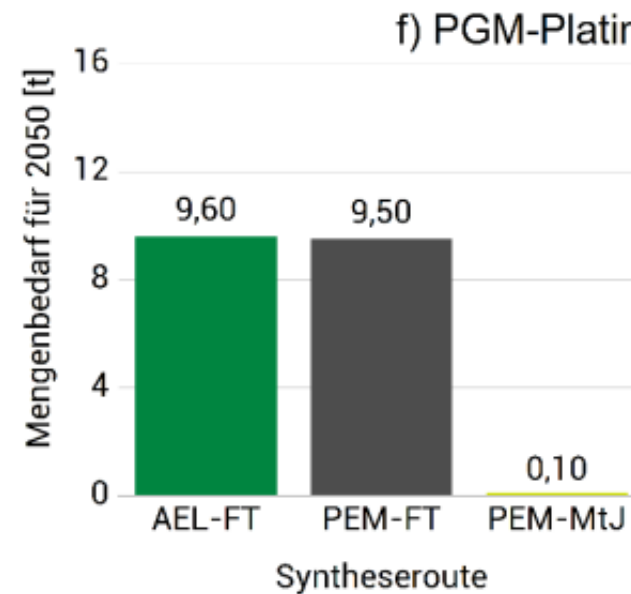
Metalle - Bedarf und Versorgungsrisiko

In der vorliegenden Studie werden somit 15 Rohstoffe und Rohstoffgruppen betrachtet:

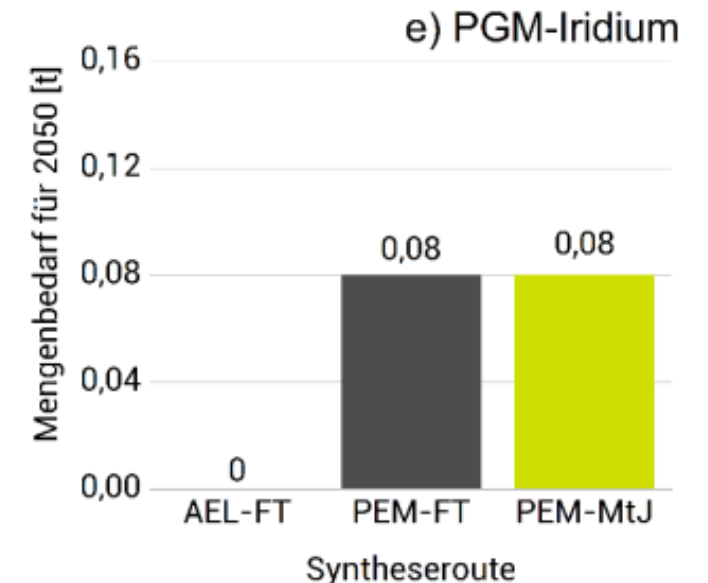
- Aluminium*
- Blei*
- Chrom*
- Eisen*
- Kobalt*
- Kupfer*
- Magnesium*
- Mangan
- Nickel*
- Phosphor
- Titan
- Zink*
- Platingruppenmetalle (PGM)*
- Leichte Seltene Erden (LREE)
- Schwere Seltene Erden (HREE)



87% des jährlichen EU
Kobaltbedarfs



63% des jährlichen EU
Platinbedarfs

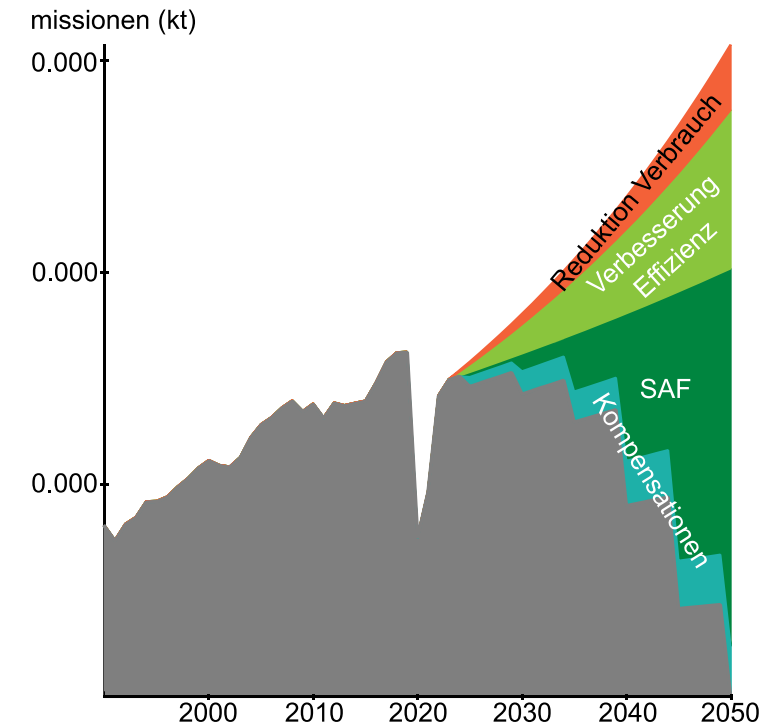


9% des jährlichen EU
Iridiumbedarfs

Markthochlauf muss **gestern** beginnen !

Ideen zum Instrumentarium ...

- Verlässliche und langfristige – finanzielle und ordnungspolitische - Rahmenbedingungen
- Aufbau von Produktionskapazitäten mittels einem Kapazitätsmarkt – analog zum Strommarkt.
- Finanzquellen – Umlagen und CO2 Preise
- Book and Claim – ...
-



Publikationen des PtX Lab Lausitz (Auswahl)



PtX Lab Study
„Fossilfreie Chemie von
morgen“



PtX Lab Study
„Ressourcenbedarf und
-verfügbarkeit für treibhaus-
gasneutralen Flugverkehr“



PtX Lab Briefing
„Grüne Wasserstoffderivate -
Handlungsempfehlungen“



SCAN ME



Das PtX Lab Lausitz ist ein Geschäftsbereich der Zukunft – Umwelt – Gesellschaft gGmbH (ZUG) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE).

Alle Informationen und Hinweise in dieser Veröffentlichung stammen – wenn nicht anders gekennzeichnet – ausschließlich vom PtX Lab Lausitz und seinen Mitarbeitenden.

Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Harry Lehmann



www.ptxlablausitz.de



Bio-SAF | Produktionspfade und regulatorische Vorgaben

Kati Görsch

3. Konferenz Nachhaltiger Luftverkehr, 3. November 2025, Frankfurt (Main)

www.dbfz.de/monitoring-ee-im-verkehr

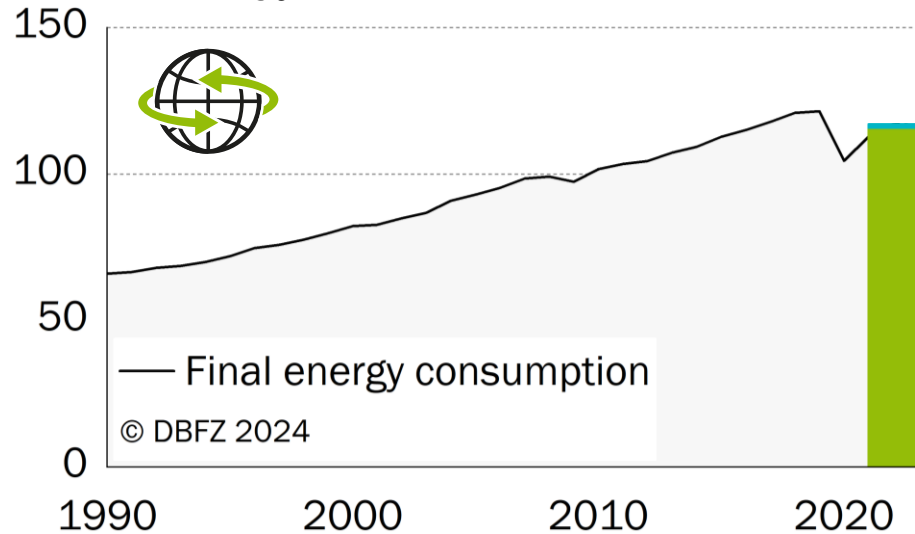
Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH



Status quo

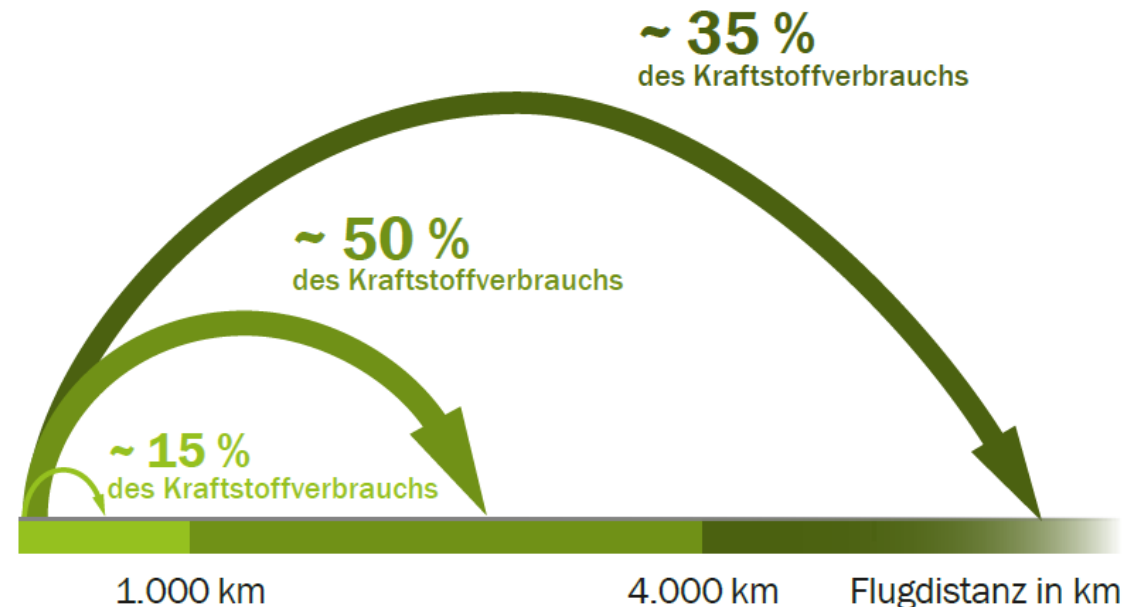
Globaler Endenergiebedarf

Final energy demand of worldwide transport sector [EJ]



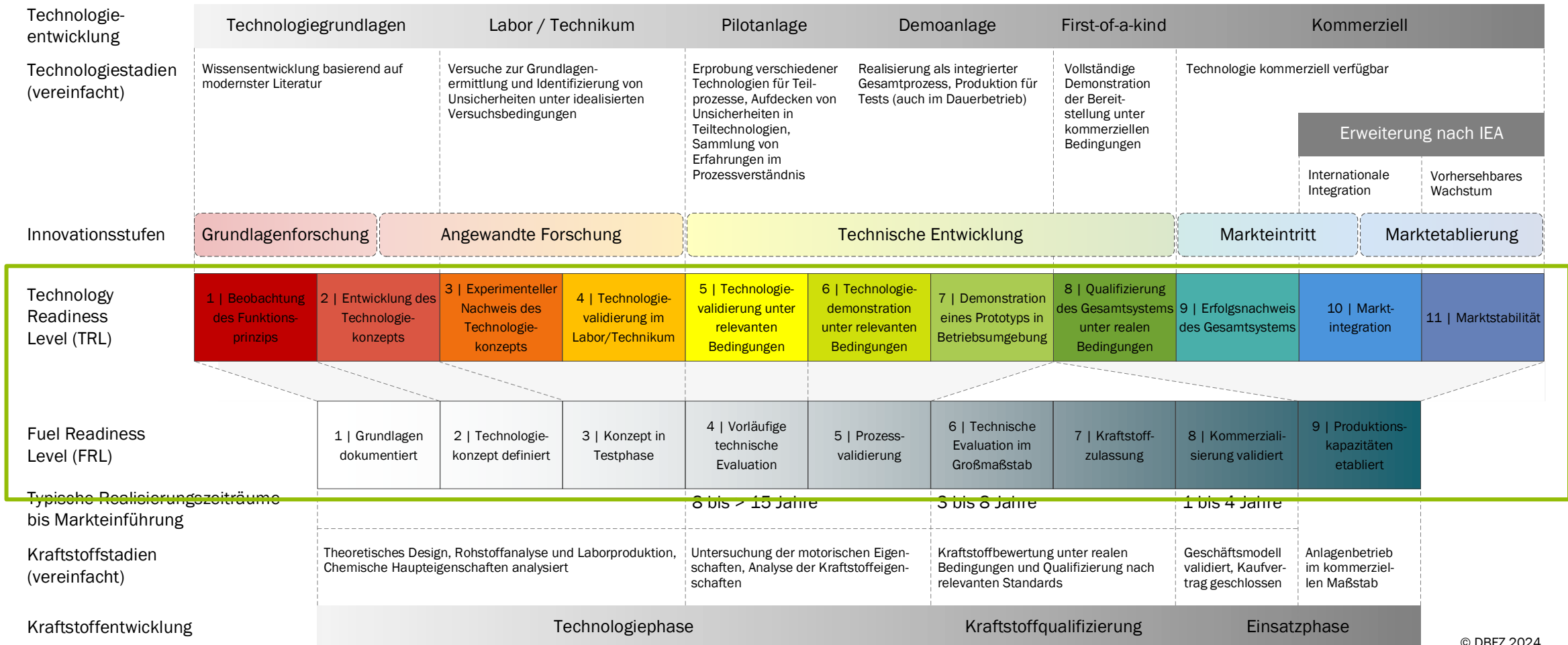
Fuel consumption

	2023
Aviation	13 EJ



Calculation; 1 Mtoe = 41,87 PJ = 11,63 TWh

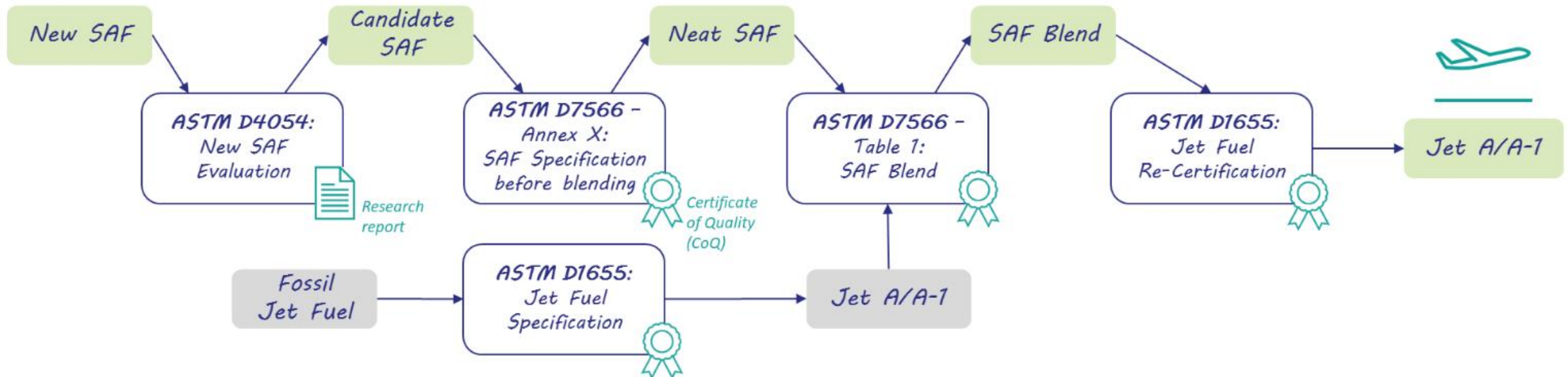
Source: Schröder, J.; Görsch, K.; Lenz, C. N. (2025): Herausforderung Energiewende im Verkehr. In: Schröder, J.; Görsch, K. (Hrsg.) (2025): *Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht*. S. 4-21. Leipzig: DBFZ. ISBN: 978-3-949807-23-7. DOI: 10.48480/w11j-9w27 und Eigene Abbildung nach [Batteiger V., Penke C. (2025): Impuls | Energiewende in der Luftfahrt – Technische Herausforderungen. In: Schröder, J.; Görsch, K. (Hrsg.): *Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht*. S. 17-18. Leipzig: DBFZ. ISBN: 978-3-949807-23-7. DOI: 10.48480/w11j-9w27]



Standardisierung

Marktzugangsbedingung für SAF

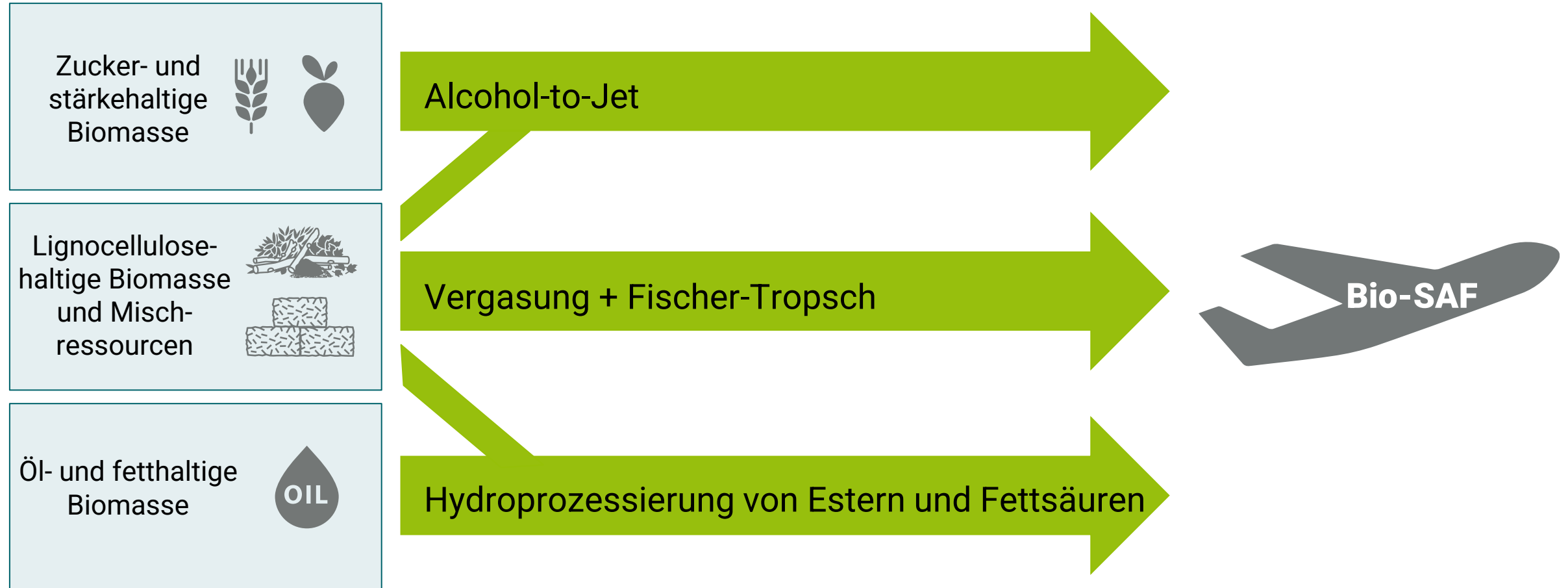
- Strenger Prüf- und Zertifizierungsprozess



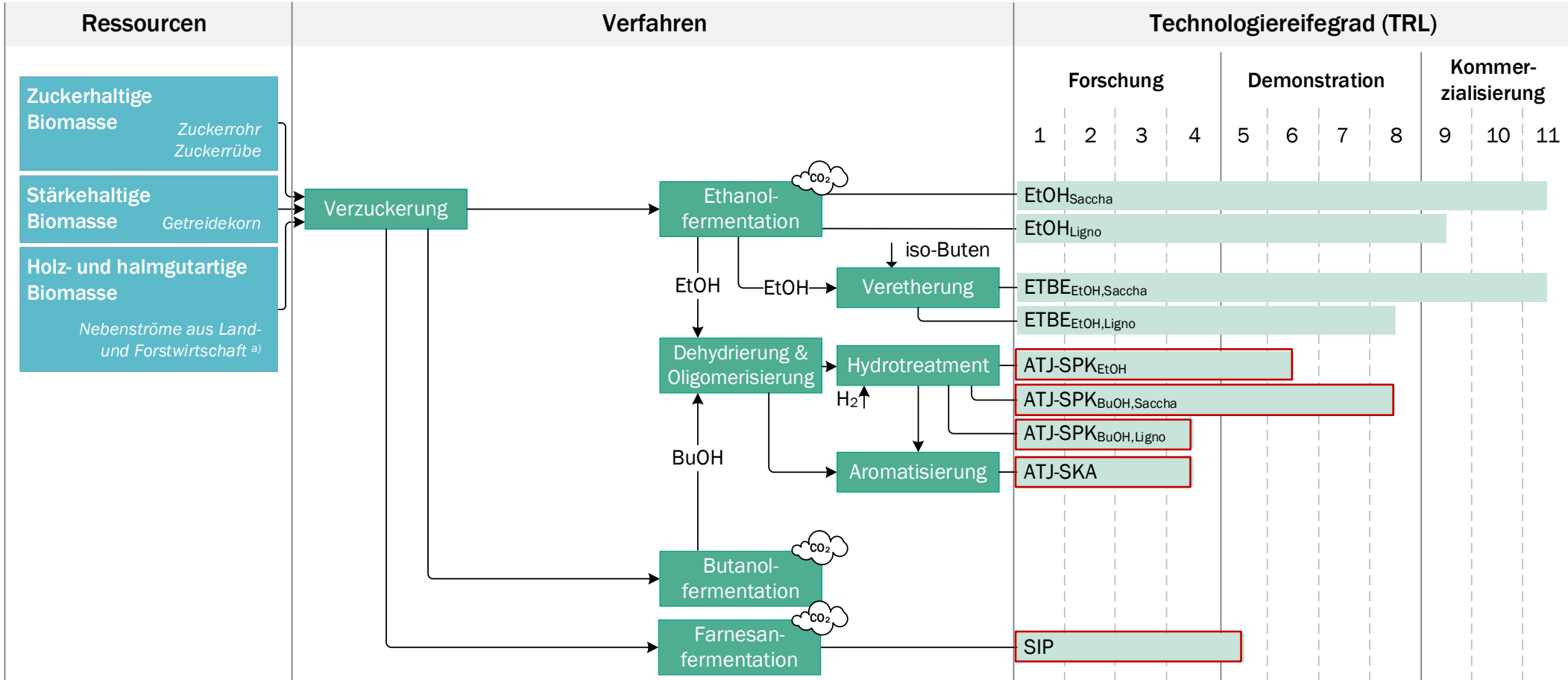
Überblick über Konversionspfade für SAF

	Konversionsprozess	Abkürzung	Max. Blendrate
Annex A1	Fischer-Tropsch hydroprozessiertes SPK	FT	50 %
Annex A2	SPK aus hydroprozessiertem HEFA	HEFA	50 %
Annex A3	Synthetisierte Iso-Paraffine aus hydroprozessierten fermentierten Zuckern	SIP	10 %
Annex A4	Synthetisiertes Kerosin mit Aromaten aus der Alkylierung von leichten Aromaten aus Nicht-Erdölquellen	FT-SKA	50 %
Annex A5	Alkohol-to-Jet-SPK	ATJ-SPK	50 %
Annex A6	Katalytische Hydrothermolyse	CHJ	50 %
Annex A7	SPK aus Kohlenwasserstoff-hydroprozessiertem HEFA	HC-HEFA-SPK	10 %
Annex A8	Synthetisiertes Kerosin mit Aromaten aus dem ATJ-Prozess	ATJ-SKA	

- Weiterhin: Co-Prozessierung in konventionellen Erdölraffinerien (5 bis 10 % Blendrate)
- Evaluierung weiterer Konversionspfade bzw. der Erhöhung der Blendraten

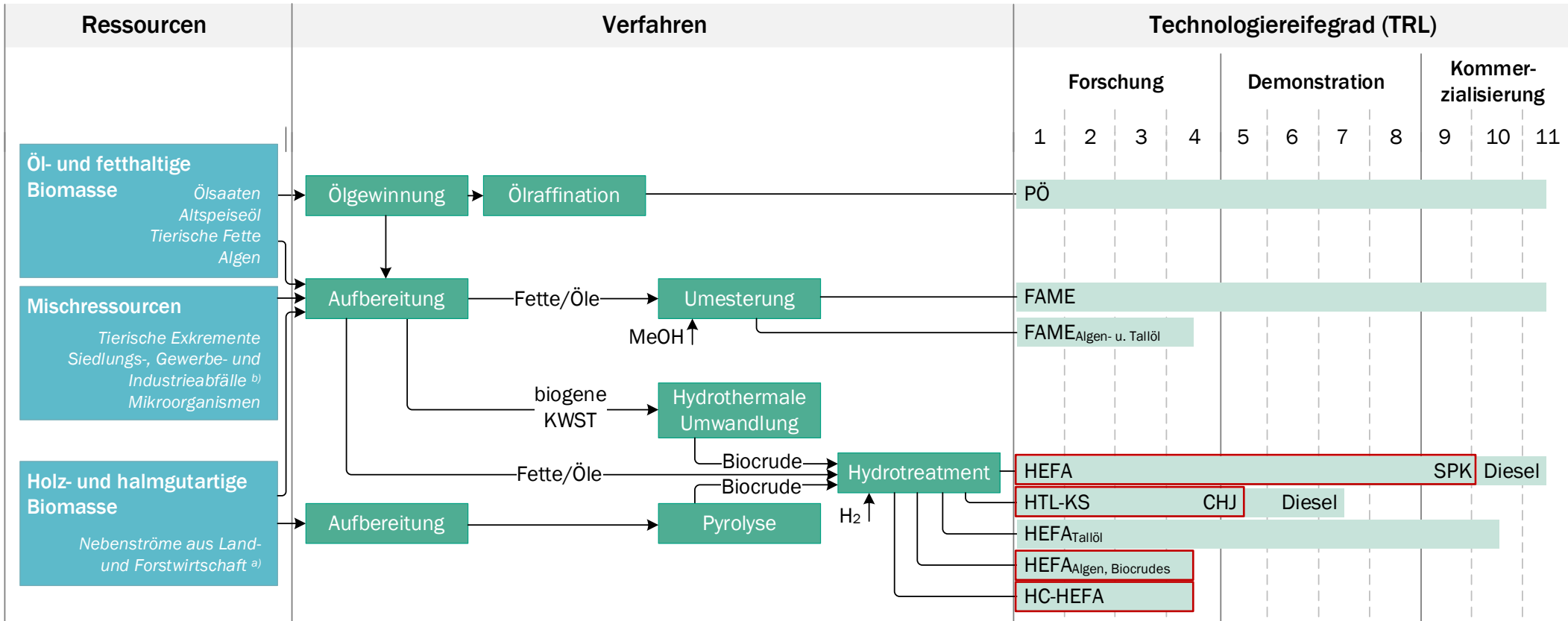


Technologien Alkohol-Pfad



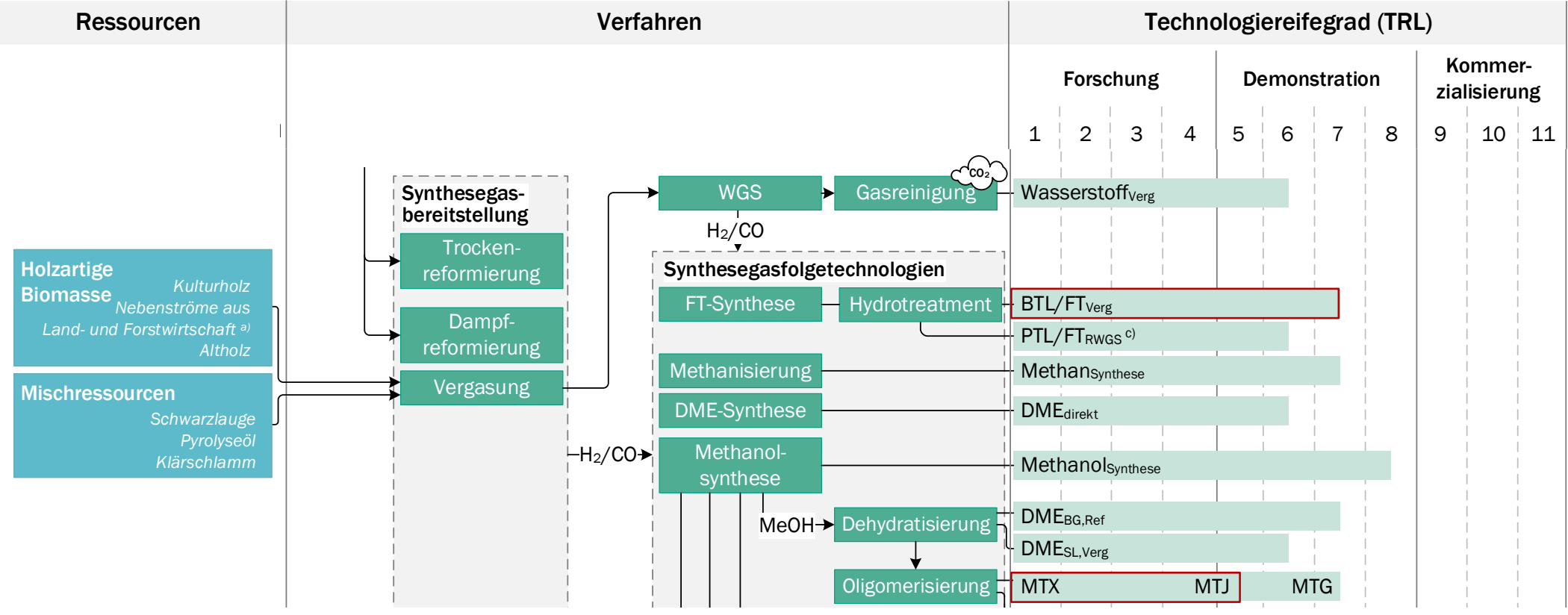
Quelle: Hauschild, S.; Costa de Paiva, G.; Tuschewitzki, W.; Prieß, T.; Mender, F.; Neuling, U.; Zitscher, T.; Klüpfel, C.; Köchermann, J.; Thüneke, K.; Görsch, K. (2025): Technologien zur Kraftstoffbereitstellung. In: Schröder, J.; Görsch, K. (Hrsg.): Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht. S. 54-76. Leipzig: DBFZ. ISBN: 978-3-949807-23-7. DOI: 10.48480/w11j-9w27

Technologien HEFA-Pfad



Quelle: Hauschild, S.; Costa de Paiva, G.; Tuschewitzki, W.; Prieß, T.; Mender, F.; Neuling, U.; Zitscher, T.; Klüpfel, C.; Köchermann, J.; Thüneke, K.; Görsch, K. (2025): Technologien zur Kraftstoffbereitstellung. In: Schröder, J.; Görsch, K. (Hrsg.): Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht. S. 54-76. Leipzig: DBFZ. ISBN: 978-3-949807-23-7. DOI: 10.48480/w11j-9w27

Technologien Synthesepfad aus Biomasse



Technologien

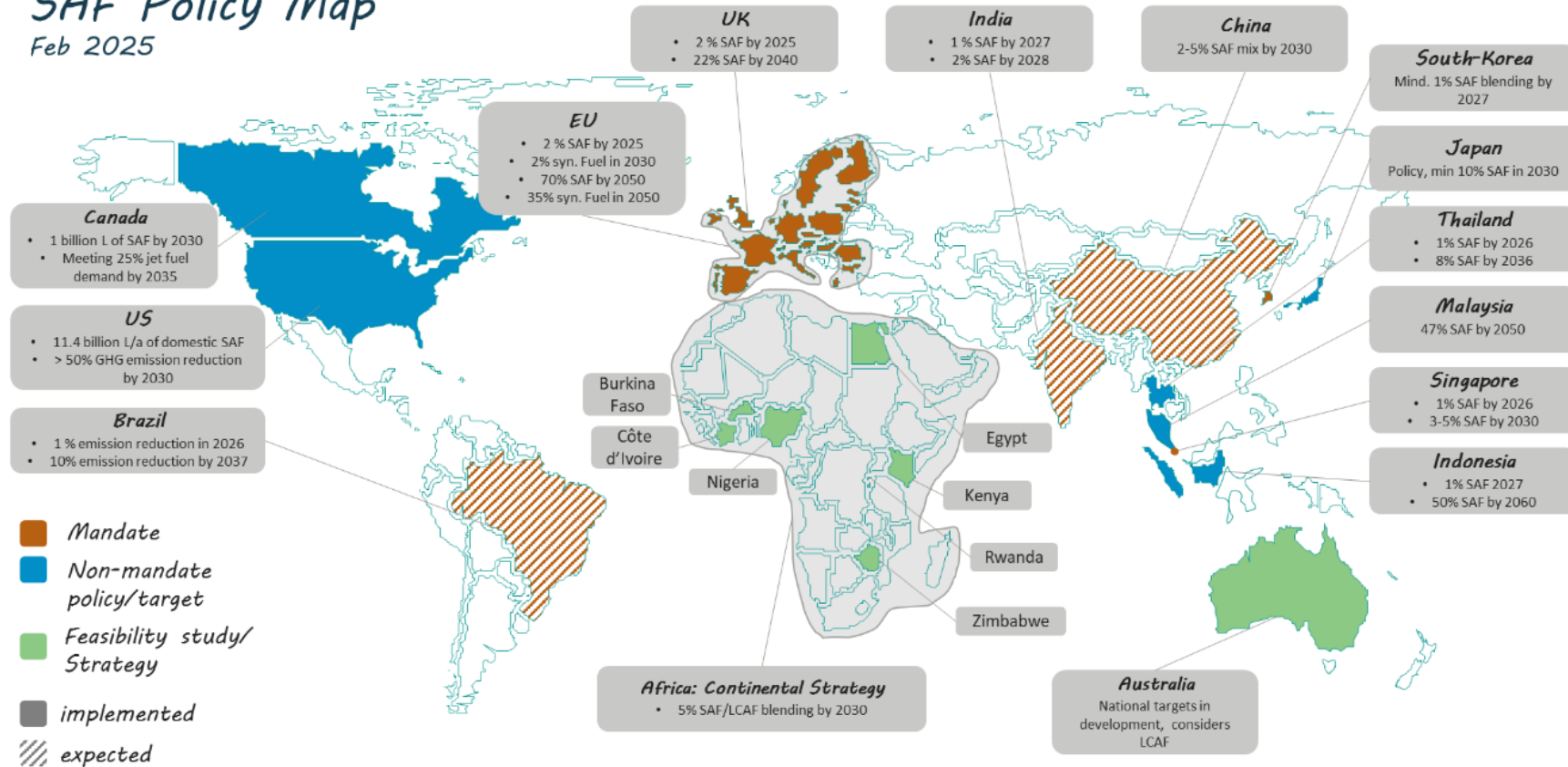
Ausgewählte Stakeholder

Stakeholder	Standort	Biokraftstoff-Output (Stand 2024)
Gevo, Inc.	Silsbee (USA) Lake Preston (USA)	290 t/a ATJ-SPK (Demonstrationsanlage) ab 2026 geplant: 187.000 t/a ATJ-SPK
LanzaJet	Soperton (USA)	25.890 t/a ATJ-SPK
Neste Oyj	Porvoo (Finnland) Singapur Rotterdam (Niederlande)	100.000 t/a HEFA-SPK 1 Mio. t/a HEFA-SPK 1,2 Mio. t/a HEFA-SPK (in Bau)
World Energy	Paramount (USA)	HEFA-Diesel, SAF und Benzin
Total Energies	La Mède (Frankreich)	500.000 t/a HEFA-Diesel, SAF und AdBlue
Galp Energia	Sines-Raffinerie (Portugal)	240.000 t/a Diesel oder 180.000 t/a SPK
Velocys, Inc.	Immingham (Großbritannien) Natchez (USA)	FT-SPK (Demonstrationsmaßstab, in Bau) FT-SPK (Demonstrationsmaßstab, in Bau)
Euglana Co.	Yokohama (Japan)	CHJ

Regulatorische Rahmenbedingungen

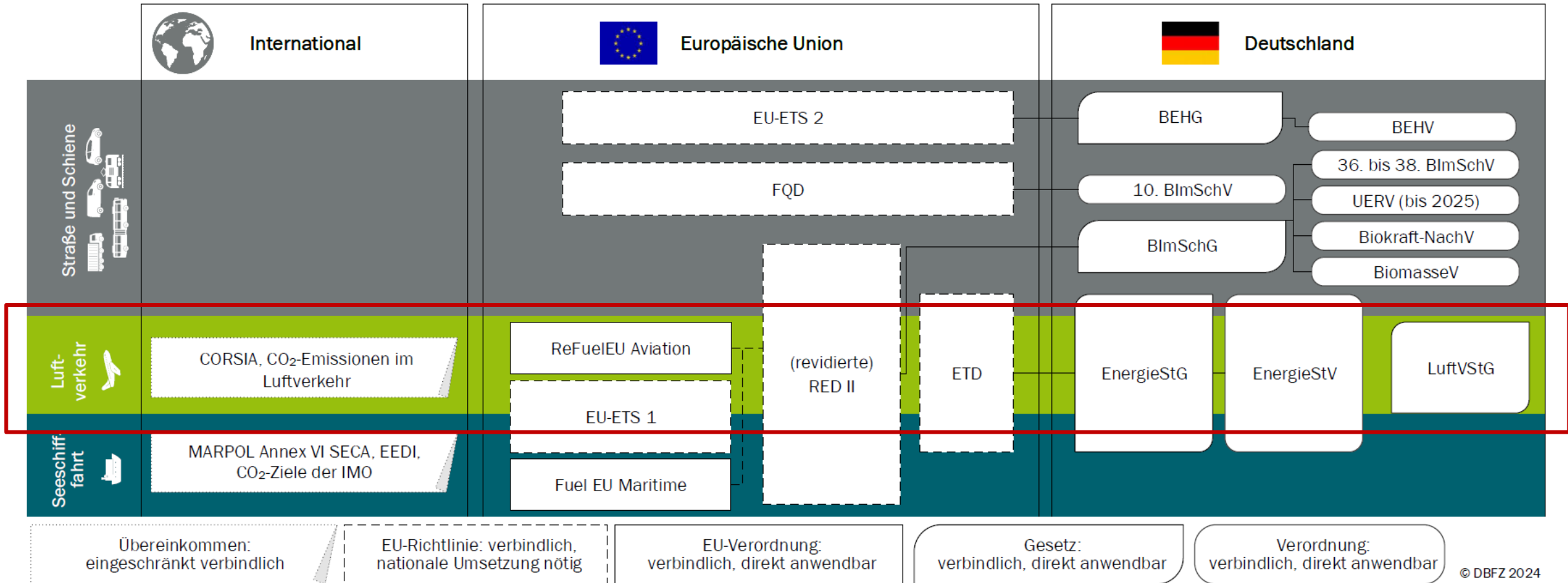
Überblick über SAF-Mandate

SAF Policy Map Feb 2025



Regulatorische Rahmenbedingungen

Überblick



Regulatorische Rahmenbedingungen EU ReFuelEU Aviation



Ziele

- Erhöhung der Produktion und Nutzung nachhaltiger Kraftstoffe durch Flugzeuge
- Verringerung des ökologischen Fußabdrucks

Geltungsbereich

- EU-Flughäfen^a
- Flugzeugbetreiber^b müssen mind. 90 % ihres jährlichen Treibstoffbedarfs innerhalb der EU tanken
- Betankung mit der für den jeweiligen Flug benötigten Menge
- Verordnung ab 2024 verbindlich
- EU-weites Eco-Label für den Vergleich der Nachhaltigkeit von Flügen ab 2025 geplant
- Evaluation aller 4 Jahre ab 2027 von der EC

Funktionsweise

- Festlegung von Mindest-Beimischungsquoten:

Ab	2025	2030	2032	2035	2040	2045	2050
SAF	2 %	6 %	6 %	20 %	34 %	42 %	70 %
RFNBO	0 %	0,7 %	1,2 % bzw. 2 %	5 %	10 %	15 %	35 %

Definition von Bio-SAF

- Biokraftstoffe mit THG-Einsparung von 50 %, 60 %, 65 %^c
 - Kerosin aus biogenen Rest- und Abfallstoffen (RED II Anhang IX Teile A und B)
 - Andere Biokraftstoffe, die nicht auf Nahrungs- und Futtermittelpflanzen basieren (maximal 3 %)

Regulatorische Rahmenbedingungen international CORSA



Ziele

- CO₂-neutrales Wachstum des internationalen Luftverkehrs ab 2019, u. a. durch die Anwendung nachhaltiger alternativer Treibstoffe
- Flugverkehr mit Netto-Null-Emissionen im Jahr 2050

Geltungsbereich

- Internationale Flüge zwischen Ländern im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) und CORSIA-teilnehmenden Drittstaaten
- Ab 2027 nur noch Ausnahmen für bestimmte Entwicklungsländer
- Luftfahrzeugbetreiber mit mehr als 10.000 t CO₂-Emissionen, die mit Flugzeugen mit mehr als 5,7 t Höchstabfluggewicht absolviert werden

Funktionsweise

- Globales, marktbasiertes Programm der ICAO
- Jährliche Meldung von CO₂-Emissionen durch Fluggesellschaften
- Kompensation von wachstumsbedingten CO₂-Emissionen^a durch den Erwerb von Offset-Zertifikaten >> Verringerung der Kompensationsverpflichtung durch Verwendung von CORSIA-Kraftstoffen

Evaluation zu 2026

- Evaluation des CORSIA-Programms bzgl. Erreichung der THG-Einsparungsziele durch die EC
- Danach ggf. anstelle von CORSIA Ausweitung von EU-ETS^b auf Flüge zwischen EU und Drittländern^b
- Ab 2027 Überprüfung im Abstand von drei Jahren

^a Kompensation von zusätzlichen CO₂-Emissionen über der Basislinie von 85 % der durchschnittlichen Emissionen der Flugbranche aus dem Jahr 2019; ^b EU-ETS gilt bisher nur für Flüge innerhalb des europäischen Wirtschaftsraumes
Gekürzte Version von <https://www.innofuels.de/614.php#gallery-4> (zuletzt geprüft: 31.10.2025)

Regulatorische Rahmenbedingungen

Weitere Regularien



Erneuerbare-Energien-Richtlinie RED II

- Einbeziehung des Flugverkehrs seit 2023
- Zuordnung von Ressourcen in Abhängigkeit von der Nutzung im Flugverkehr
- Festlegung von Mehrfachanrechnungen für bestimmte Anwendungen, z. B. Faktor 1,2 für fortschrittliche Biokraftstoffe im Flugverkehr

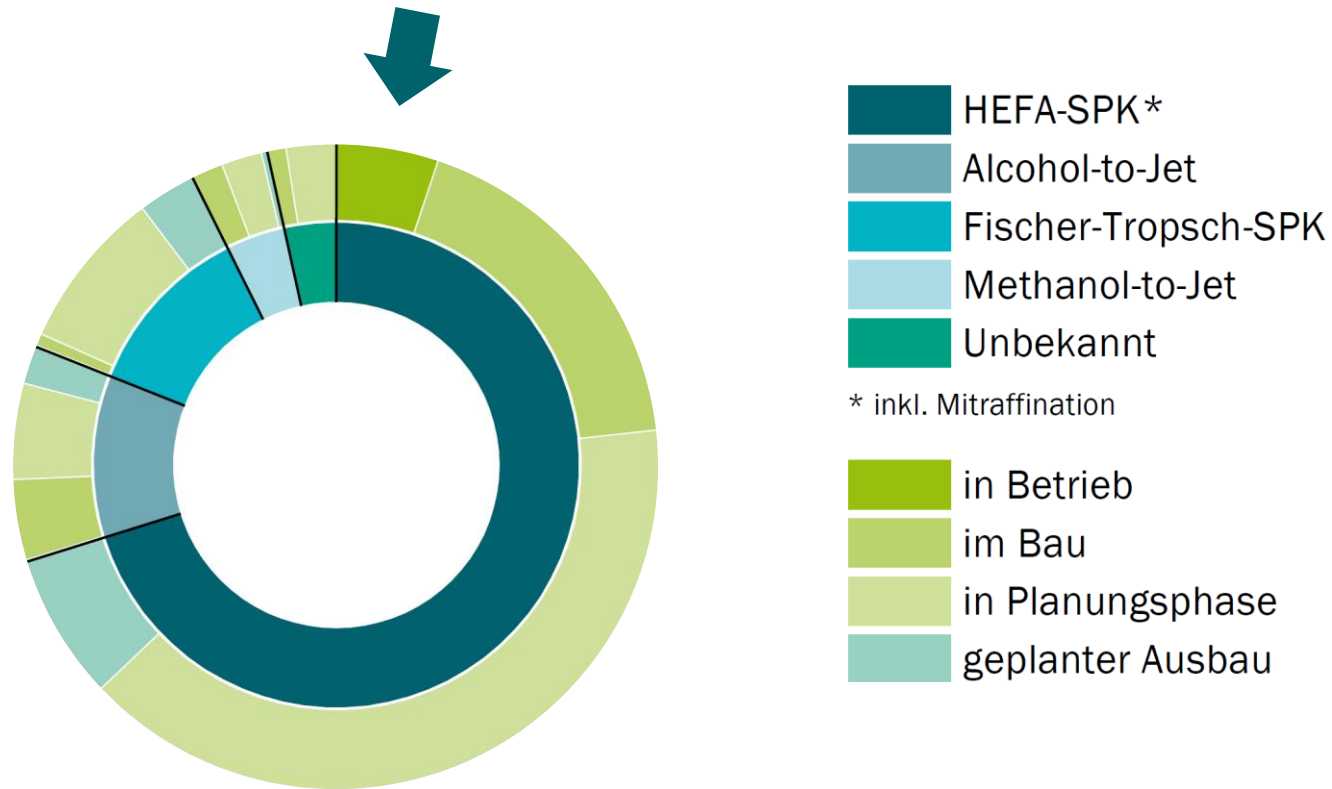
Europäischer Emissionshandel EU-ETS 1

- Jährlich sinkende Menge an erlaubten Zertifikaten im Flugverkehr seit 2012
- Ankauf von bzw. Handel mit Emissionszertifikaten für nationale und internationale Flüge im EWR, aus dem EWR nach UK und in die Schweiz sowie seit 2024 für Flüge von und zu EU-Regionen in äußerster Randlage
- Ab 2026 keine kostenlose Zuteilung von Zertifikaten mehr, ab 2025 Überwachung/Berichterstattung von Nicht-CO₂-Effekten

Regularien, die auf Freiwilligkeit beruhen

- Brasilien: RenovaBio | Kalifornien: LCFS | USA: IRA

Weltweite Kapazitäten für erneuerbares Kerosin

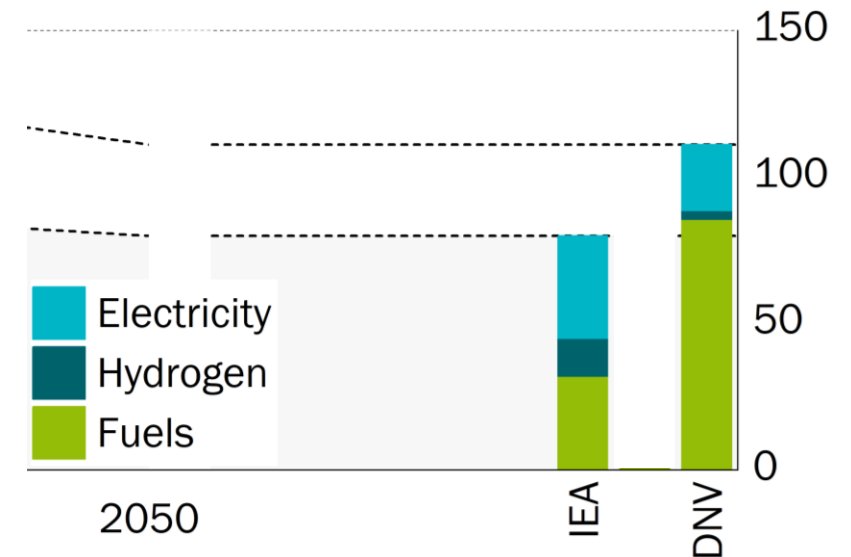


Geplanter Ausbau bis 2030:
32,1 Mio. t/a
HEFA-SPK, ATJ, FT-SPK, MTJ

Status quo: 
1,8 Mio. t/a
Zumeist HEFA-SPK, etwas ATJ und CP-HEFA

TOP SAF User im Jahr 2024:
IAG International Airlines Group: 162 kt
Air France & KLM: 103 kt
DHL: 74 kt

Final energy demand of worldwide transport sector [EJ]



Fuel demand

	2050
Aviation	14 – 22 EJ

Calculation; 1 Mtoe = 41,87 PJ = 11,63 TWh

Source: Schröder, J.; Görsch, K.; Lenz, C. N. (2025): Herausforderung Energiewende im Verkehr. In: Schröder, J.; Görsch, K. (Hrsg.) (2025): *Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht*. S. 4-21. Leipzig: DBFZ. ISBN: 978-3-949807-23-7. DOI: 10.48480/w11j-9w27 und Eigene Abbildung nach [Batteiger V., Penke C. (2025): Impuls | Energiewende in der Luftfahrt – Technische Herausforderungen. In: Schröder, J.; Görsch, K. (Hrsg.): *Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht*. S. 17-18. Leipzig: DBFZ. ISBN: 978-3-949807-23-7. DOI: 10.48480/w11j-9w27]

- Neben technischen und operationellen Verbesserungen sind **erneuerbare Kraftstoffe** entscheidend, um die Klimaziele im Luftverkehr zu erreichen.
- Für ihre Bereitstellung benötigt es:
 - den Hochlauf fortschrittlicher Biokraftstoffe,
 - den Aufbau von Produktionskapazitäten für bio- und strombasierte Kraftstoffe,
 - die Erhöhung der Beimischungsgrenzen über 50 % hinaus sowie
 - die Ausweitung der Zulassung auf weitere Technologiepfade.
- Einbeziehung von Nicht-CO₂-Effekten in die Klimaschutzbewertung notwendig



Dr.-Ing. Kati Görsch
+49 (0)341 2434-329
kati.goersch@dbfz.de

**DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH**
Torgauer Straße 116
D-04347 Leipzig
www.dbfz.de

www.dbfz.de/monitoring-ee-im-verkehr



Deutsches Biomasseforschungszentrum
gemeinnützige GmbH





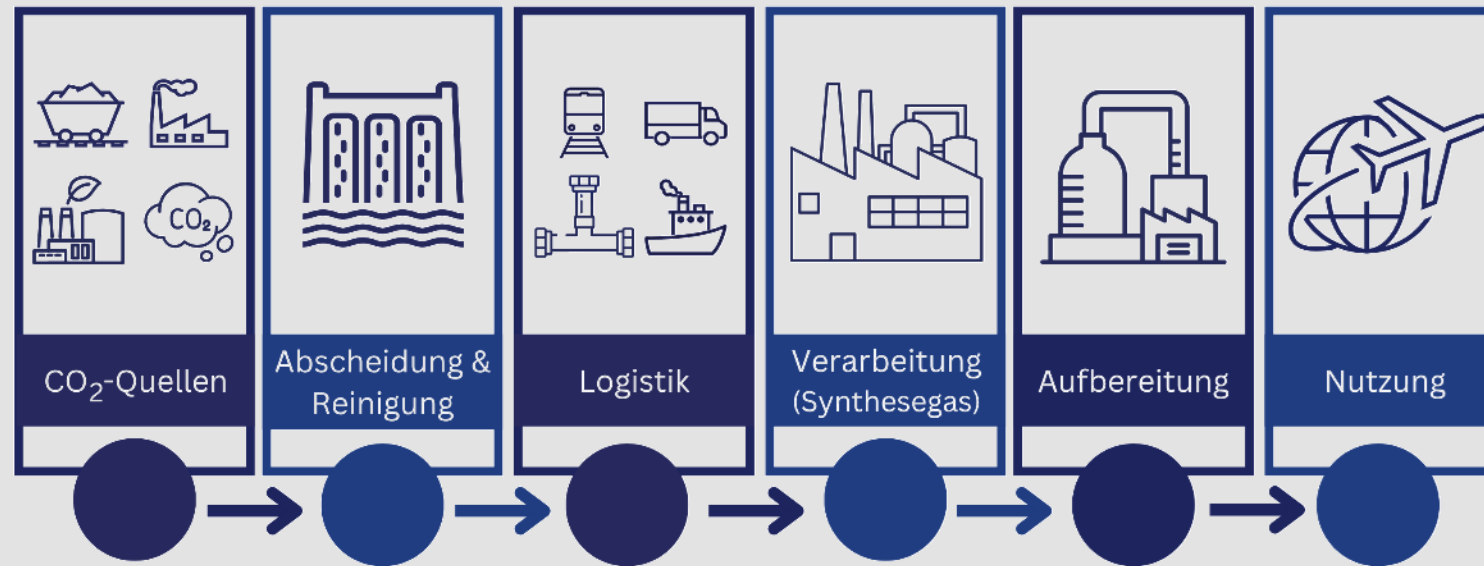
CO₂ als Rohstoff

Dr. Janine Heck (CENA Hessen, Teil der Hessen Trade & Invest GmbH)

Prof. Dr. Anne Lange (Frankfurt University of Applied Sciences)

Das Projektkonsortium: Partner & assoziierte Partner

Schema der CO₂-Supply-Chain-Betrachtung



Gefördert durch:



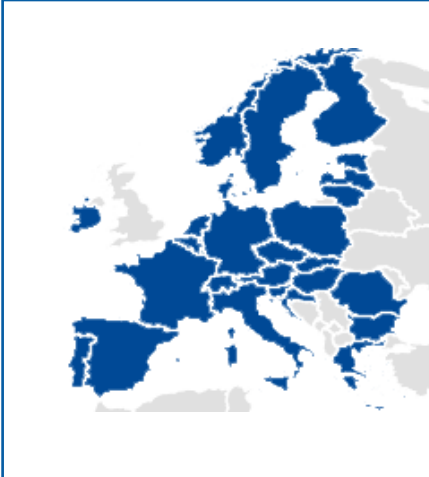


70% SAF-Quote 2050,
davon die Hälfte PtL

ReFuelEU-Aviation (Verordnung 2023/2405)

CO₂-Mengen zur Erfüllung PtL-Quote 2050

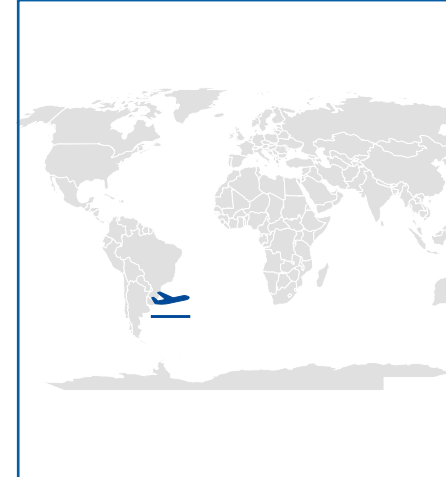
85 Mio. t CO₂



18 Mio. t CO₂



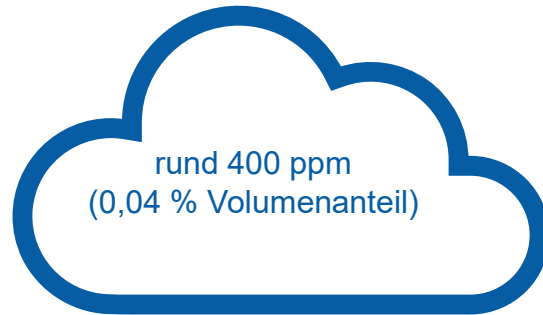
9 Mio. t CO₂



- Annahmen: 3,4 t CO₂ pro t PtL; Kerosinverbrauch 2024 wieder auf dem Niveau von 2019 und dann ein jährliches Wachstum von 1,5%

Welche CO₂-Quellen gibt es?

Atmosphäre
diffus, global verfügbar



Direct Air Capture

- TRL 7
- 450 – 1.500 €/t CO₂
- 200 – 1.000 €/t CO₂ (Prognose für Deutschland 2045)

Industrielle Punktquellen
stationär, lokal

CO ₂ -Quelle	CO ₂ -Konzentration (Volumenanteil)
Abfallverbrennung	Rund 9 – 11 %
Zementanlage	Rund 14 – 33 %
Biomassekraftwerk	Rund 10 – 12 %

Aminwäsche

- TRL 8-9
- Z.B. Zementindustrie: 70 – 120 €/t

Quellen:

Bisotti et al, Direct Air Capture (DAC) deployment: A review of the in industrial deployment, Chemical Engineering Science, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.ces.2023.119416>

Wenzel et al, Weather conditions severely impact optimal direct air capture siting, Advances in Applied Energy, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2025.100229>

VDI-Richtlinie 4635 Entwurf, Power-to-X CO₂-Bereitstellung, 2024

Vahlenkamp et al, CO₂-Abscheidung und Speicherung – was sie bringt und was sie kostet, Energiewirtschaftliche Tagesfragen, 2024

Informationen zu CO₂-Punktquellen

**Deutsche Emissionshandelsstelle
(DEHSt):**

<https://www.dehst.de>

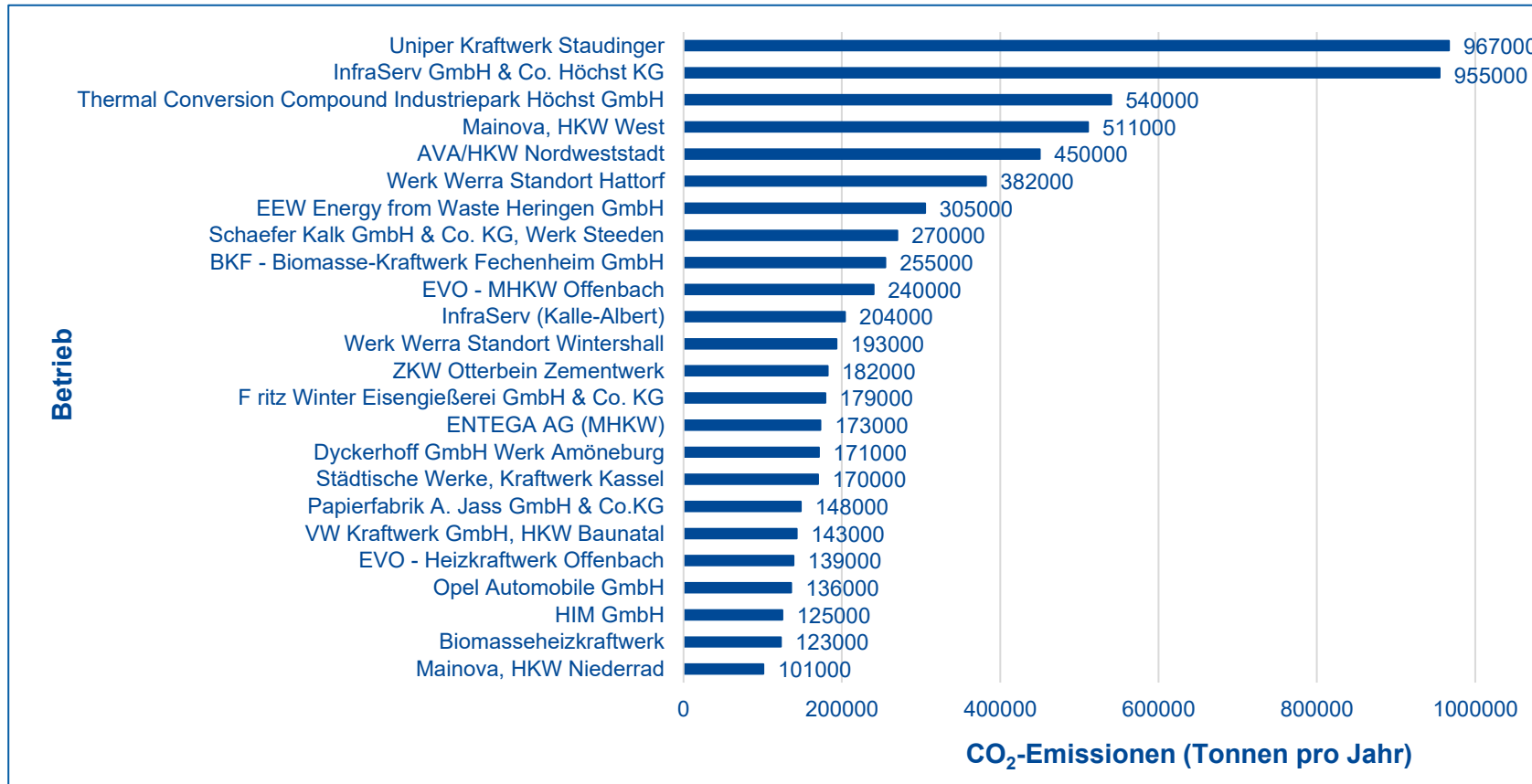
**Bestands- und Emissionsdaten des
Hessischen Landesamts für
Naturschutz, Umwelt und Geologie
(HLNUG):**

<https://emissionskataster.hlnug.de>

**Zentrales deutsches Portal für
transparente und frei zugängliche
Emissions- und Abfalldaten THRU:**

<https://thru.de>

CO₂-Punktquellen in Hessen größer 100.000 Tonnen (2023)

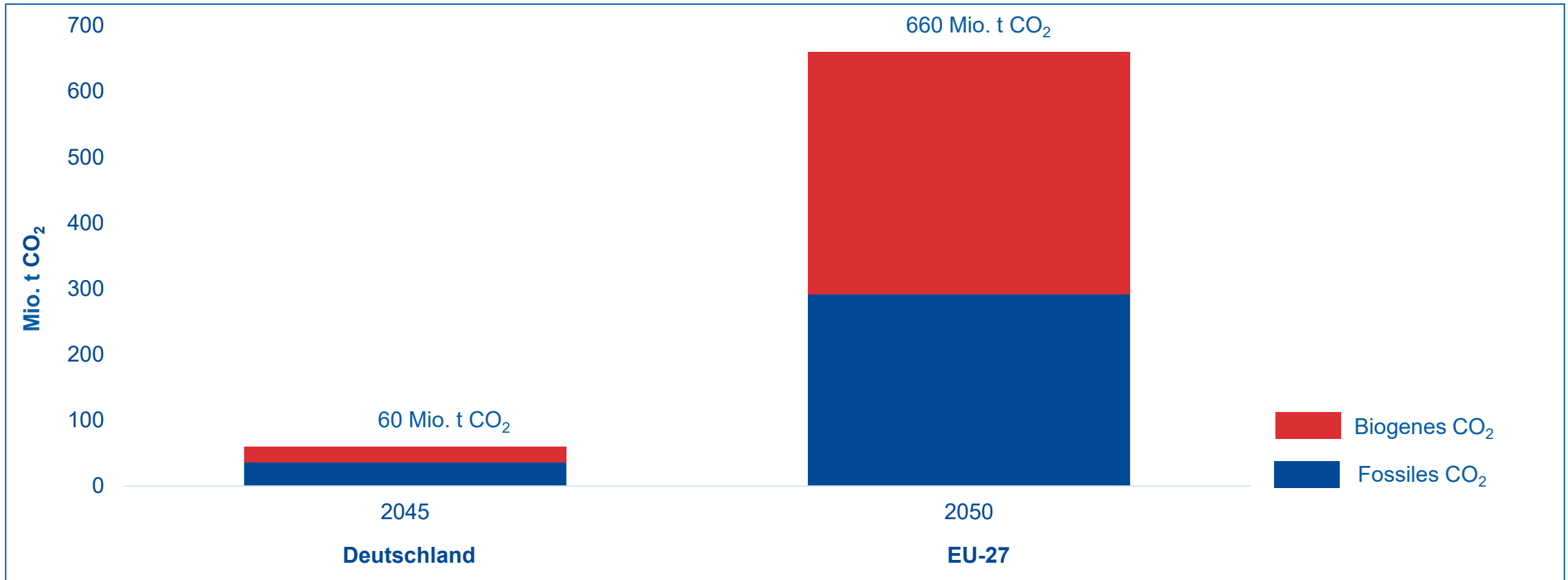


Quelle: <https://thru.de>



- 24 Betriebsstätten
- 7,06 Millionen Tonnen
- ca. 2/3 der Emissionen

Zukünftiges Potenzial für CO₂ aus Punktquellen



Quellen:
Chemistry4Climate, Abschlussbericht, Wie die Transformation der Chemie gelingt, 2023
CO₂ Point Source Potential in Europe: A Frontier Economics analysis for eFuel Alliance & eNG Coalition, 2025

Regulatorische Rahmenbedingungen

Gesetze, Verordnungen, Richtlinien

EU-Ebene

- Europäisches Klimagesetz (Verordnung 2021/119)
- EU-Klimaschutzverordnung/ Lastenteilungsverordnung (2018/842)
- Emissionshandels-Richtlinie (2003/87/EG)
 - Konkretisiert durch u.a. Zuteilungsverordnung (2019/331), CBAM-Verordnung (2023/956), Monitoring-Verordnung (2018/2066) und weitere
- Net-Zero Industry Act (2024/1735)
- ReFuelEU-Aviation (Verordnung 2023/2405)
- RED II & III und delegierte Verordnungen und Richtlinien, v.a. 2023/1185
- CCS-Richtlinie (2009/31/EG)
- Industrieemissionsrichtlinie (2010/75/EU)

Deutschland

- Bundes-Klimaschutzgesetz
- Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG)
- Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)
- Kohlenstoffdioxid-Speicherungsgesetz (KSpG)
- Bundesimmissionsschutzgesetz und Verordnungen (BImSchG & BImSchV)

Strategien

- Green Deal (C/2019/640)
- Nachhaltige Kohlenstoffkreisläufe (C/2021/800)
- Europas Klimaziel für 2040 (C/2024/63)
- Industrial Carbon Management Strategie (C/2024/62)
- Clean Industrial Deal (C/2025/85)
- EU global climate and energy vision (JOIN/2025/25 final)

- Carbon Management-Strategie (bzw. Eckpunkte aus 2024)
- Langfriststrategie Negativemissionen (bzw. Eckpunkt aus 2024)

Logistik

Der Fokus

- Gestaltung von alternativen Transportmöglichkeiten des CO₂ von hessischen Punktquellen an mögliche PtL Produktionsstandorte
 - Straße
 - Pipeline
 - Schiene
- Abschätzung von Kosten und Emissionen
- Analyse der Struktur der resultierenden Netzwerke
- Relevanz der Verfügbarkeit einzelner Modi
- Daten für weitere Projektschritte bereitstellen

Unser Ansatz

- Realitätsnahe Annahmen zu Rahmenbedingungen im Transport
- Plausible Annahmen über mögliche Strecken einer Pipeline
- Offener Ansatz für viele Vielzahl von Szenarien
- Implementierung als Optimierungsmodell

Transportnetzwerke werden im Kontext CCS/CCU derzeit noch wenig betrachtet

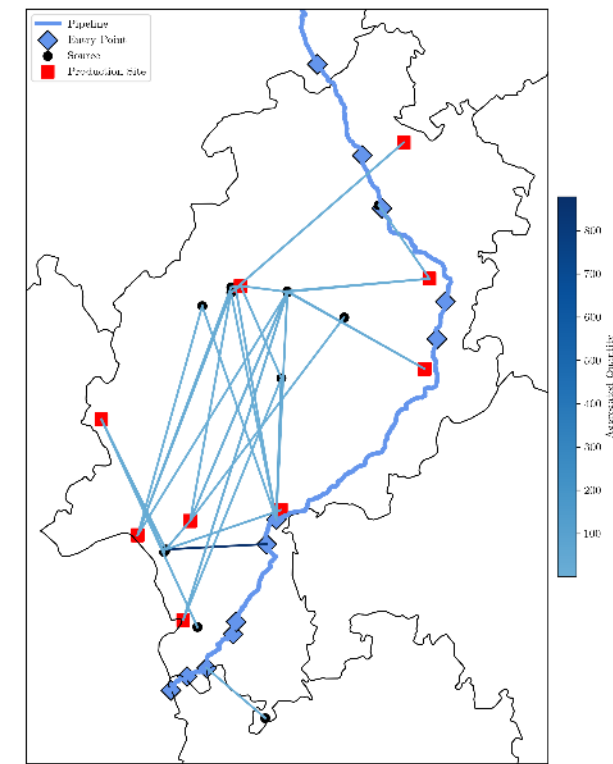
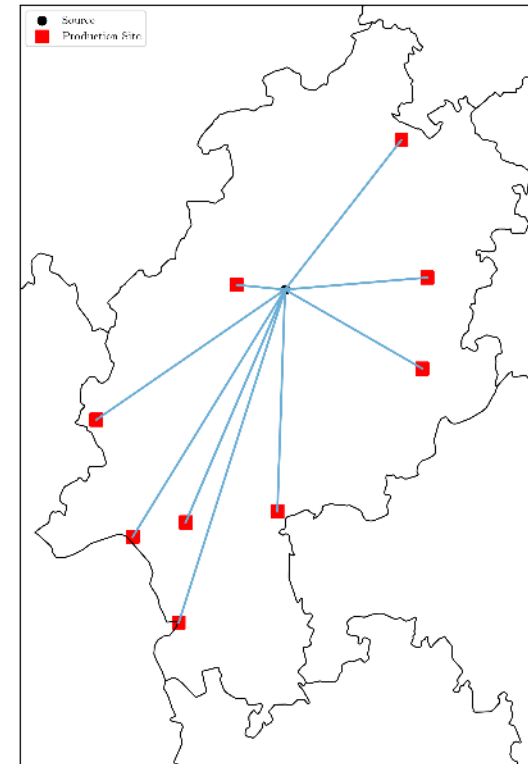
- Die vorliegenden wissenschaftlichen Beiträge fokussieren häufig nur auf ein Transportmittel
- Die typische Fragestellung im Bereich der Pipeline ist eine Infrastrukturentscheidung
- Exisierende Modellformulierungen für H₂ sind übertragbar
- Modelle nutzen ein breites Spektrum an Annahmen

Reference	Source	Storage	Transport	CO ₂	H ₂	Pipeline	Truck
Knoope et al. (2014); Yeates et al. (2024); Solomon et al. (2024b)			✓	✓		✓	
Myers et al. (2024)			✓	✓			✓
Mendelevitch et al. (2010); Gunawan et al. (2024); Bogs et al. (2025); Morbee et al. (2012); Oei et al. (2014); Middleton and Bielicki (2009)	✓	✓	✓	✓		✓	
Karlsson et al. (2023, 2024)	✓	✓	✓	✓			✓
André et al. (2013); Yang and Ogden (2007)		✓	✓		✓	✓	
Lahnaoui et al. (2021, 2019); Parolin et al. (2022); Almansoori and Shah (2006)	✓	✓	✓		✓		✓
Solomon et al. (2024a)	✓		✓		✓	✓	✓
Becattini et al. (2022); Gabrielli et al. (2022); Da Silva et al. (2018)	✓	✓	✓	✓		✓	✓

Table 1: Reviewed papers grouped by category

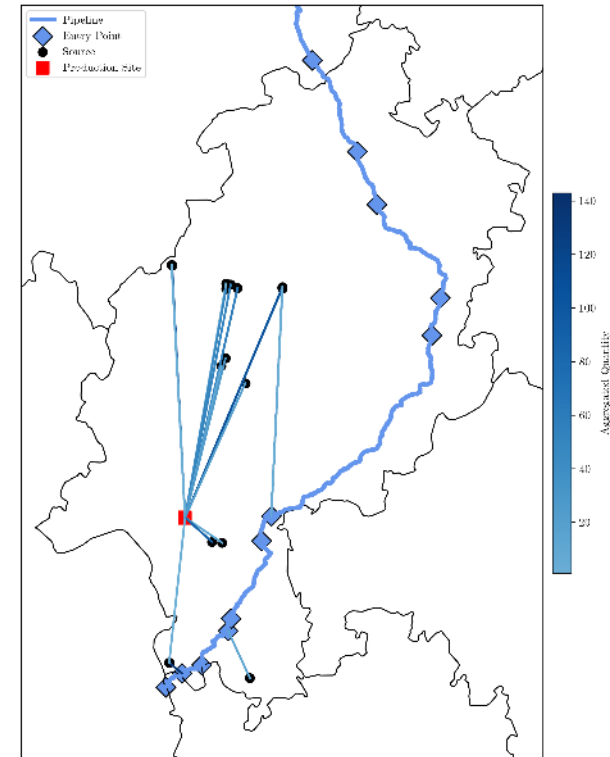
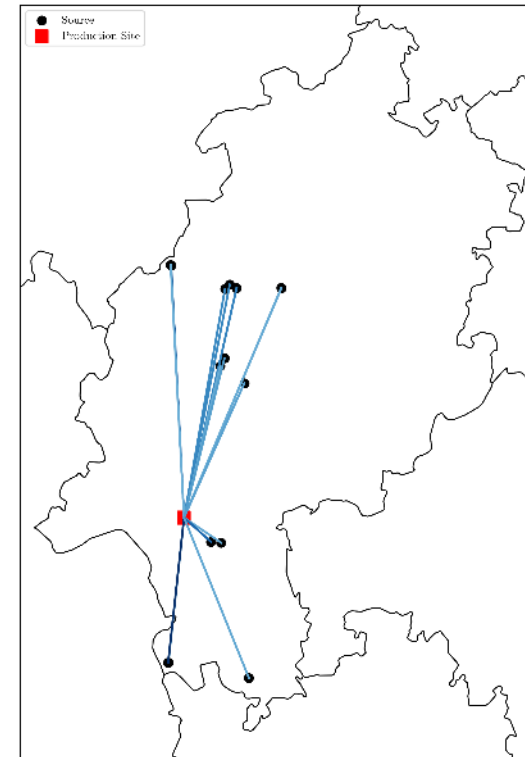
Logistik

- Bei mehreren Produktionsstandorten und großen Punktquellen wird der Standort von einer, kostengünstig gelegenen, Punktquelle bedient
- Emissionen, die über den Bedarf der Produktionsstätte hinausgehen, werden gegen Kosten emittiert
- Mit Einführung einer Pipeline werden Emissionskosten um über 90% reduziert
- Die emittierten Emissionen sinken in diesem Szenario um etwa die Hälfte
- Die Gesamtkosten inklusive Emissionskosten sinken um 88%



Logistik

- Bei einem Produktionsstandort ohne Pipeline wird nur so viel CO₂ abgeholt, wie von der Produktion verarbeitet werden kann
- Bei Berücksichtigung der Pipeline wird insgesamt mehr CO₂ abgeholt und unter anderem in die Pipeline eingespeist
- Dadurch sinken die Kosten für die Emission von CO₂ um 99%
- Für die Abholung von mehr CO₂ werden auch mehr Fahrer und LKW benötigt, jedoch sinken die Gesamtkosten um 59%



Reinigungskonzept & PtL-Standortqualifizierung



Foto: INERATEC

Bewertung der Wertschöpfungskette

Ansatz und Scope für TEA und LCA

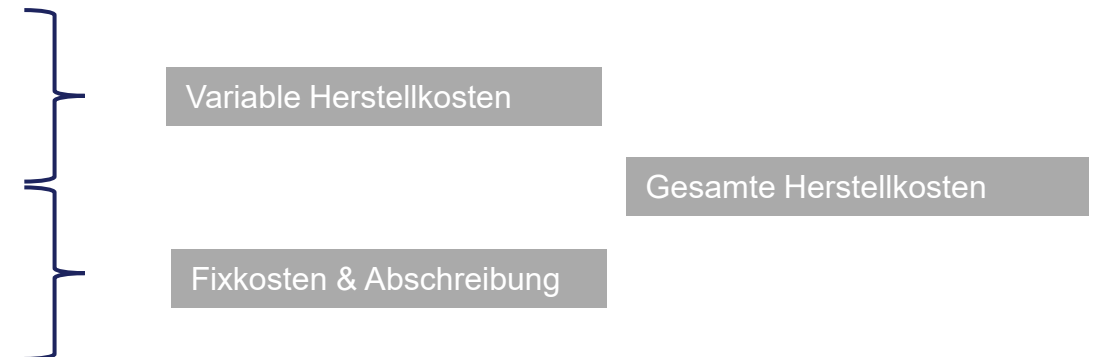
Prozesskette: CO₂ zu SAF



↑
Grüner H₂

Bezugsgröße:
Herstellkosten und Umweltwirkung
pro Tonne e-Kerosin

Input LCA	Spezifische Stoff- / Energieverbräuche
Input TEA	Spezifische Stoff- / Energieverbräuche
	Preisinfos für Einsatzstoffe und Energien
	Personaleinsatz, Instandhaltung, Umlagen
	Investitionskosten



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Gefördert durch





PRODUKTION UND LOGISTIK VON WASSERSTOFF UND EFUELS

KONFERENZ NACHHALTIGER LUFTVERKEHR, 03.11.2025

HY2GEN

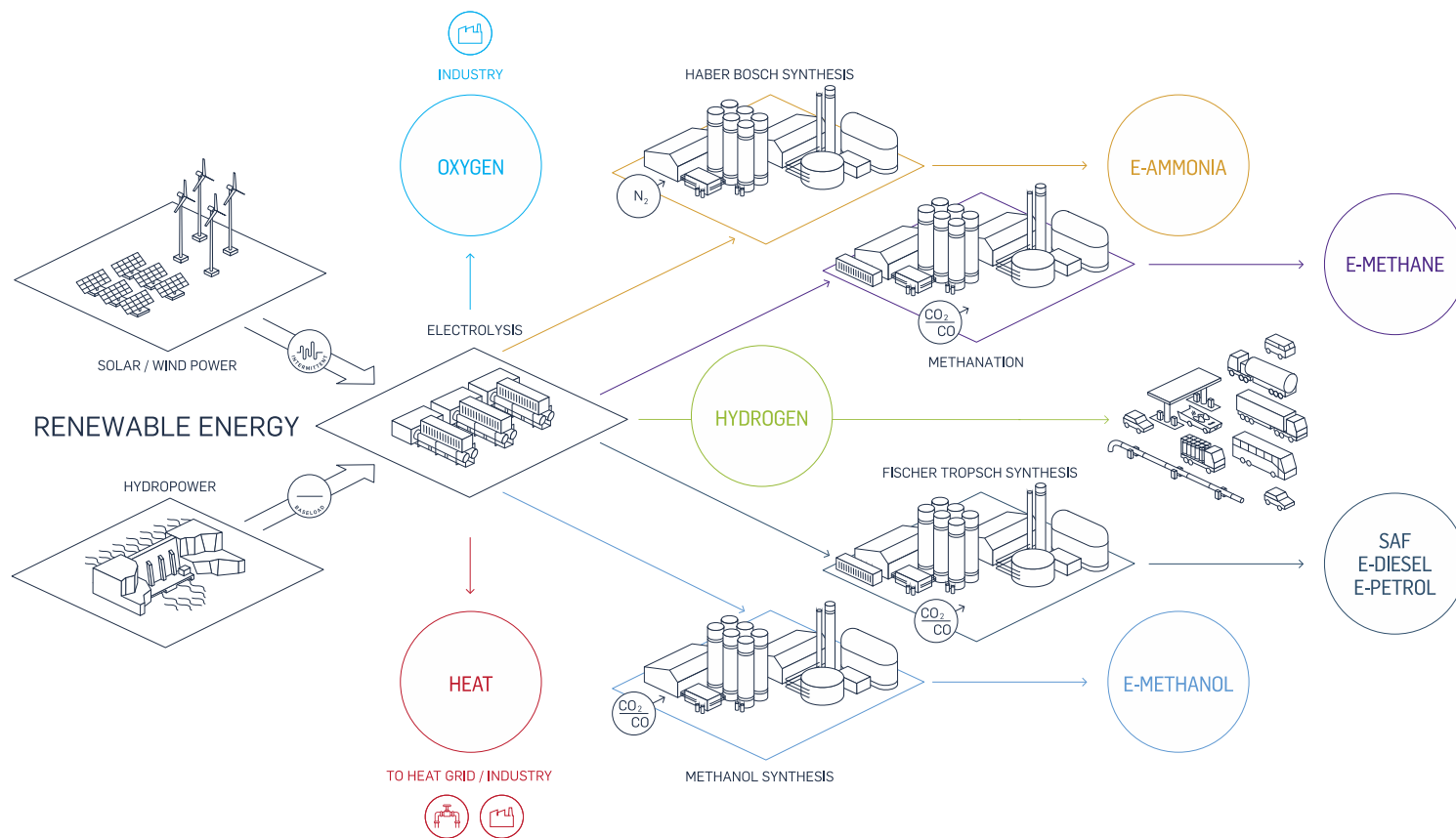
PRODUKT PORTFOLIO – FOKUS AUF D-A-CH

HAUPT PROUKTE:

- **Wasserstoff (H_2)**
- **Ammoniak (NH_3)**
- **Methanol (CH_3OH)**
- **Kerosin ($C_{12}H_{26}-C_{15}H_{32}$)**
- **Methan (CH_4)**

BY-PRODUCTS:

- Wärme
- Sauerstoff
- Biofuels
- Naphtha
- Gasoline
- Diesel



ÜBER HY2GEN

WELTWEITE PROJEKTE

COURANT
300 MW Elektrolyse
250,000 tpa erneuerbares
Ammoniak (RFNBO)
Lokale Verarbeitung

FOS-SUR-MER
250-500 MW Elektrolyse
Kerosin (RFNBO)
Für die Luftfahrtindustrie

SUNRHYS
4-30 MW Elektrolyse
Wasserstoff
Verschiedene Abnehmer des HynoVar-
Systems

DUNCAN
1000 MW Elektrolyse
Erneuerbares Ammoniak (RFNBO)
Für die europäische Industrie und
internationale Abnehmer im Seeverkehr

IVERSON
255 MW Elektrolyse
200,000 tpa erneuerbares Ammoniak
(RFNBO)
Einzelner großer Abnehmer

CONSEIL I
2 MW Elektrolyse
300 tpa erneuerbarer Wasserstoff
(RFNBO)
Mehrere industrielle Abnehmer

ATLANTIS I/II (IN BETRIEB)
6 (+2) MW Elektrolyse
900 tpa erneuerbarer Wasserstoff (RFNBO)
4,000 tpa erneuerbares Methan (RFNBO)
Einzelner großer Abnehmer

JANGADA
100 MW Elektrolyse
28000 tpa erneuerbares Kerosin / SAF (RFNBO)
Luftfahrt

NAUTILUS PROJEKTE
100 MW Elektrolyse
Je 8.000 tpa erneuerbarer Wasserstoff (RFNBO)
Einzelner industrieller Abnehmer via Backbone

HAUPTPRODUKTE

Grüner Wasserstoff Ammon MeOH/SAF

Die Symbole auf der Karte zeigen unsere Projektpipeline (Tier-I- und Tier-II-Projekt).
Nur Tier-I-Projekte sind mit Standort, Kapazität und Produkten angegeben.

HY2GEN

PROJEKTE IN DEUTSCHLAND

ATLANTIS (IN BETRIEB)

6,3 MW Elektrolyse
1.800t eRNG / bis zu 900t/Jahr
H2

ATLANTIS II (FEED)

2 MW Elektrolyse
300 t/Jahr H2

CONSEIL I (EPC)

ÖPNV Tankstelle
2 MW Elektrolyse
300 t/Jahr H2

JANGADA (PRE-FEED)

100 MW Elektrolyse
32.000t/Jahr SAF

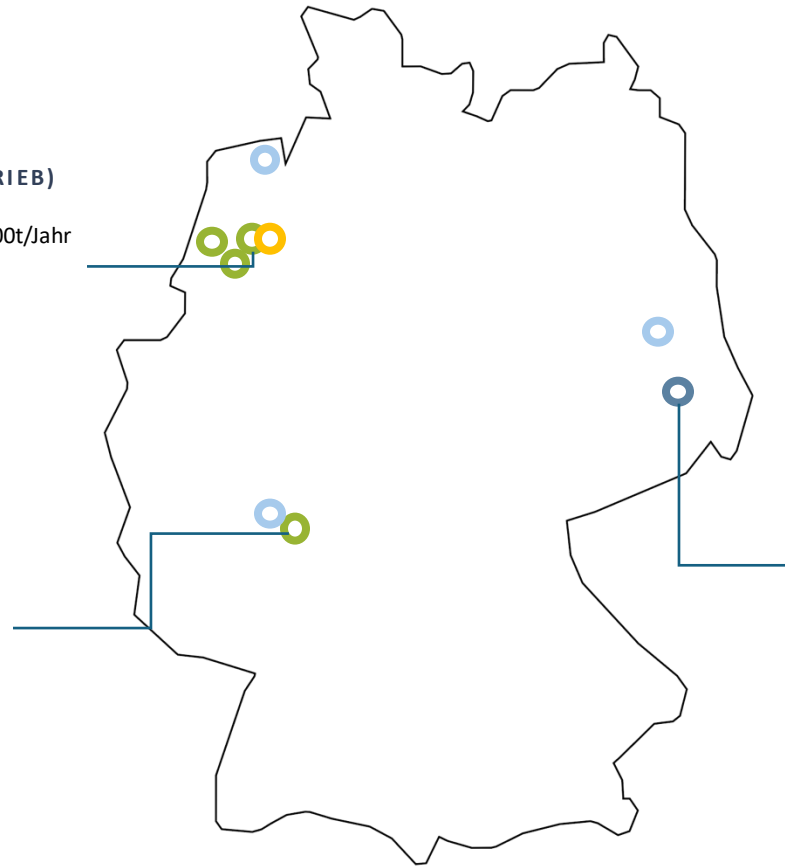
PROJEKTKATEGORIEN

 RFNBO Wasserstoff

 RFNBO Methan

 RFNBO SAF

 Frühe Projektentwicklung / Konzeptphase



BETRIEB IN DEUTSCHLAND

ATLANTIS EFUEL WERK



ATLANTIS

WERLTE



- Das ATLANTIS Werk ist die **weltweit größte** in Betrieb befindliche Anlage zur **Herstellung von synthetischem Methan und erneuerbarem Wasserstoff**
- Der Standort ist bereits seit 11 Jahren in Betrieb und offiziell die erste deutsche Anlage, die die RFNBO Zertifizierung für beide Produkte erlangte, sowie die zweite **weltweit**



Elektrolysehalle



Aminwäsche (nach Biogas-Anlage)



Methanisierung (Sabatier-Reaktion)



Wasserstoff Trailer-Abfüllung



Einspeisung in das Erdgasnetz



Versorgung Fischer-Tropsch SAF-Anlage (Atmosfair)

ATLANTIS WERK – “MEET THE PROJECT”

DIE BESTE NACHRICHT

- **Atmosphärische („drucklose“) Alkali-Elektrolyseure mit Kaliumlauge (KOH) Elektrolyt**
- **Drei Produktionseinheiten mit je 1.300 Nm³/h bei 2 MW Anschlussleistung pro Elektrolyseur**
- **Stromstärke von 9.600 A, Betriebstemperatur bei 75°C**
- **Seit 2013 in Betrieb und bei ca. 58 kWh / kg H₂ - nach 12 Jahren (!)**



ATLANTIS WERK – “MEET THE PROJECT”

DIE CO₂ QUELLE: AMINWÄSCHE

- Verfahren: Aminwäsche
- Leistung: 1.000 Nm³/h Biogas (35% v. CO₂)
- Wärmebedarf: 450-600 kW bei 170°C aus Methanisierung
- Betriebsbeginn: Sommer 2013
- Verbleibendes Methan (nach Abtrennung von CO₂) aus Biogas wird separat in das regionale Gasnetz eingespeist



ATLANTIS WERK – “MEET THE PROJECT”

DAS “HERZSTÜCK”: DIE METHANISIERUNG

- Chemische Reaktion: Sabatier-Reaktion
- Reaktortyp: Rohr & Mantel
- Prozess: katalytische Methanisierung
Kapazität: 1.300 Nm³/h Wasserstoff
- Leistung: 350 Nm³/h e-RNG
- Produktqualität: 94% CH₄ (Methan),
3% Wasserstoff, 3% CO₂
- Kühlsystem: molten salt
- Wärmerückgewinnung: max. 600 kW
bei 170°C



ATLANTIS WERK – “MEET THE PROJECT”

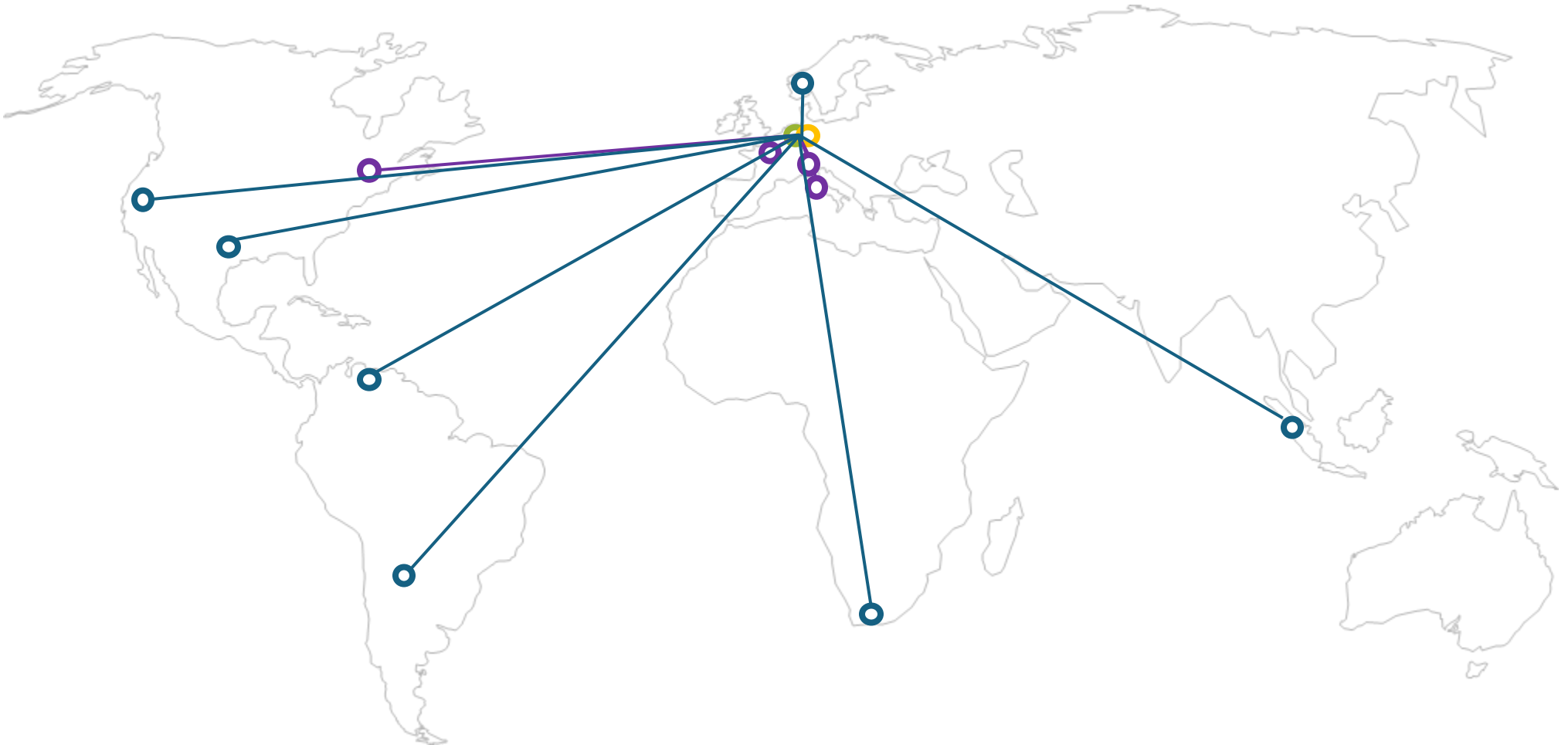
DAS “HERZSTÜCK”: DIE METHANISIERUNG

- **Größe in Betrieb befindliche Methanisierung weltweit**
- Ursprünglicher **Scale-Up Faktor** von Demonstrationsanlage: **330 (!!!)**
- **Realbetrieb zeigte sowohl die Robustheit des Designs, als auch hohe Flexibilität in der Fahrweise des Reaktors**
- **Besuchergruppen aus aller Welt sind mehrfach im Monat zu Gast in Werlte**



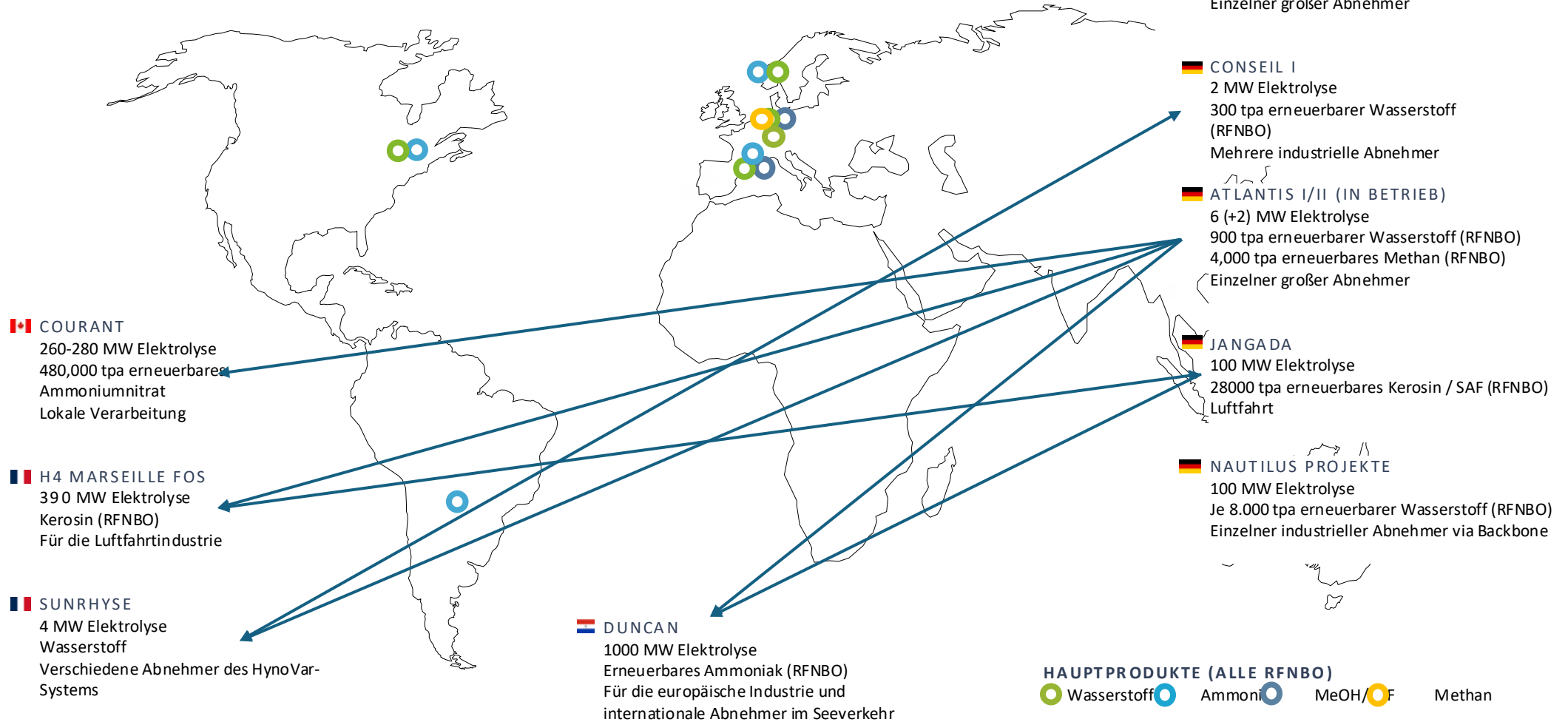
WELTWEITE PROJEKTE UND KOOPERATION

PARTNER & BESUCHERGRUPPEN 2025



WELTWEITE PROJEKTE UND KOOPERATION

"INTERCOMPANY" KOOPERATION



Die Symbole auf der Karte zeigen unsere Projektpipeline (Tier-I- und Tier-II-Projekte)
Nur Tier-I-Projekte und Projekte in Betrieb sind mit Kapazität und Produkten angegeben.

BETRIEB IN DEUTSCHLAND

ÜBER UNSEREN STANDORT

- Unsere volle Produktionskapazität am Standort ist kommerziell verkauft – wir sind ein Beispiel für einen **wirtschaftlich arbeitenden eFuel-Standort**
- ATLANTIS ist **für die Erstbefüllung von Wasserstoff-Trailern zugelassen** und sorgt damit für das Inverkehrbringen einer Logistik-Infrastruktur
- Wir speisen **synthetisches Methan in das Erdgasnetz** ein und ermöglichen so eine Dekarbonisierung bei Beibehalt bestehender Infrastruktur
- Der verwendete **Grünstrom** kommt (per RFNBO tauglichem Herkunftsnachweis) **aus einem süddeutschen Wasserkraft-Kraftwerk**
- Wir können mit **90% der Methanisierungs-Abwärme** für den Bedarf unserer örtlichen Aminwäsche **nutzen**
- **Unsere Alkali-Elektrolyseure sind im 11. Betriebsjahr** und absolvierten eine erfolgreiche 10 Jahresprüfung
- Die Methanisierung arbeitet noch immer **mit der ersten Reaktorfüllung**
- Ein Großteil des benötigten **CO2 wird am Standort bereitgestellt** (Aminwäsche, Biogas)
- Wir produzieren **RFNBO Wasserstoff in Brennstoffzellen Qualität (99,999% Reinheit)**
- Wir betanken auf **200 / 300 / 380 bar Druckniveau** und sind damit für alle gängigen Druckniveaus Lieferfähig
- Wir haben eine **24/7 Betriebsgenehmigung** und produzieren bei Strompreisen innerhalb unseres Toleranzbandes kontinuierlich

BETRIEB IN DEUTSCHLAND

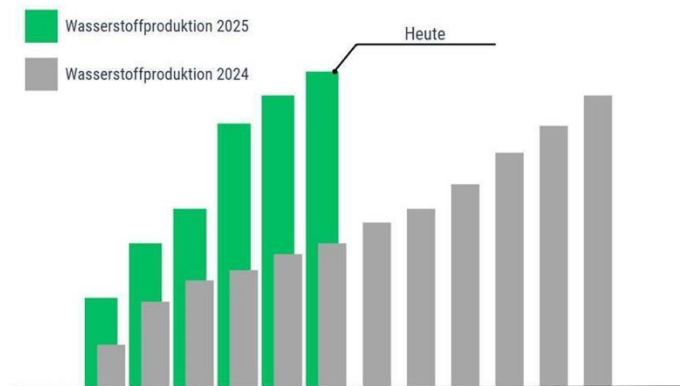
BEDEUTUNG FÜR DIE GRUPPE

- Langjährige Betriebserfahrung und Anlagendaten (tiefgehende Analytik basierend auf >1000 Sensoren)
- Vergleich verschiedener Technologien (Alkali vs. PEM, Druck-Alkali vs. Atmosphärisch)



- Know-How Transfer
- Internationale Marktchancen
- Internationale „High-Performer“ gewinnen
- Entwicklung von „Blueprints“

Im Vergleich: Akkumulierte Produktionsmengen von Hy2gen 2024 und 2025



 H Y 2 G E N

Jetzt schon mehr erneuerbarer Wasserstoff als 2024!
Hy2gens Anlage ATLANTIS übertrifft gesamte Produktionsmenge von letztem Jahr

 **Hy24**
ARDIAN

 **mirova**
Investing in sustainability

 **CDPQ**

 **TRAFIGURA**

 **TEN** TECHNIP ENERGIES

REFUEL EU AVIATION REGULATION

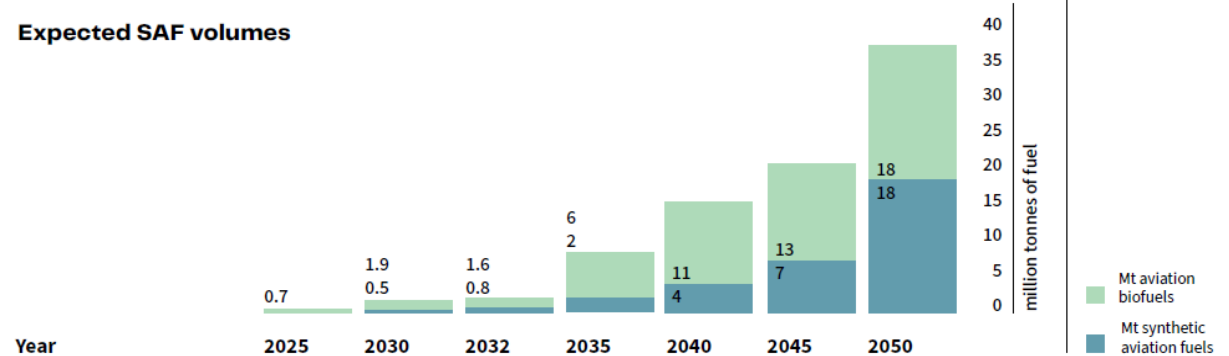
- Die durch die Regulierung im Oktober 2023 eingeführten und ab Januar 2025 eingeführten Quoten leiten die Marktentwicklung
- Ab 2030 hat die Regulierung eine Eingangsquote von 1,2% für eSAF vorgegeben (RFNBO & non-fossil low carbon synthetic aviation fuel)
- In Deutschland werden zwischen 8 und 10 Millionen Tonnen Kerosin verbraucht
- Das entspricht einem eSAF-Bedarf von 96 – 120.000t eSAF in 2030 – nur in Deutschland

EU-wide quotas

Year	2025	2030	2032	2035	2040	2045	2050
Share of SAF	2%	6%	6%	20%	34%	42%	70%
Minimum share of synthetic aviation fuels	0%	1.2%*	2%*	5%	10%	15%	35%

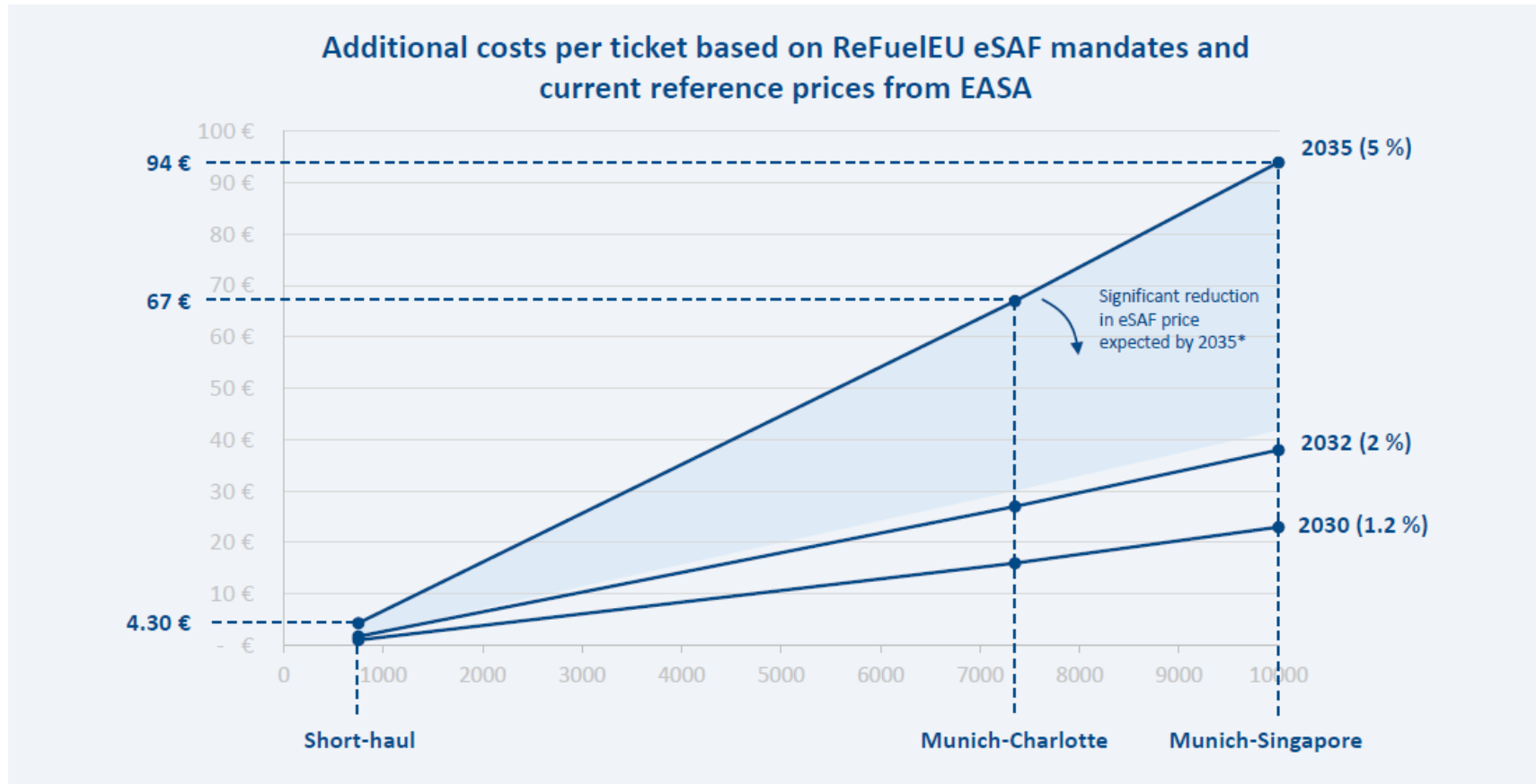
* Average share of 1.2% for the period 2030 - 2031 and average share of 2% for the period 2032-2034

Expected SAF volumes



Source: Eurostat Database (2023); growth assumption aviation market 1.5% per annum (according to the International Civil Aviation Organization, ICAO, medium scenario)

REFUEL EU AVIATION REGULATION



Mehrkosten auf den Ticketpreis halten sich während der Ramp-up Phase des Marktes in Grenzen

REFUEL EU AVIATION REGULATION

	← eSAF mandates →			SAF mandate
	1.2 %	2.0 %	5.0 %	6.0 %
A320neo	1 €	1.70 €	4.30 €	1 €
A321neo	1.10 €	1.90 €	4.60 €	1.10 €
Munich-Charlotte	16 €	27 €	67 €	16 €
Munich-Singapore	23€	38 €	94 €	22 €

EASA reference prices

Jet A-1: 734 €/t

SAF: 2,085 €/t

eSAF: 7,695 €/t

A320/A321 neo

1 hour flight

160/180 pax

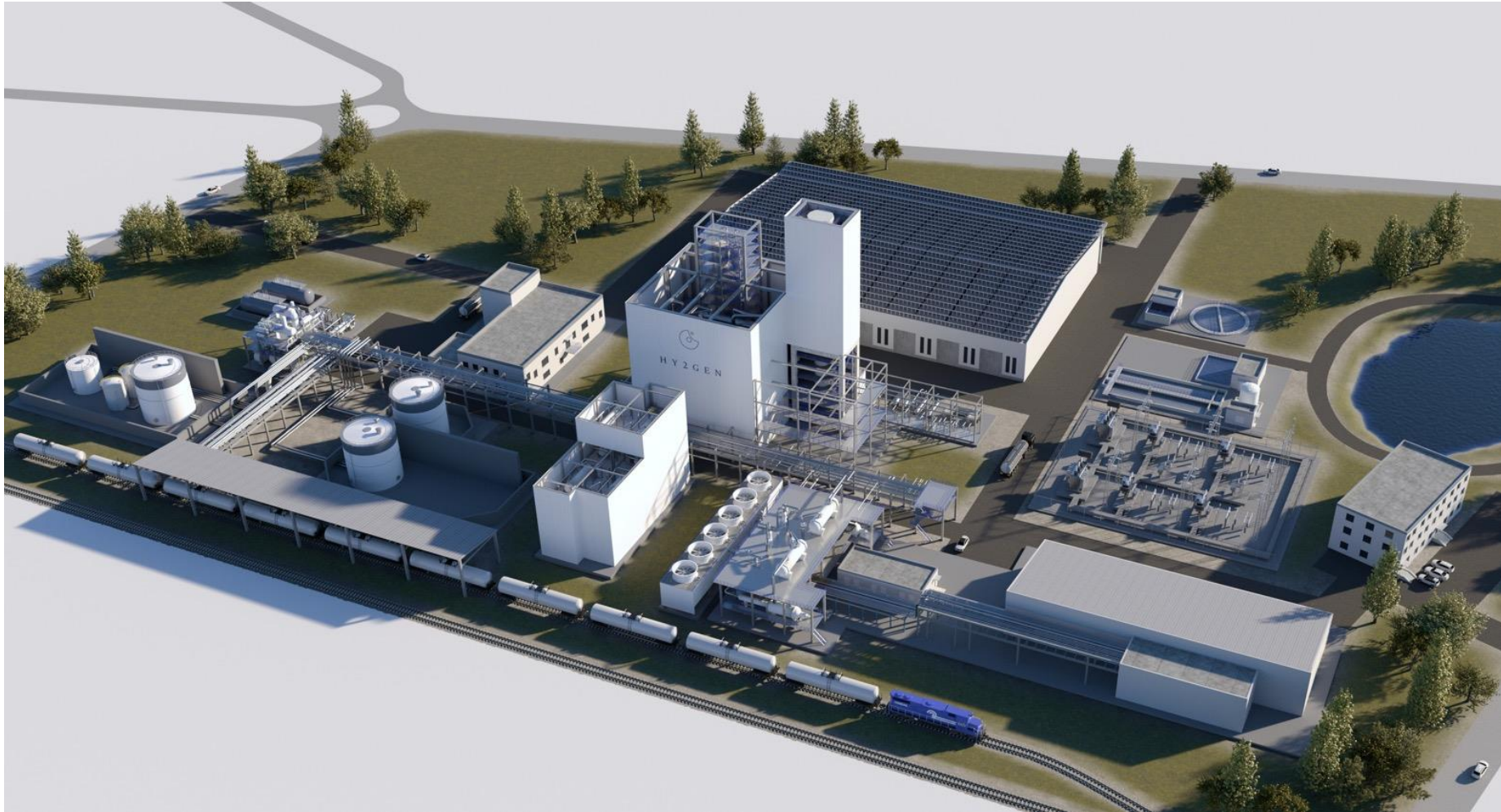
Long haul

270 pax

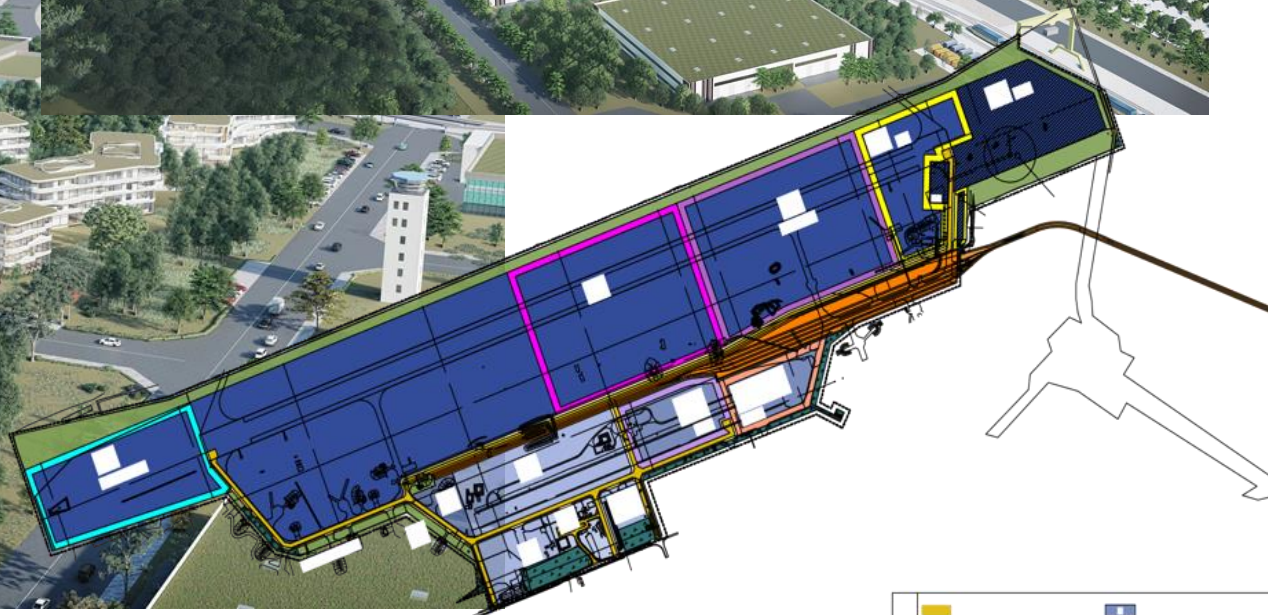
Mehrkosten auf den Ticketpreis sind während der Ramp-up Phase des Marktes
überschaubar

UNSER “FLAGSHIP PROJECT” IN DEUTSCHLAND, E-SAF-PRODUKTION

PROJECT “JANGADA”



UNSER "FLAGSHIP PROJECT" IN DEUTSCHLAND, E-SAF-PRODUKTION
STANDORT "GRAL"



PROJEKT STATUS – STARTKLAR

TECHNOLOGIE



“Whitebooks“ Und Vorverträge mit dem entsprechenden Technologiepartner MtJ-Process verfügbar

WASSER



Wasserversorgung gesichert

NETZ



Stromanschluss 30 kV bereit im Jahr 2026, verbindliche Grundsatzvereinbarung mit Enertrag

STROM



H2-Backbone voraussichtlich zwischen 2030 und 2032
LOI für PPA und Versorgungskonzept erarbeitet

FLÄCHE



Optionsvereinbarung mit EUROMOVEMENT über einen künftigen Kaufvertrag (bereits ausgearbeitet)

GENEHMIGUNGEN



Zulassungsbesprechung mit der staatlichen Umweltbehörde abgeschlossen (09.2023)
Scoping-Verfahren mit der staatlichen Umweltbehörde abgeschlossen (01.2024)

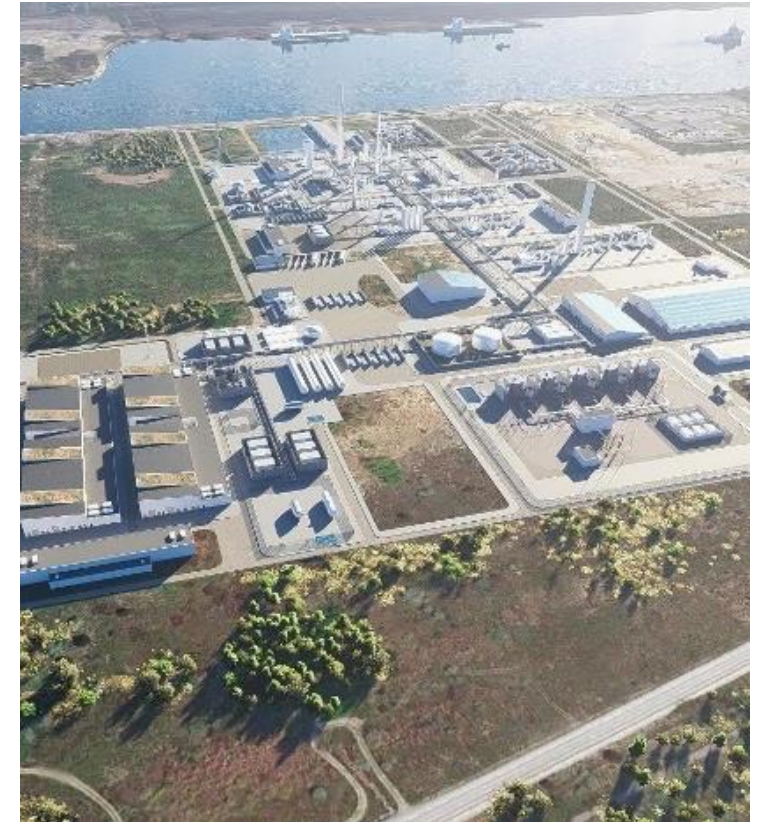
**BESTEHENDER FÖRDERBEDARF AUFGRUND REGIONALE
BENACHTEILIGUNG DEUTSCHLANDS (CO2 Intensität, Stromkosten)**

UNSER SCHWESTERPROJEKT: H4 MARSEILLE FOS

GROSSSKALIGE HERSTELLUNG VON E-SAF

H4Marseille
+Fos

- 75.000 Tonnen e-SAF pro Jahr (entspricht 35 % des Treibstoffbedarfs des Flughafens Marseille Provence) unter Verwendung des Methanol-to-Jet-Verfahrens
- 100 %ige Deckung des e-SAF-Bedarfs bis 2035 für direkt zugängliche Märkte (Marseille, Nizza, Lyon und Genf)
- Investitionen in Höhe von 1,5 Milliarden Euro
- 390 MW Stromverbrauch
- 300 MW installierte Elektrolysekapazität
- 165 direkte Arbeitsplätze / 100 indirekte Arbeitsplätze
- 240.000 Tonnen CO₂-Einsparungen pro Jahr, was fast 500 vermiedenen Transatlantikrundreisen mit 120.000 Passagieren entspricht



ZUSAMMENFASSUNG

WASSERSTOFF KOMMT UND IST INTERNATIONAL

- **EU H2 Backbone ermöglicht realistische Logistik für Wasserstoff**
- Es besteht eine hohe Wasserstoff-Kompetenz innerhalb der EU und auch insbesondere in Deutschland. **Komplexe Pilotprojekte und industrielle Demonstratoren werden weiter in Ländern mit einer ausgeprägten Infrastruktur entstehen**
- **Großvolumig werden wir auch auf den Import von Wasserstoff bzw. Derivaten angewiesen sein**
- **Verfügbare Speiseölrreste / Fette und auch Biomasse sind endlich**
- Für eine **globale Transformation** führt langfristig kein Weg an synthetischen Produkten und erneuerbarem Wasserstoff vorbei
- **Alleine REDII und REDIII schaffen in Deutschland bzw. der EU einen enormen Bedarf auch an RFNBO Wasserstoff bzw. Derivaten**
- **ReFuelEU Aviation und ReFuelEU Maritime, sowie in der Zukunft IMO Nachhaltigkeitsanforderungen übersteigen heute bereits ambitionierte Ausbaupläne** für Bio- und E-Fuel Werke und werden einen Hochlauf der Technologien ermöglichen

KONZENTRATION AUF REALE MÖGLICHKEITEN UND MÄRKTE UND NICHT AUF MARKTKONSOLIDIERUNG

ZUSAMMENFASSUNG

WÜNSCHE FÜR EINE DEUTSCHE SAF-INDUSTRIE

- In „dekarbonisierten“ Stromzonen kann heute schon wettbewerbsfähig SAF hergestellt werden. **Wir benötigen einen weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland und kurzfristig eine Trennung der Strompreiszonen, um zumindest im Norden Deutschlands wettbewerbsfähige Bedingungen zu erhalten**
- „Methanol-to-Jet“ ist ein aussichtsreicher Produktionspfad zur Herstellung von synthetischem Flugbenzin. **Industrielle Demonstratoren können in Deutschland an diesen Technologiepfad anknüpfen lassen, es ist eine Chance für Wachstum in einer Zukunftsbranche**
- Vollständig erneuerbare Produktionspfade für nachhaltiges Flugbenzin brauchen diese Pilotprojekte, um auch in der Zukunft Vertrauen bei Investoren und Betreibern zu finden. **Wir brauchen die vorgesehenen Subquoten für RFNBO, um diese Projekte „in den Markt“ zu bringen und Erfahrung zu sammeln.**
- Wir leben in bewegten Zeiten, wir benötigen eine resiliente Gesellschaft und eine resiliente Industrie. **Synthetische Kraftstoffe sind nicht nur erneuerbar, sie kommen aus heimischer Herkunft und können somit zu einer gesteigerten Resilienz beitragen. Fördern wir heute Projekte zur Herstellung von erneuerbarem Flugbenzin, erreichen wir beides: industrielle Demonstratoren und Marktperspektiven, sowie resiliente Versorgung.**
- **Bei allen Herausforderungen der heutigen Zeit dürfen wir nicht den Klimaschutz vernachlässigen.** In unserer globalisierten Welt werden wir weiterhin Fliegen und synthetisches Flugbenzin, eSAF als RFNBO ist die **emissionsfreie** Antwort für die Luftfahrt, besonders mit Blick auf **Langstreckenflüge**.

SIE HABEN FRAGEN ? MELDEN SIE SICH GERNE BEI UNS!

KONTAKT



MATTHIAS LISSON

Geschäftsführer

Email: m.lisson@hy2gen.com

HY2GEN Deutschland GmbH
Klingholzstrasse 7
65198 Wiesbaden, Germany

Phone: +49 (0)611 950 171-0
Fax: +49 (0)611 977 741 – 11
Email: info@hy2gen.com

HY2GEN ATLANTIS GmbH
Loruper Strasse 80
49757 Werlte, Germany



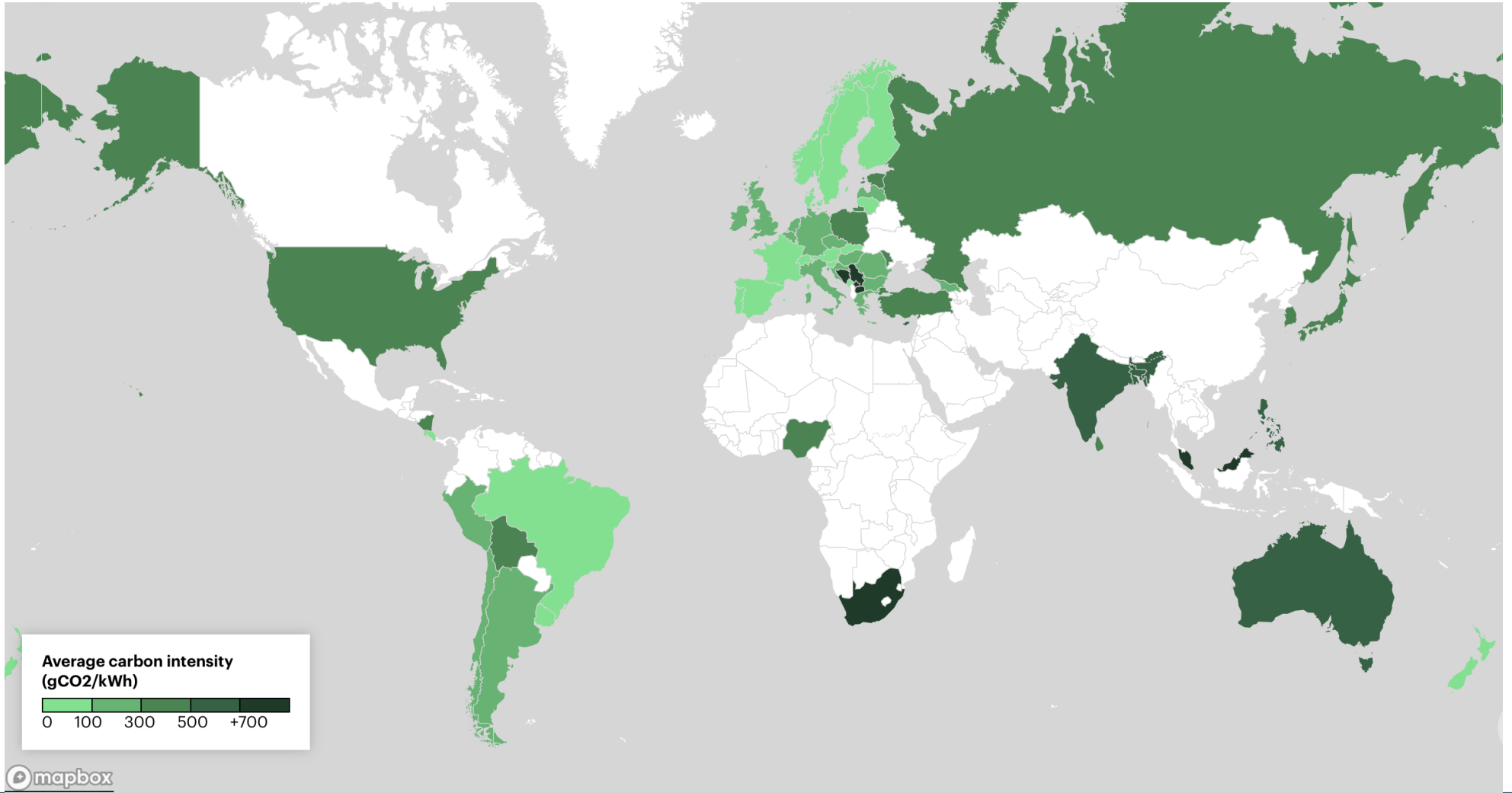
HY2GEN

FUELING YOUR TRANSFORMATION

WWW.HY2GEN.COM

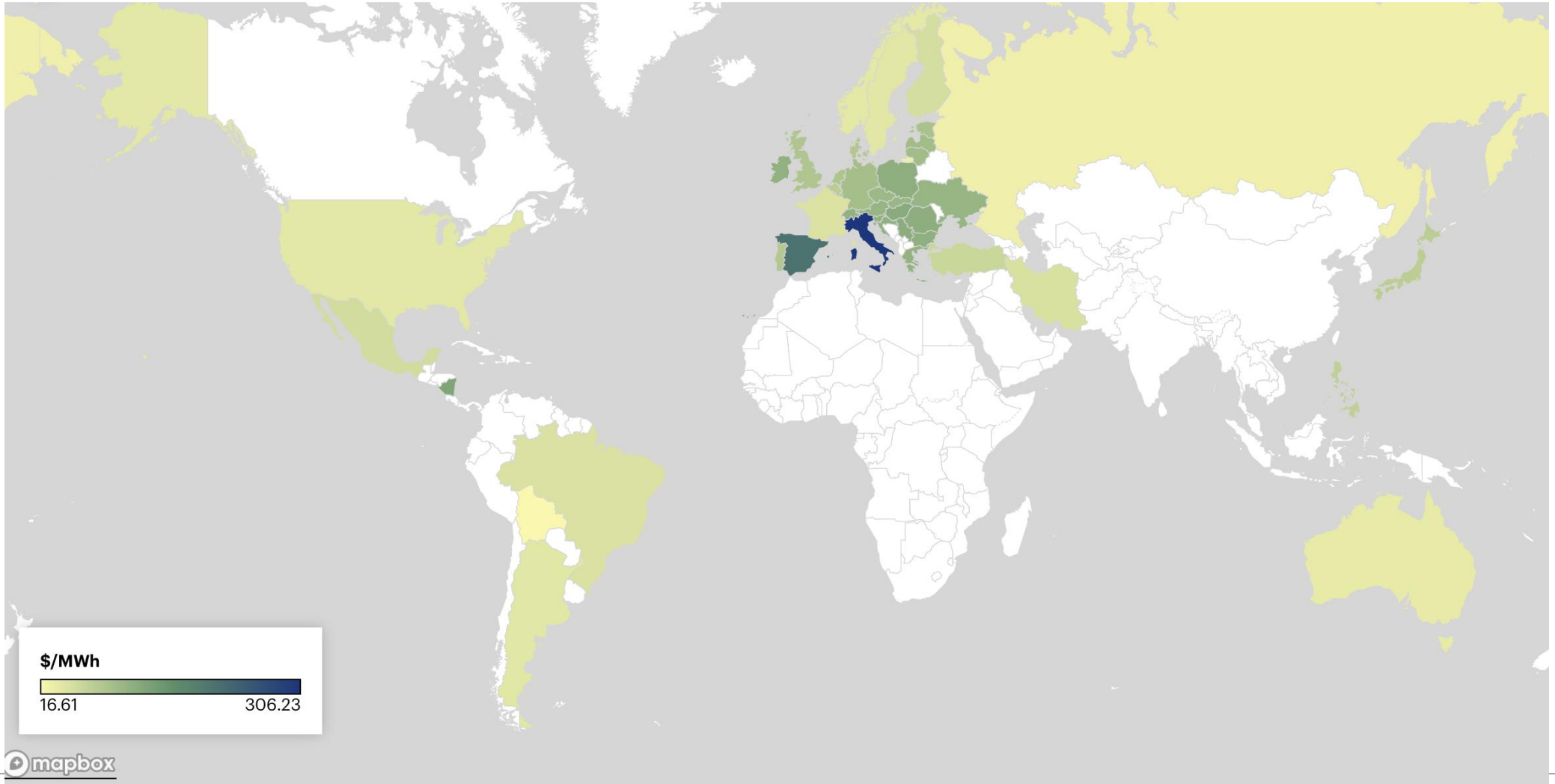
INTERNATIONALER BLICK

CO₂ INTENSITÄT VON STROMNETZEN



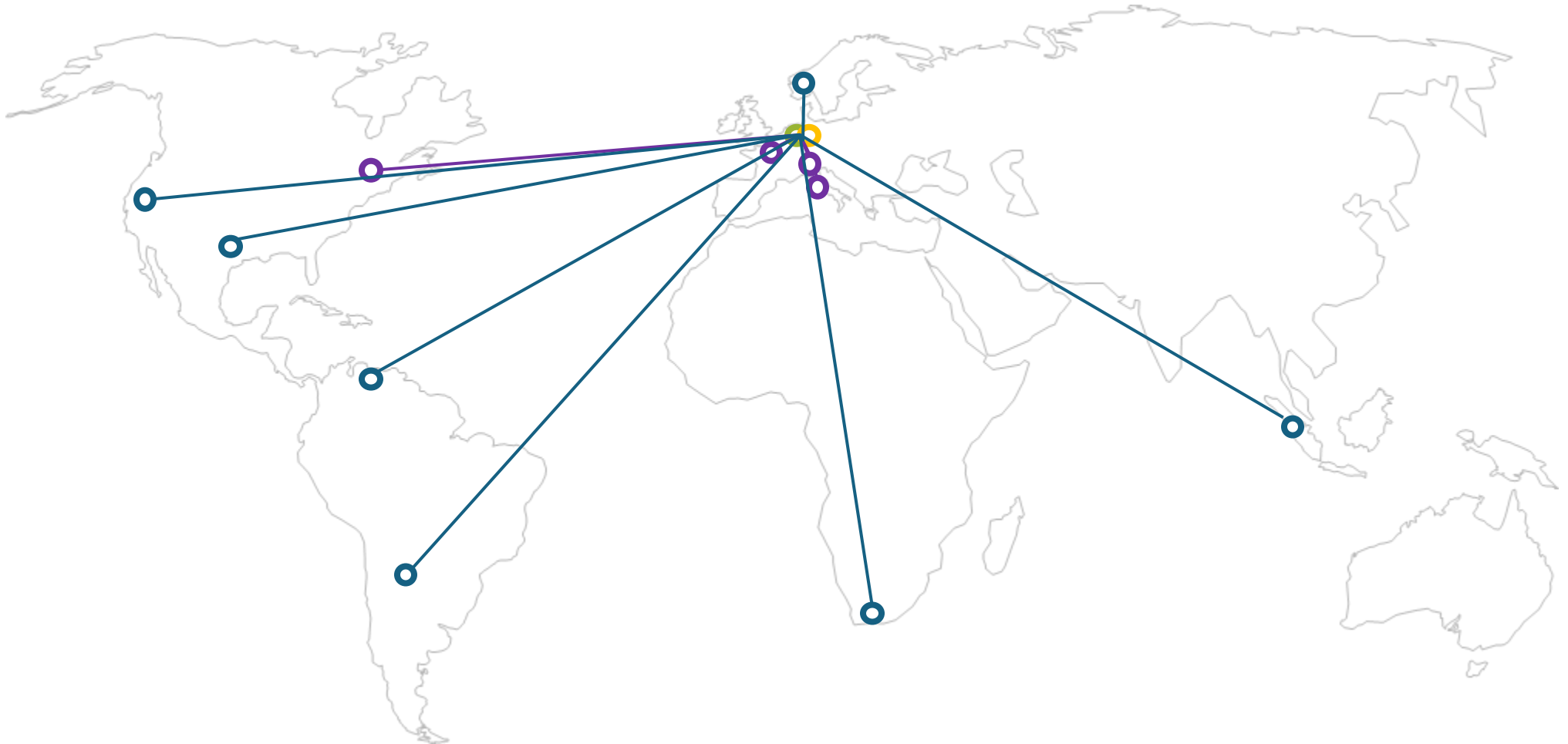
INTERNATIONALER BLICK

HEUTIGE STROMPREISE



WELTWEITE PROJEKTE UND KOOPERATION

PARTNER & BESUCHERGRUPPEN 2025



AUSBLICK

GRÜSSE AUS WERLTE



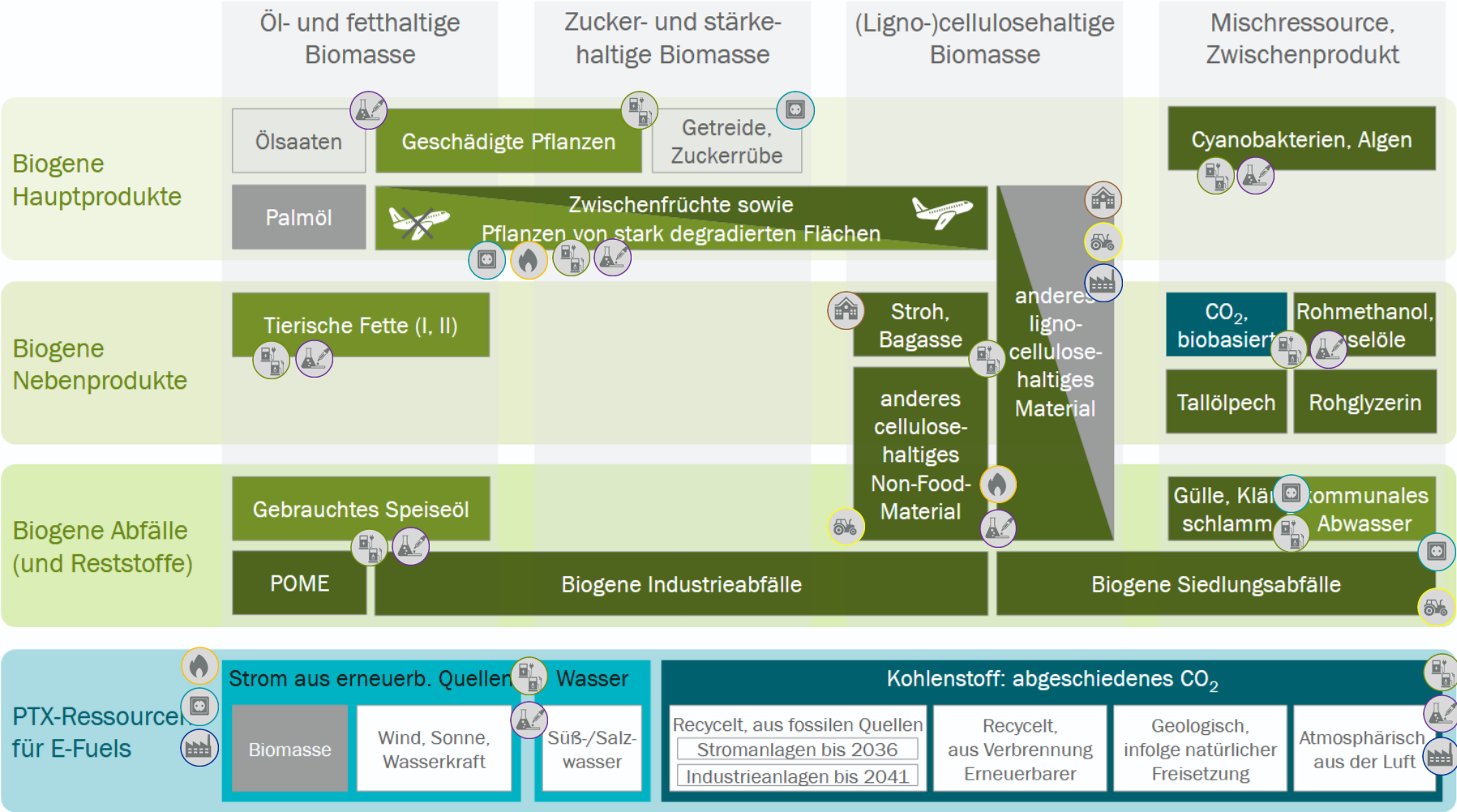
Verfügbarkeit und Skalierbarkeit von Biomasse für die SAF-Produktion

Karl-Friedrich Cyffka, Karin Naumann, Jörg Schröder, Tom Karras, Niels Dögnitz, Franziska Müller-Langer
3. Konferenz Nachhaltiger Luftverkehr | Frankfurt | 3. November 2025

Regulatorische Bewertung der Ressourcen zur Produktion erneuerbarer Kraftstoffe & sektorale Bedarfsentwicklung

Ressourcen zur Produktion erneuerbarer Kraftstoffe

kategorisiert gemäß rechtlichen Vorgaben



Legende:

Biobasierte Energieträger gemäß Richtlinie (EU) 2018/2001 und Delegierte Richtlinie (EU) 2024/1405:

Nahrungs- und Futtermittelpflanzen (EU) 2018/2001 IX A

(EU) 2018/2001 IX B

Ausschluss

Kaskade erforderlich

für die Herstellung von Biokraftstoffen für den Luftverkehrssektor

nicht für den Luftverkehrssektor

Erneuerbare nicht-biobasierte Energieträger gemäß Richtlinie (EU) 2018/2001, Delegierte VO (EU) 2023/1185 und 2023/1184:

Ressourcen für erneuerbaren Wasserstoff

Ressourcen für Wasserstofffolgeprodukte

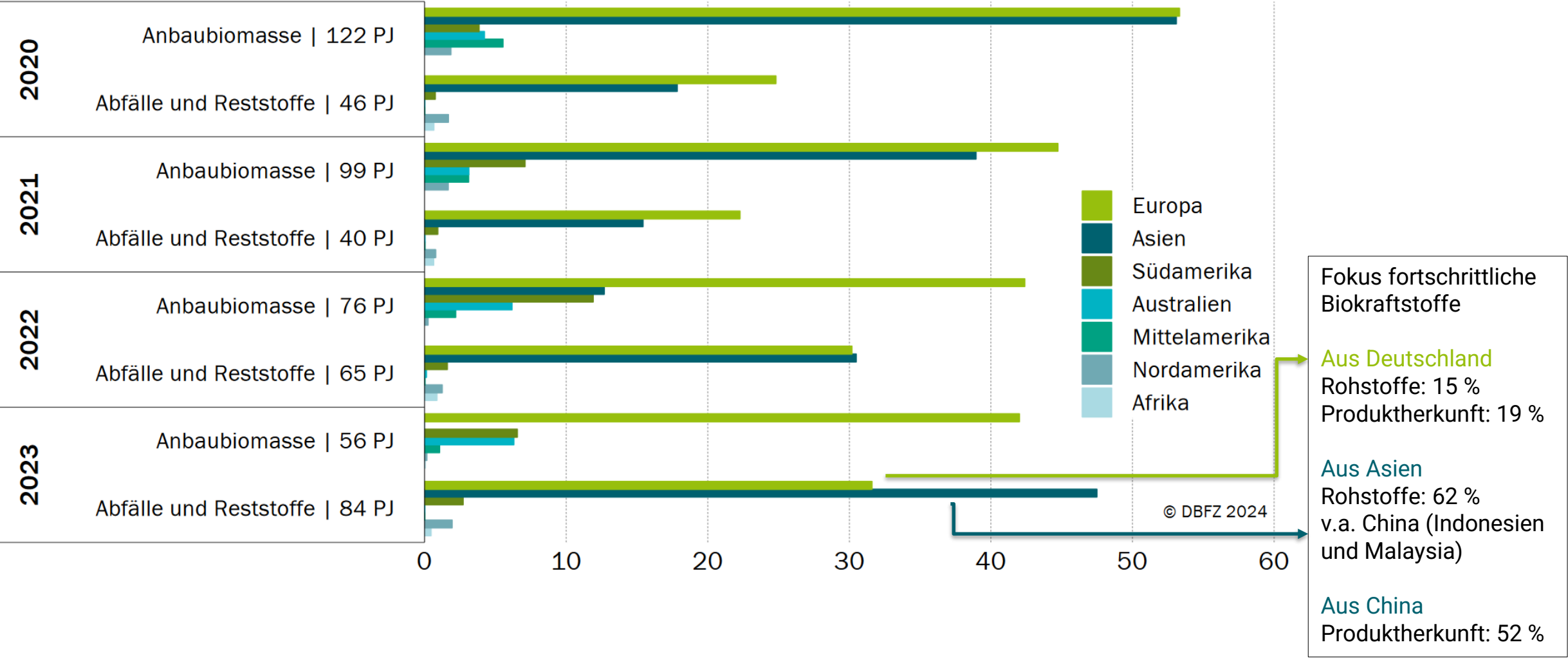
Steigende Biomassenachfrage in verschiedenen Sektoren:

- Wärme
- Bau
- Strom
- Chemie
- Verkehr
- Landwirtschaft (z.B. Torfersatz)
- Industrie (z.B. Stahl, Zement)

Rohstoffbasis der genutzten Biokraftstoffe DE & EU

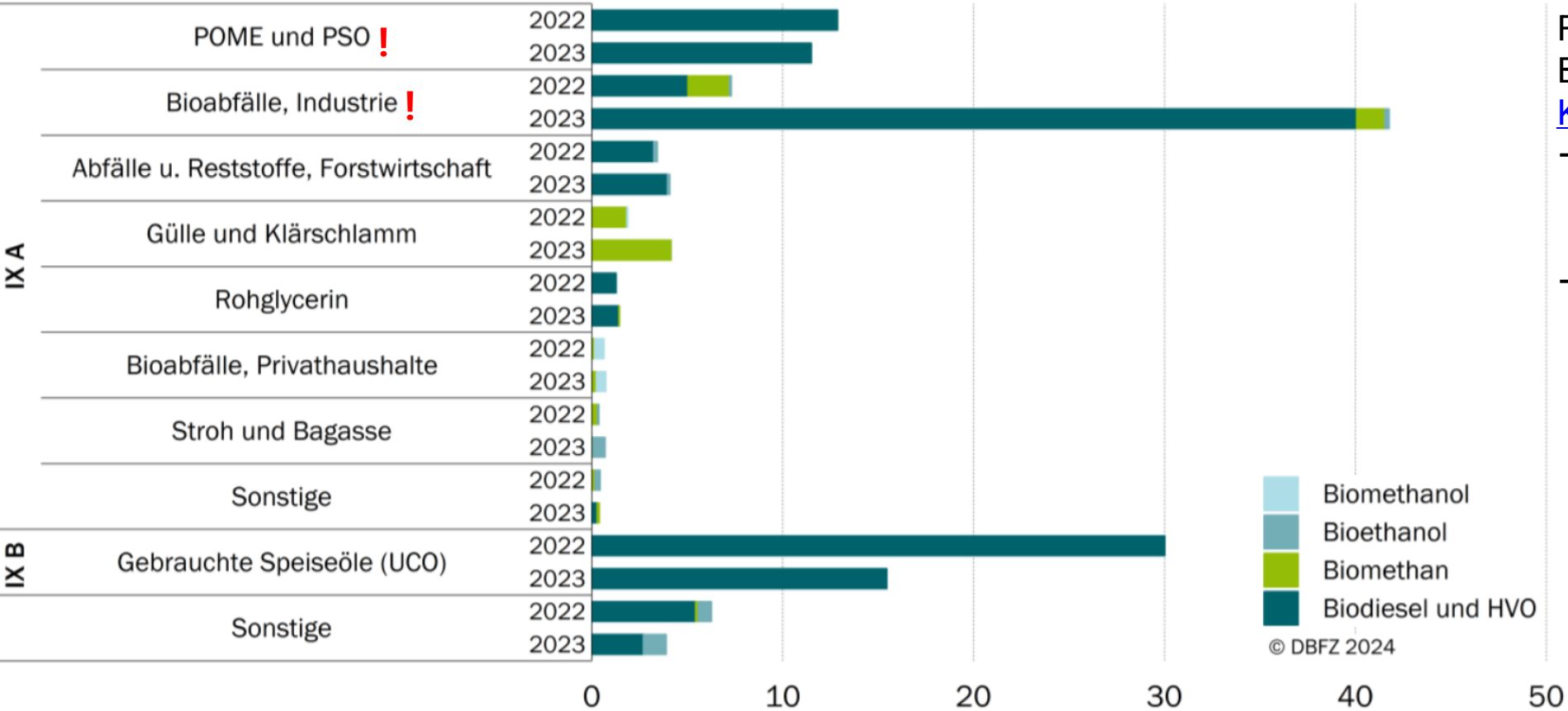
Herkunft der Rohstoffbasis – DE 2020-2023

Fortschrittliche, abfallbasierte, sonstige, konventionelle in PJ



Rohstoffbasis genutzter Biokraftstoffe – DE 2022/2023

Fortschrittliche, abfallbasierte, sonstige in PJ



Für Rohstoffe mit hohem Betrugsrisiko ([Bewertung EU KOM](#)):

→ Vor-Ort-Kontrollen auf Rohstoff-Ebene notwendig

→ siehe [DBFZ-Stellungnahme](#) zum Entwurf zur Weiterentwicklung der THG-Quote:

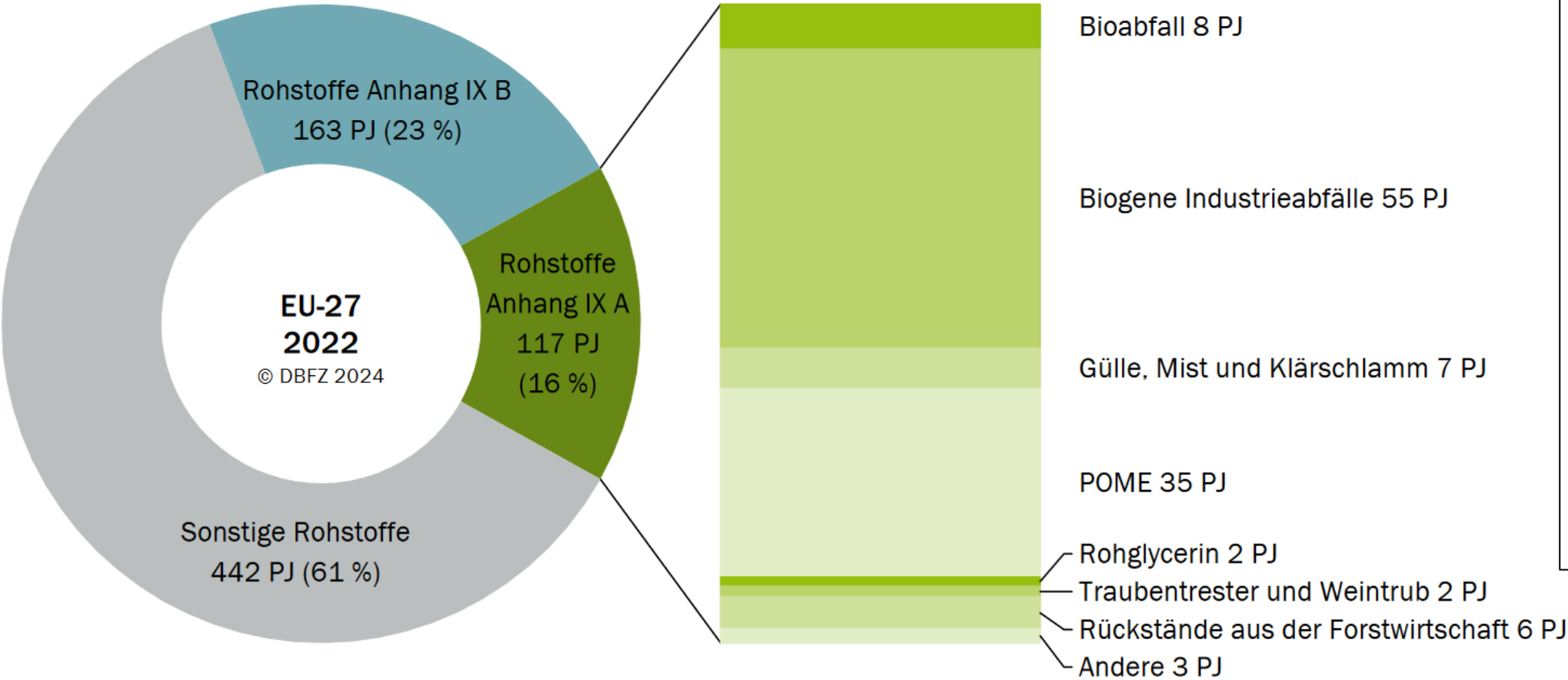


Rund 90 % der fortschrittlichen Biokraftstoffe aus Industrieabfällen im Jahr 2023 sind Biodiesel (FAME) aus:

- Abfällen aus der Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung von Fetten, Schmierstoffen und Seifen;
- Abwasserschlämme aus der Zubereitung und Verarbeitung von Obst, Gemüse und Getreide - Inhalt von Fettabscheidern und Flotate aus Betrieben, die tierische Produkte verarbeiten, aber nur pflanzliche Fette/Öle einsetzen;
- Schlämme aus der Zubereitung und Verarbeitung von Speiseöl;
- Abfälle bei der Herstellung, Zubereitung, Vertrieb und Anwendung organischer Grundchemikalien - Freie Fettsäuren (FFA), Reststoffen aus der Umesterung;
- Abfallöle, -fette oder -fettsäuren, von spezialisierten Aufbereitungsbetrieben aus Inhalten von Fettabscheidern separiert und vor Verarbeitung rückverestert, nicht Abfallöle, -fette oder -fettsäuren aus Kanalisation.

Rohstoffbasis genutzter Biokraftstoffe – EU 2022

Fortschrittliche, abfallbasierte, sonstige, konventionelle in PJ



Entwicklung von 2022 bis 2023?
Biokraftstoffe Anhang IX A: +51 %
Stroh: -11 %
Gülle, Mist, Klärschlamm: +31 %
Biogene Industrieabfälle: +49 %
POME: +78 %

Hinweis: Sonstige Rohstoffe bezogen auf konventionelle Biokraftstoffe + sonstige Biokraftstoffe (Nicht-Teil A/B)

Verfügbarkeit von Biomasse (Fokus biogene Rest- und Abfallstoffe) in DE, EU und Global

Verfügbarkeit von biogenen Rest- und Abfallstoffen

Sind Biomassepotenzialstudien vergleichbar?



Theoretisches Potenzial



Technisches Potenzial



Bioenergie Potenzial



Energetische Nutzung



Mobilisierbares technisches Biomassepotenzial



Stoffliche Nutzung



Verfügbarkeit von biogenen Rest- und Abfallstoffen

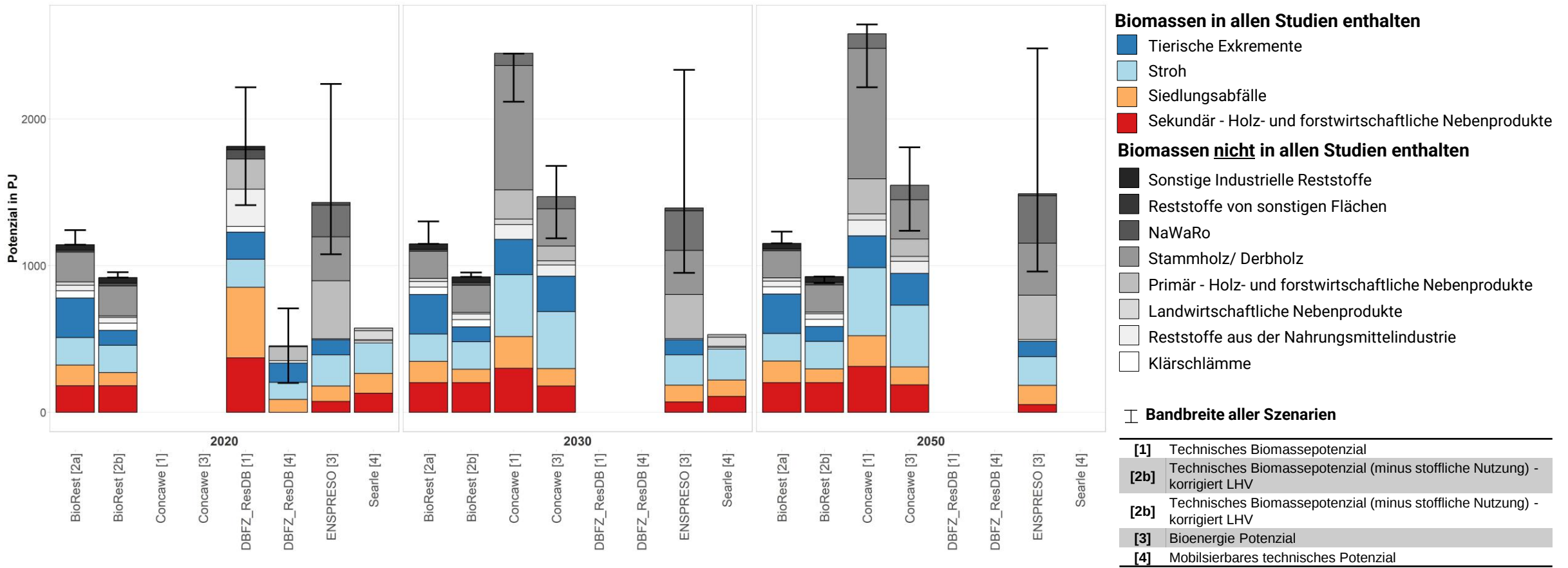
Vergleichende Analyse verschiedener Studien DE





Biomassepotenziale [alle Biomassen]

Szenario = Mittel



Quelle Abbildung: Naumann, K.; Cyffka, K.-F.; Karras, T. (2024): Hintergrundpapier: Bio2x | Vergleichende Analyse zu nachhaltigen Biomasse- und Substitutionspotenzialen. Leipzig.

+ etwa 13 Mt biobasiertes CO2 aus Ethanol, Biogas und Biomethan

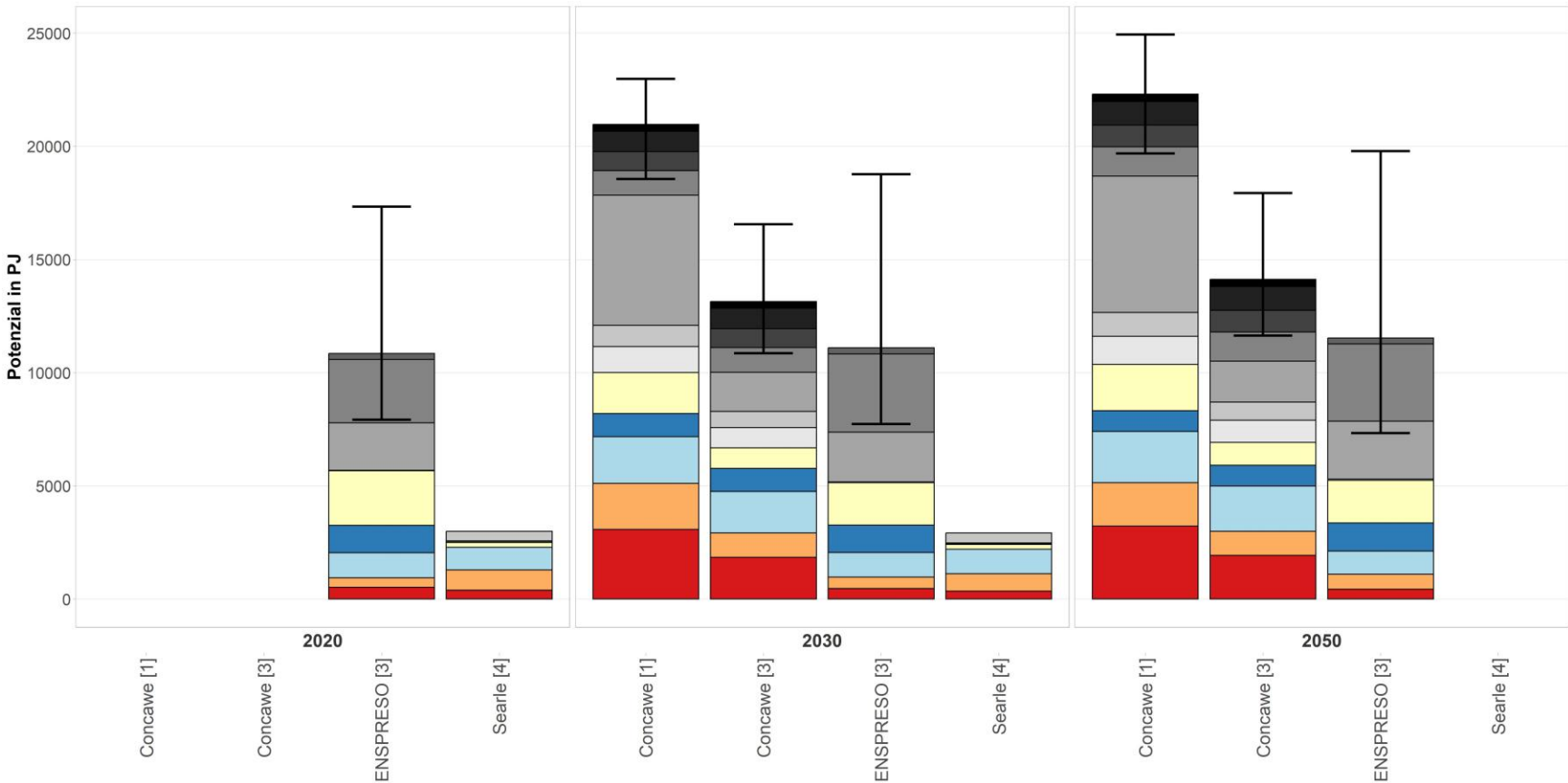
Verfügbarkeit von biogenen Rest- und Abfallstoffen

Vergleichende Analyse verschiedener Studien EU



Biomassepotenziale [alle Biomassen]

Szenario = Mittel



Biomassen in allen Studien enthalten

- Primär - Holz- und forstwirtschaftliche Nebenprodukte
- Tierische Exkremente
- Stroh
- Siedlungsabfälle
- Sekundär - Holz- und forstwirtschaftliche Nebenprodukte

Biomassen nicht in allen Studien enthalten

- Siedlungsabfälle (Import)
- Landwirtschaftliche Nebenprodukte (Import)
- Sekundär - Holz- und forstwirt. Nebenprodukte (Import)
- Reststoffe von sonstigen Flächen
- NaWaRo
- Stammholz/ Derbholz
- Landwirtschaftliche Nebenprodukte
- Reststoffe aus der Nahrungsmittelindustrie
- Klärschlämme

Bandbreite aller Szenarien

- | | |
|-----|---------------------------------------|
| [1] | Technisches Biomassepotenzial |
| [3] | Bioenergie Potenzial |
| [4] | Mobilisierbares technisches Potenzial |

+ etwa 34 Mt biobasiertes CO₂ aus Ethanol, Biogas und Biomethan

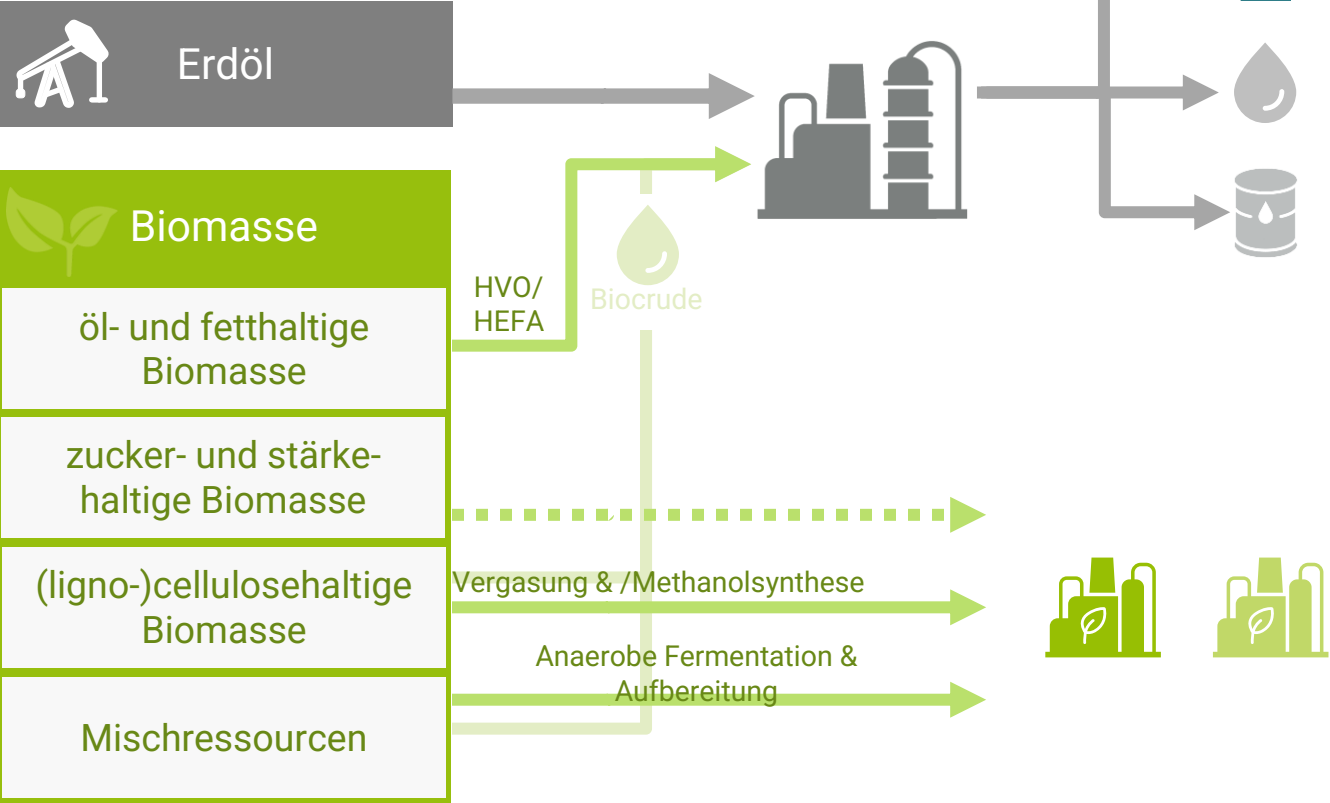
Quelle Abbildung: Naumann, K.; Cyffka, K.-F.; Karras, T. (2024): Hintergrundpapier: Bio2x | Vergleichende Analyse zu nachhaltigen Biomasse- und Substitutionspotenzialen. Leipzig.

Substitutionspotenzial Raffinerieoutput DE & EU

Analyse basierend auf Bandbreiten untersuchter Potenzialstudien



© DBFZ 2024



Deutschland		Produkt-/Substitutionspotenzial		Europäische Union	
Deutschland	Diesel	<0,1 Mt	0,1 - 0,3%	0,7 Mt	0,3%
	Kerosin	<0,6 Mt	1,5 - 6,0%	3,7 Mt	13,8%
	Naphtha	<0,3 Mt	0,6 - 2,3%	1,9 Mt	5,0%
Europäische Union	Ethanol				
	Methanol	0 - 13 Mt	-> 0 - 6 Mt MtJ	3 - 91 Mt	-> 1 - 41 Mt MtJ
	Methan	4 - 15 Mt		31 - 131 Mt	
Techn. Potenzial		17 - 28%		34 - 49%	
Bioenergiepot.		7 - 28%		10 - 45%	
Mobilisierb. Pot.		3 - 9%		8%	
		+ bis zu 9 Mt Methanol (4 Mt MtJ) aus biogenem CO ₂		+ bis zu 25 Mt Methanol (11 Mt MtJ) aus biogenem CO ₂	

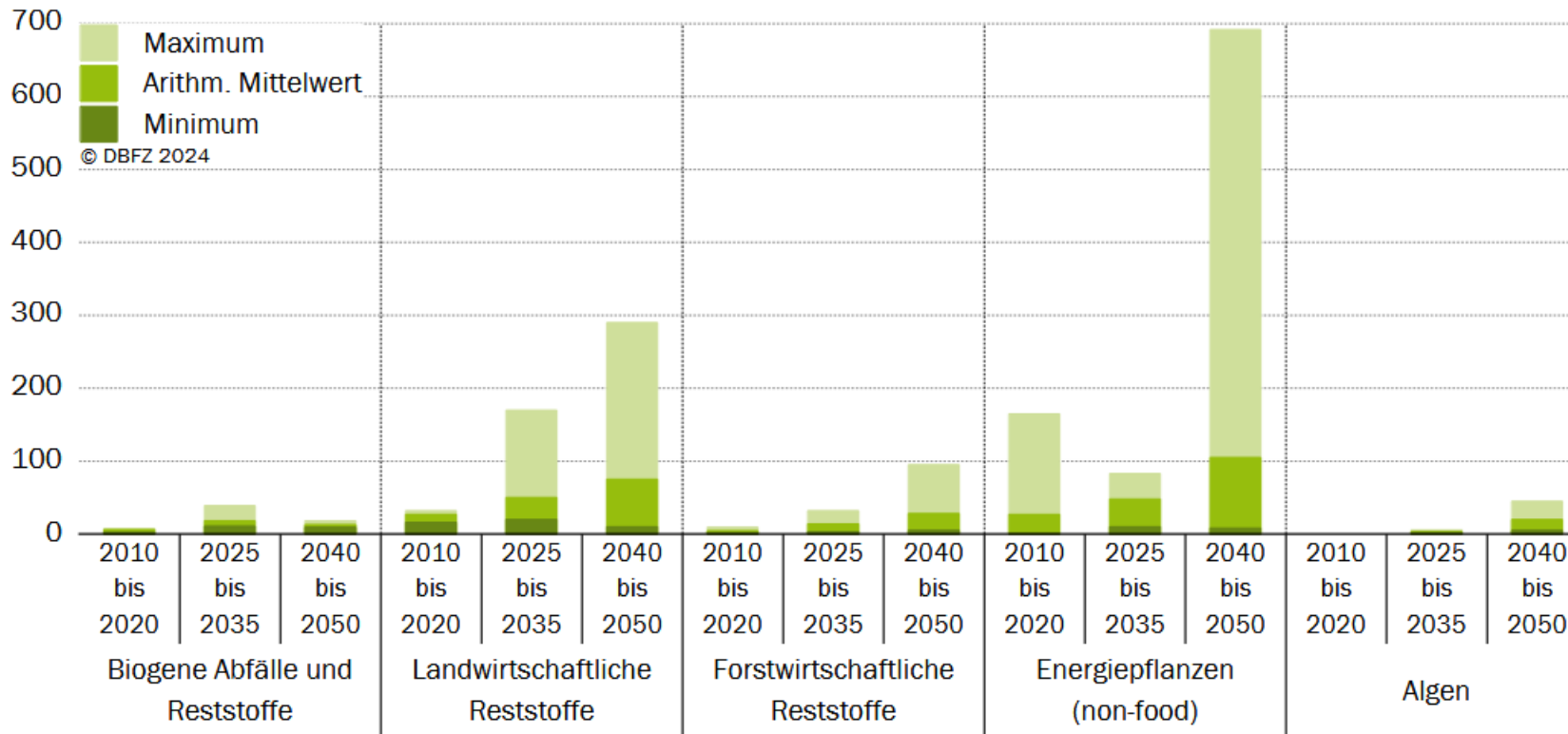
Hinweise: kraftstoffspezifische Werte: Bezug auf Mittelwerte u. mittlere Szenarien der Studien (Mengenangaben in Mt Öleinheiten, 1 kg ÖE = 42 MJ) | Bandbreiten Gesamtpotenzial beinhalten auch Min/Max Szenarien, hier nicht berücksichtigte Ressourcen: starchy crops, sugar from sugar beet (Ethanol) | rape seed, sunflower, soya seed (Diesel, Kerosin, Naphtha) | lignocellulosic crops, stemwood, Waldholz (Methanol)

Verfügbarkeit von Biomasse Global

Vergleichende Analyse verschiedener Studien



Welt | Biomassepotenzial in EJ/a



- Für 2025 bis 2035: **globales Bioressourcenpotenzial** von ~ **45 bis 375 EJ/a** (Mittelwert 140 EJ/a)
- **Ohne Energiepflanzen**, Potenzial von **35 bis 282 EJ/a** (Mittelwert 90 EJ/a)
- **Meist** werden **technische Potenziale** (beinhalten jedoch bestehende Nutzungen) betrachtet, teilweise auch „nachhaltige Potenziale“
- Regulatorische **Nachhaltigkeitsanforderungen** und bestehende/zukünftige **Nutzungskonkurrenzen** **unzureichend berücksichtigt**

Ausblick Biomassepotenzial-Forschung

Betrachtungsdefizite schließen



Regionale Biomassen und Potenzial internationaler Handel abbilden.



Betrachtungsrahmen (Agroforst, Zwischenfrüchte, Paludikulturen, Gärrestrückführung, biogenes CO₂, etc.) und Nachhaltigkeitsaspekte (RED, LULUCF, Biodiversitäts-VO) erweitern.



Bedarfsentwicklung in allen Sektoren berücksichtigen.



Mobilisierungs- und Umverteilungsstrategien.

Technologieentwicklung für angepasste Aufbereitung von Biomasse und Gesamtprozessketten.



Rohstoffbedarfe, Produktionskapazitäten und Bedarf Anlagenbau zur Erreichung der 2050er Klimaziele

Rohstoffbedarfe EU gemäß Impact Assessments

ReFuelEU Aviation & FuelEU Maritime in Mio. Tonnen



	2030				2050			
	Luftverkehr		Maritime Schifffahrt		Luftverkehr		Maritime Schifffahrt	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Fortschrittliche Biomassen (Annex IX A)								
Energiepflanzen, mehrjährig ^a	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3 ^a	35,4 ^a	6,3	7,7
Energiepflanzen, einjährig			0,3	0,3			33,6	40,8
Forstwirtschaftliche Produkte	0,5	0,0	3,1	3,2	1,7	5,0	14,4	18,4
Forstwirtschaftliche Reststoffe			1,4	1,5			11,7	14,7
Abfallholz	0,0	5,5	1,8	1,8	5,4	22,0	6,7	8,0
Landwirtschaftliche Reststoffe			1,5	1,5			15,4	18,6
Gülle			1,2	1,2			2,8	3,3
Abfallbiomassen (Annex IX B)								
Altspeiseöl (UCO)	0,7	1,1	0,8	0,8	1,7	2,8	1,4	1,8

^a zum Beispiel Miscanthus, Weide, Pappel

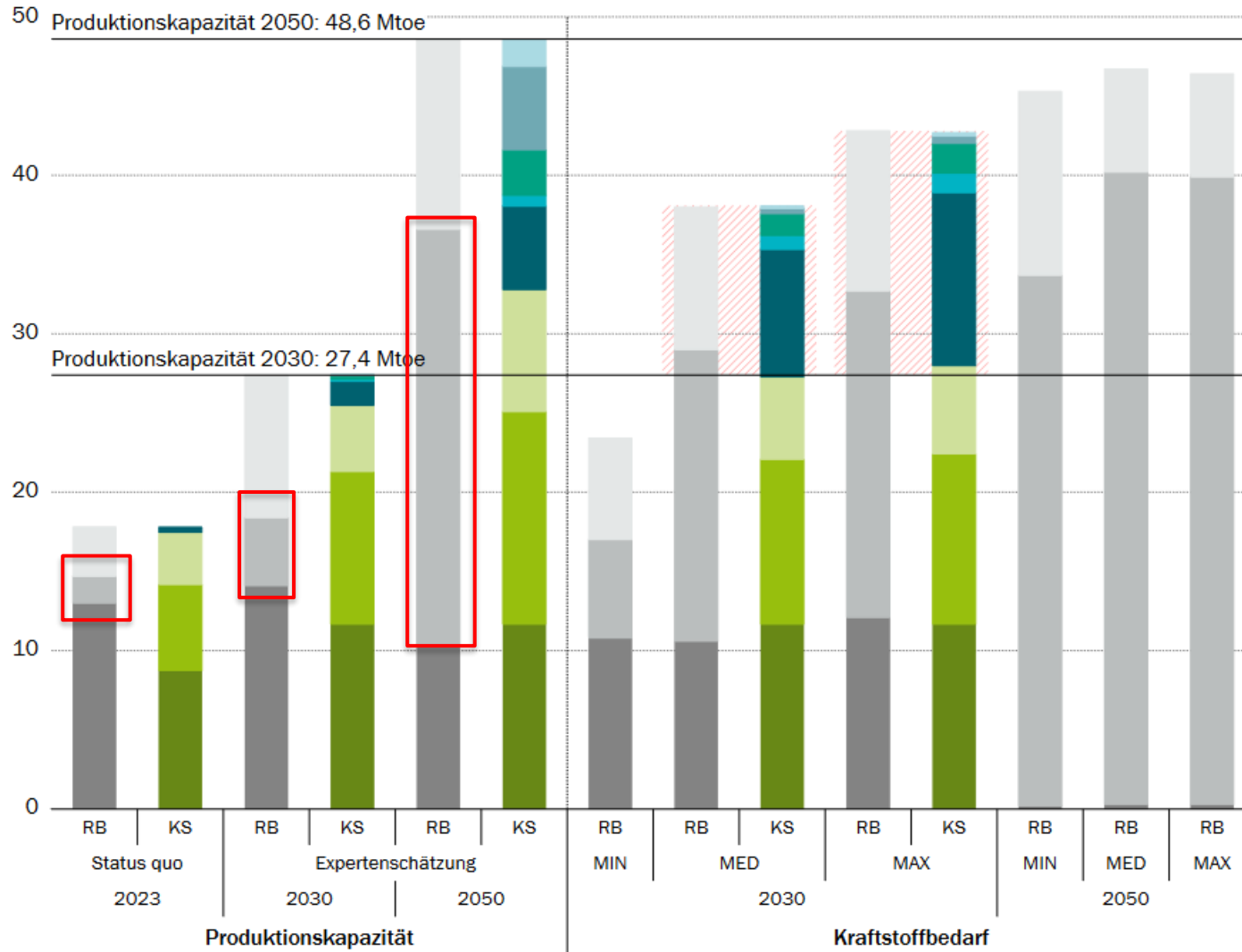
- **Hohe Bedarfe** (max. ~ 80 Mio Tonnen in 2050) für **Non-food-Crops** (von degradierten Flächen)
- **Große Mengen holzartiger Biomasse**
- **Regulatorische Unsicherheit** aufgrund: **Flächendefinition** von **schwer degradierten Flächen, Ausschlussflächen** (Definition **Heide**; Regulierung in DE im Rahmen BioSt-NachV/ Biokraft-NachV, **Umsetzung Kaskadenprinzip** (holzartige) Biomasse
- Go-To-Areas als Lösung? Agroforstholz ([geringer iLUC*](#)) auch von nicht-degradierten Flächen erlauben?

Quelle Abbildung: Naumann, K.; Cyffka, K.-F.; Costa de Paiva, G.; Nieß, S.; Neuling, U.; Zitscher, T. (2025): Ressourcen und ihre Mobilisierung. In: Schröder, J.; Görsch, K. (Hrsg.) (2025). Erneuerbare Energien im Verkehr: Monitoringbericht. Leipzig.; Quelle Daten: Europäische Kommission (2021a), (2021b)

* Böhm et al. (2020): Untersuchungen zur Ertragsleistung (Land Equivalent Ratio) von Agroforstsystemen. BTU Cottbus & Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie. Cottbus.

Produktionskapazitäten Biokraftstoffe EU

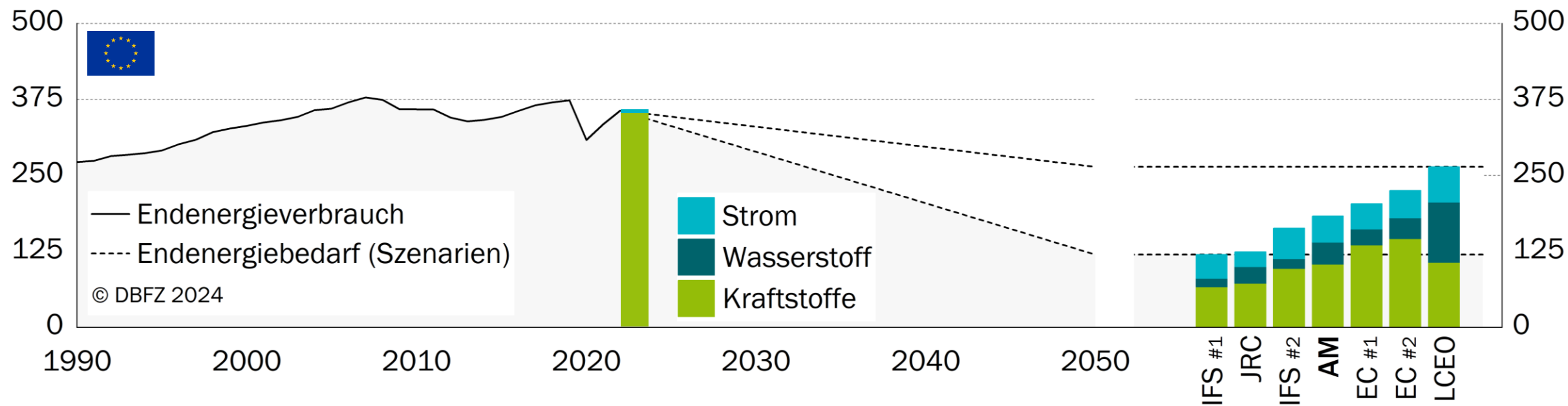
Gegenüber Kraftstoffbedarfen in Mtoe



- » Erhebliche Lücke zwischen den erwarteten Brennstoffproduktionskapazitäten und der Brennstoffnachfrage bis 2030
- » Verlagerung auf „fortschrittliche Biomasse“
- » Abhängigkeit von Importen erneuerbarer Brennstoffe
- » Nachteil für die Wettbewerbsfähigkeit der EU
- » Stärkere Anreize zur Entwicklung der Produktionsinfrastruktur in der EU schaffen

Ausblick – Energiewende im Verkehr

Endenergiebedarf des Verkehrs in Europa in Mtoe



- # Anteil Strom: mindestens 20 %
- # Anteil Wasserstoff: mindestens 10 %
- # Anteil Kraftstoffe: mindestens 40 %
- # **Energiebedarf im Mittel (AM): 185 Mtoe**

Kraftstoffverbrauch und -bedarf

Verkehrsart	2023	2050
Land	267 Mtoe	12 – 76 Mtoe
Luft	45 Mtoe	38 – 50 Mtoe
Wasser	43 Mtoe	17 – 21 Mtoe

Umrechnung: 185 Mtoe = 7,7 EJ = 2.152 TWh
Schröder, J.; Görsch, K.; Lenz, C. N. (2025): Herausforderung Energiewende im Verkehr. In: Schröder, J.; Görsch, K. (Hrsg.): Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht. S. 4-21. Leipzig: DBFZ. ISBN: 978-3-949807-23-7. DOI: 10.48480/w11j-9w27

Technologische Kenndaten eines erneuerbaren Raffineriekonzepts

Nachhaltige Energieträger für einen klimaneutralen Verkehr



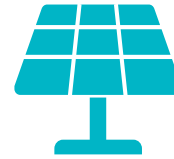
Windkraftturbinen



Nennleistung: 14 MW
Kapazitätsfaktor: 60 %

TRL: 11

Photovoltaik-Anlagen



Peakleistung: 220 W_p/m²
Energie-Output: 2,88 kWh/kW_p

TRL: 11

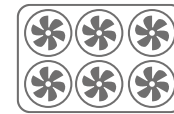
Wasserelektrolyseure



Nennleistung: 54 MW
Energiebedarf: 55 MWh/t_{H₂}

TRL: 9

DAC-Kollektoren



CO₂-Abscheidungsrate: 230 kg_{CO₂}/d
Energiebedarf: 2 MWh/t_{CO₂}

TRL: 8

Biomasse



Mobilisierbare Biomasse als
Quelle für Kohlenstoff und
Wasserstoff mit vereinfachter
Summenformel (CH₂O)_n

Grüne Raffinerien



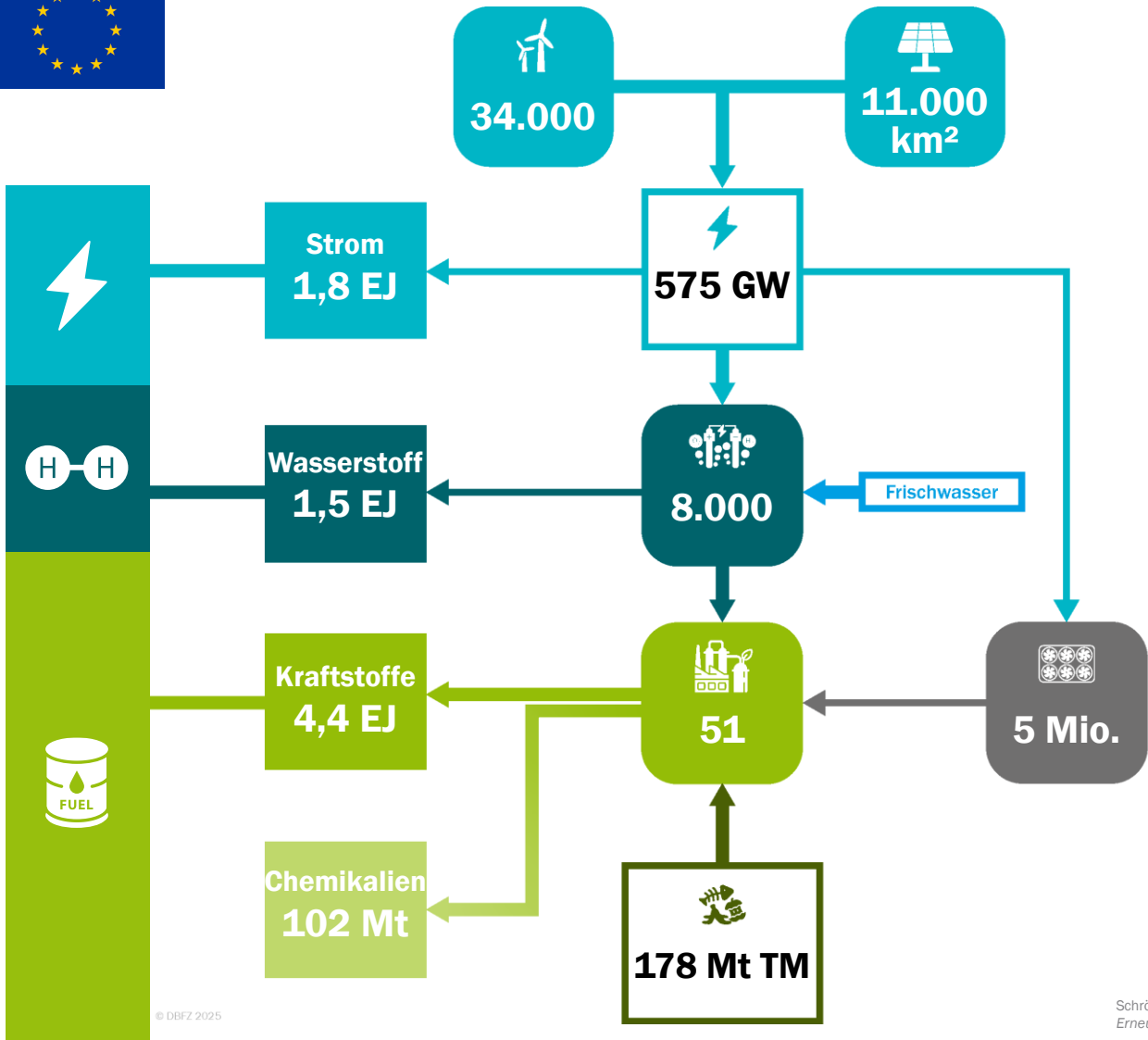
Ressourcen: 1,3 Mt Wasserstoff
3,6 Mt Kohlenstoff

Produkte: 2,0 Mt Kraftstoffe
2,0 Mt Chemikalien

TRL: 6

Basisszenario

Bedarf an technischer Ausrüstung und Biomasse



Notwendiger Anlagenaufbau **pro Jahr** für Erreichung der 2050er Klimaziele:

- 1.350 Anlagen
- 440 km² PV-Fläche
- 320 Anlagen
- 200.000 Kollektoren (460 Anlagen)
- 2 Anlagen
- Mobilisierung von zusätzlich 7 Mt Biomasse (TM) pro Jahr

Verfügbarkeit und Skalierbarkeit von Biomasse für die SAF-Produktion

- » Sektorale Nutzungskonkurrenzen und teils regulatorische Unsicherheiten als Hemmnisse für einen Hochlauf der SAF-Produktion
 - » >> Notwendigkeit einer Biomassestrategie (ANK - BMUKN: „sektorübergreifende Koordinierung des Biomasseeinsatzes) & zeitnahe Umsetzung der REDIII
- » Hohe Importabhängigkeiten bei Biokraftstoffen (Rohstoff- und Produktherkunft)
 - » >> Biomasse-Importstrategien sowie außenpolitische Maßnahmen in Bezug auf Biomasse entwickeln
- » Signifikante Substitution von Mineralölprodukten und damit für SAF-Produktion aus biogenen Rest- und Abfallstoffen möglich, jedoch nur begrenzt in bestehender Produktionsinfrastruktur
 - » >> Technologieentwicklung beschleunigen & Betrachtungsdefizite Biomassepotenzial-Forschung schließen
- » Anreize zur Entwicklung der Produktionsinfrastruktur für mehr Wertschöpfung in Europa notwendig
 - » >> neue Instrumente entwickeln (z.B. Grüngasquote) und Import von Biomethan (non-EU) zur Weiterverarbeitung in der EU ermöglichen



Bleiben Sie im Kontakt und nutzen Sie unsere Online-Angebote!

Karl-Friedrich Cyffka

Bioenergiesysteme

+49 (0)341 2434 558

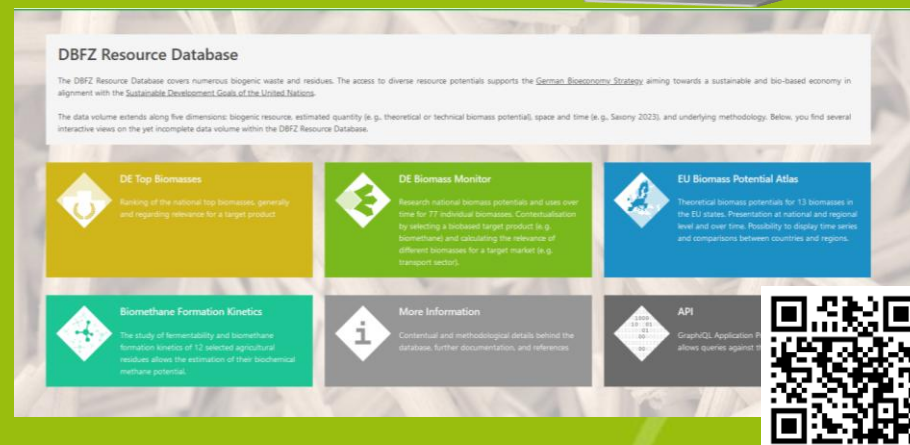
Karl-Friedrich.Cyffka@dbfz.de



7th BIOREFINERY DAY

KEY TECHNOLOGIES FOR
BIOBASED PRODUCTS AND FUELS

DBFZ, Leipzig
September 29, 2026



Interesting publication

Fraunhofer IEE

03.11.2025

Mögliche globale Standorte für die PtL- Produktion

Dayana Granford

AGENDA

1

Fraunhofer IEE – Aktivitäten in Rahmen von PtL-Projekten

2

Studie ReFuels: Hintergrund & Anforderungen für PtL-Produktion

3

Länderanalyse -Chile

4

Ausblick & Diskussion



rund **450**

Mitarbeiterinnen
und Mitarbeiter



rund **40 Mio. €**

Jahresbudget

Netzplanung und Netzbetrieb

Netzstabilität und
Stromrichtertechnik

Energieverfahrenstechnik und -
speicher

Thermische
Energietechnik

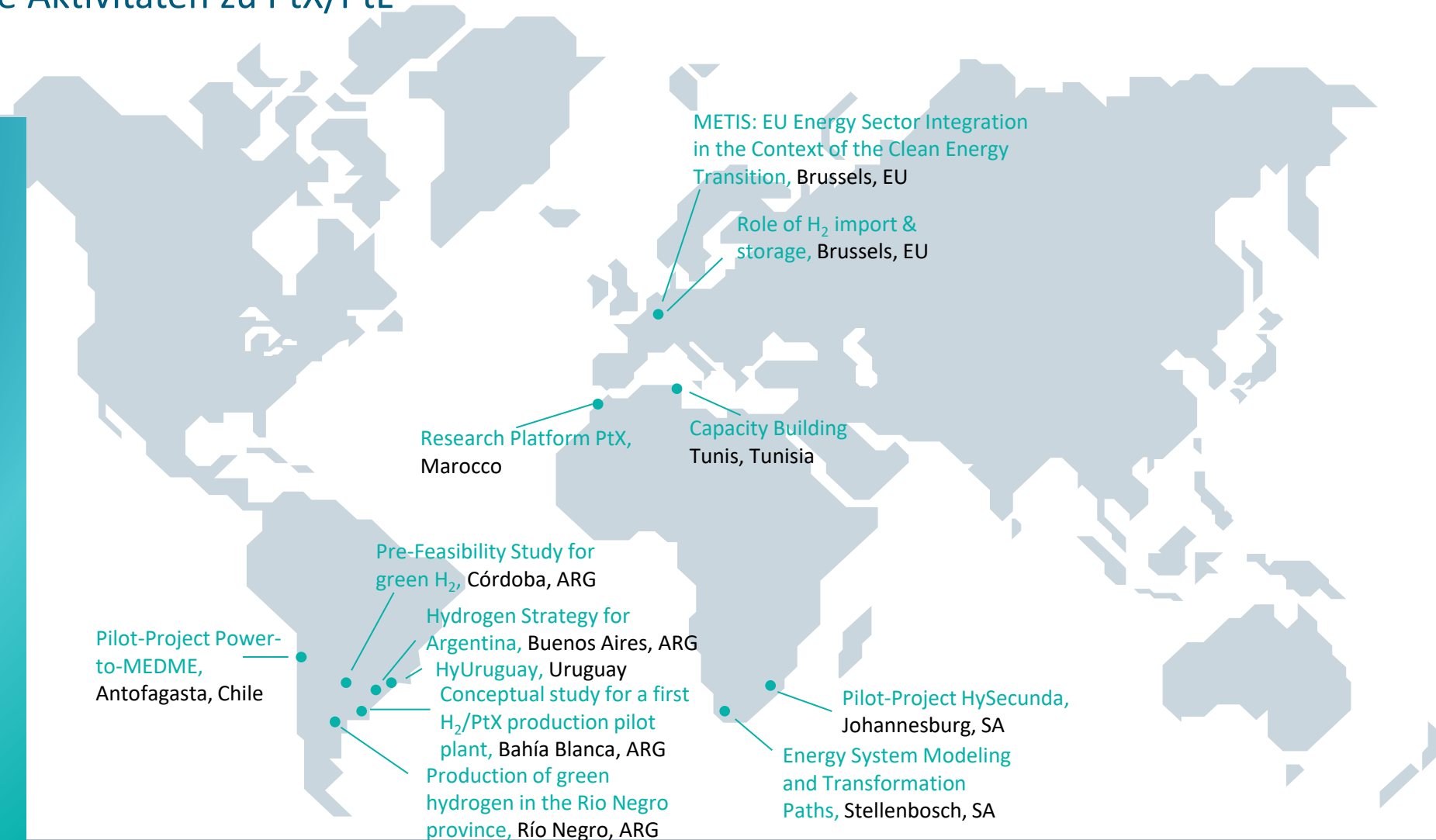
Energieinformatik

Energiewirtschaft und
Systemanalyse

Energiemeteorologie und
Geoinformationssysteme

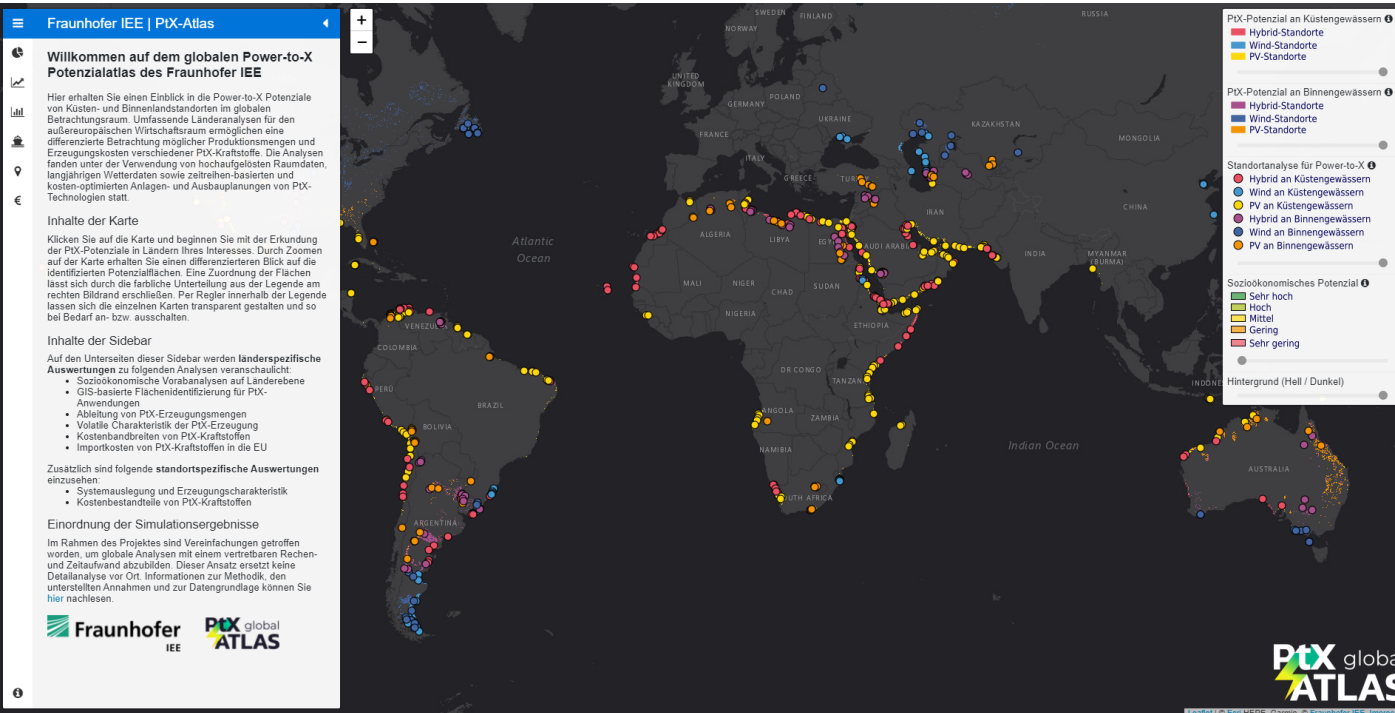


- Ausbildungsprojekte in der MENA-Region und Südafrika mit GIZ und KfW
- Vorstudien zur Machbarkeit und Systemtransformation in Argentinien und Afrika mit Industriepartnern und GIZ
- Pilotprojekte in Chile und Südafrika begleitende Forschung
- H₂-Import nach Europa



Globaler PtX-Atlas, entwickelt vom Fraunhofer IEE

Übersicht



Die Bewertung des Potenzials basiert auf umfangreichen Analysen außerhalb Europas, darunter:

- Verfügbarkeit von Land
- Wetterbedingungen
- lokale Wasserverfügbarkeit
- Naturschutz
- Investitionssicherheit
- Transportkosten

Mit dem Atlas können Interessierte auf Folgendes zugreifen:

- die Gebiete, die für PtX in Betracht kommen könnten
- die vollen Laststunden
- mögliche Erzeugungsmengen
- die jeweiligen Produktionskosten für die verschiedenen PtX-Energiequellen
- die Kosten für den Transport nach Europa

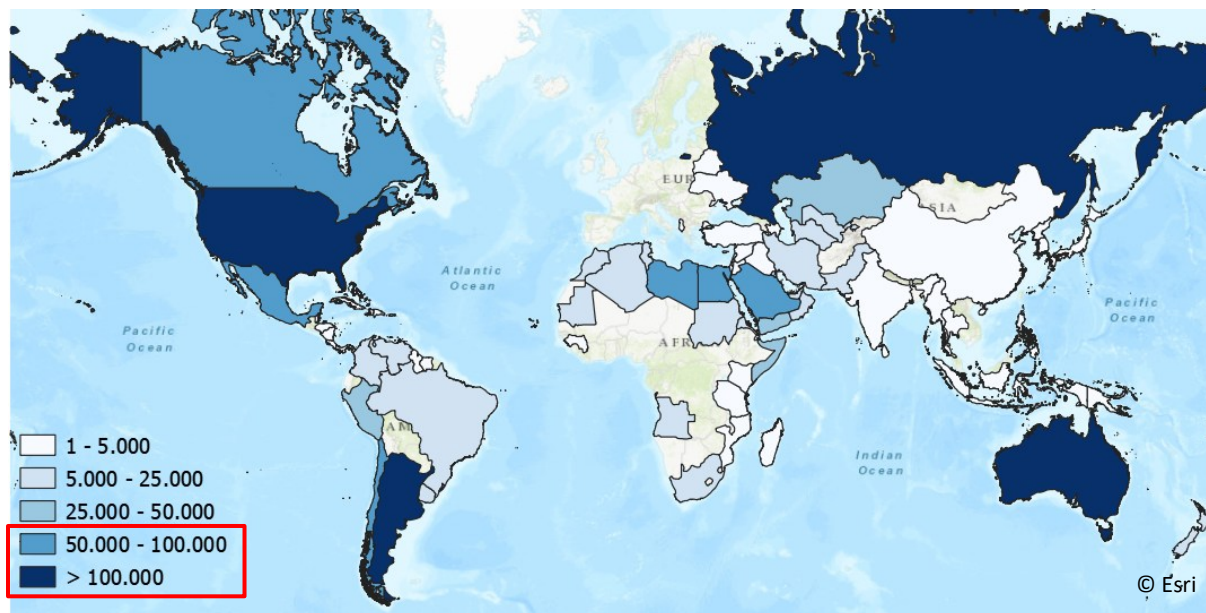
Kraftstoffe:
FT-Diesel und Kerosin, Methanol, Methan (SNG), Wasserstoff

Direkter Link zum PtX-Atlas:
<https://maps.iee.fraunhofer.de/ptx-atlas/>

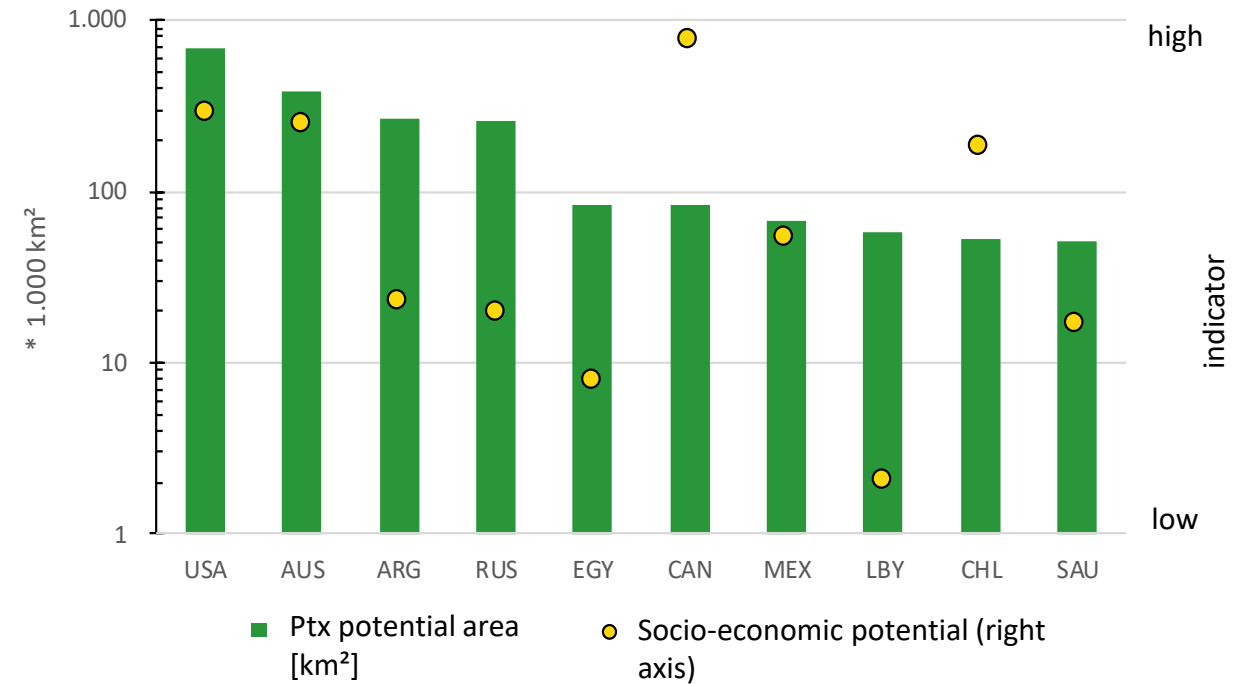
Aggregierte Ergebnisse

Geeignete Gebiete für die Produktion von PtX

Länderübersicht über die Verteilung der potenziellen PtX-Flächen in km²

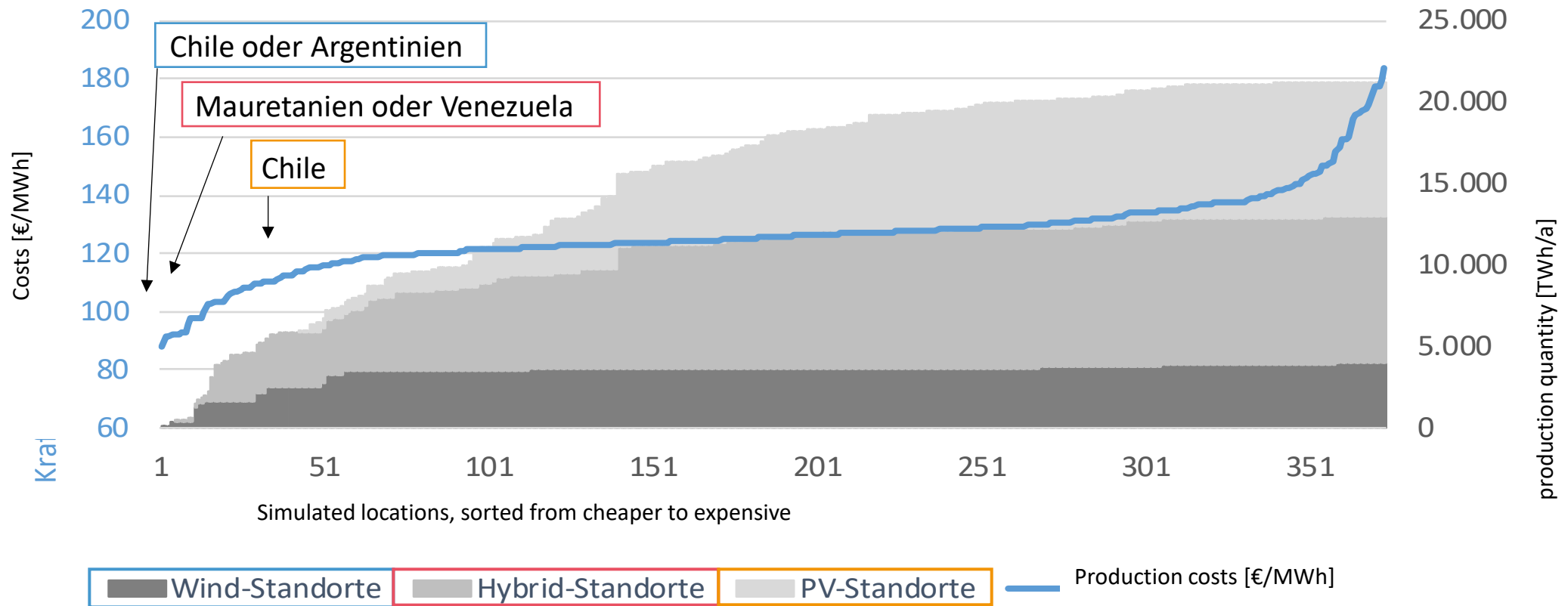


Länderübersicht mit den zehn größten PtX-Landpotenzialen – logarithmische Achse



Aggregierte Ergebnisse

Produktionskosten und Mengen synthetischer Kraftstoffe



Produktionskosten im Jahr 2050 und kumulierte Produktionsmenge weltweit untersuchter Küstenstandorte für die Herstellung von Fischer-Tropsch-Diesel oder Kerosin unter Verwendung eines Niedertemperatur-PEM-Elektrolysesystems

Studie zum Markthochlauf von reFuels

Hintergrund

Ausgangssituation

- Die mittel- und langfristige CO₂- neutrale Energieversorgung Deutschlands wird sich nicht mit den heimischen Erzeugungskapazitäten decken lassen
- Ein vielversprechender Energieträger können synthetische Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien, sogenannte reFuels sein
- Neben technischen Fragestellungen sind insbesondere regulatorische sowie marktliche Themen entscheidend, um frühzeitig richtige Schlüsse zur Gestaltung der Importstrukturen und langfristiger Lieferbeziehungen zu legen.

Methodisches Vorgehen & Standortkriterien für die Bewertung Anforderungen für PtL-Produktion

Beschreibung der Länder:

- Allgemeine Einordnungen
- Markt Analyse
- Ressourcen Analyse (EE, CO2 Verfügbarkeit, Wasser)
- Regulatorische Analyse
- Partnerschaft mit EU/Deutschland

PESTEL – für die Evaluierung auf Vergleichsebene

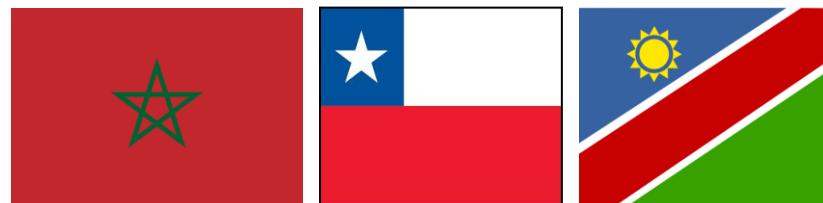
- Politisch (Kooperationen mit EU, Agenda H2/Derivaten, Fördermittel H2)
- Ökonomisch (H2-Export potential, Eigenbedarf H2, Decarbonisierungspotential)
- Sozial (Bildungsniveau, Korruption, Demographie)
- Technisch (H2/Derivaten-KnowHow, Industrieanlagen)
- Ökologisch (Wasser, Vorhandenen Ressourcen)
- Rechtlich (Wasserstoff-strategie)

SWOT-Analyse:

- Resilienzfaktoren (Stärken + Risiken)
- Vulnerabilitäten (Schwächen + Risiken)
- Innovationsfaktoren (Stärken + Chancen)
- Verpasste Potentiale (Schwächen + Chancen)

Methodisches Vorgehen & Standortkriterien für die Bewertung Anforderungen für PtL-Produktion

- **Datengrundlage**
- **Desktop Research:**
 - Zugriff auf vorhandene Literatur, Datenbanken und Webseiten.
- **Literaturdurchsicht:**
 - Wissenschaftliche Veröffentlichungen und Branchenberichte
- **Länder in der Studie:**



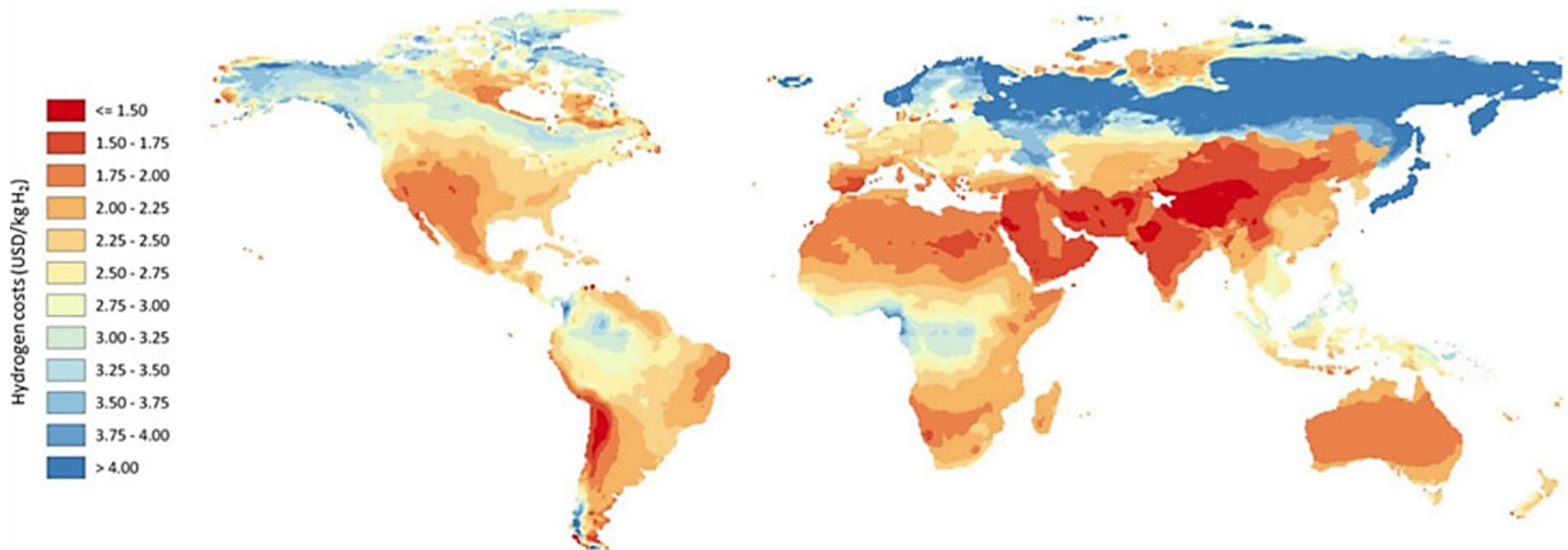
Länderanalyse:

PtL-Produktion erfordert eine

“Multikriterielle Analyse” – Beispiel Chile

Chile auf der globalen LCOH-Karte

Wasserstoffproduktionskosten aus hybriden Solar-PV- und Windanlagen im Jahr 2030



Chile hat einen Wettbewerbsvorteil in der Produktion von Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen (<1,5 USD/kg H₂), hauptsächlich aufgrund der niedrigen Kosten für Solar- und Windenergie, mit dem Potenzial, jährlich 160 Millionen Tonnen grünen Wasserstoff zu produzieren

Länderprofil Chile

Ressourcen Analyse

- **Erneuerbare Kapazität:** 34 GW of total installed capacity in 2023, with approx. 64% of renewable share,
- **CO2-Quellen:** ~ 7 Mt/a_CO2 von Zellstofffabriken
- **Entsalzungsanlage - jährliche Gesamt Kapazität:** ~335 Mio. m3/a
- Potenzial, jährlich 160 Millionen Tonnen grünen Wasserstoffs zu produzieren.

Marktanalyse

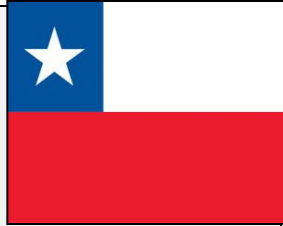
- Viel Potenzial für erneuerbare Energien (1.800 GW), aber Probleme bei der Übertragung, was in einigen Regionen zu Einschränkungen führt.
- Zusammenarbeit mit Europa, Südkorea, Japan und der Weltbank
- Chile hat seit 2017 eine Kohlenstoffsteuer. ETS und Carbon Credit Mechanism werden aktuell entwickelt
- 44 projects, 24 are in 'Development phase', 5 in 'Implementation phase' and 7 are 'in Operation'.
 - Total capacity: 38 GW
 - 23 hydrogen projects (5,1 GW)
 - 19 ammonia projects (electrolyzer capacity: 32,6 GW)
 - 2 e-fuels projects (243 MW)

Export Infrastruktur

- Hafen in Mejillones (im Norden)
- Hafen in Magallanes (im Süden)

Regulatorische Analyse & Partnerschaften

- **Green Hydrogen Action Plan 2023-2030**
 - Laut Maßnahme 79 – Entwicklung eines strategischen Vorschlags für ein Zertifizierungssystem,
- **Absichtserklärung zwischen Deutschland & Chile:** ja
- **Wasserstoffstrategie vorhanden:** ja
 - Laufend – Aktualisierung der nationalen Strategie für grünen Wasserstoff
- **Wasserstoffpartnerschaft vorhanden :**
 - 1. Deutsch-Chilenische Energiepartnerschaft-2019
 - 2. GH2 Team Initiative -2022



2025	2030
▪ 5 Mrd. USD Investition in grünen Wasserstoff	▪ 205 Mrd. USD/a – Führer im Export von grünen Wasserstoff und Derivaten
▪ 200 kt/a	▪ < 1.5 USD/kg – günstigster grüner Wasserstoff weltweit
▪ 5 GW Elektrolyseur-Kapazität	▪ 25 GW Elektrolyseur-Kapazität

2025 – 2030 Ziele

Diskussion

für die PtL-Produktion....

- **Standortbewertung erfordert eine multikriterielle Analyse**
(EE-Potenziale, Wasser, Infrastruktur, CO₂, Politik, Kosten)
- **Wenige Regionen erfüllen alle Kriterien optimal**
→ meist Kompromisse zwischen Kosten, Nachhaltigkeit und Exportfähigkeit
- **Chile als aussichtsreicher Standort**
 - Sehr gute Wind- und Solarressourcen
 - Verfügbarkeit geeigneter CO₂-Quellen (v. a. Zellstoff- und Papierindustrie)
 - PtL-Pilotprojekte (z. B. Haru Oni) zeigen Umsetzbarkeit
- **Potenzielle Erfolgsfaktoren für den PtL-Hochlauf**
 - Klare regulatorische Rahmenbedingungen
 - Bilaterale Kooperationen und internationale Investitionen
 - Offtake Agreements für Absatzsicherheit

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt

Dayana Granford
Bioenergiesystemtechnik

Dayana.granford.ruiz@iee.fraunhofer.de

Fraunhofer IEE
Joseph-Beuys Straße 8
34117 Kassel
www.iee.fraunhofer.de

Literatur

Chile

- Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde – Chile (2021) Retrieved from https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/green_h2_strategy_chile.pdf
- NATIONAL GREEN HYDROGEN STRATEGY – Chile (2020) Retrieved from https://energia.gob.cl/sites/default/files/national_green_hydrogen_strategy_-_chile.pdf
- Factsheet EU_Chile_en_final. Retrieved from https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/documents/Factsheet%20EU_Chile_en_final.pdf
- Farhanja Wahabzada (GIZ), Sarah Duhr (GIZ), Paula Klöcker (GIZ), Veit-Clemens Raisch (GIZ), Hatim Ksissou (GIZ), Yasmine Boutaib (GIZ), Frank Renken (GIZ), Salaheddine Bouzard (GIZ), Kristina Kramer (GIZ), Aschkan Davoodi Memar (GIZ), Rainer Schröer (GIZ), Daina Neddemeyer (GIZ), Michael Schmidt (GIZ), Marco Huels (GIZ), William Jensen Diaz (GIZ), Andreas Betz (GIZ), Nicole Täumel. H2-Business-Guide: Bilateral energy partnerships in developing countries and emerging economies. (2022). Retrieved from https://www.energypartnership.cl/fileadmin/user_upload/chile/media_elements/H2-Business-Guide_eng.pdf
- (HyResource 2023), <https://research.csiro.au/hyresource/policy/international/chile/>
- Herrera-León, S., Cruz, C., Kraslawski, A., & Cisternas, L. A. (2019). *Current situation and major challenges of desalination in Chile*. DESALINATION and WATER TREATMENT, 171, 93–104. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.24863>
- Team Europe Initiative, GIZ: *Green hydrogen cooperation with chile*. Retrieved from <https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/documents/2023/TEI%20RH2%20Brochure%20%28ENG%29.pdf>
- TEI con diseño para website rev (ENG).docx. Retrieved from <https://www.eeas.europa.eu/sites/default/files/documents/TEI%20Resume%20ENG.docx.pdf>

Literatur

Chile

- Weidl, C. EP_CHL_Production_of_green_sustainable_hydrogen_final_ISBN. Retrieved from https://www.energypartnership.cl/fileadmin/user_upload/chile/media_elements/Studies/EP_CHL_Production_of_green_sustainable_hydrogen_final_ISBN.pdf
- Zabanova, Y. The EU in the Global Hydrogen Race: Bringing together Climate Action, Energy Security, and Industrial Policy. Retrieved from https://publications.rifs-potsdam.de/rest/items/item_6003218_2/component/file_6003219/content
- (HYPAT 2023), HYPAT Working Paper 06/2023, [HYPAT Working Paper 06/2023. Interdependencies between national energy transitions and international hydrogen cooperation \(fraunhofer.de\)](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2023/HYPAT%20WP_06_2023_National%20energy%20transitions_V01.pdf)
https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cce/2023/HYPAT%20WP_06_2023_National%20energy%20transitions_V01.pdf
- Global Energy Monitor (2023), *Global Steel Plant Tracker*. Retrieved from <https://globalenergymonitor.org/projects/global-steel-plant-tracker/tracker-map/>
- Juan- Cristóbal Ciudad (2008), *Chile Presentation to the OECD Steel Committee*, <https://www.cochilco.cl/Research/Chile-Presentation-to-the-OECD-Steel-Committee.pdf>
- Fluent Cargo, *Chile to Germany by Container Ship*. Retrieved from <https://www.fluentcargo.com/routes/chile/germany>
- IRENA (2023), *Energy Profile Chile*. Retrieved from https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Statistics/Statistical_Profiles/South%20America/Chile_South%20America_RE_SP.pdf
- International Carbon Action Partnership (2022), *Chile – ETS*. Retrieved from https://icapcarbonaction.com/system/files/ets_pdfs/icap-etsmap-factsheet-54.pdf
- Global Cement Report, *Cement Plants located in Chile*. Retrieved from <https://www.cemnet.com/global-cement-report/country/chile>

Literatur

Chile

- Yury Villagrán-Zaccardi, Ricardo Pareja, Lina Rojas, Edgardo Irassar, Andrés Torres-Acosta, Jorge Tobón, Vanderley M. John, (2022), *Overview of cement and concrete production in Latin America and the Caribbean with a focus on the goals of reaching carbon neutrality*. Retrieved from [https://letters.rilem.net/index.php/rilem/article/download/155/160/1588#:~:text=In%202019%20\(before%20the%20COVID,10.6%20Mt\)%20%5B3%5D](https://letters.rilem.net/index.php/rilem/article/download/155/160/1588#:~:text=In%202019%20(before%20the%20COVID,10.6%20Mt)%20%5B3%5D).
- The World Bank (2023), *Carbon Pricing Dashboard*, Retrieved from https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/map_data
- (Our World Data 2023): Hannah Ritchie and Max Roser (2023), *CO2 and Greenhouse Gas Emissions*. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/co2/country/chile>
- International Monetary Fund (2023), *Chile: Technical Assistance Report-An Evaluation of Improved Tax options*. Retrieved from <https://www.imf.org/-/media/Files/Publications/CR/2023/English/1CHLEA2023001.ashx>
- (GIZ 2021) INODÚ Chile energy&sustainability, Jorge Moreno, Tomas Meyer, Victoria Frohlich (2021), *Analysis of Carbon Capture for the Production of Synthetic Fuels in Chile*. Retrieved from https://www.energypartnership.cl/fileadmin/user_upload/chile/media_elements/Studies/20210818_Carbon_Capture_ExecSummary.pdf
- (Swaton 2023): Florian Swaton, (2023), *Techno-ökonomische Analyse von CO2-Bereitstellungsoptionen zur Herstellung kohlenstoffbasierter PtX-Produkte*, Master Thesis.
- Low Carbon Power (2023), *Electricity in Chile in 2023*. Retrieved from <https://lowcarbonpower.org/region/Chile>
- EnArgus (2024): <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/26?op=enargus.eps2&m=0&v=10&p=0&s=14&q=+Power-to-MEDME>
- HIF Global (2023): Haru Oni - HIF Global. Available online at <https://hifglobal.com/location/haru-oni/>

Literatur

Chile

- Siemens Energy (2023): Haru Oni: eFuel plant of the future. Available online at <https://www.siemens-energy.com/global/en/home/stories/haru-oni.html>
- Energy Partnership Chile Alemania: Energy Partnership Chile-Alemania. Retrieved from <https://www.energypartnership.cl/home/>
- GIZ & Energy Partnership Chile-Alemania: Energy Partnership Chile-Alemania (2022). Retrieved from: <https://www.giz.de/en/worldwide/82670.html>
- Burford, Sofia (2022), *Prefeasibility study for a synthetic fuel project in the Magallanes region based on green hydrogen*. Retrieved from https://energia.gob.cl/sites/default/files/ch-t1235-p003_final_report_28-03-2022_vf.pdf
- RFNBO compliance analysis of products produced from renewable hydrogen and different sources of CO2 in Uruguay and Chile with the EU's renewable energy directive: <https://hinicio.com/wp-content/uploads/2024/09/2405-RFNBO-Compliance-Analysis-of-Products-Produced-from-H2.pdf>
- <https://www.planhidrogenoverde.cl/>
- GIZ et al. "Propuesta estratégica para sistema de certificación de sostenibilidad de hidrógeno y derivados en Chile". 2025. Available online. <https://4echile.cl/wp-content/uploads/2024/09/GIZ-Propuesta-estrategica-de-sistema-de-certificacion-de-hidrogeno-y-derivados-en-Chile.pdf>



Globale Wertschöpfung für Sustainable Aviation Fuels und ihre Auswirkungen auf die Regionen

Ruth Barbosa, PtX Aviation Coordinator, International PtX Hub (GIZ)

Luftfahrtkonferenz „Nachhaltiger Luftverkehr“

3.11.2025, HOLM, Frankfurt am Main

Agenda

- ✓ **Luftfahrt im International PtX Hub**
- ✓ **Globale Wertschöpfungsketten für SAF gestalten – PtX.Carbon Run**
- ✓ **Auswirkungen auf Regionen und Länder im Globalen Süden**
- ✓ **Q&A**



Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

on the basis of a decision
by the German Bundestag

IKI
INTERNATIONAL
CLIMATE INITIATIVE



Implemented by

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

4 Our partner countries



Partner countries 2019-2025
Partner countries 2020-2022
Training implementations / cooperation

Updated: Aug 2022

International PtX Hub - Aviation activities



Technical assistance to countries on SAF strategy, e.g. identifying opportunities, pre-feasibility (Kenya, Algeria, as pilot countries)



PtX Basic training, aviation deep dive training, and train of trainer programme



Creation of studies, papers, and more in collaboration with experts and consultants

[Aviation - Knowledge Base - PtX Hub](#)



Discussions and stakeholder dialogues on new pathways and international collaboration in aviation



Orchestrating innovative financing for selected large scale SAF projects

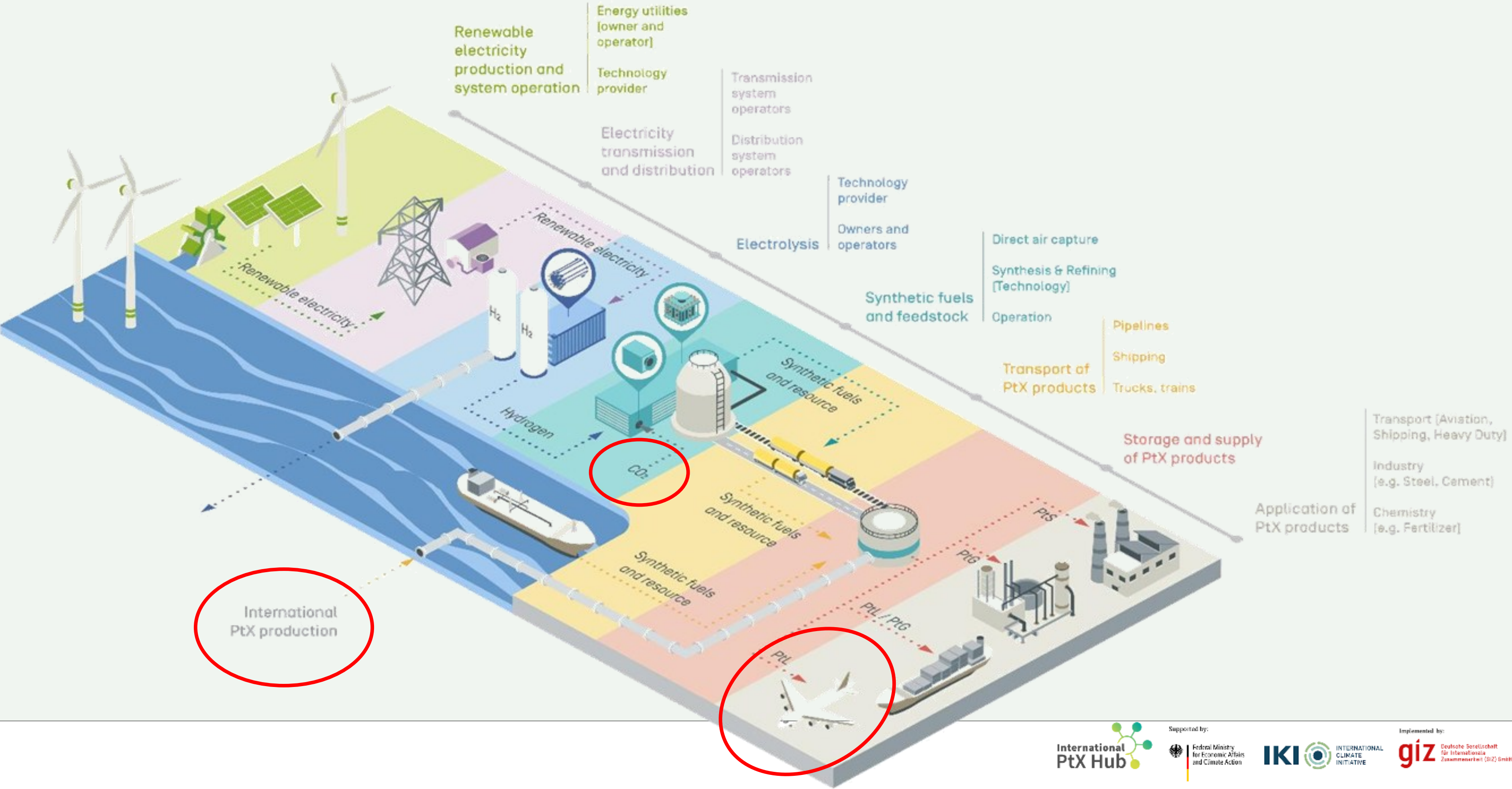


Partner to national and international fora on sustainable aviation, AKKL/ AG SAF, International Civil Aviation Organisation (ICAO) partner for ACT-SAF & FINVEST programmes

Looking at the value chain for SAF types...

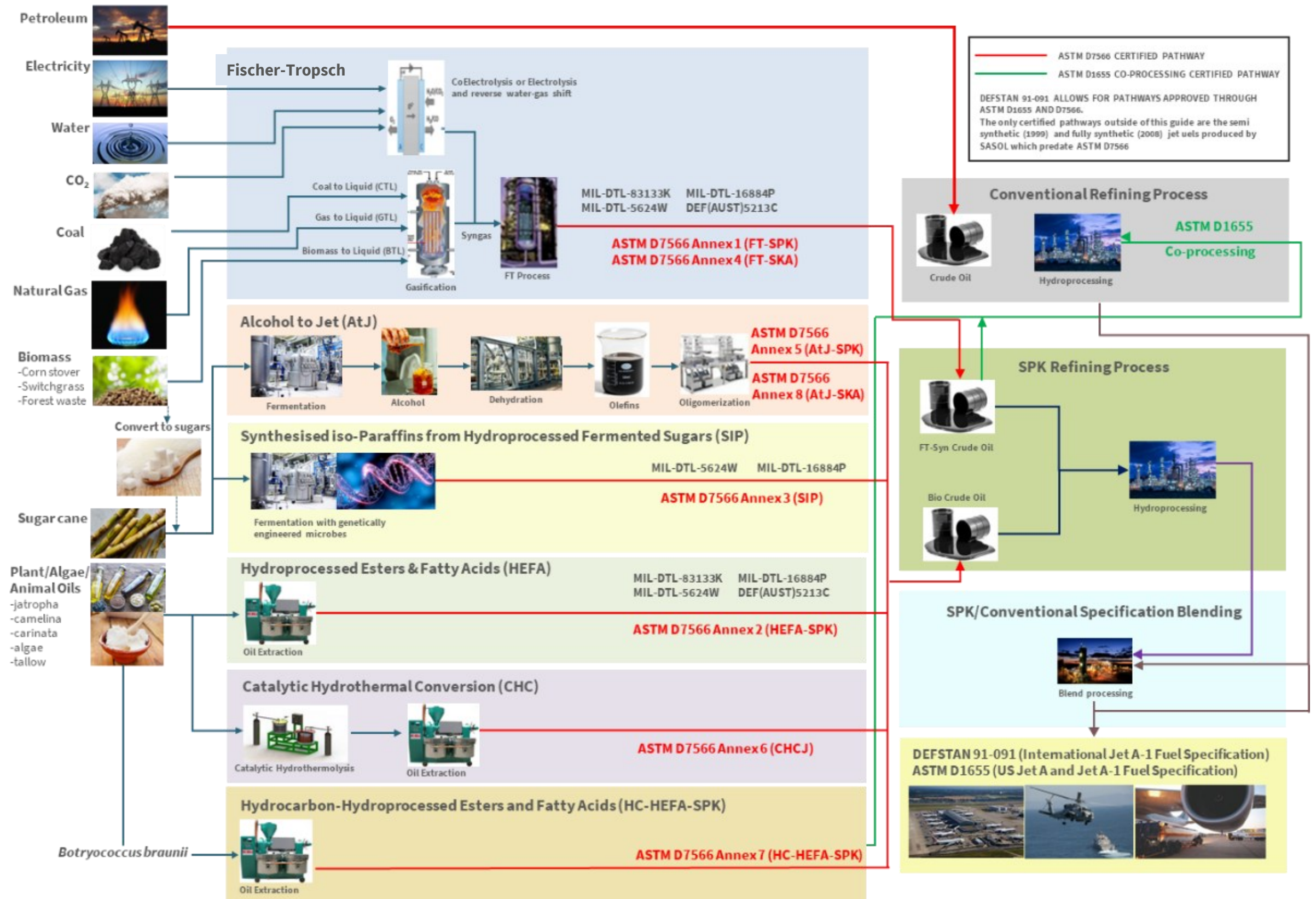
Finding the pivot point to simplify

Power-to-X as a Value Chain



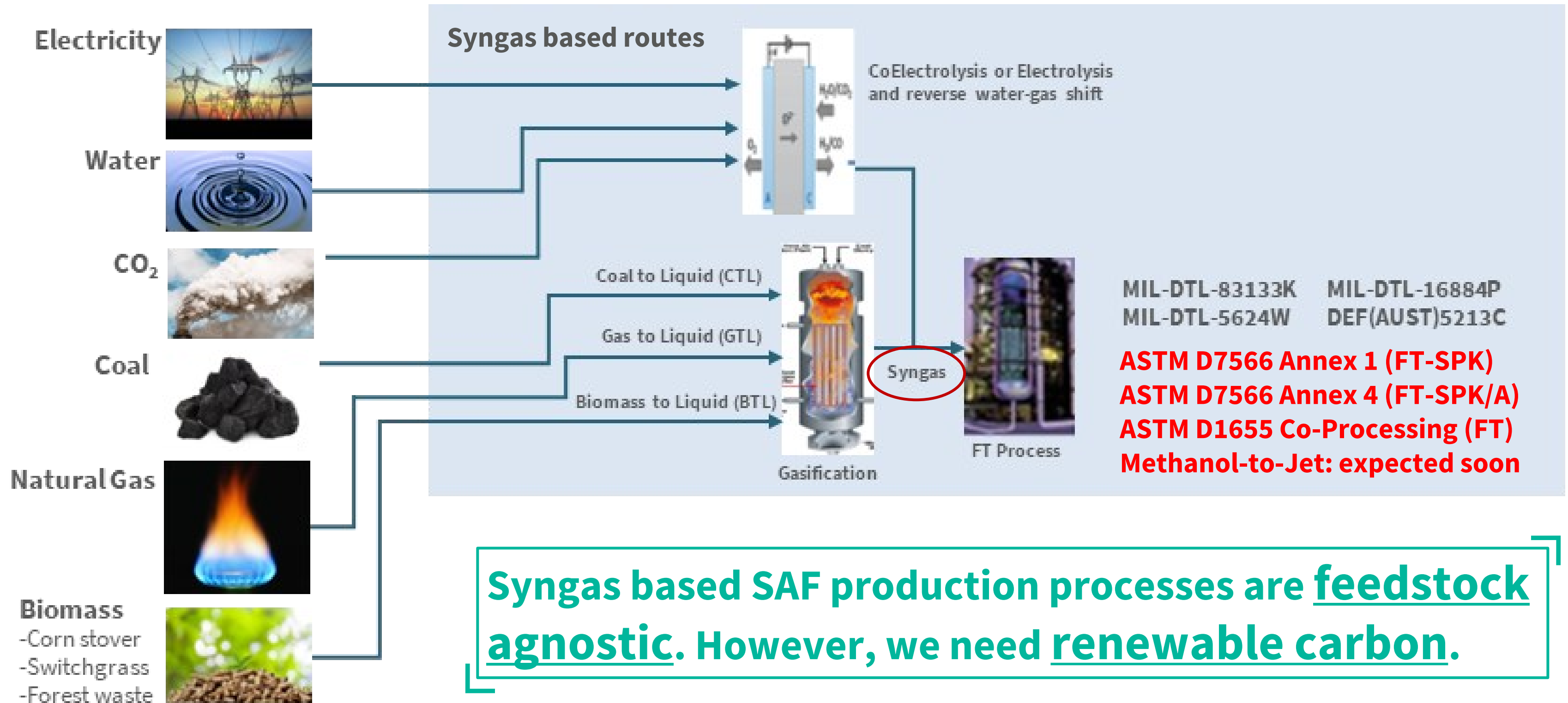
SAF pathways

Most SAF production routes are specific to a certain feedstock, each of which is restraint in total volume.



Source: Adapted from Dr. Dietmar Posselt „RBQAV Congress - Panel Discussion: Synthetic E-fuels for Aviation“ - Natal - May 18, 2022

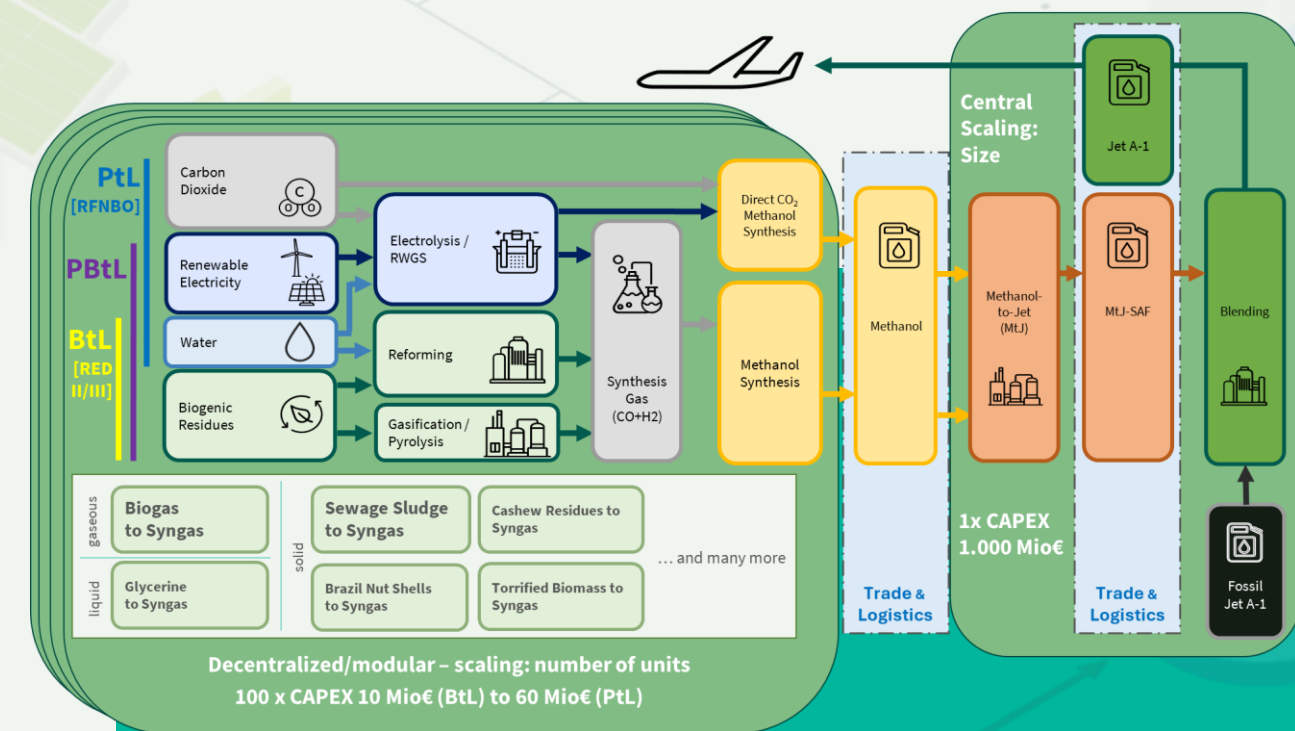
SAF pathways via syngas



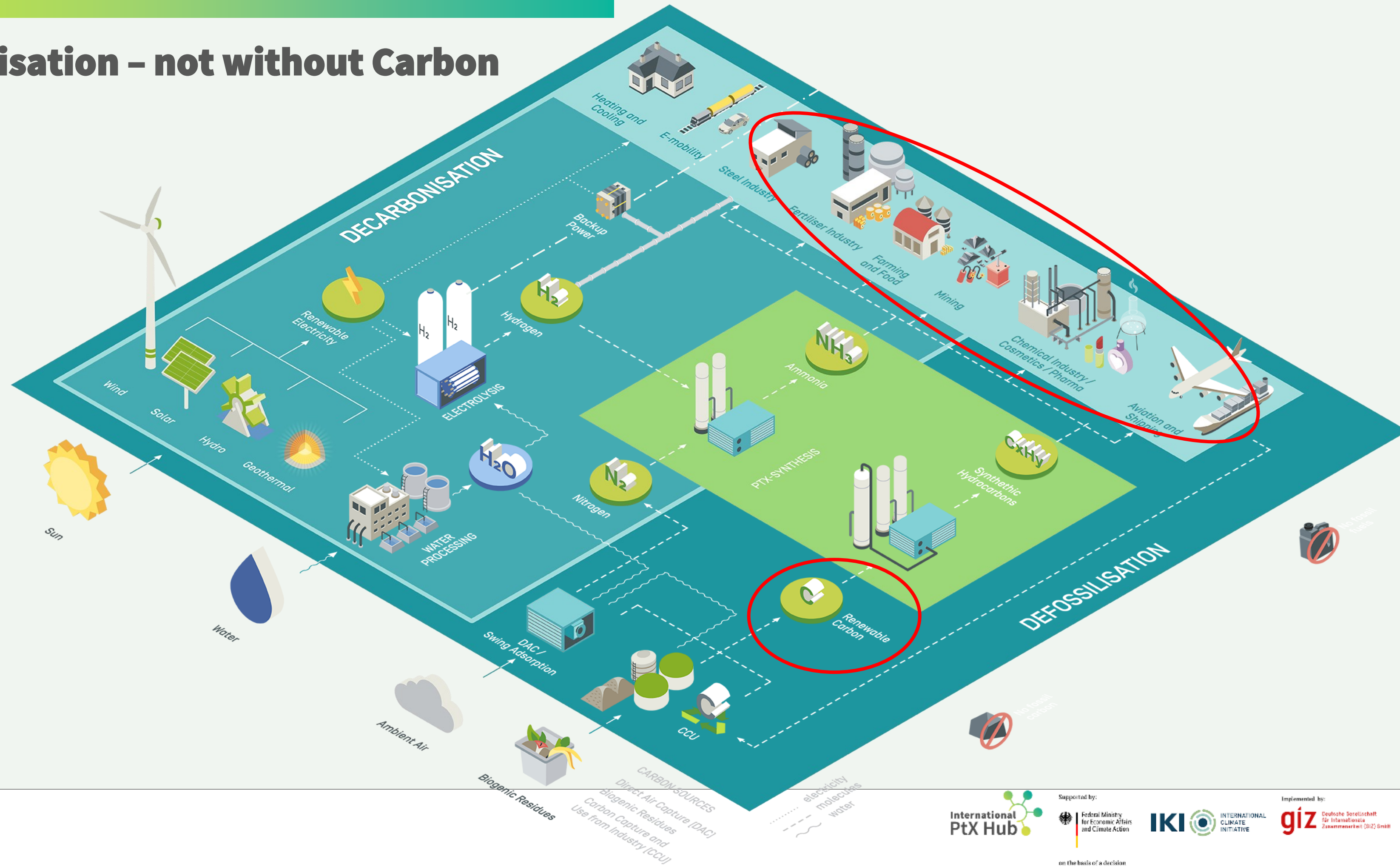
Source: Adapted from Dr. Dietmar Posselt „RBQAV Congress - Panel Discussion: Synthetic E-fuels for Aviation“ - Natal - May 18, 2022

Defossilization requires Carbon – Renewable and Global by Design

Introducing the PtX Carbon Run

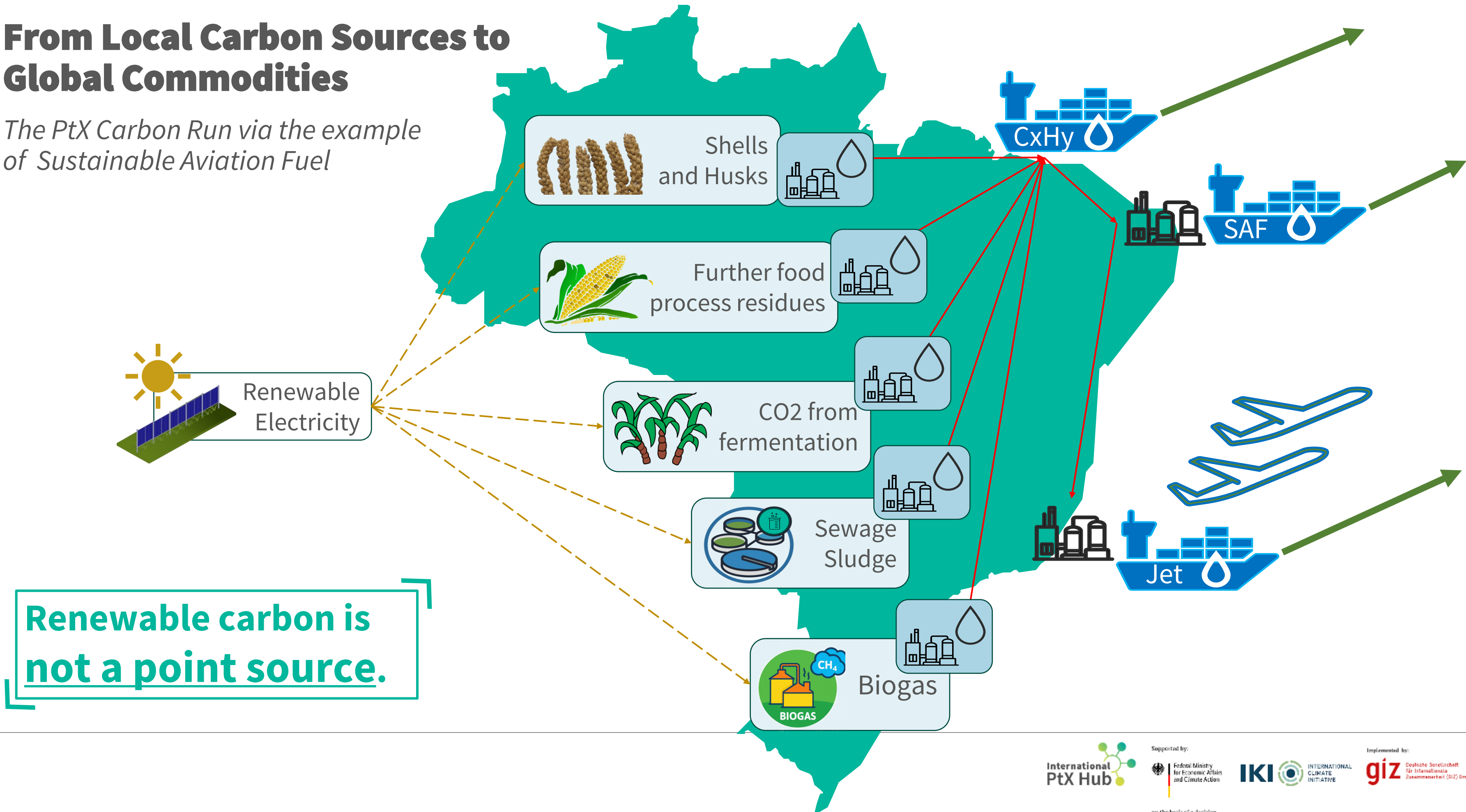


Defossilisation – not without Carbon



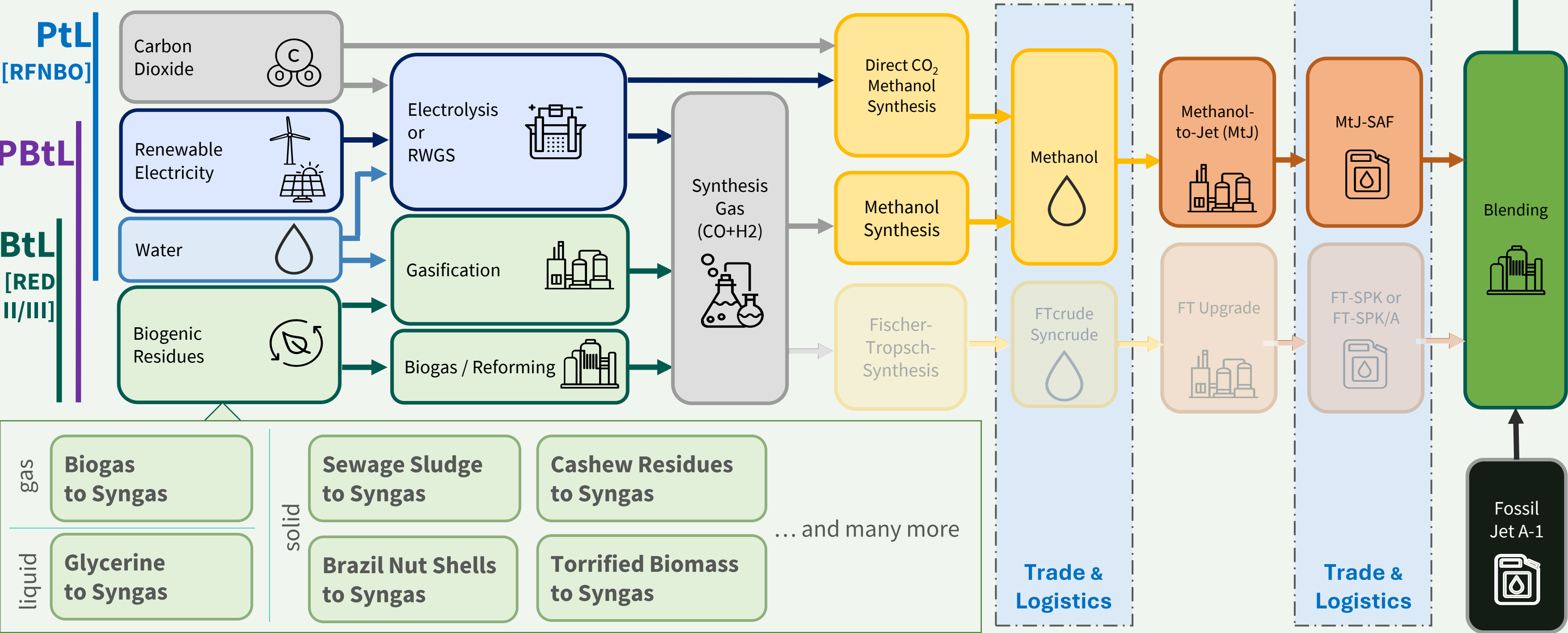
From Local Carbon Sources to Global Commodities

The PtX Carbon Run via the example of Sustainable Aviation Fuel

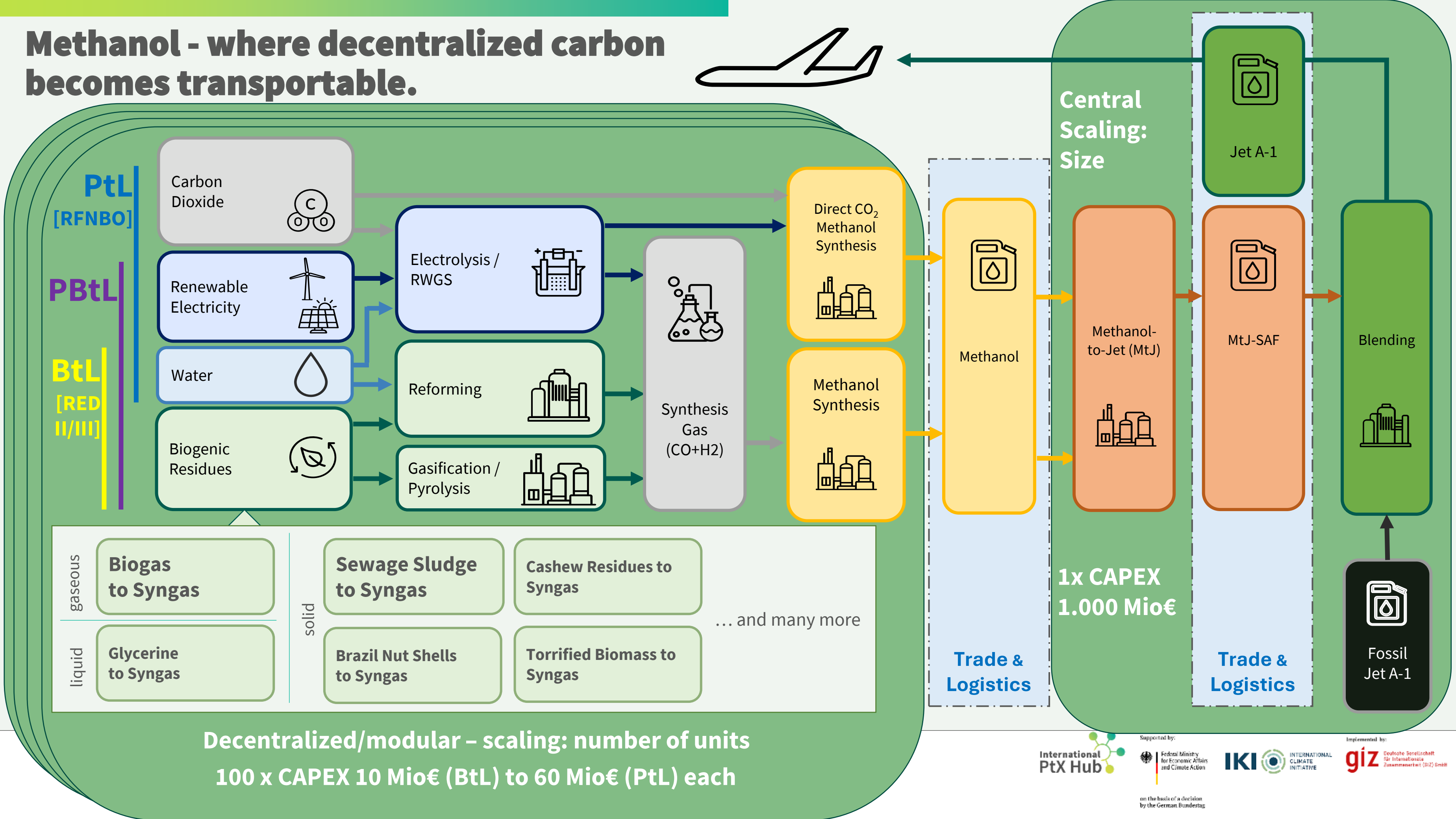
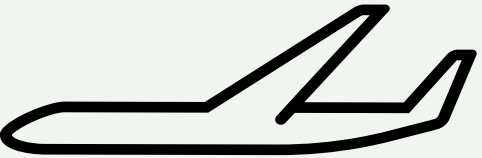


Feedstock Agnostic Value Chain

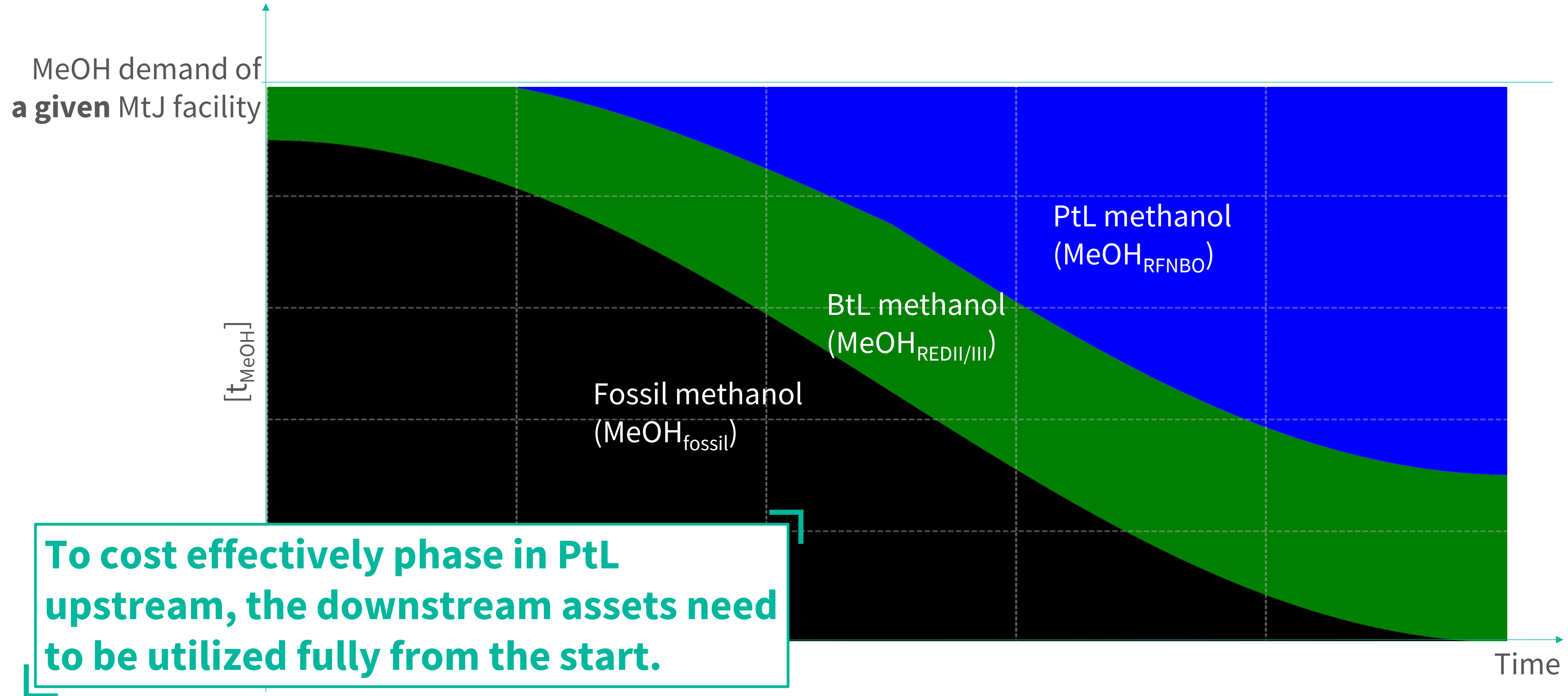
(example of Sustainable Aviation Fuel)



Methanol - where decentralized carbon becomes transportable.

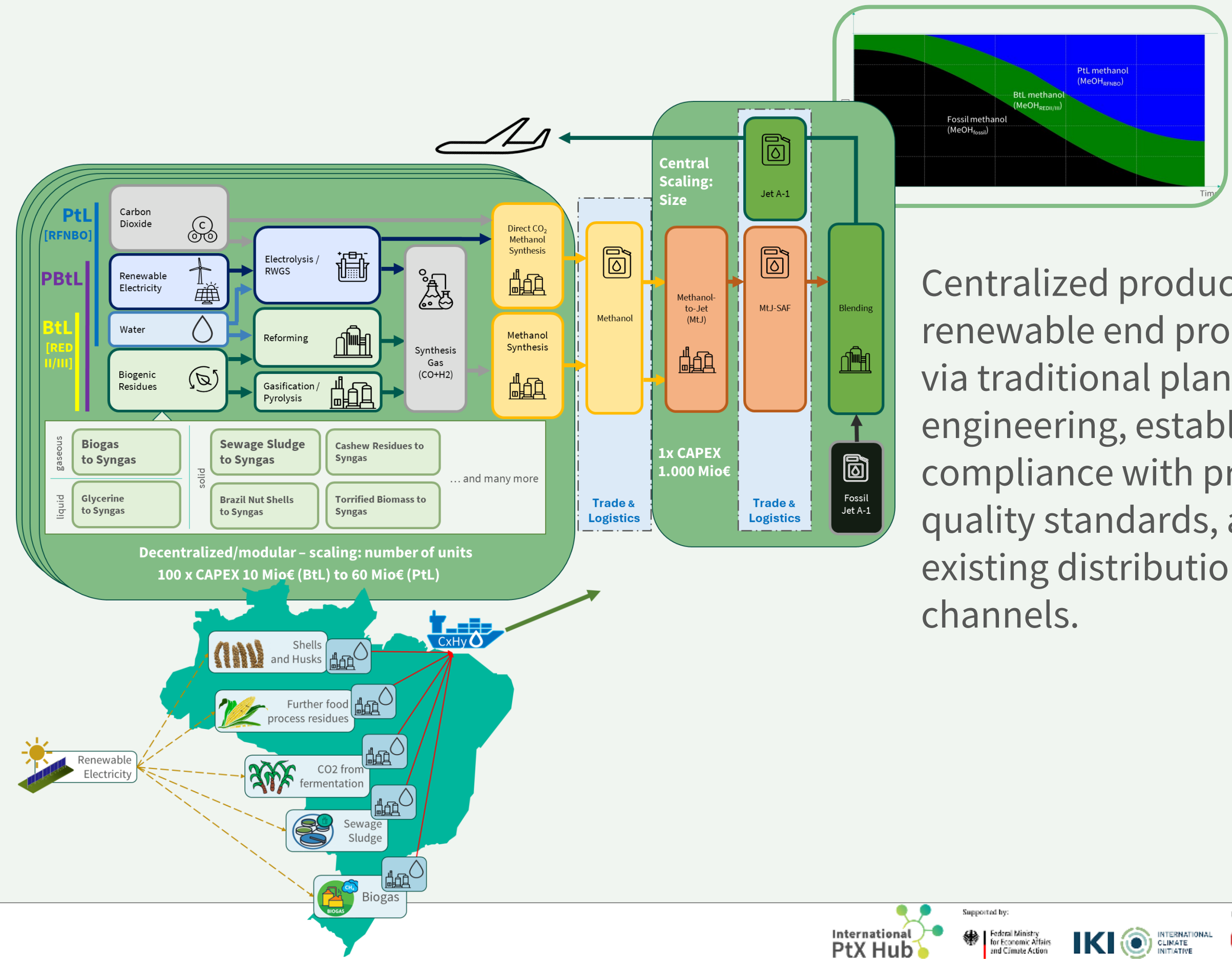


Phase in strategy for large volumes of methanol based Sustainable Aviation Fuel



PtX Carbon Run

Cost-efficient sourcing of renewable carbon from the Global South, using modular, type-approved, and mass-produced plants that represent a new class of capital goods and bring sustainable development to their respective regions.



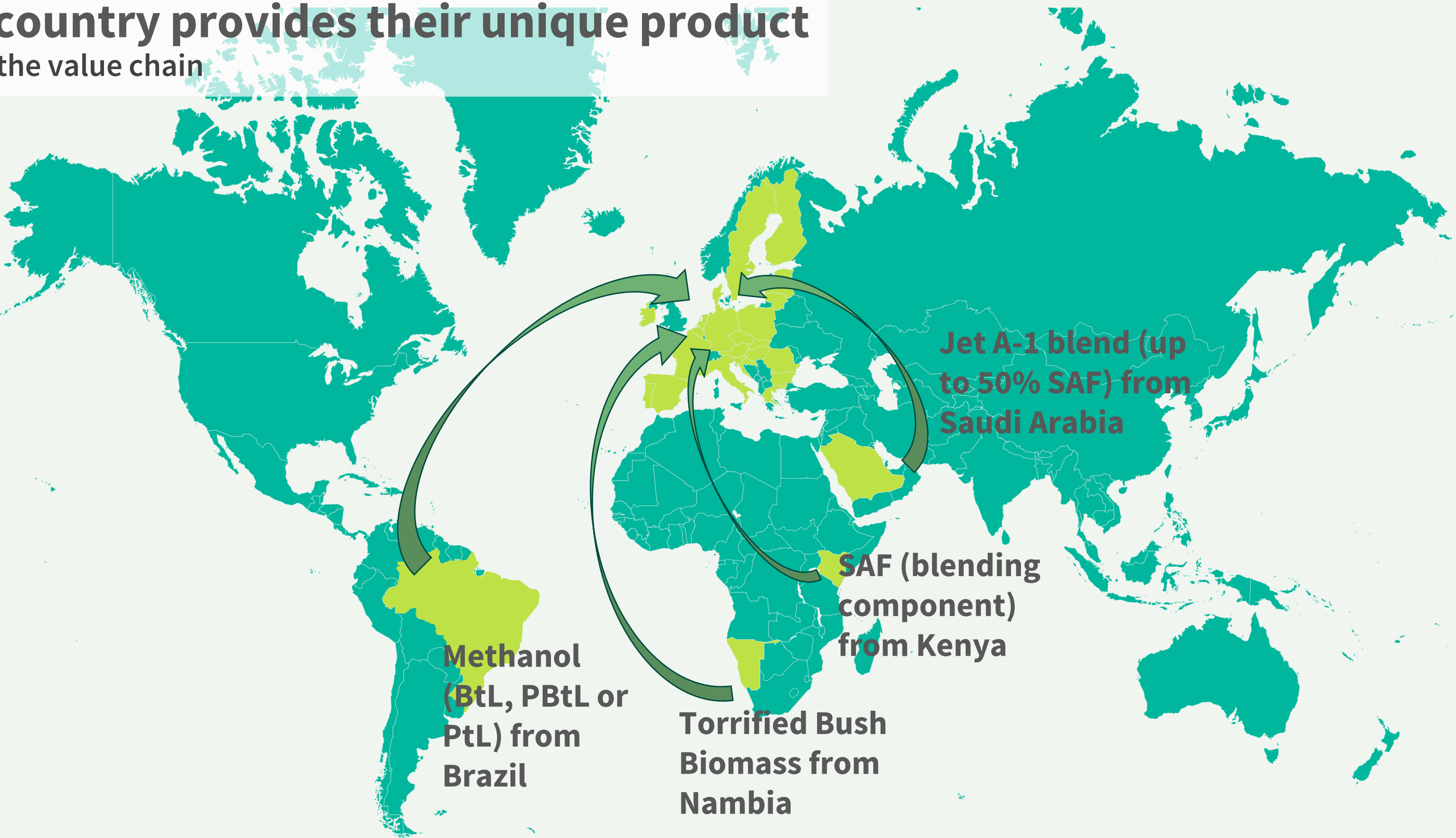
Centralized production of renewable end products via traditional plant engineering, established compliance with product quality standards, and existing distribution channels.

Impacts on regions

Role of the Global South/ EZ / IZ

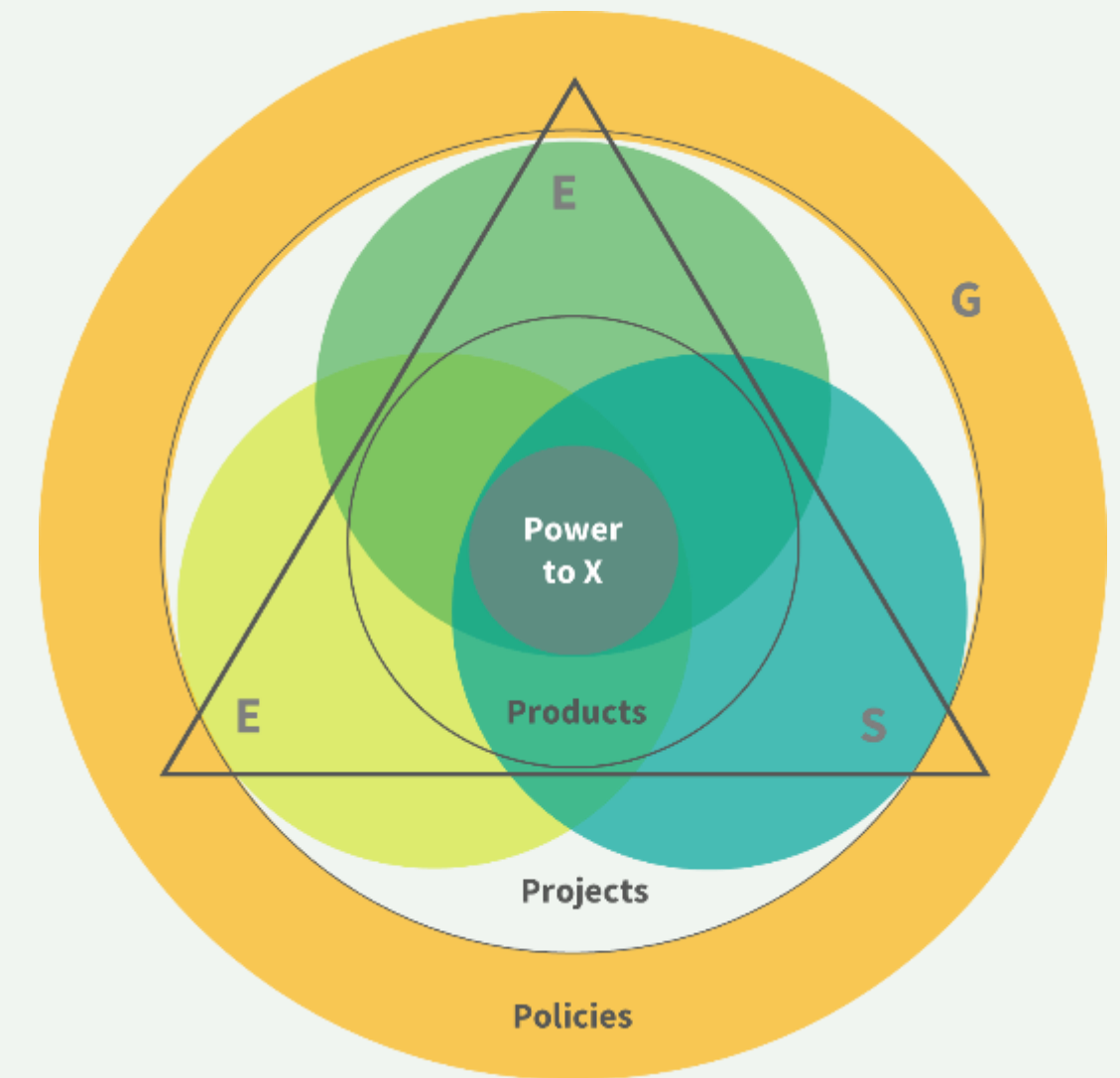
Each partner country provides their unique product

Diversification along the value chain



Auswirkungen auf die Regionen des globalen Südens - Potenziale

- ✓ Lokale Ressourcen nutzen und handeln
- ✓ Nachhaltige Industrieentwicklung durch Leapfrogging fossiler Technologien
- ✓ Exporte generieren Einkünfte und Wohlstand
- ✓ Lokale Produktionen ermöglichen soziale Teilhabe & Jobs
- ✓ Entwicklung von Infrastruktur für Energiezugang und Transport
- ✓ Anerkennung als globaler Handelspartner



Sustainable carbon sourcing examples

OUR SOLUTIONS

Africa's Feedstock Revolution

Through our value-added approach to feedstock management, we deliver benefits across social impact, and environmental sustainability.

AfriSAF

Home About Solutions **Contact**

Unlocking Africa's Sustainable Energy Potential

AfriSAF is revolutionising access to Africa's vast agricultural feedstock as a project enabler and developer. Through our digital marketplace platform, we connect feedstock owners with buyers while facilitating logistics and providing support services.



Sustainable Agriculture

Partnerships with agricultural out-growers and commercial farmers to produce energy oil crops by intercropping or using damaged or deserted land.



Digital Marketplace

Connecting feedstock owners with buyers while providing logistics and support services to build a robust feedstock economy.



Community Empowerment

Creating economic opportunities for local communities across Africa while ensuring sustainability.



Economic Development

Driving economic growth through strategic partnerships, project development and sustainable initiatives.

www.afrisaf.com

International
PtX Hub

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag

IKI INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

Implemented by:

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

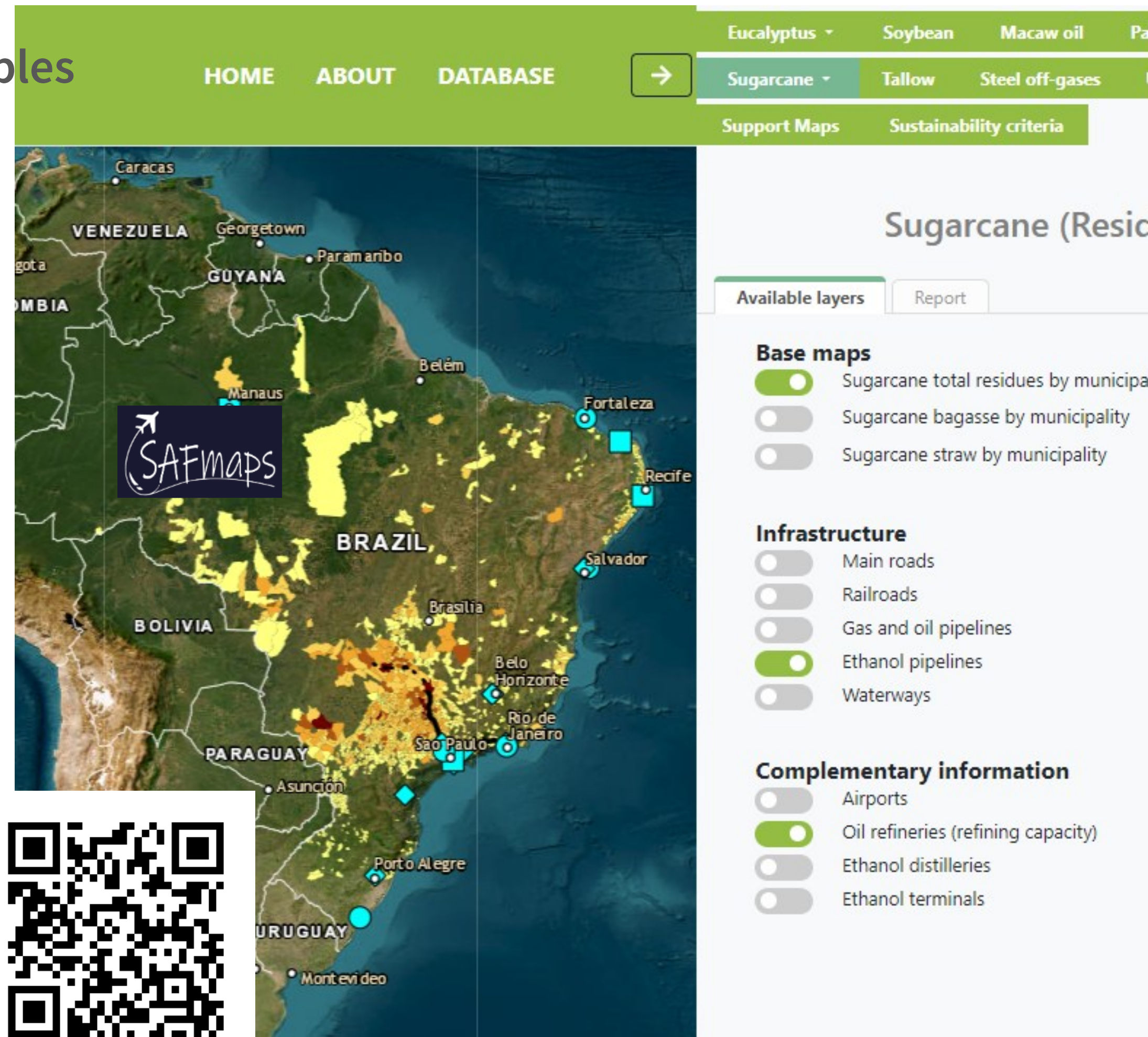
Sustainable carbon sourcing examples

SAF Maps Brazil

SAFMaps is a portal with information about **Brazilian most promising feedstocks** for Sustainable Aviation Fuels (SAF) production.

[Link: SAFmaps](https://safmaps.org)

Source: Ministerio de Minas e Energia, Lais Thomaz, Webinar 16.7.2024



SAF Maps Brazil



Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag



Implemented by:



Auswirkungen auf die Regionen des globalen Südens – Herausforderungen

- fehlende Regulierung vor Ort = fehlende Sicherheit für Investoren
- Abnahmemarkt EU : zu komplexe / strikte Regulierung von grünen Produkten
- Internationale Ratings: Sicherheitsgarantien für internationale Investition – z.B. Korruptionsbekämpfung
- Partner finden für FOIK-Projekte: Keine one-fits-all-Lösung da ganz neue Wertschöpfungsketten entstehen
- Mehr Bildung und Forschung vor Ort

Carbon Potential Studies – Namibia – Südafrika – Brasilien - Argentinien - Uruguay

Namibia – “Sustainable extraction of bush encroachment: 486 million tonnes / 26 years 18.7 million tonnes (dry matter) per annum - sufficient to meet the national power requirements for more than 140 years.”, “**Integrate Advanced Biofuels Strategy with the Green Hydrogen Strategy:** To fully leverage the potential of the hybrid Biomass PtX pathway, an integrated strategy for advanced biofuels and green hydrogen should be developed. “

Brazil & South Africa – focus Industrial point sources

“If South Africa were to substitute all projected fossil fuel consumption with locally produced synthetic fuel, there would **be potentially enough captured CO2 from its point sources to meet that ‘domestic’ demand.** Further, there is also significant CO2 surplus that could be utilised for exports. **However, sustainability considerations would limit** the available quantities that can in principle be eligible for exports to international markets.”

Argentina - “**Retrofitting existing natural gas pipelines** for the transport of CO2 would not be feasible in the country, due to technical limitations and the future national plans of natural gas usage” / “Patagonia offers a **matching of RE and CO2 sources**”

NAM [Study: Development of a sustainable carbon carrier for PtX use: from Namibia to a global market - PtX Hub](#)

ZAF [International-PtX-Hub_202402_Carbon-Sources-for-PtX-in-South-Africa.pdf](#)

BRA [Study on the Potential of Syngas in Brazilian Industries - PtX Hub](#)

ARG [Study: CO2 sources for PtX production in Argentina - PtX Hub](#) – Web Map!

URY [Study: analysis of CO2 availability for the production of Power-to-X products in Uruguay - PtX Hub](#)



Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag



Implemented by:





Thank you!

Ruth Barbosa
Advisor Capacity Development & PtX.Aviation
International PtX Hub
ruth.barbosa@giz.de



LinkedIn

Scan to get
connected!

© International PtX Hub Berlin – Catalysing defossilisation globally | info@ptx-hub.org

PtX paradigm shift

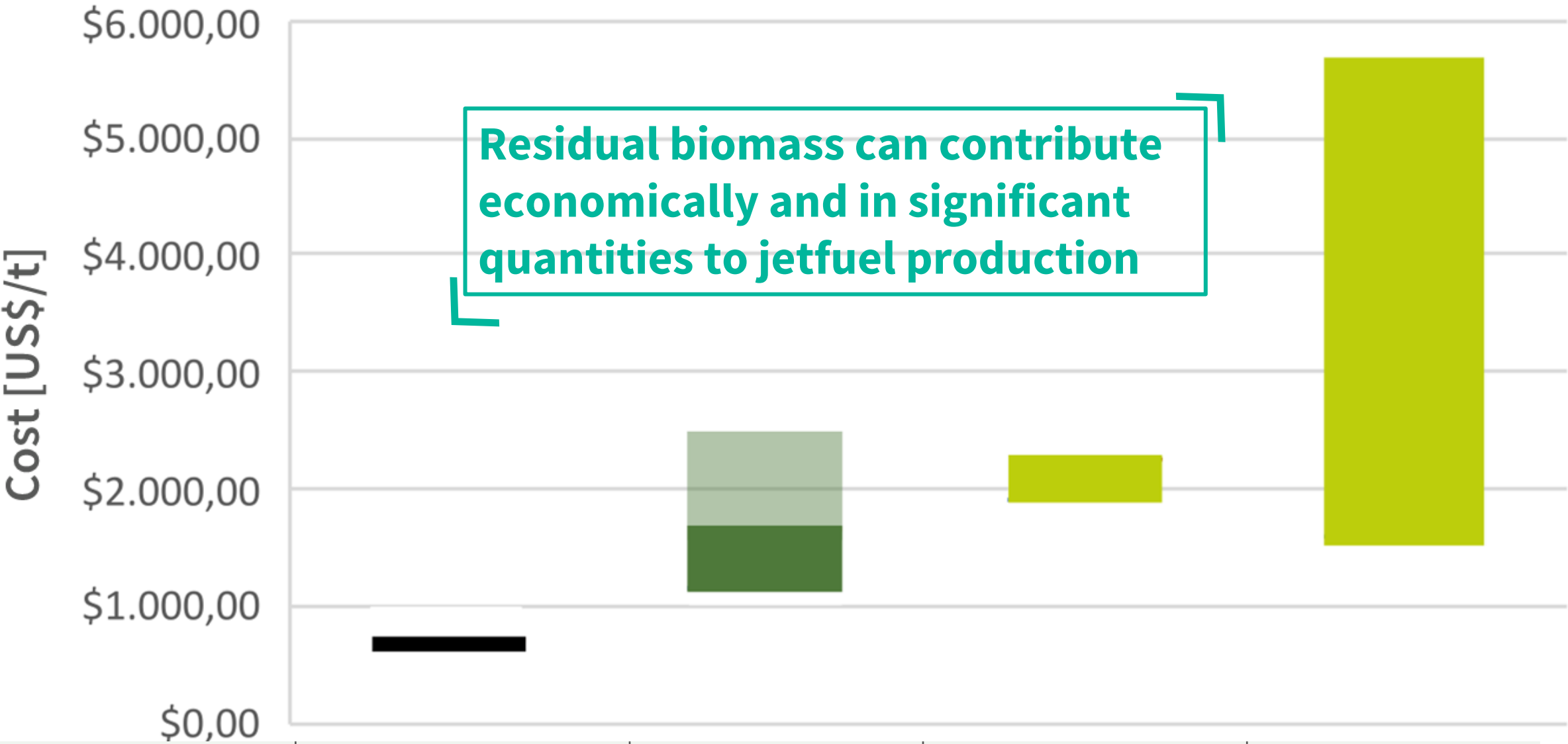


**Fuels and Feedstocks
of the future **will not be
mined, but produced.****



Caution: pictures hold copyrights of others, do not forward or replicate!!

Cost comparison and current volumes for selected types of aviation fuel



Global jetfuel demand		\$0,00				
			Fossil Jetfuel	HEFA	BtL	PtL
		Availability (2024, global)	330 Mt/a	1.7 Mt/a	marginal	5 t/a
2024	330 Mt					
2030	440 Mt	Potential (long-term, global)	sustainability restraint	10 - 25 Mt/a	60 Mt/a	unlimited

Courtesy of:



on the basis of a decision by the German Bundestag

Phase in strategy for large volumes of SAF

