



POWER-TO-X- (PTX-) ANLAGEN FÜR NACHHALTIGE FLUGKRAFTSTOFFE (SAF)

INSPIRING TECHNOLOGY

ÖGEW/DGMK Herbstveranstaltung,
18. und 19. November 2021, Wien

Dr.-Ing. Michael Haid

PRÄSENTATION ÖGEW/DGMK | HAID | 18.11.2021



EDL ANLAGENBAU GESELLSCHAFT MBH

Überblick

EDL ist ein führendes technologieorientiertes Engineering-Unternehmen für die Prozessindustrie mit mehr als 100-jähriger Geschichte. Seit 2003 ist EDL Teil der österreichischen Pörner Gruppe nach vielen Jahren der Zugehörigkeit zu Edeleanu, RWE / DEA und Texaco.

Die Pörner Gruppe mit Sitz in Wien, Österreich ist eines der führenden, unabhängigen Engineering-Unternehmen für die Prozessindustrie in Mitteleuropa. Die Pörner Gruppe blickt zurück auf fast 50 Jahre Erfahrung und beschäftigt über 500 Ingenieure und Spezialisten an neun Standorten in fünf Ländern.



EDL ANLAGENBAU GESELLSCHAFT MBH

Portfolio – Technologie, Anlagen, Leistungen

- Neubau- und Umbauprojekte von der Studie bis zur schlüsselfertigen Lieferung.
- Prozess- und Nebenanlagen für die Raffinerie-, petrochemische und chemische Industrie, für den Sektor erneuerbare Energien sowie zur Produktion von Schmierstoffen und Wachsen.
- Lizensierung von Technologien für die Rückstandsverarbeitung, Öl- und Wachsherstellung sowie zur Depolymerisation von Kunststoffabfällen.
- Grüne Power-to-X- (PtX-) und Biomass-to-X- (BtX-) Technologien für nachhaltige synthetische Kraftstoffe und Chemieprodukte mit neutralem CO₂-Fußabdruck.
- Technische und kommerzielle Beratungsleistungen.

SDA PLUS
EDL•TECHNOLOGY

SOLVEX
EDL•TECHNOLOGY

AROMEX
EDL•TECHNOLOGY

DEWAXING
EDL•TECHNOLOGY

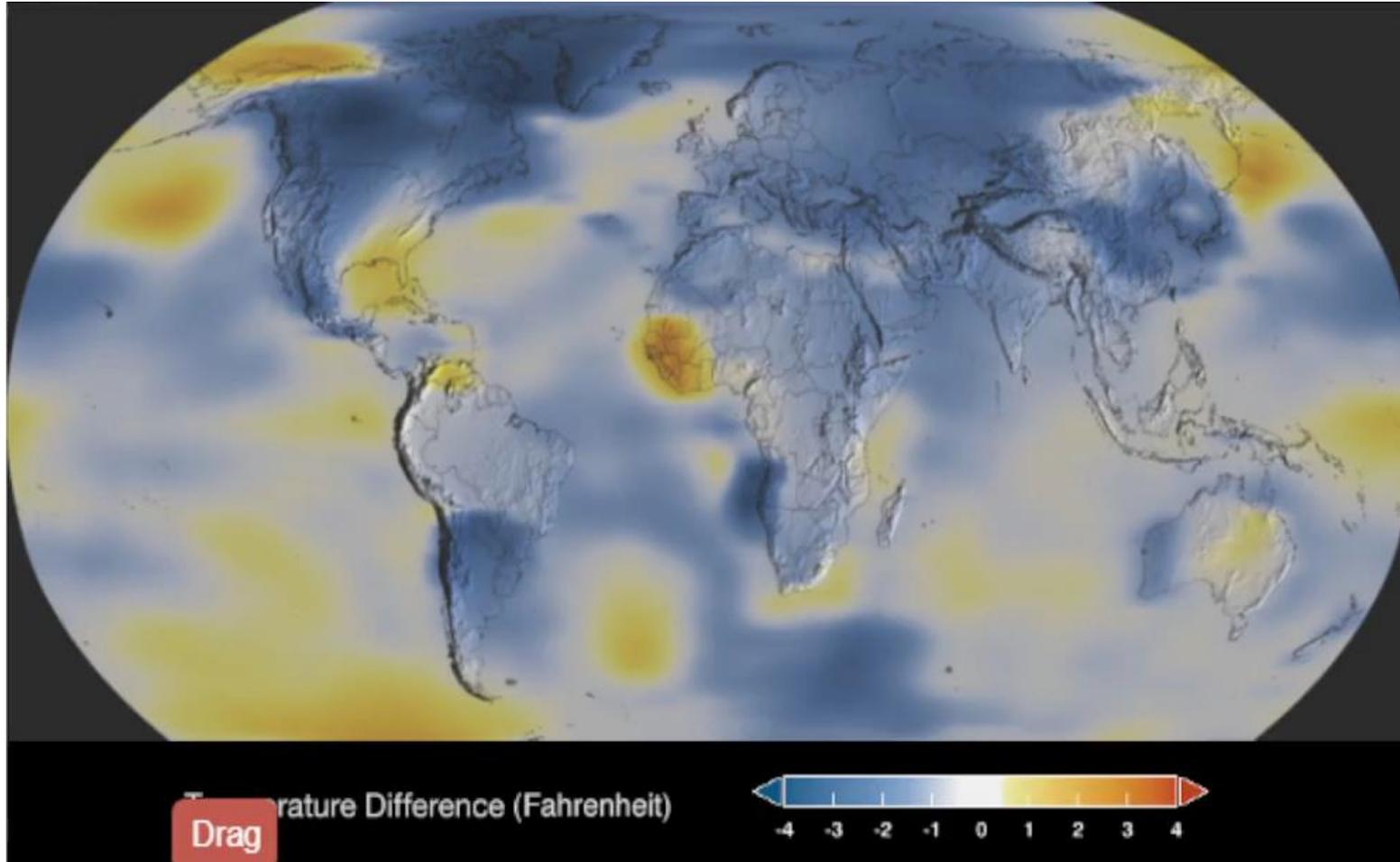
DEOILING
EDL•TECHNOLOGY

POWER2X
EDL•TECHNOLOGY



Globale Erwärmung und Klimaziele

VERÄNDERUNG DER OBERFLÄCHENTEMPERATUREN



Die Visualisierung zeigt ein Fortschreiten der Veränderung der Oberflächentemperaturen auf der Welt seit 1884.

Dunkelblau zeigt Gebiete, die kühler als der Durchschnitt sind. Dunkelrot zeigt Gebiete, die wärmer als der Durchschnitt sind.



Quellen: NASA/GISS, 2021 (<https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine/>)

DIE AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS

Die Auswirkungen der vom Menschen verursachten globalen Erwärmung treten jetzt auf, sind irreversibel im Zeitrahmen der heute lebenden Menschen und werden sich in den kommenden Jahrzehnten noch verschärfen.

- Anstieg der Temperaturen.
- Verlängerung der frostfreie Jahreszeit (und Vegetationszeit).
- Veränderungen in Niederschlagsmustern.
- Mehr Dürren und Hitzewellen.
- Stärkere und intensivere Wirbelstürme.
- Arktis wird wahrscheinlich eisfrei.
- Anstieg der Meeresspiegel.



Fläche, die bei einem Anstieg des Meeresspiegels um 1 m mit Wasser bedeckt ist, ist in Rot dargestellt. Bei Szenario RCP 2.6 (Einhaltung 2 °C Ziel) wird Anstieg bis 2100 / 2300 voraus. unter 1,0 m / 2,5 m bleiben.



Fläche, die bei einem Anstieg des Meeresspiegels um 1 m mit Wasser bedeckt ist, ist in Rot dargestellt. Bei Szenario RCP 8.5 (unveränderte THG-Emissionen) wird Anstieg bis 2100 / 2300 bis zu 2 m / 8 m betragen.

ZUR ERREICHUNG DER KLIMAZIELE IST EILE GEBOTEN

Verbleibendes Kohlenstoffbudget von dieser Woche:

- 325 Gt CO₂, um unter dem Schwellenwert von 1,5 °C zu bleiben, oder 7 Jahre und 8 Monate
- 1.075 Gt CO₂, um unter dem Schwellenwert von 2,0 °C zu bleiben, oder 25 Jahre und 5 Monate

bei konstanten Emissionen von 42,2 Gt pro Jahr (1.337 t pro Sekunde).

Schnelle und messbare Verringerung der THG-Emissionen benötigt Markthochlauf mit heute industriell verfügbaren Lösungen.



Die Klimauhr ist auf dem Tolbooth Steeple in Glasgow abgebildet (climateclock.world).

LUFTFAHRTINDUSTRIE UND NACHHALTIGKEIT

LUFTFAHRTINDUSTRIE UND NACHHALTIGKEIT



Zwischen 2019 und 2050 wird eine jährliche Zunahme des Luftverkehrs von 3,0 % erwartet (pre-Covid).



Flugzeuge mit Elektro- und Wasserstoffantrieb für Mittel- und Langstreckenflüge wird es erst weit nach 2050 geben.



Der weltweite Kerosinbedarf wird bis 2050 ca. 400 - 450 Mio. Tonnen betragen.



Das Ziel der EU Energy Transition Commission (ETC) für SAF* beträgt 10 % im Jahr 2030 und 75 % im Jahr 2050.



Die Luftfahrtindustrie hat sich zu einem CO₂-neutralen Wachstum ab dem Jahr 2020 verpflichtet.



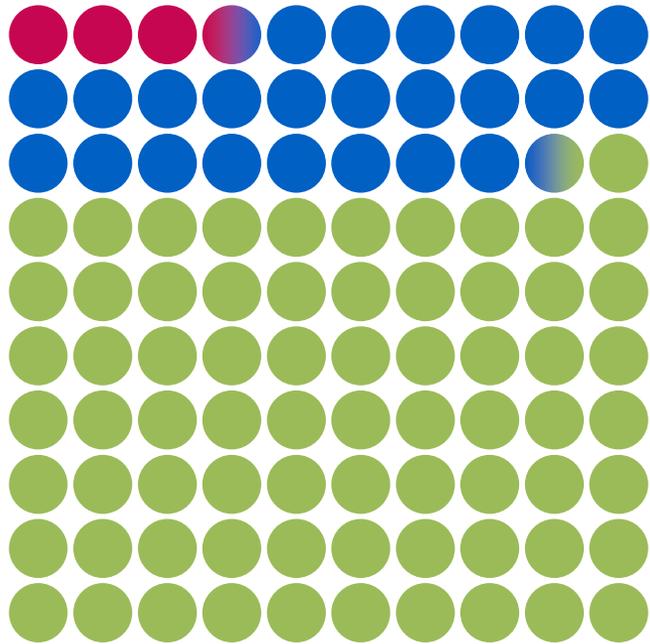
Die Klimaziele werden verfehlt, wenn die Produktion von SAF* nicht jetzt anläuft.

* nachhaltiger Flugkraftstoff aus Biomasse sowie aus erneuerbarer Elektroenergie. Letzterer wird auch als synthetisches SAF, e-Kerosin oder PtL-Kerosin bezeichnet.
Quellen: Waypoint 2050, September 2020, www.atag.org; Guidelines for a SAF blending mandate in Europe, insight report, July 2021, www.weforum.org

ROLLE VON SAF IN 2050 UNVERÄNDERT GROSS

Flugoperationen im Jahr 2050 nach Energiequelle

Selbst bei sehr optimistischem Einsatz von **Elektroenergie** und **Wasserstoff** für Kurz- und Mittelstreckenflüge in 2050, wird überwiegender Teil des Luftverkehrs auf **SAF** angewiesen sein.



74 % der CO₂-Emissionen stammen von Mittel- und Langstreckenflügen.

80 % der heutigen Flugzeuge für Mittel- und Langstreckenflüge werden 2050 noch in Betrieb sein.

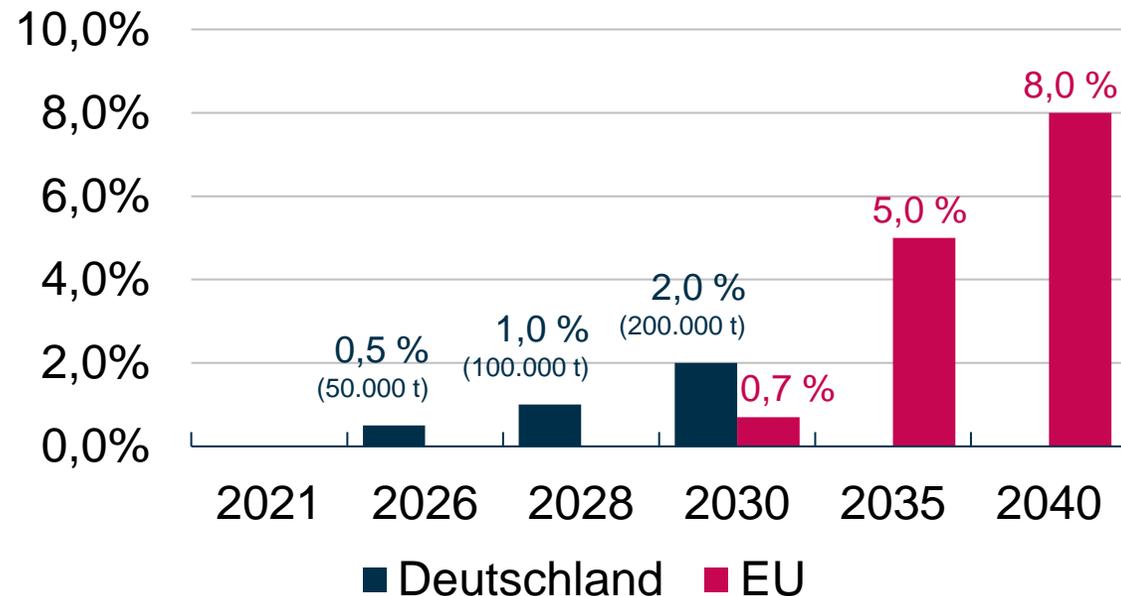
Kerosin wird über 2050 hinaus benötigt.



SAF-BEDARF DURCH REGULATORIK GETRIEBEN

Renewable Energy Directive II (RED II)

Die Umsetzung der RED II in Deutschland und der EU definiert folgende Mindestgrenzen für synth. SAF*:



* In Deutschland gültig seit 01.10.2021, EU-Vorschlag vom 14.07.2021

Quellen: EU, Corsia

Regulatorik von Politik und Unternehmen:



EU Ankündigung zur Beimischquote von SAF: Anstieg von 2 % in 2025 auf 63 % in 2050 mit einer Unterquote für synthetisches SAF von 0,7 % in 2025 auf 28 % in 2050.



Verschiedene europäische Länder haben anspruchsvollere Ziele angekündigt, z.B. Deutschland für synthetisches SAF.



Ziele der Biden-Administration sehen für SAF 9 Mio. t in 2030 und 100 Mio. t in 2050 vor.



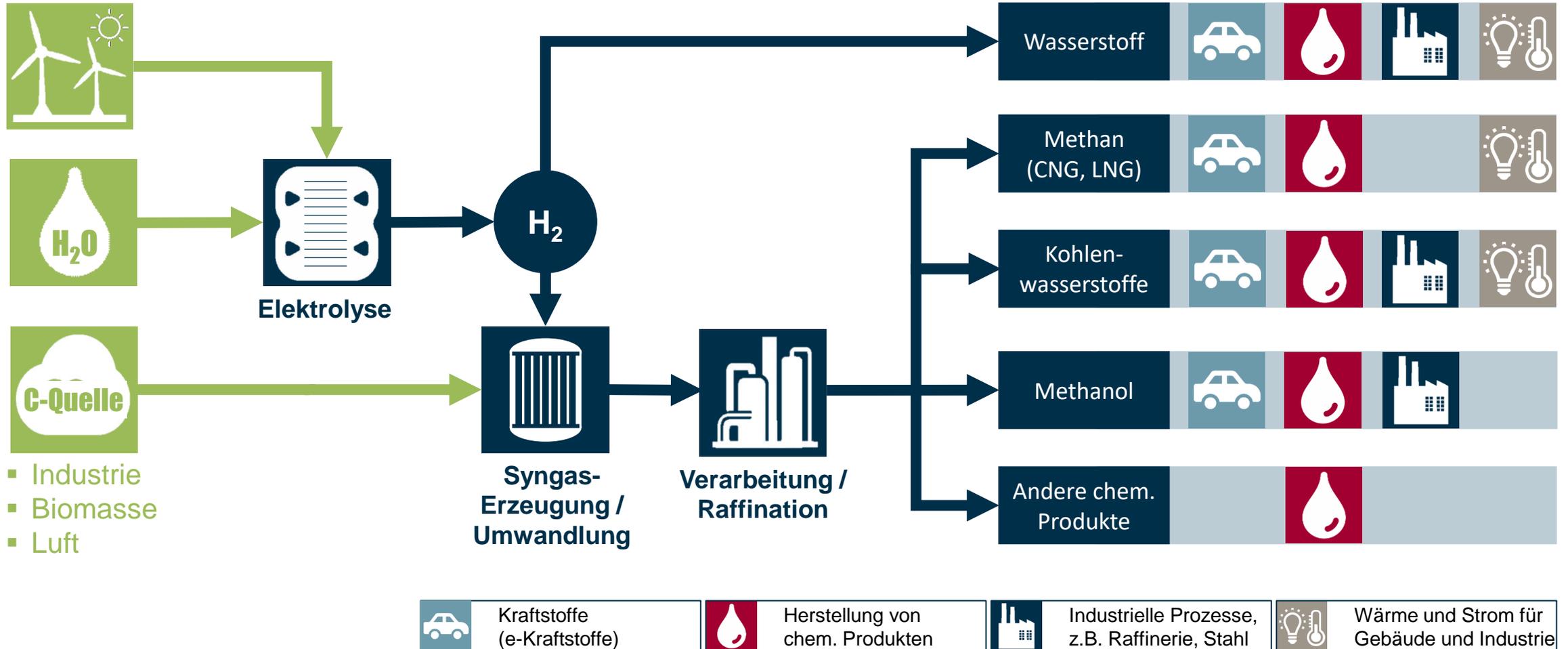
CORSIA erwartet 2030 Ausgaben von 3 - 12 Mrd. USD für Fluggesellschaften.



Mehrere Fluggesellschaften haben die Abnahme von SAF bis 2030 angekündigt.

POWER-TO-X (PTX) FÜR SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE

PTX BEDIENT UNTERSCHIEDLICHSTE SEKTOREN



VORTEILE SYNTHETISCHER KRAFTSTOFFE

Synthetische Kraftstoffe sind sauber und leicht integrierbar:

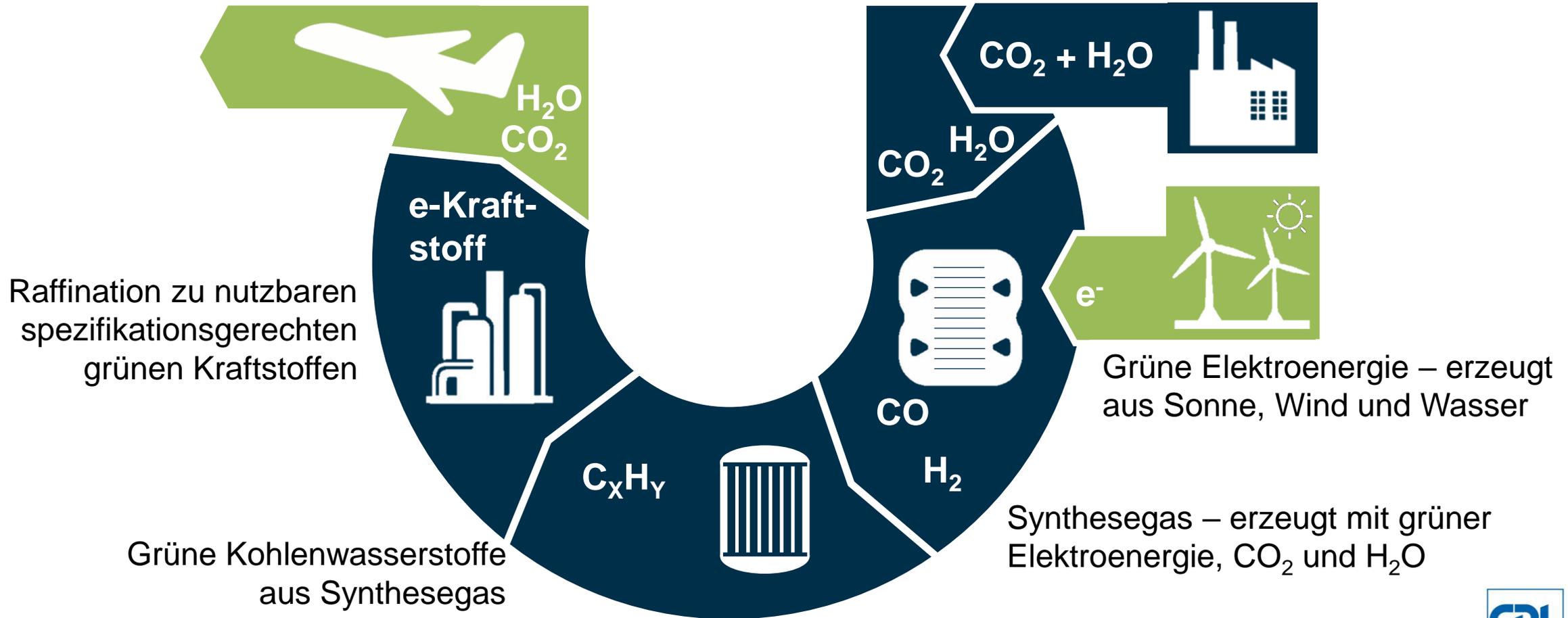


Keine Änderung der Infrastruktur sowie der Motoren und Turbinen notwendig für synthetische Kraftstoffe – die einzige Lösung für Jahrzehnte, bis alternative, saubere Antriebssysteme verfügbar sind, z.B. Wasserstoff-, Elektroantrieb.

KOHLNSTOFFKREISLAUF MIT CO₂-PUNKTQUELLEN

Abgabe von CO₂ und H₂O an die Luft bei Verwendung des grünen Kraftstoffs

Reines CO₂ und H₂O aus Punktquellen



KOHLNSTOFF-KREISLAUF MIT BIOMASSEQUELLEN

Abgabe von CO_2 und H_2O an die Luft bei Verwendung des grünen Kraftstoffs

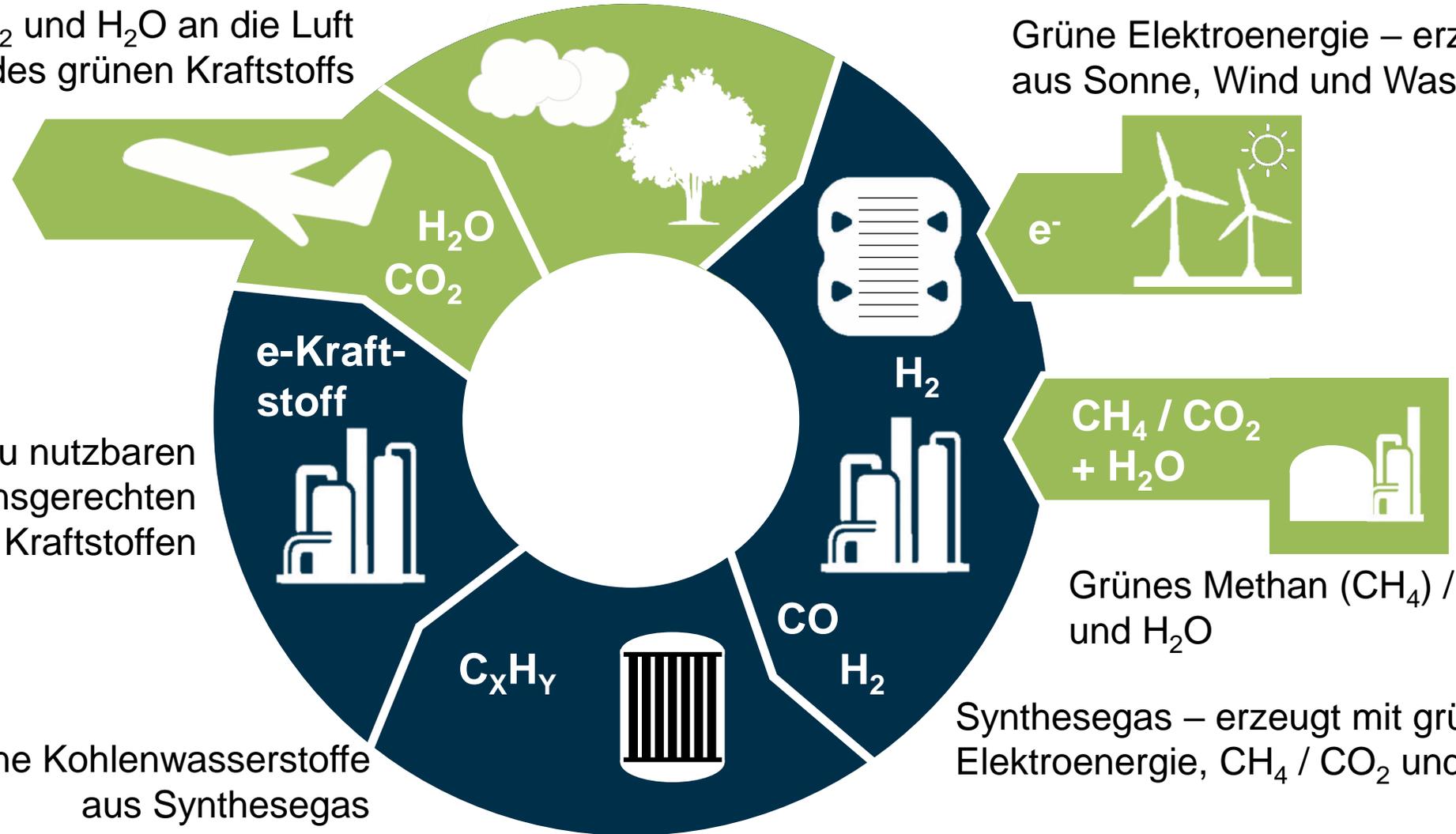
Grüne Elektroenergie – erzeugt aus Sonne, Wind und Wasser

Raffination zu nutzbaren spezifikationsgerechten grünen Kraftstoffen

Grüne Kohlenwasserstoffe aus Synthesegas

Synthesegas – erzeugt mit grüner Elektroenergie, $\text{CH}_4 / \text{CO}_2$ und H_2O

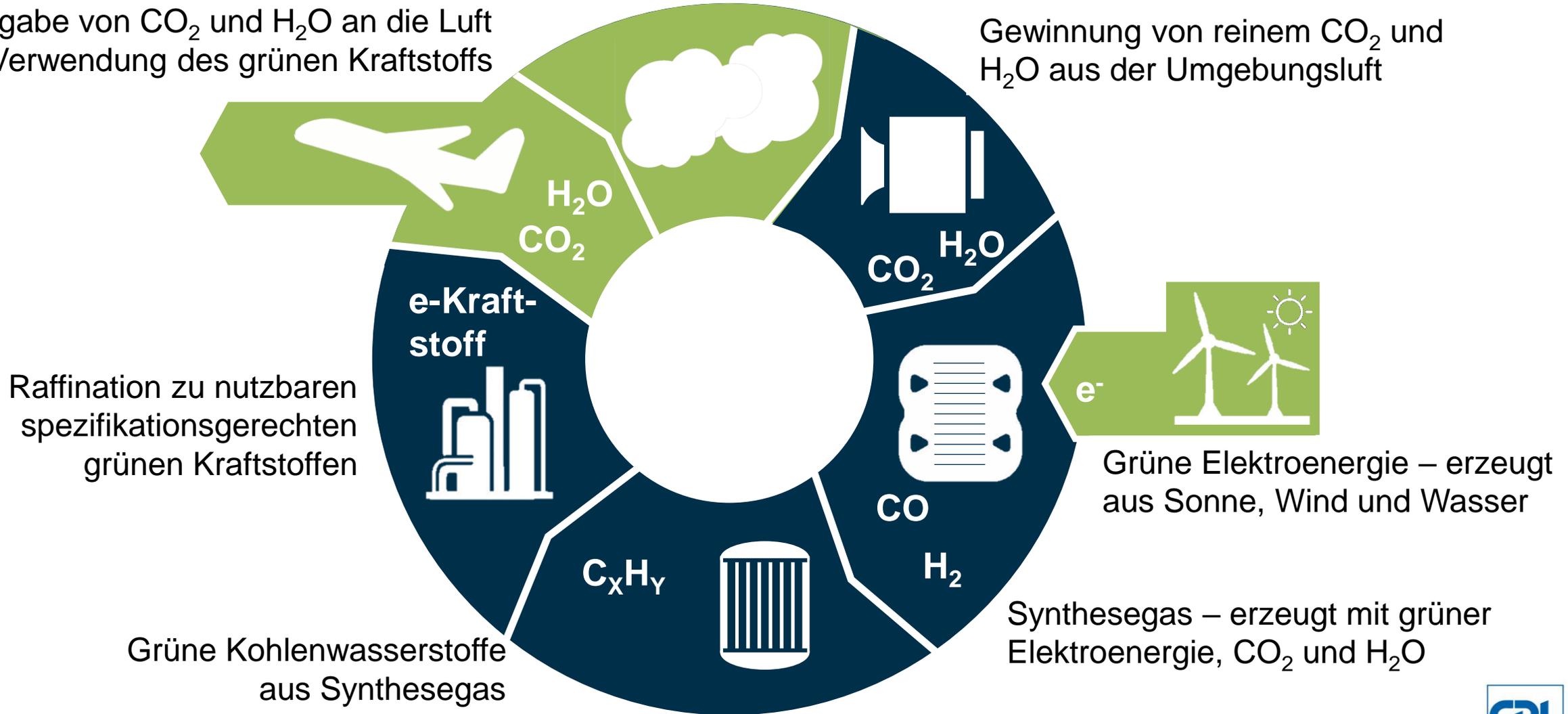
Grünes Methan (CH_4) / CO_2 und H_2O



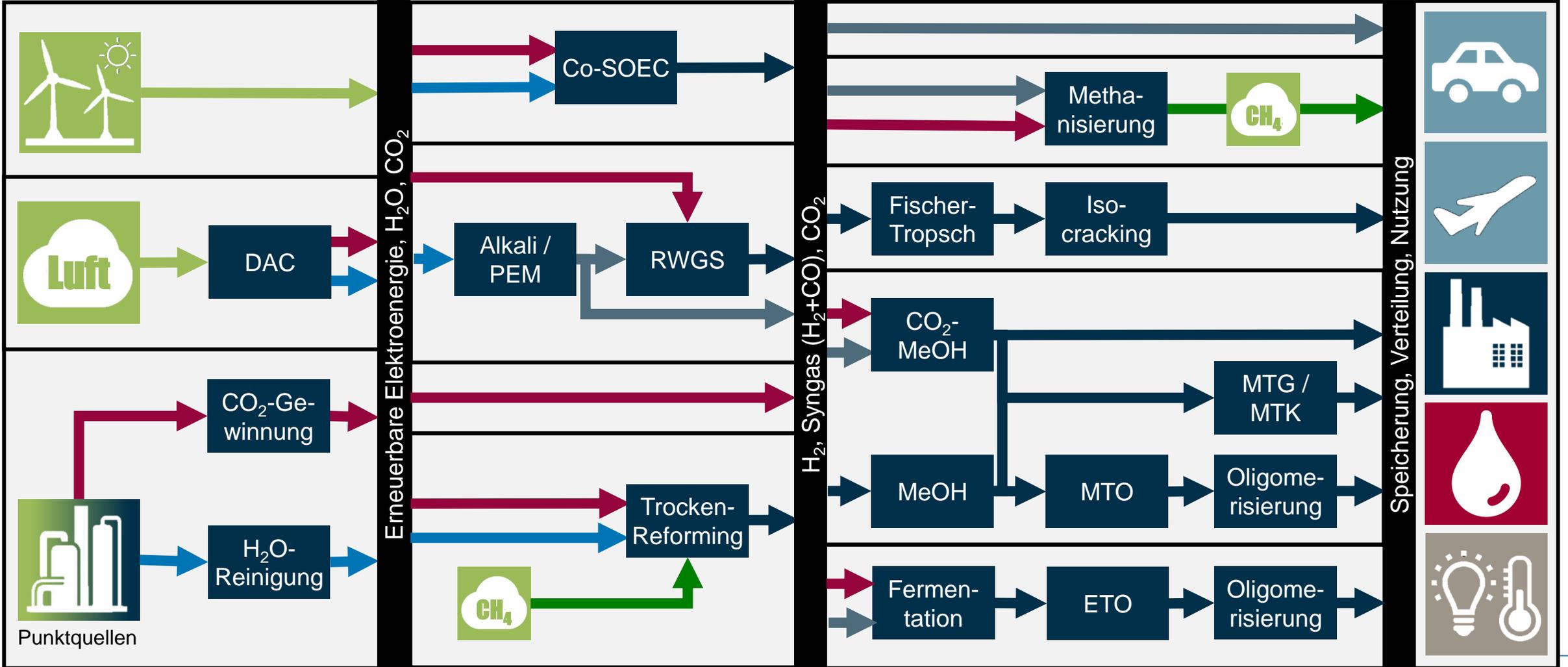
KOHLENSTOFFKREISLAUF MIT CO₂ AUS DER LUFT

Abgabe von CO₂ und H₂O an die Luft bei Verwendung des grünen Kraftstoffs

Gewinnung von reinem CO₂ und H₂O aus der Umgebungsluft



PTX-HERSTELLUNGSROUTEN



█ CO₂
 █ H₂O
 █ H₂
 █ CH₄
 █ andere Zwischen- und Endprodukte

SCALE-UP UND TECHNOLOGY READINESS LEVEL



Markthochlauf der industriellen
Produktion erfordert TRL 9

Akademische Forschung

TRL 1 – Beobachtung Grundprinzipien

Industrielle Forschung, Validierung

TRL 2 – Technologiekonzept festgelegt

TRL 3 – Experimenteller Nachweis des Konzepts

TRL 4 – Technologievalidierung im Labor

Prototyp

TRL 5 – Technologievalidierung in industrieller Einsatzumgebung

TRL 6 – Technolgieachweis in industrieller Einsatzumgebung

Betriebstests

TRL 7 – Systemprototyp im operativen Einsatz

TRL 8 – System vollständig und qualifiziert

Kommerzieller Betrieb

TRL 9 – Faktischer Systemnachweis im Einsatz mit verfügbarer wettbewerbsfähiger Fertigung

Quelle: EU Horizon 2020 framework program

DIRECT AIR CAPTURE

DAC Technologien zur Gewinnung von CO₂ aus der Atmosphäre

Technologie	Temperatur-/Druckwechsel-Adsorption		Elektro-Adsorption
Unternehmen	Climeworks, Global Thermostat	Carbon Engineering	EDL / Partner
Betriebsmittel	Strom, Vakuum, Wärme, Kühlwasser	Strom, Wasser, Wärme, Kühlwasser	Strom
CO ₂ -Ausbeute (%)	~ 50 %	~ 75 %	> 90 %
Kapitalkosten (€/t CO ₂)	30 – 70	50 – 100	15 – 35
Betriebskosten (€/t CO ₂)	70 – 140	30 – 100	15 – 35
Energieverbrauch (GJ/t CO ₂)	8 – 9	9 – 10	1,2 – 2,5
Gesamtkosten (€/t CO ₂)	100 – 210	80 – 200	30 – 70
TRL	< 7	< 7	< 4

PTX-PROZESSROUTEN FÜR SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE

Wieviel der eingesetzten erneuerbaren Energie kann im Idealfall in synthetische Produkte umgewandelt werden?

Prozessroute	Elektrolyse-Effizienz kWh/Nm ³	Strom kWh/kg*	Verbrauch		Produkt. H ₂ O kg/kg*	Gesamt- effizienz %**	Niedr. TRL ***
			CO ₂ kg/kg*	CH ₄ kg/kg*			
Elektrolyse – RWGS – FTS	4.50	21.88	3.10	-	2.54	55.84	<5
Elektrolyse – MeOH – MTO / Oligomerisierung	4.50	21.88	3.10	-	2.54	55.84	<8
Elektrolyse – Fermentation – ETO / Oligomerisierung	4.50	21.88	3.10	-	2.54	55.84	<8
Co-Elektrolyse – FTS	3.40	16.53	3.10	-	1.27	73.91	<5
Elektrolyse – Elektroconv. – ETO / Oligomerisierung	4.50	15.07	3.45	-	-	81.07	<4
Elektrolyse – Methanisierung – Trockenreform. – FTS	4.50	21.88	3.10	-	2.54	55.84	9
Elektrolyse – Trockenreform. – FTS	4.50	6.77	1.45	0.60	1.19	81.46	9

* pro kg synthetisches Kohlenwasserstoffprodukt

** Energieinhalt in synthetischen flüssigen Kohlenwasserstoffprodukten im Verhältnis zum Energieeintrag aus Elektroenergie und CH₄ basierend auf dem Heizwert, ausschließlich der Verarbeitungsverluste

*** geringstes TRL in der Prozessroute

PTX-PROZESSROUTEN FÜR SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE

Wieviel der eingesetzten erneuerbaren Energie kann im Idealfall in synthetische Produkte umgewandelt werden?

Prozessroute	Elektrolyse-Effizienz kWh/Nm ³	Strom kWh/kg*	Verbrauch CO ₂ kg/kg*	CH ₄ kg/kg*	Produkt. H ₂ O kg/kg*	Gesamteffizienz %**	Niedr. TRL ***
Elektrolyse – RWGS – FTS	4.50	21.88	3.10	-	2.54	55.84	<5
Elektrolyse – Fermentation – ETO / Oligomerisierung	4.50	21.88	3.10	-	2.54	55.84	<3
Co-Elektrolyse – FTS	3.40	16.53	3.10	-	1.27	73.91	<5
Elektrolyse – Elektroconv. – ETO / Oligomerisierung	4.50	15.07	3.45	-	-	81.07	<4
Elektrolyse – Methanisierung – Trockenreform. – FTS	4.50	21.88	3.10	-	2.54	55.84	9
Elektrolyse – Trockenreform. – FTS	4.50	6.77	1.45	0.60	1.19	81.46	9

Unsere Technologielösung: PtL-Kerosin aus Luft

Unsere neue Technologieentwicklung

Unsere HyKero-Technologielösung (mit Methanisierung: HyKero Plus)

* pro kg synthetisches Kohlenwasserstoffprodukt

** Energieinhalt in synthetischen flüssigen Kohlenwasserstoffprodukten im Verhältnis zum Energieeintrag aus Elektroenergie und CH₄ basierend auf dem Heizwert, ausschließlich der Verarbeitungsverluste

*** geringstes TRL in der Prozessroute

PTL-KEROSIN AUS LUFT DIE PTX-DEMONSTRATOR-PROJEKTE

DEMONSTRATOR-PROJEKTE: PTL-KEROSIN AUS LUFT

Flughafen Rotterdam



Innovationsflughafen & Technologiezentrum:

- Begleiter für innovative, flughafen-spezifische Technologien
- Erste Design-Phase für eine PtX-Demonstrationsanlage abgeschlossen
- LOI für nächste Phase erwartet

Flughafen Leipzig-Halle



Bedeutender Passagier- und Frachtflughafen in Sachsen:

- Schlüsselprojekt des Freistaates Sachsen für innovative PtX-Technologien
- Integrierte Forschungsaktivitäten
- Unterstützt von Freistaat Sachsen, DHL, Flughafen, Fraunhofer u.a.

Flughafen Rostock-Laage



Innovationsflughafen & Technologiezentrum:

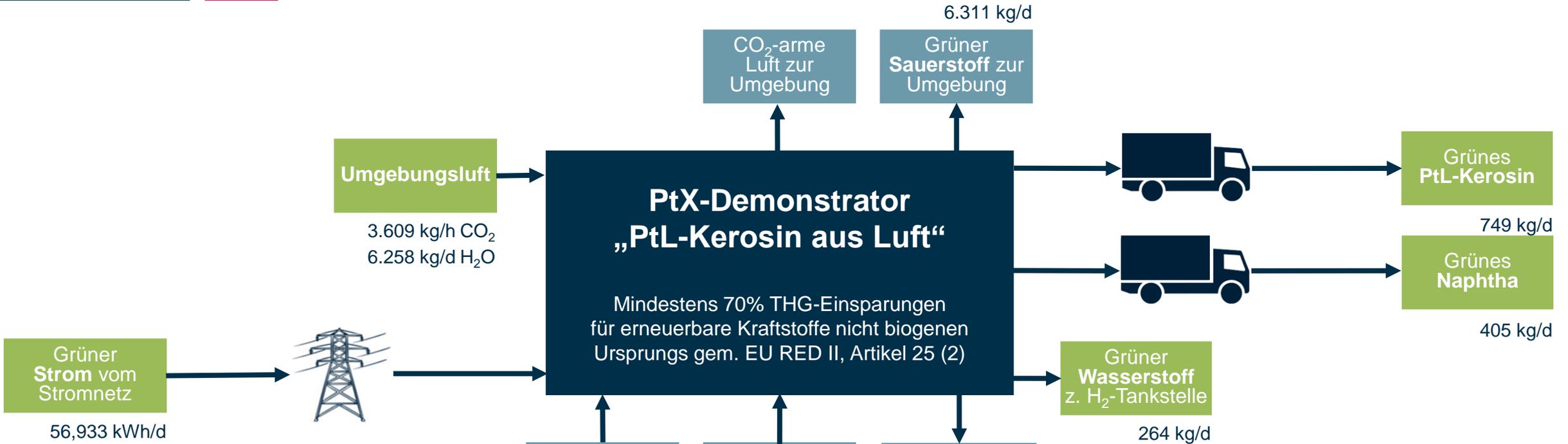
- Schlüsselprojekt für innovative PtX-Technologien in Mecklenburg-Vorpommern
- Integrierte Forschung und Testbereich für Flughafeninnovation
- Unterstützt von MV, Flughafen, Universität Rostock u.a.

ECKDATEN PTX-DEMONSTRATOR

- Kohlendioxid und Wasser aus der Umgebungsluft sowie erneuerbare Elektroenergie sind die einzigen Einsatzstoffe.
- Neues vollintegriertes und von EDL entwickeltes Anlagendesign zur Herstellung von 1.000 Litern pro Tag PtL-Kerosin unter Wiederverwendung aller Nebenprodukte innerhalb der Anlage.
- Machbarkeitsnachweis, Reduzierung kommerzieller Risiken bei der Entwicklung sowie Erleichterung der erforderlichen Zertifizierung für "PtL-Kerosin aus Luft".
- Aufbau von Betriebserfahrung mit neuen Technologien zur Gewinnung von Kohlendioxid und Wasser aus der Luft sowie der direkten elektrochemischen Erzeugung von Synthesegas.
- Schaffung der Grundlagen für die spätere Skalierung zu kommerziellen Anlagenkapazitäten.



PTX-DEMONSTRATOR



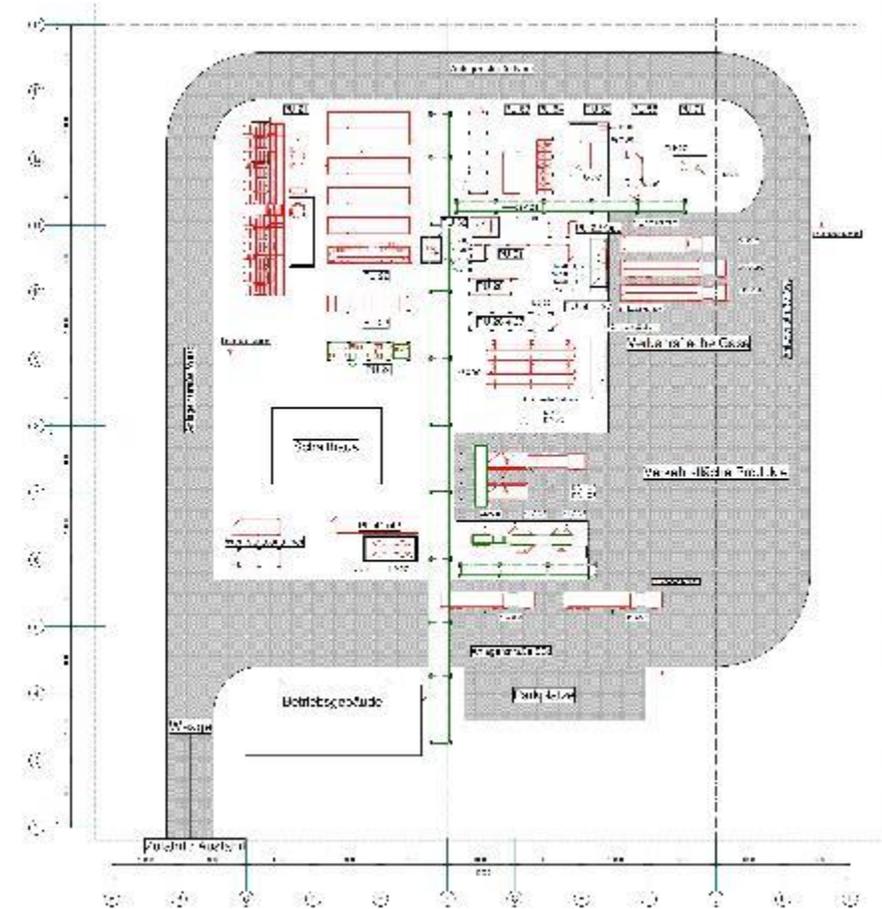
Kohlenstoffwirkungsgrad*	> 99 %
Energ. Wirkungsgrad**	> 72 %
TRL	< 5
e-Kerosin zertifiziert nach	ASTM D7566

* C in synth. Produkten im Verhältnis zum Einsatz

** Energieinhalt in synth. Produkten im Verhältnis zum Energieeintrag

VORTEILE PTX-DEMONSTRATOR

- CO₂ und H₂O aus der Umgebungsluft sowie grüne Elektroenergie sind die einzigen Ausgangsstoffe.
- Erstmalige Verfügbarkeit eines effizienten PtX-Gesamtprozesses zur Herstellung von grünem Wasserstoff, grünem PtL-Kerosin und weiteren grünen Produkten.
- 100 %-ige Klimaneutralität des EDL PtX-Prozesses.

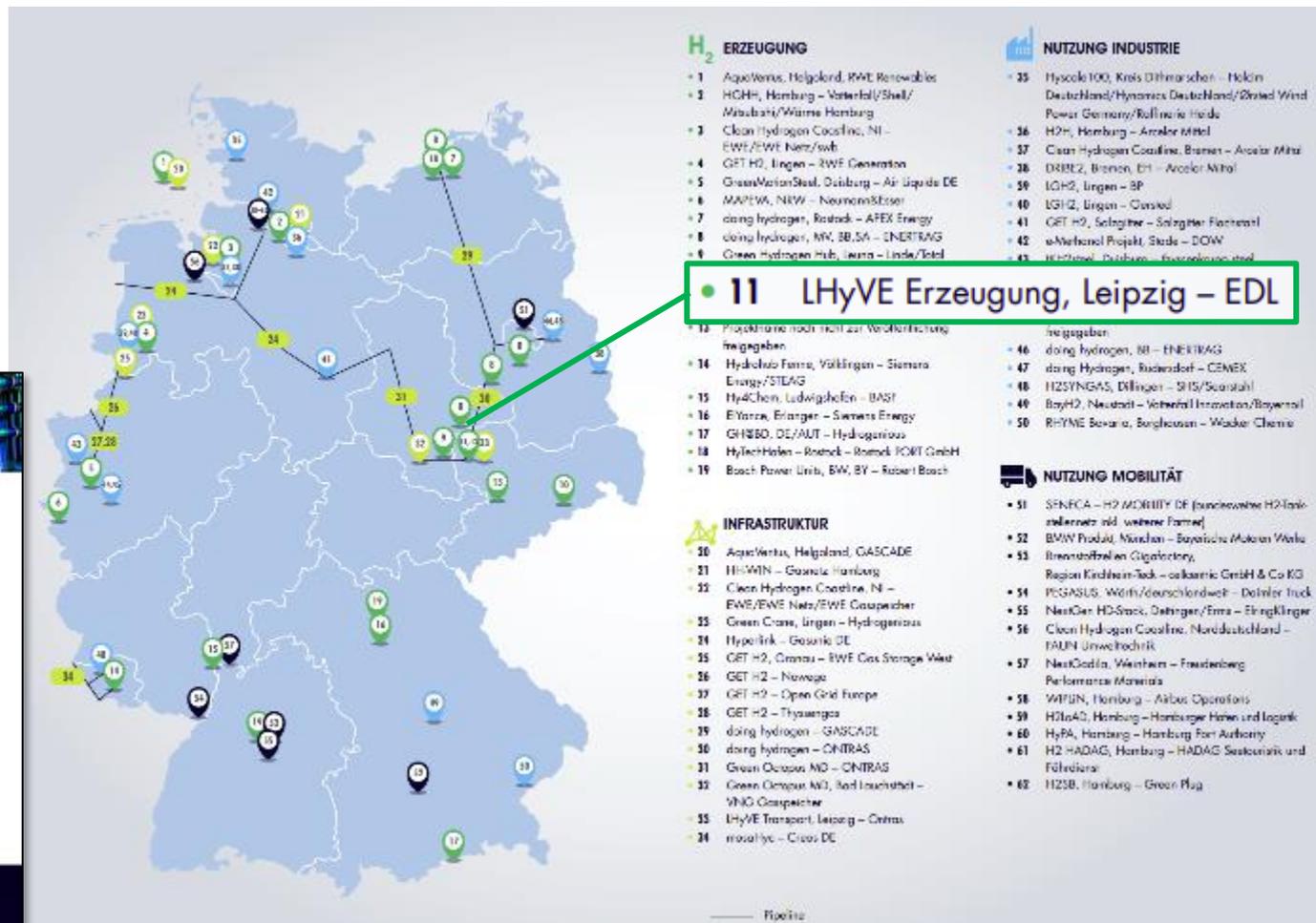


Draufsicht PtX-Anlage

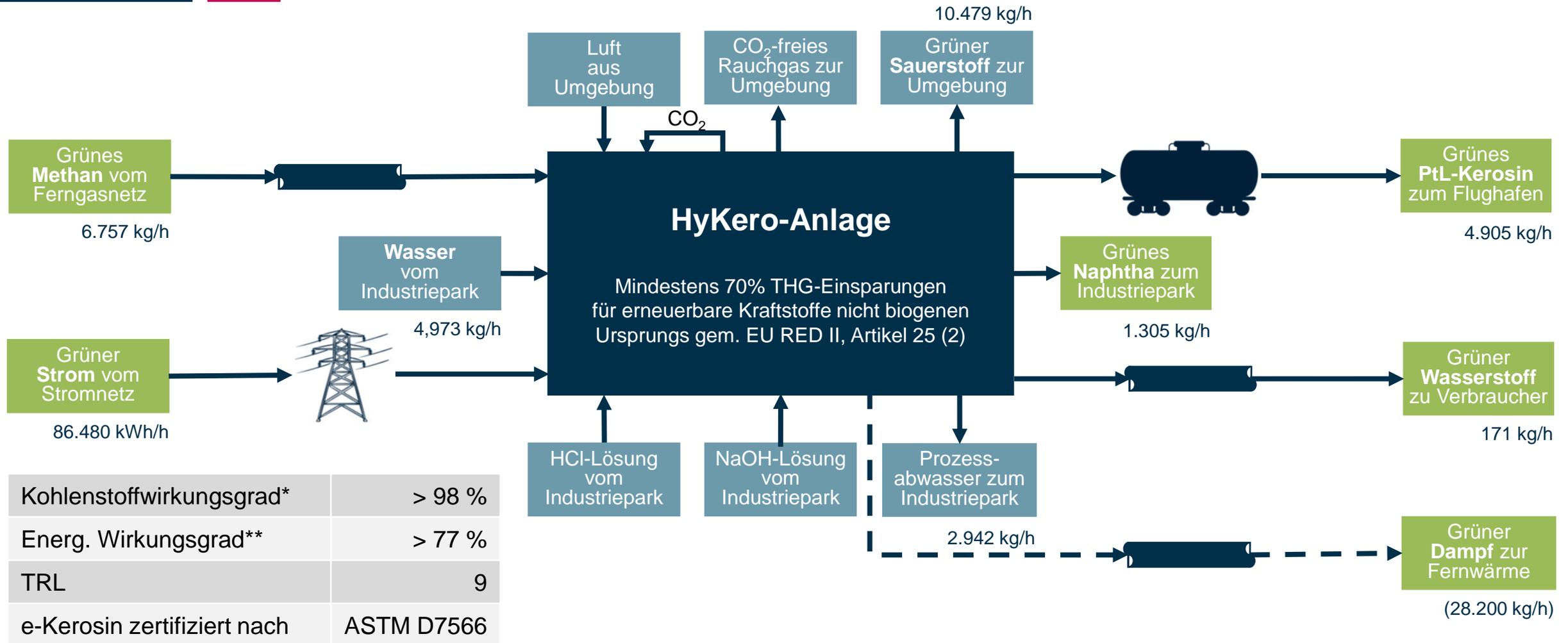
DIE HYKERO-ANLAGE

HYKERO – AUSGEWÄHLT IM IPCEI-WASSERSTOFF-CALL

- HyKero (DE17) ist eines der 62 Wasserstoff-Großprojekte, die im IPCEI-Wasserstoff-Call der Bundesregierung ausgewählt wurden.
- Förderung in Höhe von 8 Mrd. €
- HyKero ist das wichtigste deutsche IPCEI-Projekt zur Herstellung von synthetischem SAF.
- HyKero ist gemeinsam mit L-Gruppe (System) und Ontras (Transport) im LHyVE-Verbund.



HYKERO-ANLAGE



Kohlenstoffwirkungsgrad*	> 98 %
Energ. Wirkungsgrad**	> 77 %
TRL	9
e-Kerosin zertifiziert nach	ASTM D7566

* C in synth. Produkten im Verhältnis zum Einsatz

** Energieinhalt in synth. Produkten im Verhältnis zum Energieeintrag

ECKDATEN HYKERO-ANLAGE

- Grüne Elektroenergie, Wasser und grünes Methan sind die einzigen Ausgangsstoffe.
- Vollintegriertes Anlagendesign für die Herstellung von 41.000 t/a PtL-Kerosin, 11.000 t/a Naphtha und 1.400 t/a Wasserstoff.
- Vollständige Wiederverwendung der Nebenprodukte innerhalb der Anlage garantiert eine CO₂-emissionsfreie Produktion.
- PtL-Kerosin erfüllt internationale Vorschriften (ASTM D7566 A1) als nachhaltiges Drop-in-Kerosin (max. 50 Beimischung).
- Nutzung von PtL-Kerosin erfordert keine Veränderung bei vorhandenen Flugzeugen, Transport und Infrastruktur.
- Fast keine CO₂-Emissionen über den Lebenszyklus der Anlage. Grüne Produkte ermöglichen bis zu 179.000 t/a Einsparung an CO₂-Emissionen im Vergleich zu erdölbasierten Produkten.



STANDORT INDUSTRIEPARK BÖHLEN-LIPPENDORF

Flächenbedarf

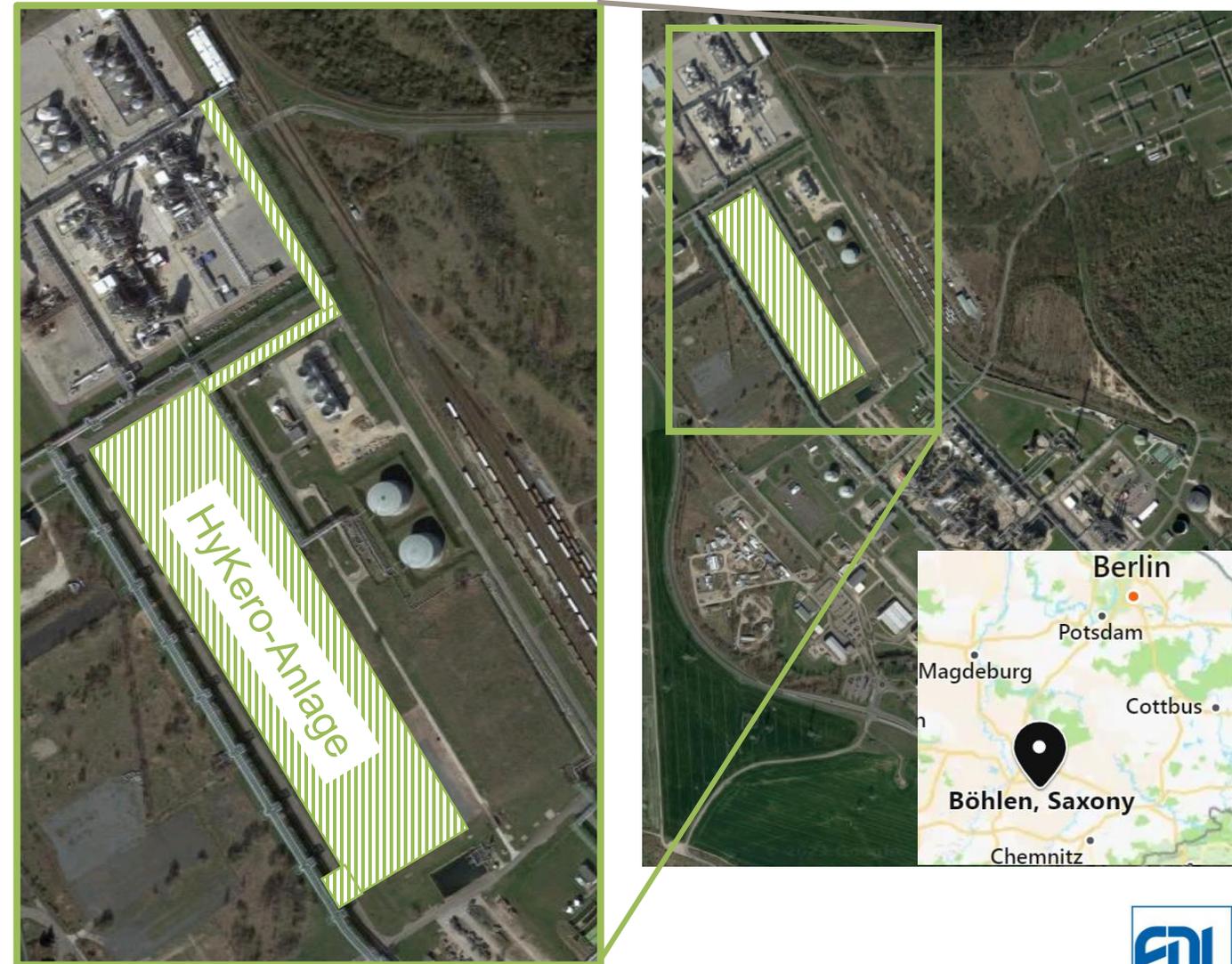
- 58.800 m² (140 x 420 m)

Energiebedarf

- 86,5 MWh/h grüne Elektroenergie
- 6.760 kg/h grünes Methan

Synergien mit dem Industriepark

- Integration in Betriebsmittelsysteme.
- Nutzung der Verladeeinrichtungen.
- Nutzung der Infrastruktur, wie z.B. Transportverbindungen, Brandschutz, medizinische Versorgung, usw..
- Option des Dampfexports für Fernwärmezwecke ist derzeit in Klärung.



RAHMENBEDINGUNGEN FÜR MARKTHOCHLAUF

Der Markthochlauf erfordert klare gesetzliche Grundlage und Rahmenbedingungen

- Rascher Markthochlauf nur bei Einsatz von industriell verfügbaren Technologien möglich.
- Erst mit „Game Changer“ Technologien werden jedoch die Herstellungskosten für grüne Kraftstoffe das Niveau konventioneller Kraftstoffe erreichen.
- Die Gesetzgebung auf EU und nationaler Ebene muss technologieoffen sein und den Einsatz der gesamten Bandbreite an grünen Energie- und Kohlenstoffquellen zulassen.
- Es muss unverzüglich ein Instrumentarium geschaffen werden, wie „Contract for Difference“ zur langfristigen Sicherung von Liefer- und Abnahmeverträgen über mind. 10 Jahre.
- Die Genehmigungsverfahren müssen beschleunigt werden.





VIELEN DANK!



gf@edl.poerner.de



EDL Anlagenbau Gesellschaft mbH

Lindenthaler Hauptstr. 145

04158 Leipzig, Deutschland

Telefon: +49 341 4664-400, Telefax: -409

www.edl.poerner.de