

# **INNOVATIONSHUB FÜR NACHHALTIGE KRAFTSTOFFE UND CHEMISCHE GRUNDSTOFFE**

27. Januar 2021



# Hessen und die Region Rhein-Main

---

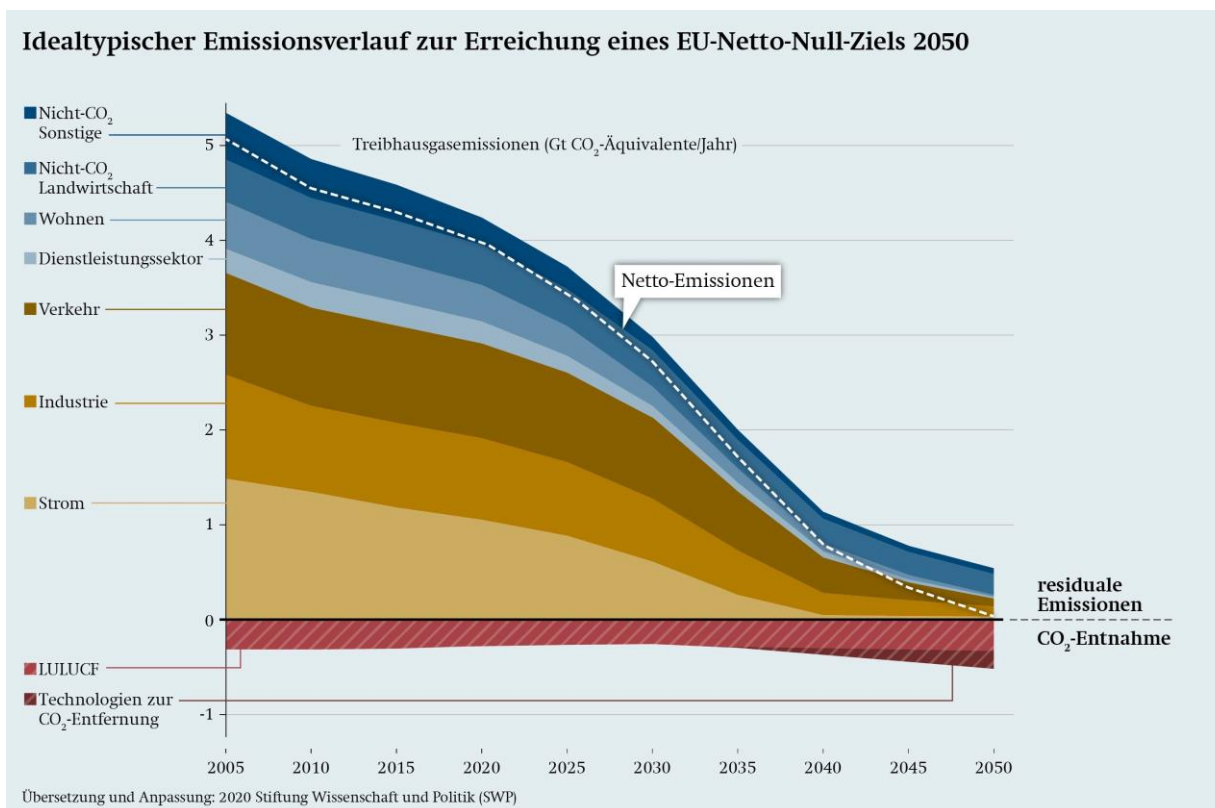


**Hessen und die Region Rhein-Main ist eine wichtige Wirtschafts- und Industrieregion**

- Zentraler deutscher und europäischer Verkehrs- und Logistikknotenpunkt, insbesondere für den Luftverkehr
- Standort für bedeutende Industrie- und Chemiecluster



# Herausforderung bis 2050 CO<sub>2</sub>-neutral zu werden

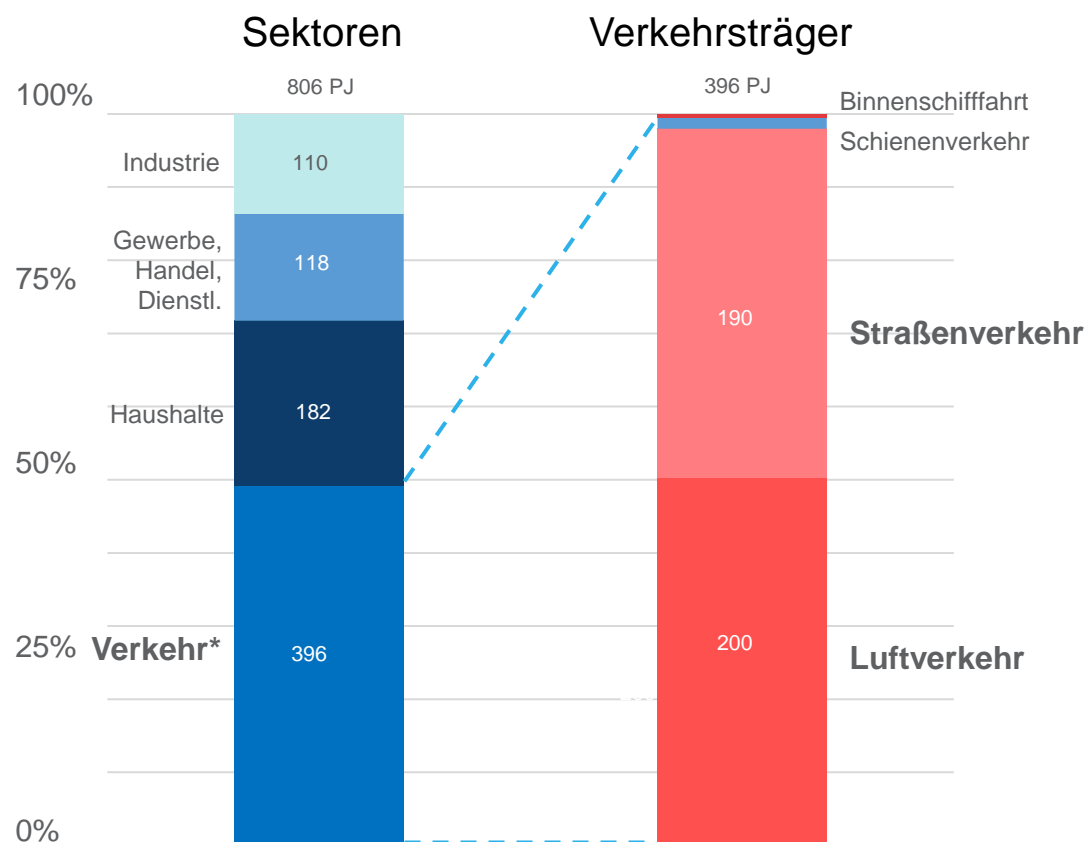


- Transformation der Energieträger zu den jeweils effizientesten Lösungen
- Aufbau und Nutzung von Versorgungsinfrastrukturen
- Entwicklung und Aufbau von Produktionskapazitäten für nicht fossile Energieträger und chemische Grundstoffe
- Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien
- Gestaltung des regulatorischen Rahmens

Quelle: Europäische Kommission, *Ein sauberer Planet für alle. Eine Europäische strategische, langfristige Vision für eine wohlhabende, moderne, wettbewerbsfähige und klimaneutrale Wirtschaft*, KOM(2018) 773, Brüssel, 28.11.2018.

# Rolle des Verkehrssektors

Abbildung: Energieverbrauch in 2019 nach Sektoren und nach Verkehrsträgern (in Petajoule, PJ) in Hessen



Quelle: HSL 2020a, IE-Leipzig 2020; 2019 (p) = Prognose. Energiewende in Hessen. Monitoringbericht 2020. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen.

\*Die hessische CO<sub>2</sub>-Bilanz weist für 2019 einen geringeren Anteil des Verkehrssektors, nämlich 41,1 Prozent aus, weil die Bilanzierungsvorgaben z.B. internationale Verkehre anderen Bilanzierungsebenen zuzuordnen sind.

# Kernelemente für alternative nachhaltige Kraftstoffe

1. **Strom aus erneuerbaren Quellen** - z.B. Windkraft, Photovoltaik, Wasserkraft, Geothermie
2. **Kohlenstoff nicht aus fossilen Energien** - sondern in Form von Kohlendioxid, Kohlenmonoxid oder Methan aus: biogenen Quellen, der Atmosphäre und eingeschränkt aus Industrieprozessen
3. **Wasserstoff** - nachhaltig gewonnen z.B. durch Elektrolyse mit EE Strom



Es dürfen sich keine nachteiligen Effekte auf die Landnutzung, Wassernutzung und die Verwendung von Lebensmittel ergeben.

Negative Auswirkungen auf Biodiversität und Sozialstrukturen sind zu vermeiden.

Häufig verwendete Begriffe sind: “Power to Liquid” (PtL) - aus Strom zu Flüssigkraftstoff; “eFuel” - Kraftstoff aus Strom; “Sustainable Aviation Fuel” (SAF) - nachhaltiger Flugkraftstoff; PBtL - aus Strom und Biogas zu Flüssigkraftstoff



# Einbettung des Themas synthetische Kraftstoffe in Politikstrategien von EU und Bund

---

- **EU sieht „Sustainable Aviation Fuels“ als zentralen Baustein für CO<sub>2</sub> Neutralität im Luftverkehr und hat in 2020 zwei umfangreiche Konsultationsverfahren zur Entwicklung einer entsprechenden Umsetzungsstrategie und flankierenden Instrumenten durchgeführt.**
- **Auch der Bund hat im Klimaschutzfonds sowie der Nationalen Wasserstoffstrategie einen Markthochlauf für synthetische Kraftstoffe im Luftverkehr sowie ggf. Schiffs- oder Schwerlastverkehr vorgesehen und will hierfür beachtliche Fördersummen zur Verfügung stellen [hier werden noch die konkreten Zahlen eingefügt, falls HH Verhandlungen bis dahin verfestigt sind).**
- **Der Gesetzesvorschlag des Bundesumweltministeriums für die Umsetzung der europäischen RED II Richtlinie sieht für das Inverkehrbringen von Kerosin als ersten Meilenstein eine Quote für synthetische Kraftstoffe von 2% in 2030 vor.**



# Strategische Ziele für die Produktion und den Einsatz von nachhaltigen synthetischen Kraftstoffen (1)

---

- Aufgrund der hohen Mengenbedarfe in Sektoren, für die technisch keine anderen Optionen verfügbar sind und aufgrund des hohen Bedarfs an Energie, der zugeführt werden muss (Strom aus EE Quellen oder bspw. Methan aus Biomasse), sollte sich der Einsatz von synthetischen Kraftstoffen auf Anwendungsbereiche konzentrieren, die über keine energie- und Ressourcen-effizientere Alternativen verfügen.
- Es gibt nicht den einen „Königsweg“. Vielmehr sollten verschiedene Konzepte entwickelt, erprobt und in marktfähige Anwendungen überführt werden. Dabei spielen sowohl großmaßstäbliche Anlagen in Regionen mit hohem Potenzial für einen Ausbau von EE eine Rolle, als auch dezentrale und modulare Anlagenkonzepte, die standortangepasst z.B. an biogenen CO<sub>2</sub> oder Methanquellen angesiedelt werden.
- Zur Zeit können „Power to Liquid“ Kerosine je nach Produktionsverfahren bis zu einem Anteil von 50% fossilem Kerosin beigemischt werden. Darüber hinaus gehende Anteile bedürfen einer weitergehenden Zertifizierung durch die entsprechenden Organisationen.



## Strategische Ziele für die Produktion und den Einsatz von nachhaltigen synthetischen Kraftstoffen (2)

---

- Im Industriepark Höchst können technologieoffen verschiedene Wege zur Herstellung von nachhaltigen synthetischen Kraftstoffen und Chemikalien vom Labor- über den Pilotmaßstab bis zur Produktion beschritten werden.
- Dies kann über verschiedene, finanziell und organisatorisch getrennte Projekte mit unterschiedlichen Fördergebern erfolgen. Gleichwohl können bei der Infrastruktur und bei der Auswertung von Erkenntnissen Synergien geschaffen werden.
- Es gibt Projekte in unterschiedlichen Planungsstadien, diese hängen aufgrund der hohen Investitions- und Betriebskosten von der erfolgreichen Einwerbung der auf Landes-/Bundes- EU-Ebene vorgesehenen Fördermittel ab.
- Das Land zielt auf einen schnellstmöglichen Einstieg in erste Produktionskapazitäten für den Luftverkehr am Standort Höchst. Im Vergleich zu angedachten Projekten anderer Länder sind die Planungen weit fortgeschritten.
- Diese Kraftstoffe sollen einen wichtigen Beitrag zur erfolgreichen Zukunftsentwicklung des Flughafen Frankfurt und seiner wichtigsten Carrier liefern. Wir stehen bei den vom CENA vorangetriebenen Projekten in enger Abstimmung mit diesen Unternehmen.





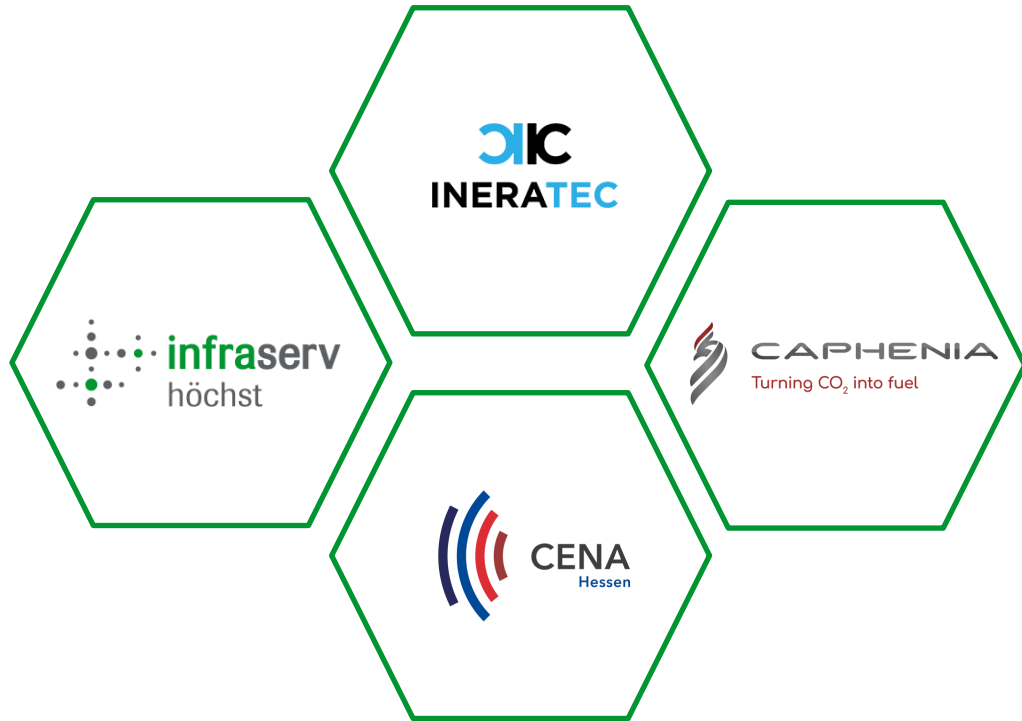
## Nachhaltige synthetische Kraftstoffe – Beitrag zu anderen Umweltzielen – Verbleibende Anforderungen beim Klimaschutz

---

- Der Einsatz von synthetischen Kraftstoffen führt zu emissionsärmeren Verbrennungsprozessen. Im fossilen Kerosin sind nach wie vor vergleichsweise hohe Schwefelanteile und andere Fremdstoffe. Dadurch entstehen Luftschadstoffe sowie ultrafeine Partikel. Synthetische Kraftstoffe sind reiner, sie benötigen allenfalls aus technischen Gründen Zugaben bestimmter Stoffe, z.B. Aromaten.
- Allerdings behebt der Einsatz von PtL im Luftverkehr nicht alle Klimaeffekte, da klimaschädliche Effekte auch durch sog. „Nicht-CO<sub>2</sub> Effekte“ entstehen. Diese werden nach heutigem Stand der Forschung voraussichtlich durch synthetische Kraftstoffe etwas verringert, aber nicht eliminiert.
- Deshalb bleibt für die Verkehrswende und Einhaltung der Klimaschutzziele wichtig, dass soweit möglich, Luftverkehr auf andere Verkehrsträger verlagert wird, v.a. Kurzstrecken. Ebenso wird entscheidend sein, moderne, treibstoffsparende und emissionsarme Flugzeuge einzusetzen. PtL wird perspektivisch also vor allem für Langstreckenflüge benötigt werden.

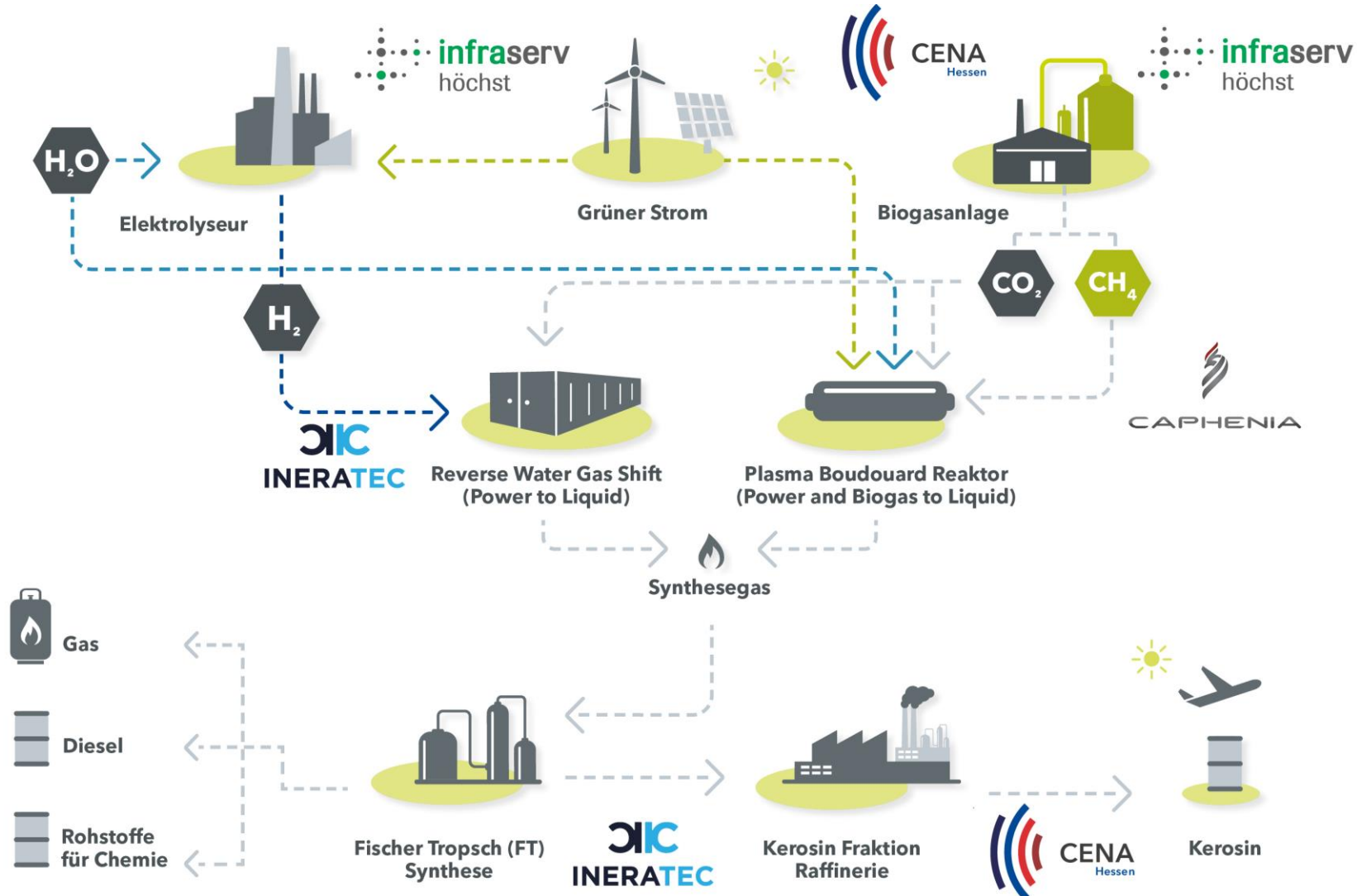
# Gemeinsame Zielsetzung der Partner zur Nachhaltigkeit: Herstellung nachhaltiger synthetischer Kraftstoffe und Chemikalien im Industriepark Höchst

Der Innovationshub für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Wirtschaft und Mobilität



# DER INDUSTRIEPARK HÖCHST ALS PLATTFORM FÜR WEITERE ENTWICKLUNGEN

# Prinzip der Produktion von nachhaltigen synthetischen Kraftstoffen im Industriepark





# Der Industriepark Höchst als Innovationshub: Vom Labor über die Pilotierung bis zur Produktion

## Der Industriepark Höchst

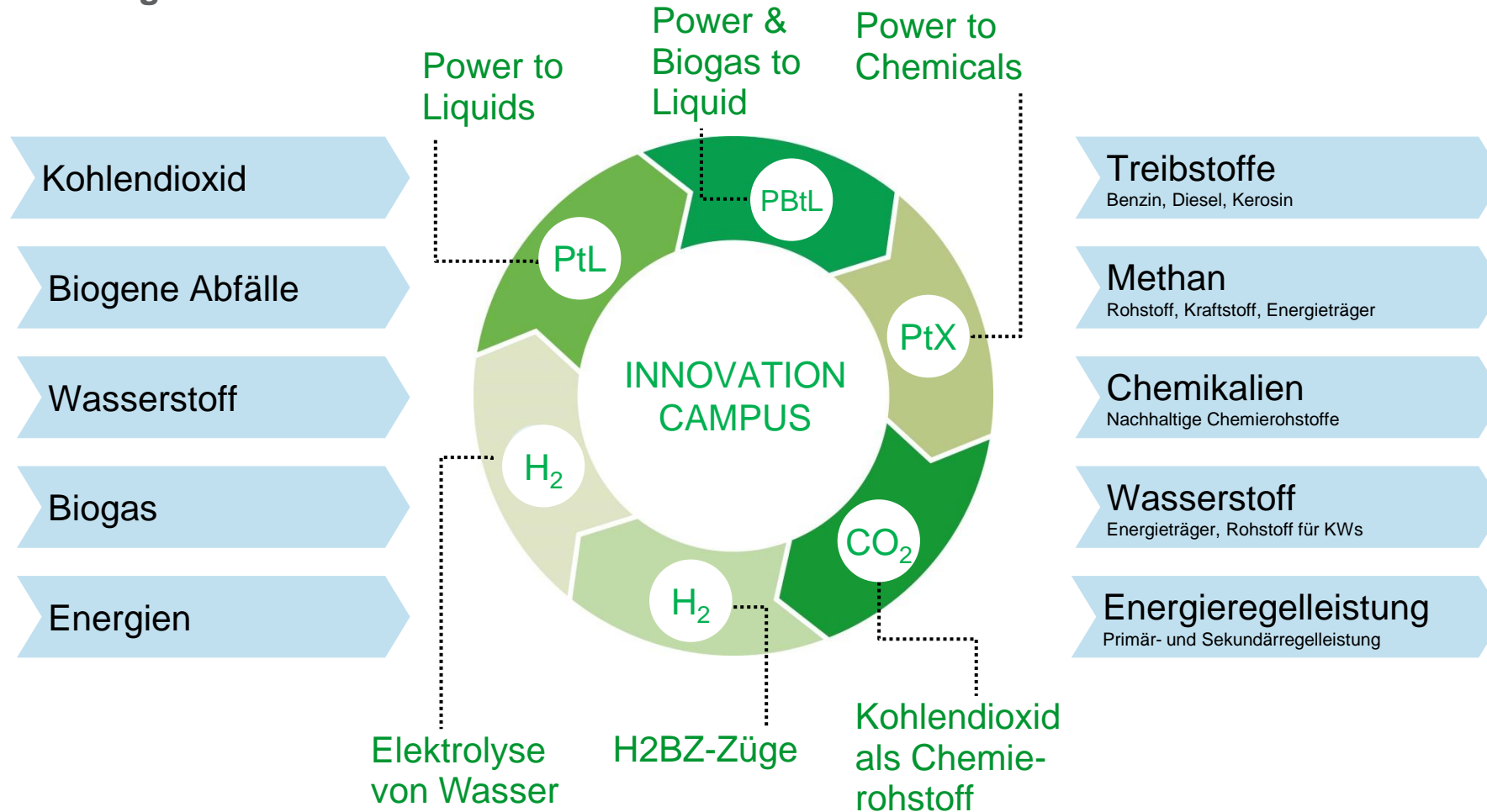
- Zentrale Lage in Deutschland und Europa mit exzellenter Anbindung an Straße, Schiene, Wasserwege und Luftverkehr
- Labore
- Infrastruktur für Pilot- und Produktionsanlagen
- Versorgung mit Energien, Medien und Entsorgung von Rückständen
- Verfügbarkeit von Wasserstoff, Kohlenstoffdioxid, Biogas und Biomethan

Der Industriepark Höchst entwickelt sich als Pionierstandort in Deutschland für Innovationen mit dem Ziel CO<sub>2</sub> Neutralität in Industrie und Verkehr



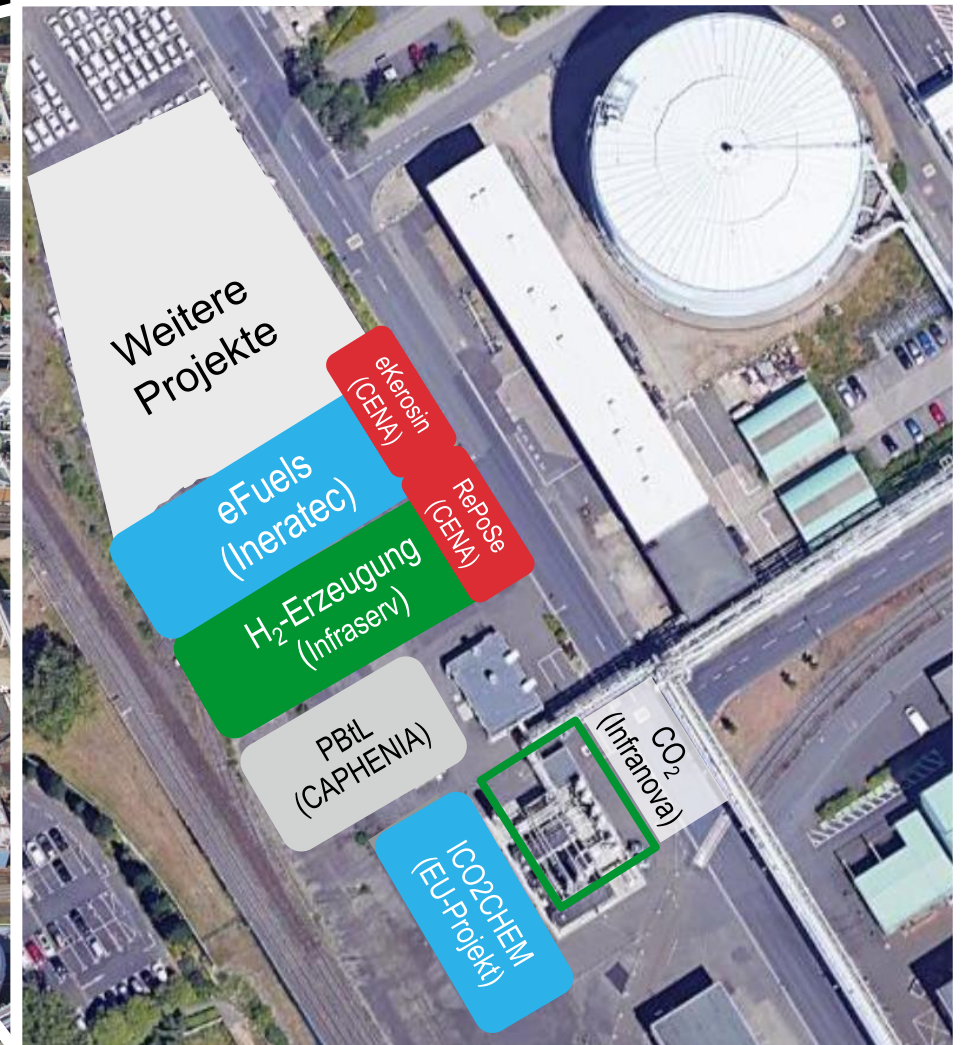
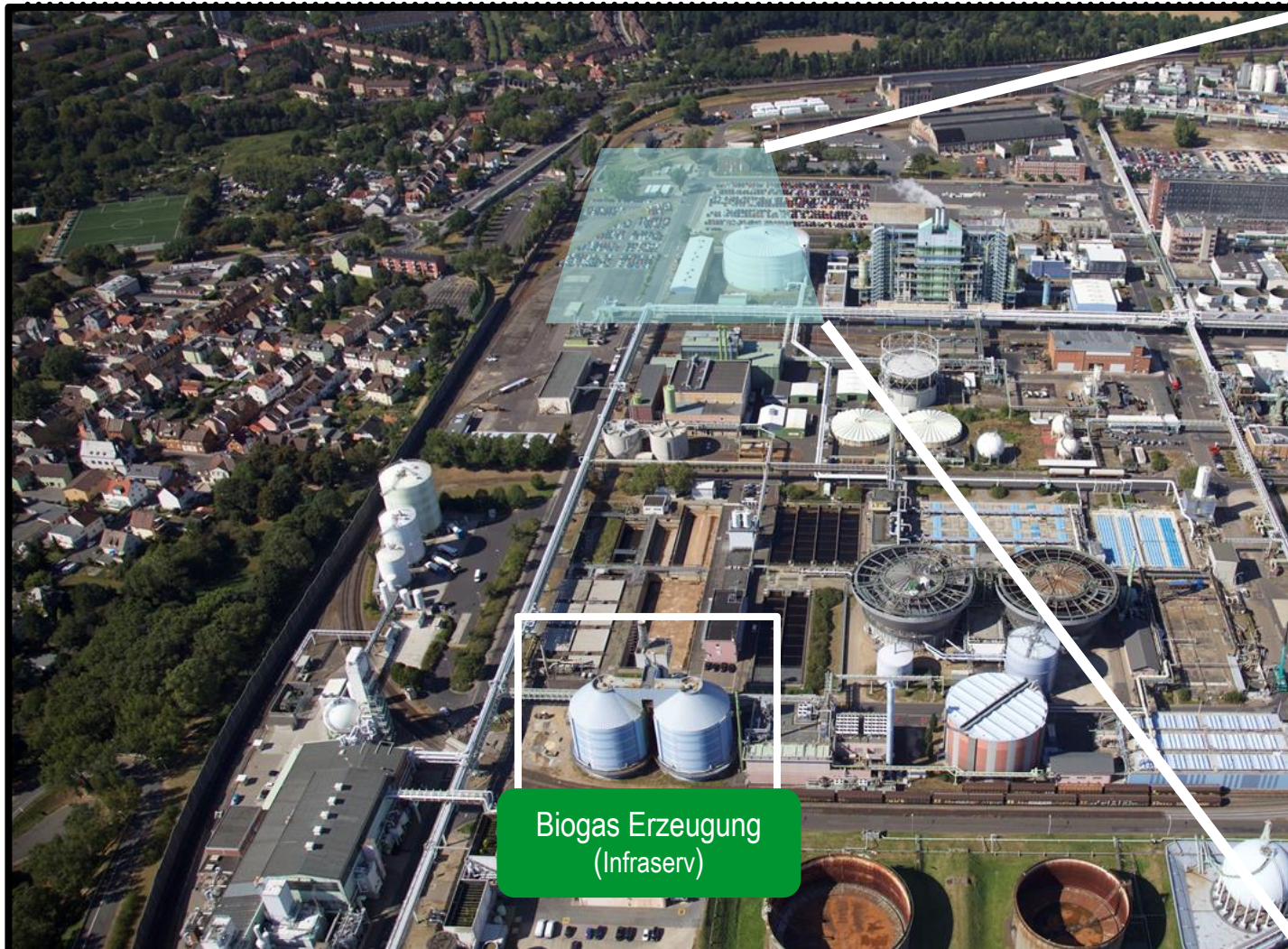
# Der Industriepark kann wesentliche nachhaltige Ausgangsstoffe bereitstellen

## Innovativ & Nachhaltig



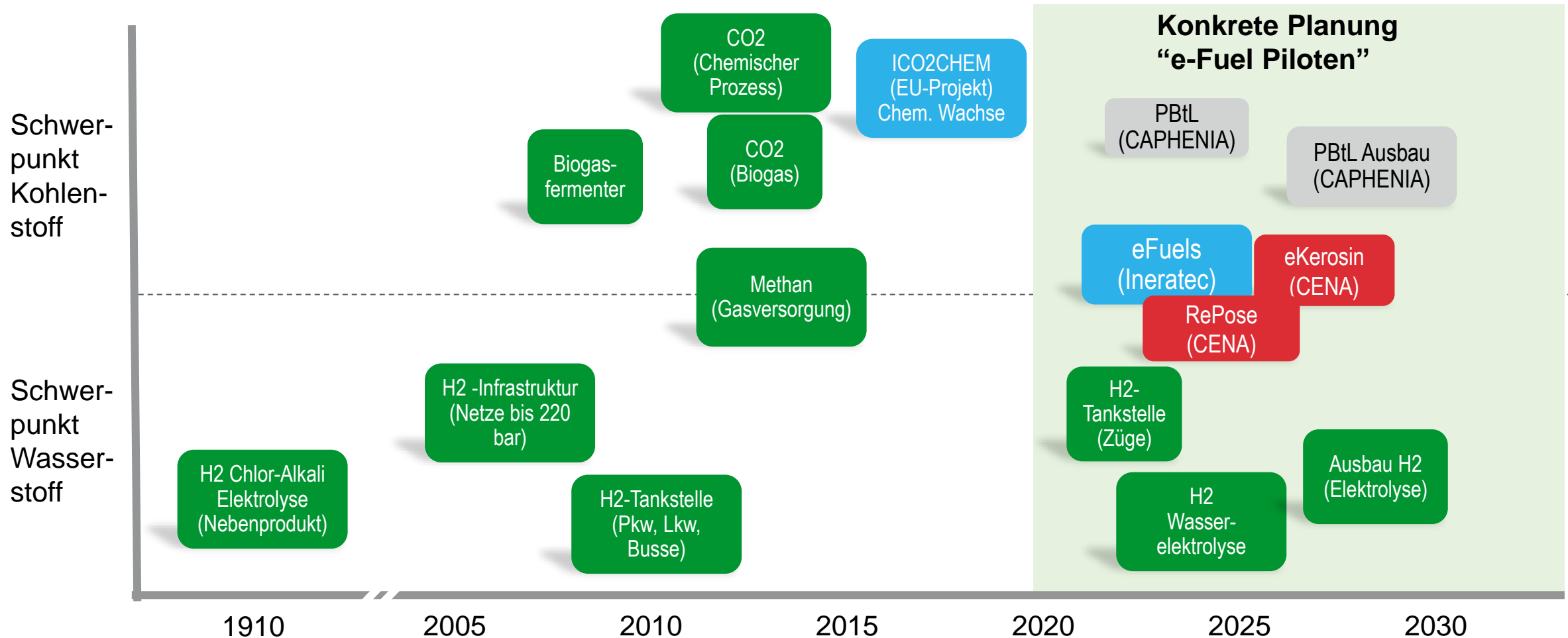


# Der Industriepark Höchst als Technologie-offenes Innovationshub: Pilotierung und Produktion





# Industriepark Höchst ROAD MAP: Startpunkte zu neuen Kraftstoffen





# INERATEC

SUSTAINABLE, AFFORDABLE FUELS & MATERIALS FOR EVERYONE

# PTL PIONIERANLAGE

WELTWEIT ERSTE INDUSTRIELLE ANLAGE

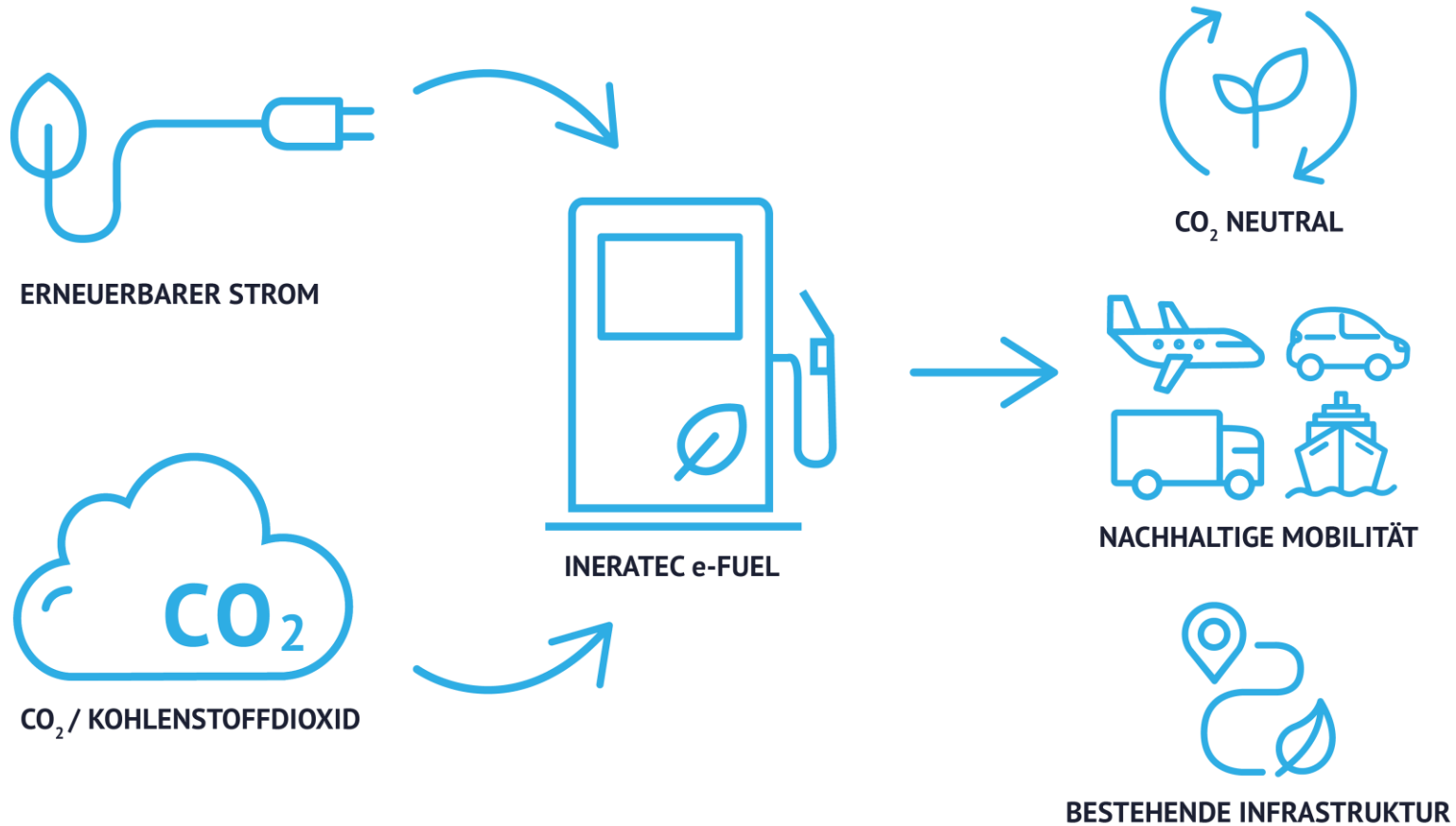
INERATEC PLANT DERZEIT EINE INDUSTRIELLE **POWER-TO-LIQUID PIONIERANLAGE**, DIE AUS RECYCLETEM BIOGENEN CO<sub>2</sub> JÄHRLICH BIS ZU 3500 TONNEN KLIMANEUTRALE E-FUELS PRODUZIEREN WIRD.

*STANDORT AM INDUSTRIEPARK HÖCHST, FRANKFURT AM MAIN*



# INERATEC E-FUELS

NACHHALTIGE, SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE



# ECKDATEN

INERATEC E-FUELS & E-CHEMICALS

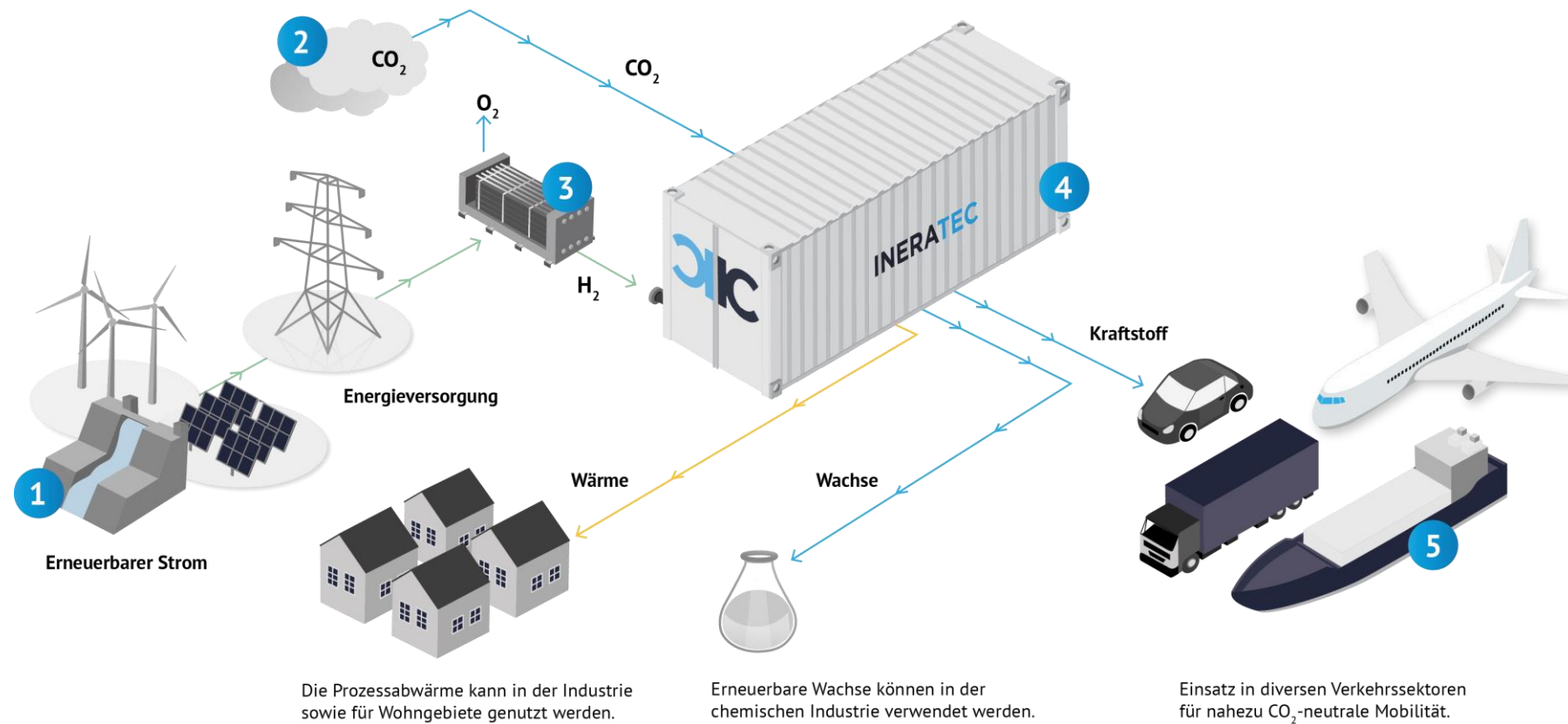
---

- > In der Pionieranlage wird eine Bandbreite synthetischer Kohlenwasserstoffe produziert
- > Die E-Fuels und e-Chemicals lassen sich aufschlüsseln in:
  - > sauberen Diesel in Drop-in Qualität
  - > Naphtha & Wachs, die zu Benzin und Kerosin sowie chemischen Produkten veredelt werden können
- > Insbesondere das nachhaltige E-Kerosin gilt in der Flugindustrie als vielversprechende Lösung für den Klimaschutz



# POWER-TO-LIQUID

## ANWENDUNGSKONZEPT INERATEC



**1 ERNEUERBARER STROM**  
Regenerativer Strom wird aus erneuerbaren Quellen gewonnen.

**2 KOHLENSTOFFDIOXID**  
CO<sub>2</sub> wird aus einer Biogasanlage im Industriepark gewonnen.

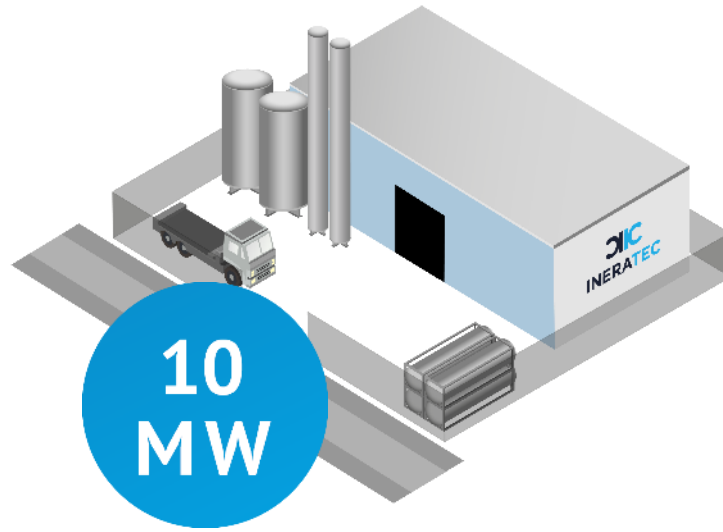
**3 ELEKTROLYSE**  
Wasser wird mittels Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten, letzterer wird in die Umgebungsluft abgegeben.

**4 SYNTHESE**  
Aus CO<sub>2</sub> und Wasserstoff werden in einer zweistufigen chemischen Synthese Kohlenwasserstoffketten gebildet.

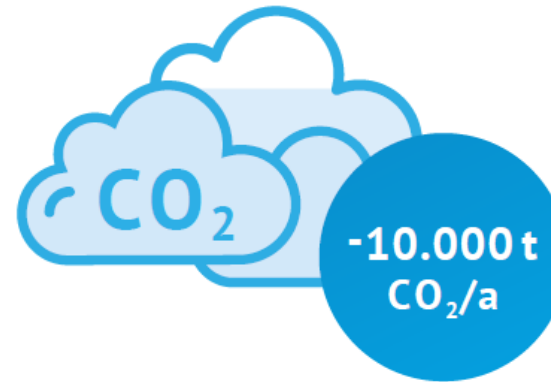
**5 ENDPRODUKTE**  
Endprodukte sind kompatibel mit der bestehenden Infrastruktur sowie Motorentechnologie und ersetzen fossile Kraftstoffe.

# Kapazität

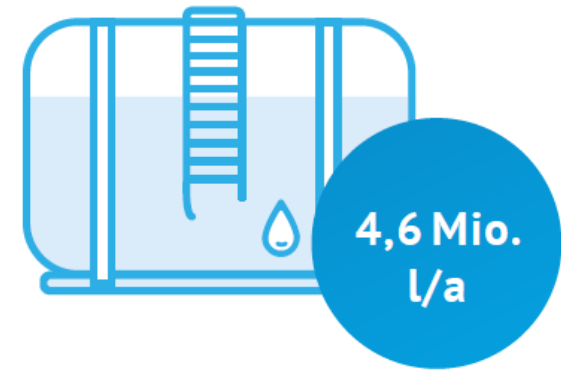
## Geplanter Input und Output der Fischer-Tropsch-Synthese



**10 MW Grünstrominput**



**10.000 Tonnen CO<sub>2</sub> Recycling**



**4,6 Millionen Liter e-Fuel**

- Baubeginn voraussichtlich Mitte 2021
- Auslieferungsstart der ersten e-Fuels voraussichtlich im zweiten Halbjahr 2022
- Bis zu 30 Mio. € Investment von INERATEC

# ECKDATEN

PTL PIONIERANLAGE

---

- > Industrielle Power-to-Liquid Pionieranlage in Deutschland am Industriepark Höchst
- > Wichtiger Schritt für die Einführung nachhaltiger, synthetischer Kraftstoffe
- > Baubeginn voraussichtlich Mitte 2021
- > Auslieferungsstart der e-Fuels voraussichtlich im zweiten Halbjahr 2022
- > Produktion von bis zu 3500 Tonnen INERATEC e-Fuels und e-Chemicals jährlich
- > Ausgangsstoffe sind CO<sub>2</sub> aus einer Biogasanlage sowie Wasserstoff aus erneuerbarem Netzstrom
- > Die Pionieranlage wird die weltweit größte ihrer Art sein und als Wegbereiter für weitere PtL-Projekte von INERATEC dienen
- > Bis zu 30 Mio. € Investment von INERATEC

# CALL TO ACTION

PIONIER WERDEN

---



- > INERATEC will die nachhaltige Zukunft aktiv mitgestalten
- > Dabei werden e-Fuels und e-Chemicals eine zentrale Rolle spielen
- > Nicht nur für die Flugindustrie, sondern auch im Automobilsektor und der chemischen Industrie
- > Eine nachhaltige Zukunft muss technologieoffen gestaltet werden
- > In Europa sind derzeit die Weltmarktführer im Bereich Power-to-X aktiv
- > Diese Vorreiterrolle soll ausgebaut werden, daher investiert INERATEC in eine Pionieranlage
- > Mit Partnern wollen wir e-Fuels und e-Chemicals in den Markt bringen
- > Mit jedem Liter Kraftstoff ersetzen wir ab der Inbetriebnahme einen Liter fossilen Kraftstoff
- > INERATEC freut sich über weitere Partner für die Kraftstoffabnahme, auch für Folgeprojekte



CAPHENIA



CAPHENIA

Turning CO<sub>2</sub> into fuel

# Power-and-Biogas-to-Liquid

Eine neue Kraftstoffroute

## PBtL

CAPHENIA GMBH  
House of Logistics and Mobility (HOLM)  
Bessie-Coleman-Straße 7  
60549 Frankfurt am Main  
[www.CAPHENIA.com](http://www.CAPHENIA.com)

# PBtL bietet Optionen für Luft- und Schwerlastverkehr

Die neue Technologie überwindet bestehende strukturellen Hürden

## Chance

**Synthetische Kraftstoffe**  
aus erneuerbaren Energien  
oder fortschrittlicher  
Biomasse, sind der

Schlüssel zur Senkung von  
CO<sub>2</sub>-Emissionen

in der Luftfahrt, sowie im  
Schwerlastverkehr

## Herausforderung

Es gibt mehrere  
technologische Ansätze  
zur Herstellung von reFuels.  
Aktuell stoßen aber alle auf  
Hemmnisse:

Feedstock Limitierung,  
EE Verfügbarkeit  
Skalierungsprobleme, ...

Es gibt momentan keinen  
Königsweg

## Unser Beitrag

(1) Wir schaffen eine neue  
Kraftstoffroute:  
PBtL

(2) Wir erschließen einen  
Hybrid-Ansatz und  
nutzen zusätzlich Biogas  
als Rohstoffquelle

(3) Dadurch senken wir den  
Bedarf an EE-Strom

# Mit PBtL/PtL können hohe CO<sub>2</sub>-Einsparungen erreicht werden

Ergebnisse einer Well-to-Wheel-Analyse der Technischen Universität Hamburg (TUHH)

„Ein Power-and-Biogas-to-Liquid“ Verfahren weist einen extrem niedrigen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck auf und führt zu **CO<sub>2</sub>-Einsparungen von 91%** gegenüber der fossilen Referenz.

Die PBtL/PtL Verfahren führen nochmals zu einer deutlichen Verbesserung gegenüber HEFA.

(1) EU-Referenz (Renewable Energy Directive, RED II)

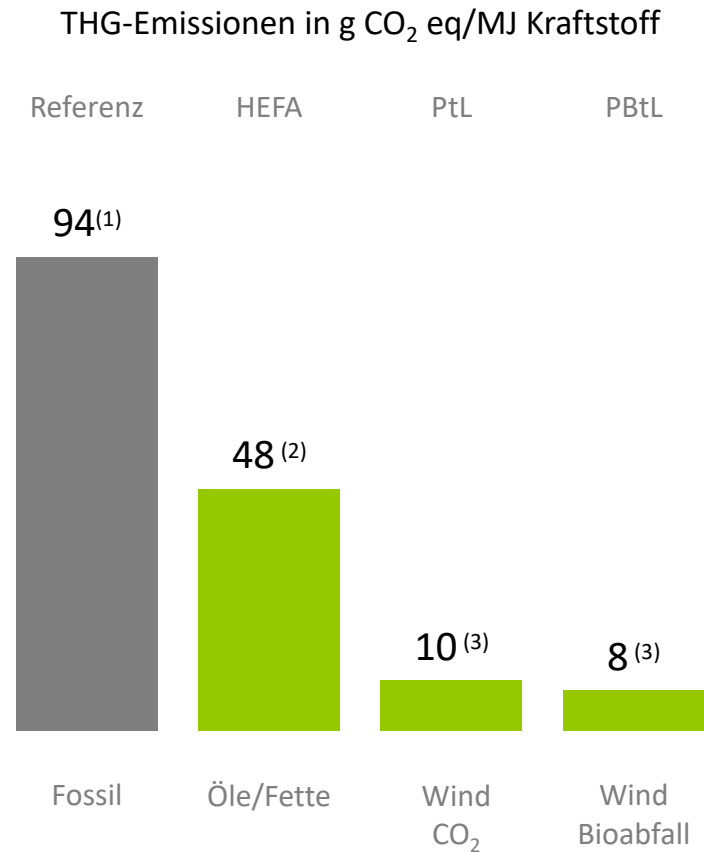
(2) Quelle: NESTE (Conwave/Eucar WTW 2004, IFEU), Mittelwert

(3) Quelle: TUHH Studie (2020)

HEFA Hydroprocessed Esters and Fatty Acids

PtL Power-to-Liquid

PBtL Power-and-Biomass-to-Liquid







Innovationshub  
Nachhaltige Kraftstoffe  
Chemische Grundstoffe

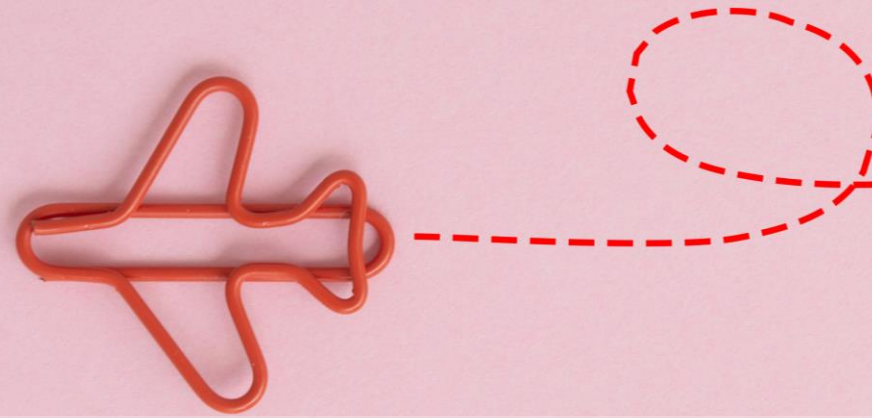
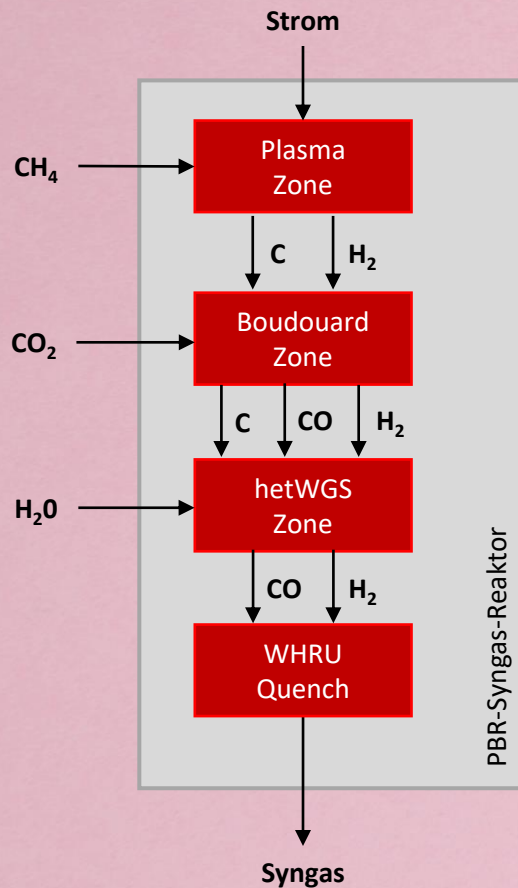


Klimafreundliche Produktion  
der Plattformchemikalie

Syngas

- 1 CAPHENIA Syngas-Anlage
- 2 Biogasaufbereitung
- 3 Fermenter





## Wir denken Synthesegas neu

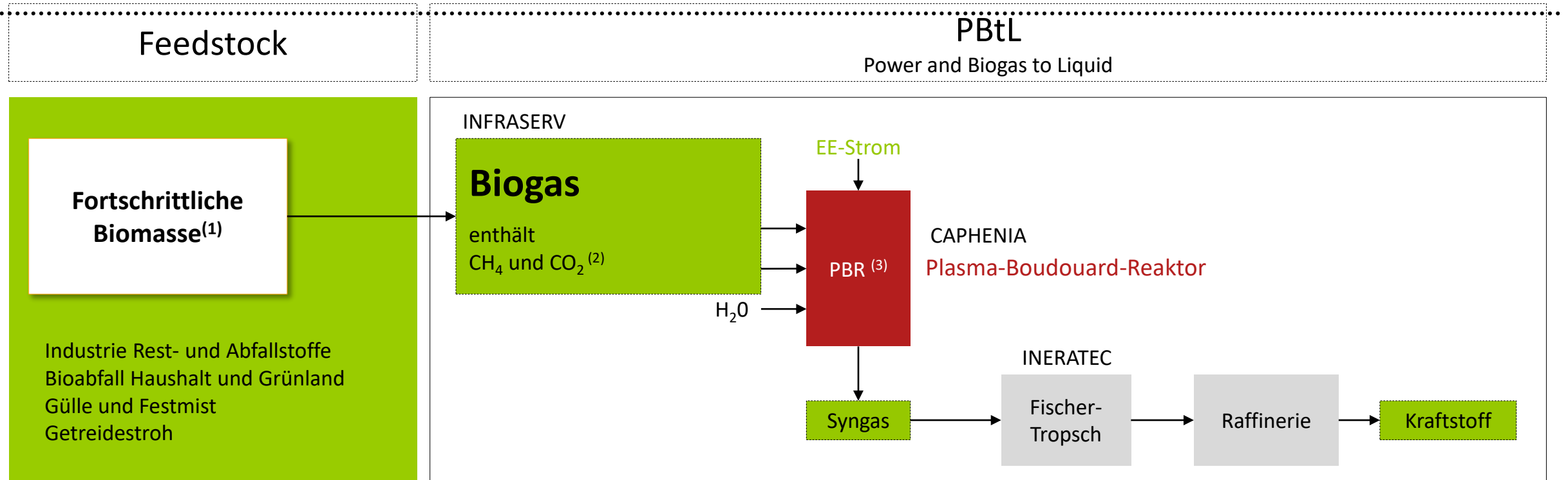
Durch Kombination von bestehenden Prozessen entsteht ein neues Verfahren, das durch die Erweiterung der Feedstock-Basis, sowie durch eine hohe Effizienz den Strombedarf senkt

Sustainable. Affordable. Scalable.



# Eine neue Kraftstoffroute mit großen Potentialen: Der PBtL-Prozess

Die Hälfte des in Deutschland getankten Kerosins könnte über PBtL bereitgestellt werden



Biomethanpotential



**5,575 Mio. Tonnen<sup>(4)</sup>**

Mobilisierbares Potenzial

(1) Fortschrittliche Biomasse nach RED II; keine nachwachsenden Rohstoffe

(2) Das CO<sub>2</sub> in Roh-Biogas wird sonst abgeschieden und in die Atmosphäre entlassen

(3) Plasma Boudouard Reaktor (CAPHENIA Technologie)

(4) Quelle: Fraunhofer, TUHH, IREES: Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener Kraftstoffarten, 2019; berücksichtigt sind mobilisierbare Potentiale der Biogas-Produktion in Deutschland

(5) Aus 1 Tonne Methan kann 1,107 Tonnen Kraftstoff hergestellt werden

Kraftstoff Potential

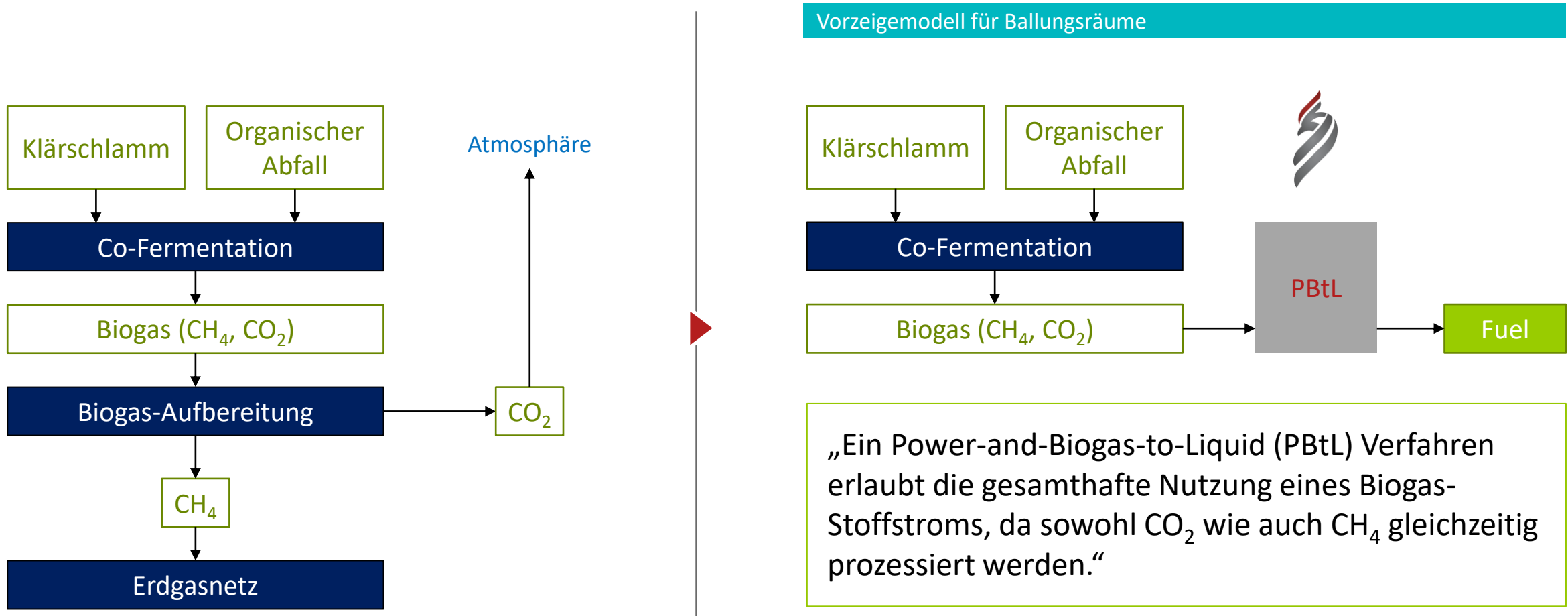
**6,174 Mio. Tonnen<sup>(5)</sup>**

Kraftstoffproduktion

auf Basis des PBtL-Verfahrens

# Biogas ist der ideale Rohstoff für einen PBR-Synthesegas-Reaktor

Diese Kombination ermöglicht eine systemische Verbesserung von Biogasanlagen





# PBtL Power-and-Biogas-to-Liquid



Sustainable.

Affordable.

Scalable.



**CAPHENIA**

Turning CO<sub>2</sub> into fuel

House of Logistics and Mobility (HOLM)

Bessie-Coleman-Straße 7

60549 Frankfurt am Main

[www.CAPHENIA.com](http://www.CAPHENIA.com)

CENA HESSEN –

CENTRE OF COMPETENCE

CLIMATE, ENVIRONMENT AND NOISE PROTECTION IN AVIATION



## PTL PRODUKTION HERAUSFORDERUNG:

- Schlüsselfaktor für Nachhaltigkeit von PtL ist die Herkunft des elektrischen Stroms.
- Nachhaltigkeit ist nur bei Verwendung regenerativer Energie erreichbar - überwiegend Wind- und Solarstrom.
- Regenerativer Energie ist nicht ständig verfügbar (Windstillstand, Nacht), nur begrenzt prognostizierbar.

## IMPLIKATIONEN:

- Notwendigkeit des Ausgleichs der schwankenden Stromverfügbarkeit
- Flexible Variation der Elektrolyse durch Einsatz von PEM-Elektrolyseuren
- Abpufferung durch Speicherung des produzierten Wasserstoffs
- Flexibilisierung der FT-Synthese

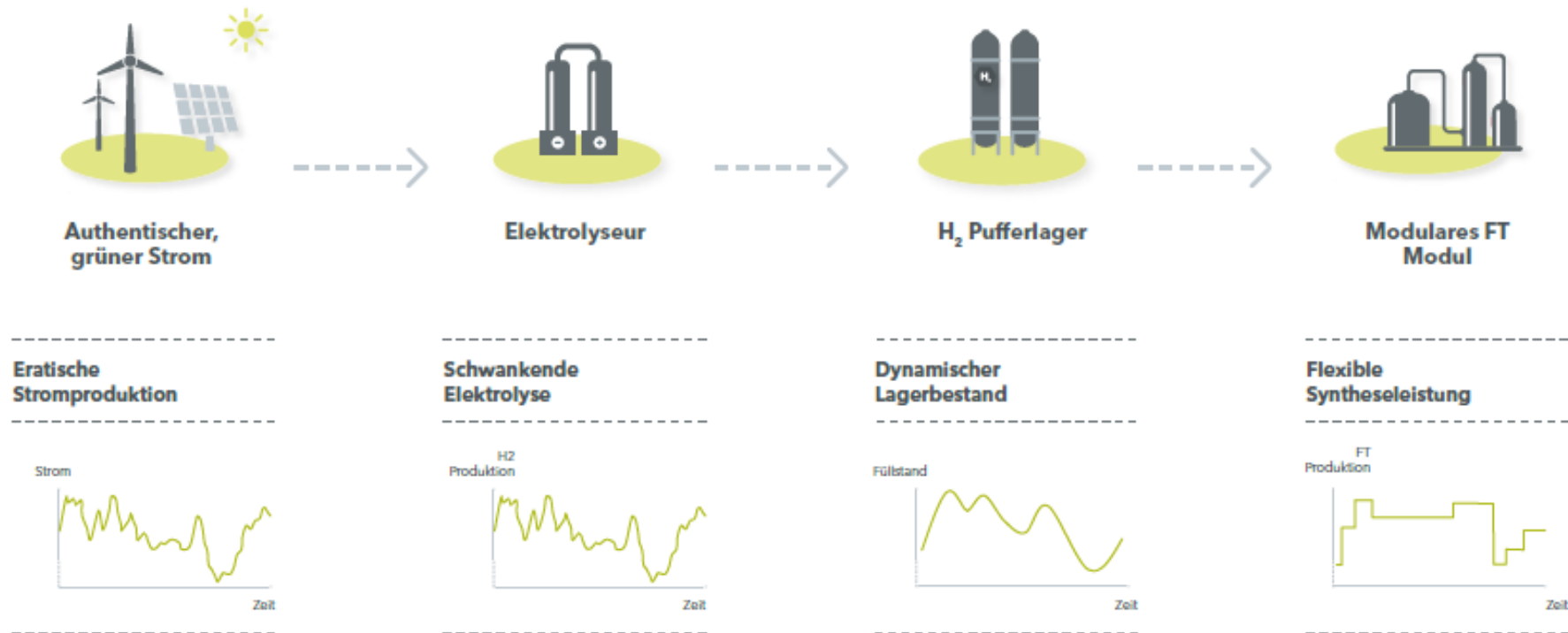
## STATUS:

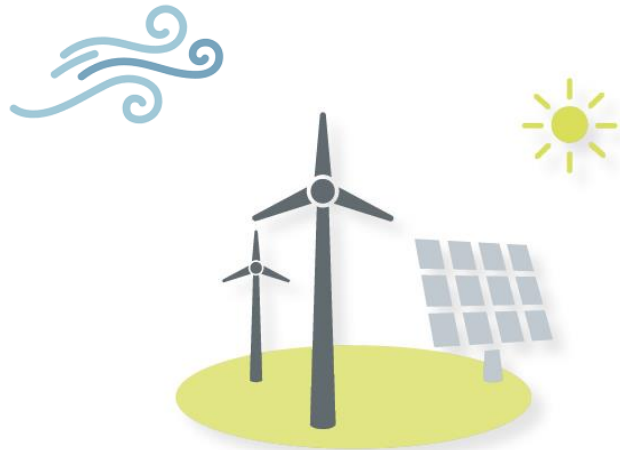
- Theoretisch bekannt, aber bisher nicht großtechnisch erprobt

# CENA RePoSe\* „Realtime Power Supply eFuel“

## LÖSUNGSANSATZ:

Praktische Erprobung der PtL-Produktion bei variabler Stromversorgung durch Hessisches Kompetenzzentrum CENA





### TECHNOLOGIE:

- Einsatz von schwankungstoleranten PEM-Elektrolyseuren
- Einrichtung eines Pufferlagers für Wasserstoff
- Flexibilisierung der Fischer Tropsch Produktion über modulare Ineratec-Anlage

### FRAGESTELLUNGEN U.A. :

- Optimale relative Dimensionierung der Prozesskomponenten (Stromerzeugung, Elektrolyse, Wasserstofflagerung, Synthese)
- Koordination von Stromverfügbarkeit und Steuerung der Elektrolyse
- Entwicklung von Stromprognosemodellen; Auswirkung auf Netzdienlichkeit
- Auswirkungen von Lastschwankungen auf Standfestigkeit und Lebensdauer der Katalysatoren und der Anlagen
- Auswirkungen auf Produktionskosten

### FÖRDERUNG:

- Eigenes und abgegrenztes Projekt zur Forschung
- Umsetzung vorbehaltlich der Förderung durch den Bund
- Einhaltung der Nachhaltigkeitskriterien

# CENA Ausbau Kerosin Produktion „verstärkte Produktion und Absatz für den Luftverkehr“



**Kerosin**

- Über Forschungsmodul hinaus ist der verstärkte Fokus auf den Luftverkehr geplant:
  - Produktion über zusätzliche INERATEC Fischer Tropsch Anlage ab 2023 von ca. 1.000 Tonnen Kerosin p.a.
  - Aufbereitung der notwendigen Fischer Tropsch Produkte über geeignete Raffinerie und entsprechende Logistik
  - Idealerweise direkter Einsatz des nachhaltigen Kerosins in Flughafen Frankfurt
  - Verstärkte Vermarktungsanstrengungen über Airline Partner und Kompensationsmodell
- Voraussetzung der Umsetzung ist die Einwerbung von Fördermittel zum PtL Hochlauf für Kerosin

# **INNOVATIONSHUB FÜR NACHHALTIGE KRAFTSTOFFE UND CHEMISCHE GRUNDSTOFFE**

27. Januar 2021