

# FFR CONVENT

## SUSTAINABLE AVIATION FUELS PTL DEMOANLAGE IN HESSEN

2021 © Globe 1850-2018 Graphics and lead scientist: Ed Hawkins  
Data: Berkeley Earth, NOAA, UK Met Office, MeteoSwiss, DWD

CENA Hessen  
Centre of Competence for Climate, Environment and Noise Protection in Aviation

Bernhard Dietrich

5. Juli 2021

# AUFGABEN UND SCHWERPUNKTE DES KOMPETENZ-ZENTRUMS

**CENA** steht für „Centre of Competence for Climate, Environment and Noise Protection in Aviation“ (**Kompetenzzentrum Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr**).

**Gründung** des CENA Hessen im **Jan. 2020** – angesiedelt im House of Logistics and Mobility (HOLM). Aufbau eines Kompetenzzentrums wurde im **Koa-Vertrag** festgehalten.

Trägerin des Kompetenzzentrums ist die landeseigene Wirtschaftsförderungsgesellschaft, **Hessen Trade & Invest GmbH**.

## Einleitung und Ausbau einer Kraftstoffwende im Luftverkehr:

- Förderung einer Pilotanlage zur Herstellung synthetischen Kraftstoffs im Power-to-Liquid-Verfahren (PtL)
- Gestaltung von Prozessen und regulatorischen Rahmenbedingungen für den Einsatz von PtL
- Sicherstellung von H<sub>2</sub> als Grundstoff und Treibstoff im Luftverkehr

Unterstützung der nachhaltigeren Ausgestaltung des **Flughafenbetriebs**

Forschungsvorhaben zur Entwicklung **leiserer und emissions-ärmerer Flugzeuge**

Stärkung der **Intermodalität**: Konzepte zur Verlagerung von Verkehren auf umweltfreundliche Verkehrsträger

**Vernetzung** der interessierten Akteure, um innovative Projekte realisieren zu können

# DAS IPCC WELTWEITE CO<sub>2</sub> BUDGET ALLER SEKTOREN AB 2018: BENCHMARK FÜR 1,5° ERWÄRMUNG 420 GIGATONNEN

Wahrscheinlichkeit  
zur Einhaltung

CO<sub>2</sub> Budget in Gt

Niedrig 33%

840 Gt

Mittel 50%

580 Gt

Hoch 67%

420 Gt

# DAS CO<sub>2</sub>-BUDGET ZUM EINHALTEN DES 2050 1,5° ZIELS - DIE ZEIT DRÄNGT !



1,5°C

\*) weltweit alle Sektoren

**420 Gt CO<sub>2</sub> Budget ab 2018\***

36,4 Gt  
Emissionen 2018\*

36,4 Gt  
Emissionen 2019\*

EU Luftverkehr\*\* Budget  
ab 2020 1,8 Gt

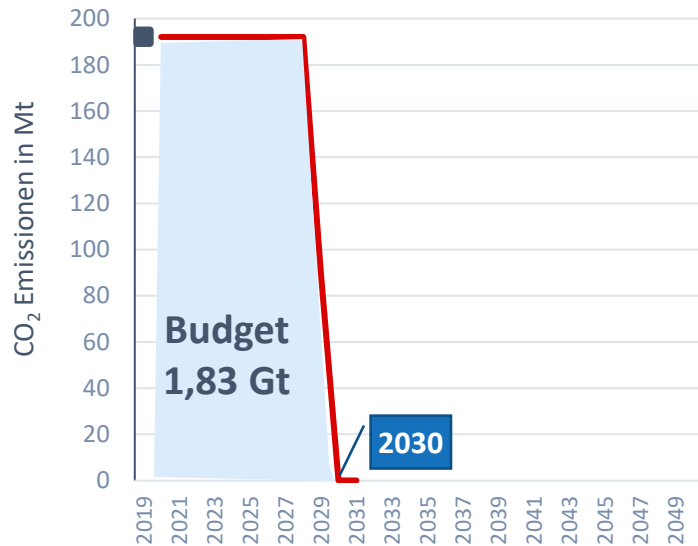
Weltweit Luftverkehr Budget  
ab 2020 9,2 Gt

\*\* ) Vertankung EWR

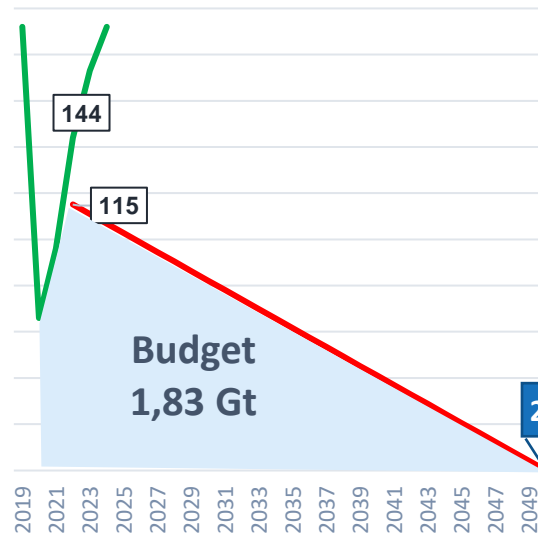
# DAS EINHALTEN DES „SICHEREN CO<sub>2</sub> BUDGETS“ FÜR EUROPÄISCHEN KEROSIN UPLIFT IST EINE HERAUSFORDERUNG !!

## Verfügbarkeit CO<sub>2</sub> Budget für Europäischen Kerosin-Uplift ab 2020

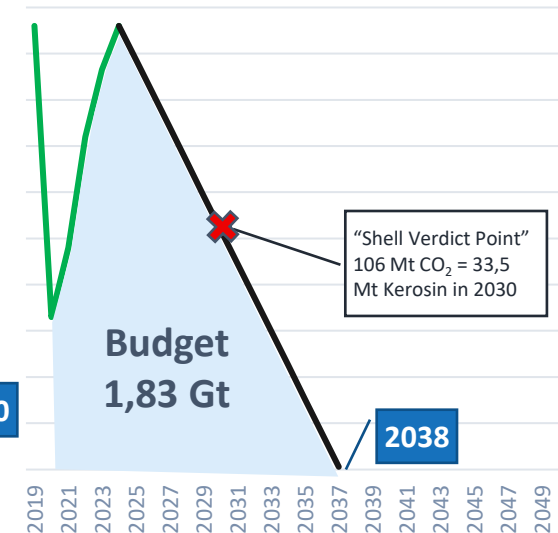
“Weiter so wie 2019”



“Ausstieg ab 2022”



“Ausstieg nach Covid-Erholung ab 2024”



# DAS SHELL URTEIL - REDUKTION FOSSILE CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN UM 45% GEGENÜBER 2019 IN SCOPE 1, 2 UND 3 !!

### Handelsblatt Mittwoch, 26.05.21

- Düsseldorf Der Öl- und Erdgaskonzern Shell muss seine Kohlendioxidemissionen erheblich stärker senken als bislang geplant. Das hat am Mittwoch **ein Gericht in Den Haag entschieden**. Dort hatte der britisch-niederländische Konzern überraschend deutlich einen großen Klima-Prozess gegen Umweltschutzorganisationen verloren.
- Shell müsse den Ausstoß von **CO<sub>2</sub> bis 2030 um netto 45 Prozent im Vergleich zu 2019** senken, erklärte das Gericht. Nach dem Urteil ist Shell zum Klimaschutz verpflichtet, das gelte für die eigenen Unternehmen ebenso wie für Zulieferer und Endabnehmer.

### Finanzen.net, Freitag 04.06.21

Schlappe für Shell: bisherige Bemühungen für Gericht nicht genug

- Es war ein schwarzer Tag für die Ölbranche: Erst kürzlich urteilte das Bezirksgericht in Den Haag in einem Gerichtsprozess zwischen dem Ölkonzern Shell und Umweltschützern, die den Branchenriesen aufgrund seiner klimaschädlichen Geschäftsprozesse verklagten - und zwar zugunsten der Aktivisten. Im "Kampf gegen den gefährlichen Klimawandel" müsse auch Shell seinen Beitrag leisten, lautete das Urteil. **Und dieser Grundsatz gelte nun mal nicht nur für die eigenen Unternehmensabläufe, sondern auch für involvierte Zulieferer und Endkunden**. Shell selbst sieht das Urteil nicht gerechtfertigt und will Berufung einlegen. Wie ein Unternehmenssprecher erklärte, sei man bereits stark investiert, um seine Umweltbilanz möglichst gering zu halten. Bis 2050 wolle der Ölgigant klimaneutral werden. Das hat dem Gericht offenbar nicht gereicht.

Umdenken bei Chevron: Verantwortung für Scope-3-Emissionen

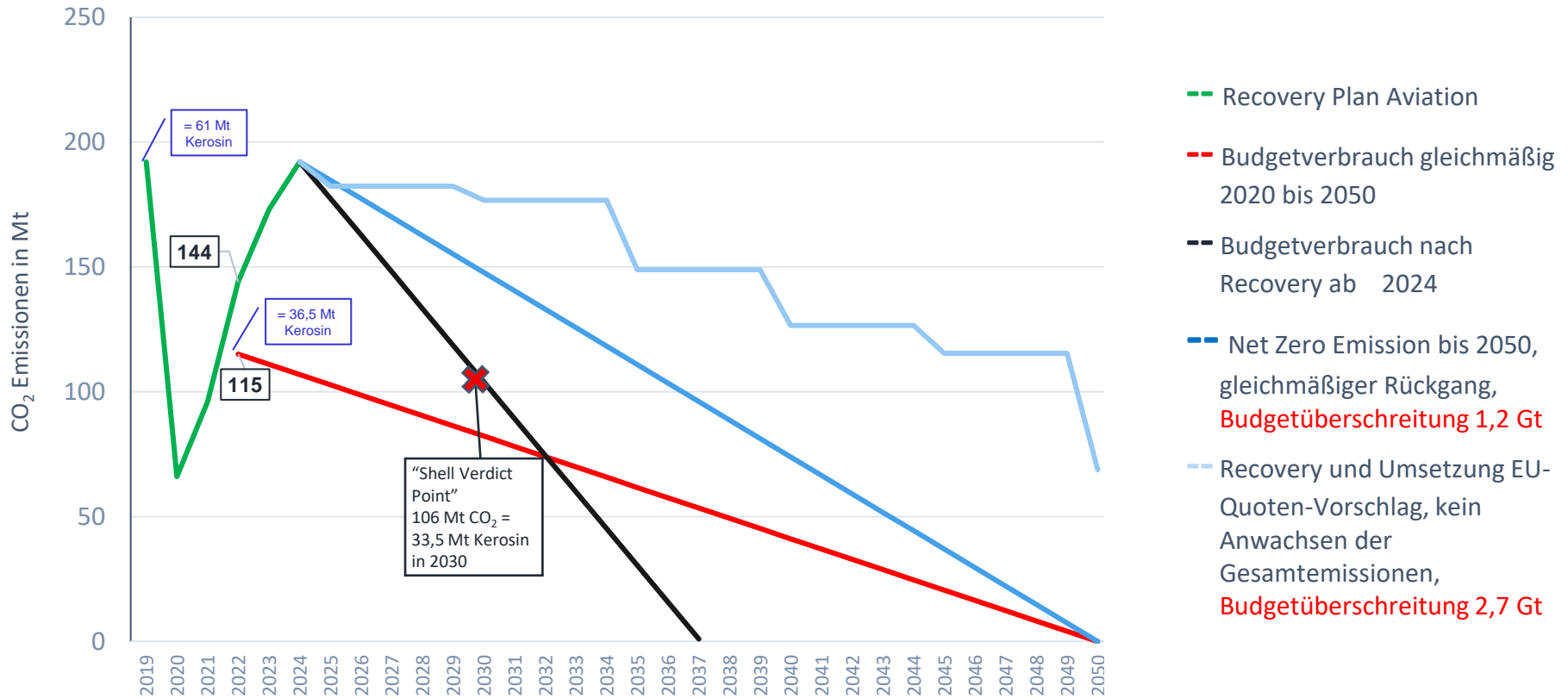
- Erst nach und nach wird die Tragweite des Urteils klar: Auch Anleger des Mitbewerbers Chevron ließen die Führungsetage kürzlich spüren, dass ihnen Umweltthemen immer wichtiger werden. Am Tag des Shell-Urteils stimmten die Aktionäre dafür, dass das Unternehmen beim Klimaschutz **mehr Verantwortung übernehmen und die Emissionen der Endkunden reduzieren müsse**. Die **Scope-3-Emissionen**, die entstehen, wenn Kunden von Energieerzeugern Brennstoffe verbrennen, machen in der Regel den Großteil der Emissionen eines Ölunternehmens aus. Scope-1- und Scope-2-Emissionen fallen derweil bei der Herstellung oder bei den Zulieferern an. **Im Fall von Chevron haben diese laut Recherchen von Bloomberg 2020 61 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente ausgemacht, während Scope-3-Emissionen auf 413 Millionen Tonnen kamen.**

### Deutschlandfunk.de, Freitag 28.05.21

- Der Konzern Shell... muss in seinem angestammten Geschäft dramatisch schrumpfen, zugleich neue Geschäfte aufbauen und Milliarden investieren.
- Bemerkenswerter noch als die Vorgaben für das Unternehmen war aber die Begründung der Richter: **Das Klimaschutzabkommen von Paris binde nicht nur Staaten und Regierungen, sondern auch Unternehmen**. Erstmals wurde ein Unternehmen nicht dazu verurteilt, einen entstandenen Schaden auszugleichen, sondern sein ganzes Geschäftsmodell zu ändern.

# „CO<sub>2</sub>-NEUTRAL BIS 2050“ ODER „EU-QUOTEN NON-PAPER NOV. 2020“ WÄREN NICHT 1,5° BUDGET-KONFORM

EU Szenarien für 1,5° Ziel in 2050



# VIER WESENTLICHE HEBEL, DIE NICHT VERLAGERBARE LUFTFAHRT NACHHALTIGER ZU GESTALTEN

	1. Technologie	2. Prozesse	3. Sustainable Aviation Fuels	4. Marktinstrumente
Inhalt/Hebel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weiter- und Neuentwicklung von</li> <li>• Flugzeugen</li> <li>• Triebwerken</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimierung von</li> <li>• Flug-/Flugzeugbetrieb</li> <li>• Bodenverkehr</li> <li>• Neustrukturierung Luftraumgmt. und Flugsicherung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biomasse basiertes "drop-in" Kerosin</li> <li>• Synthetisches Kerosin</li> <li>• Wasserstoff</li> <li>• Batterieelektr. Antrieb</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steuern</li> <li>• Emissionshandel EU ETS</li> <li>• Kompensations-system CORSIA</li> <li>• sonstige</li> </ul>
Wirkung	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Effizienz zur Reduktion des Energieverbrauchs</li> <li>» Einsatzbereitschaft zur Nutzung von Sustainable Aviation Fuels</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Effizienz zur Reduktion des Energieverbrauchs</li> <li>» „klimaoptimiertes“ Fliegen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» <b>Substitution des fossilen Kerosins durch CO<sub>2</sub>-neutrale Alternativen</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Verhaltensänderung der Marktteilnehmer durch Kosten- und Nutzungsrestriktionen</li> </ul>



# WESENTLICHE FRAGEN ZU SUSTAINABLE AVIATION FUELS (SAF) IM LUFTVERKEHR

---

1. Warum Sustainable Aviation Fuels?
2. Was sind Sustainable Aviation Fuels?
3. Darf man Sustainable Aviation Fuels im Flugzeug einsetzen?
4. Wie können strombasierte Sustainable Aviation Fuels produziert werden?
5. Was plant Hessen im Industriepark Höchst?
6. Was kosten Sustainable Aviation Fuels (heute - morgen)?
7. Was sind die Erfolgsfaktoren für den Einsatz von Sustainable Aviation Fuels?

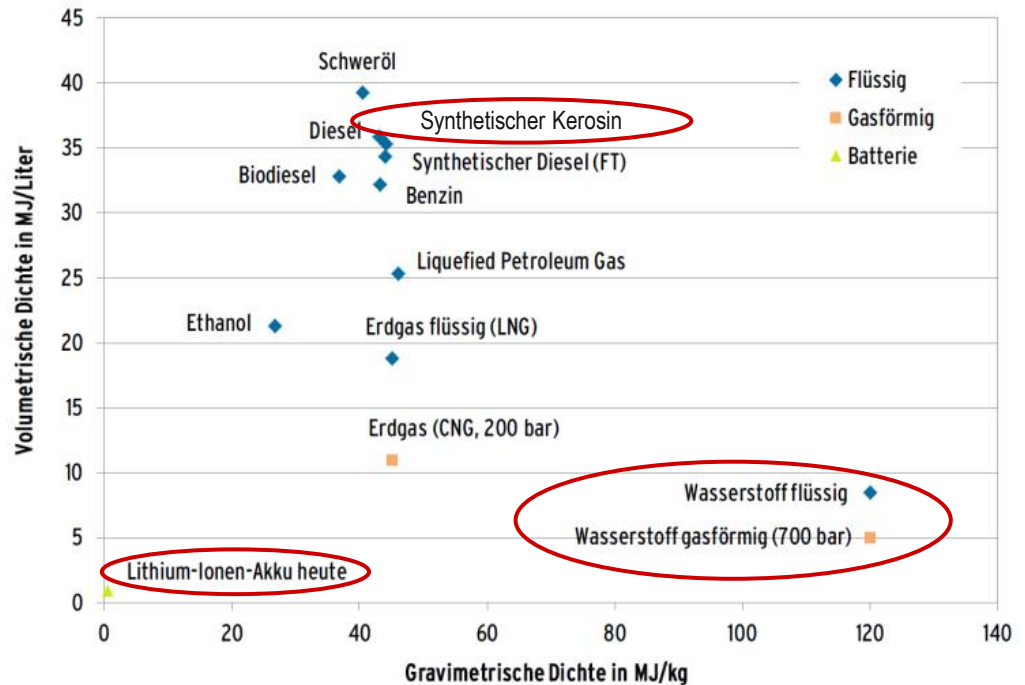
# E-MOBILITÄT UND WASSERSTOFF SIND KEINE ODER NUR EINE EINGESCHRÄNKTE ALTERNATIVE ZU KEROSIN

## E-Mobilität

- Geringe Energiedichte (ungefähr 2 % des Kerosins)
- Hybrid-Antrieb für kleine Flugzeuge denkbar

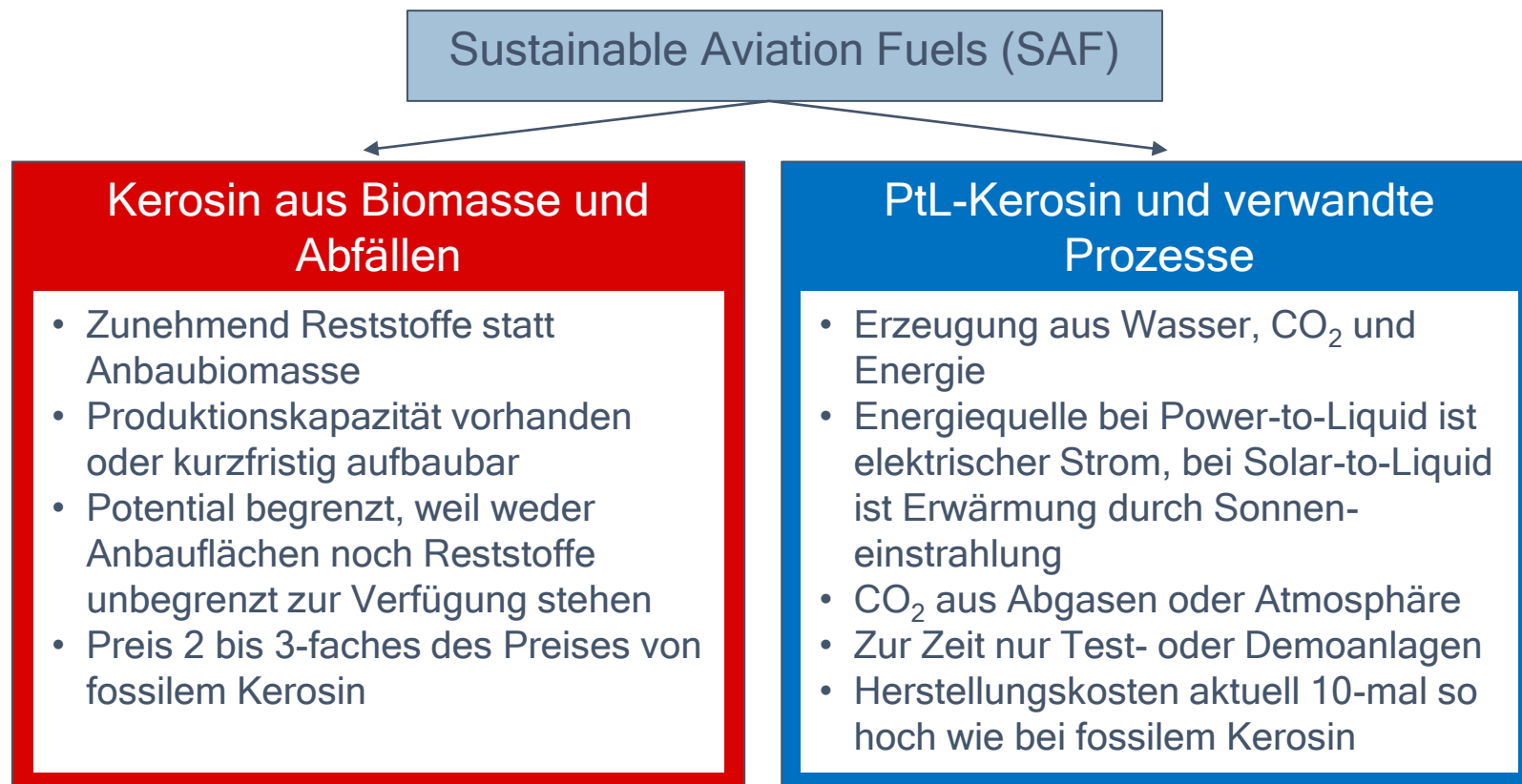
## Wasserstoff

- Hohe Energiedichte im Gewicht aber niedrig im Volumen
- Hoher Energieaufwand für notwendige Verflüssigung (z.Zt. ca. 33%) und zusätzliches Gewicht für Tank (ca. 15%)
- Neues Flugzeug-Design notwendig



Quelle der Grafik: Umwelt-Bundesamt, Postfossile Energieversorgungsoptionen für einen treibhausgasneutralen Verkehr im Jahr 2050: Eine verkehrsträgerübergreifende Bewertung

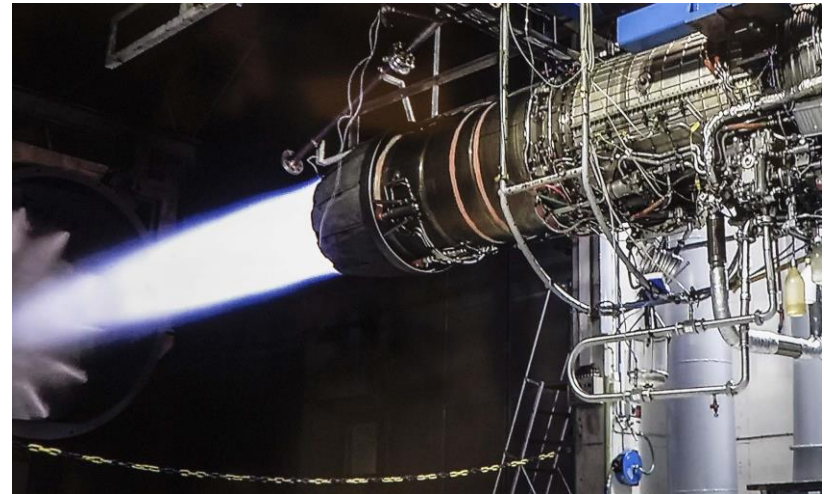
# ZWEI VERSCHIEDENE ARTEN VON SUSTAINABLE AVIATION FUELS



# ZERTIFIZIERUNG: EIGNUNG VON SAF IM FLUGZEUG MITTLERWEILE WELTWEIT ETABLIERT

Arbeit der zurückliegenden 20 Jahre  
konzentrierte sich auf Entwicklung und Zulassung  
von Herstellungsverfahren:

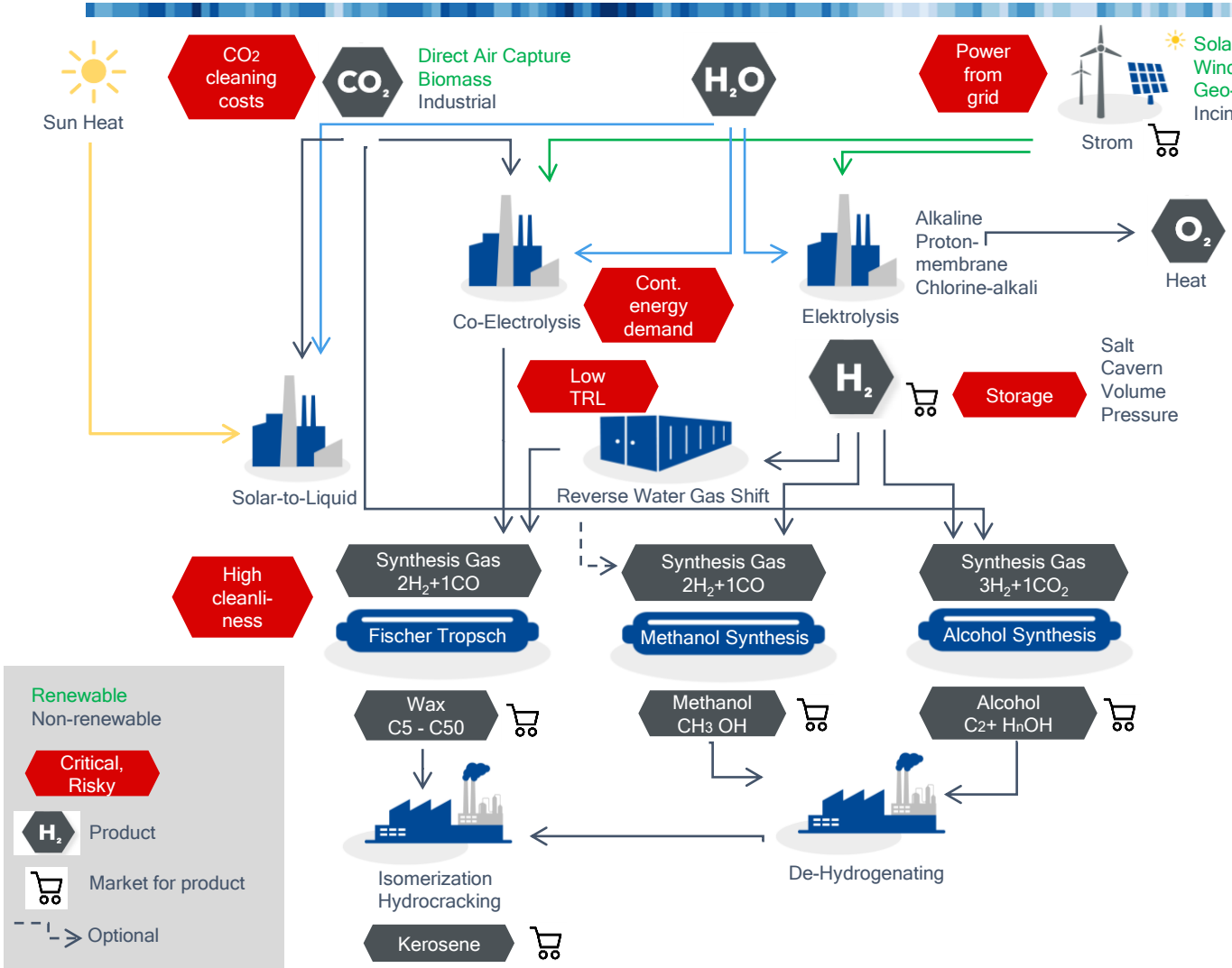
- 2009 - Fischer Tropsch Kerosin
- 2011 - Hydroprocessed Ester Fatty Acids
- 2014 - Synthesized Iso-Paraffin
- 2015 - Alcohol to Jet aus Isobutanol
- 2018 - Alcohol to Jet aus Ethanol  
- Co-Processing von Pflanzenölen
- 2020 - Catalytic Hydrothermolysis Jet  
- Hydro Carbon Hydroprocessed Ester  
Fatty Acids  
- Fischer Tropsch Co-Processing



Quelle: FMV, Pressemeldung über Ergebnisse der Triebwerksprüfläufe mit ATJ-SAK von Swedish Biofuels

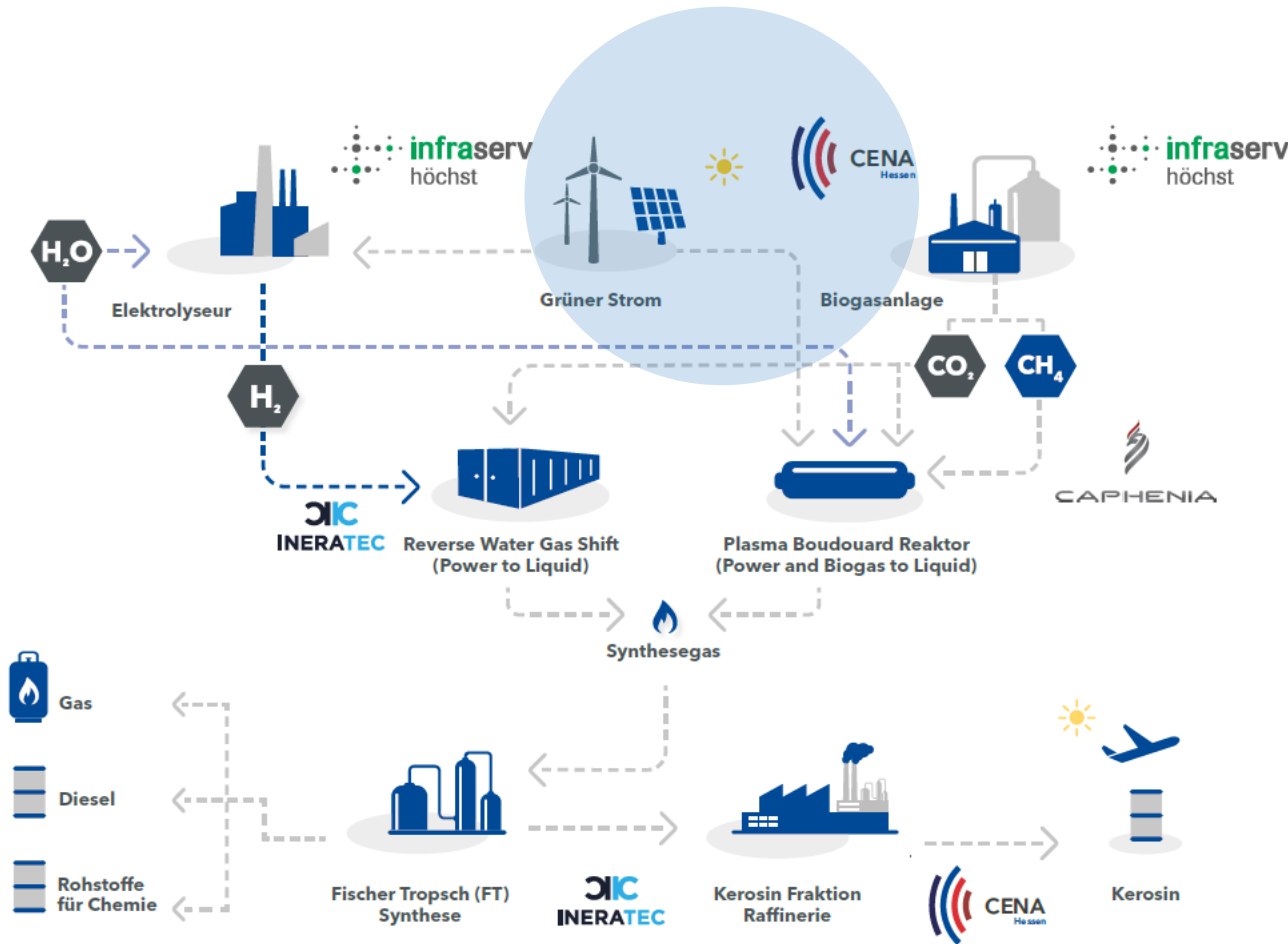
- **Zulassung von Produktionsverfahren ist weiterhin Arbeitsgebiet, aber mittlerweile grundsätzlich beherrscht**
- **Schwerpunkt verlagert sich auf Herkunft des Feedstocks – Nachhaltigkeitskriterien**

# VERFAHREN ZUM SYNTHETISCHEN KEROSIN: TEILWEISE NIEDRIGE TECHNOLOGISCHE REIFE UND KOMPLEX

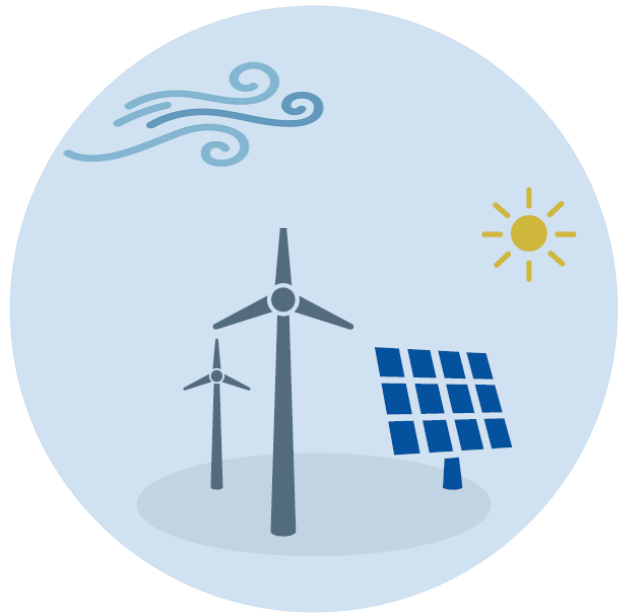


- Kritische Punkte:**
- Integration Gesamtsystem
  - Reverse Water Gas Shift
  - Reinheitsgrade und Katalysatoren
  - Industrielle Produktions-Dimension
  - Lebensdauer der Komponenten

# WEITERENTWICKLUNG ZU TECHNOLOGIEHUB ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE: INDUSTRIEPARK HOECHST



# FORSCHUNGSVORHABEN CENA: REALTIME POWER SUPPLY E-FUEL (REPoSE)



## Technologie:

- Einsatz schwankungstoleranter PEM-Elektrolyseuren
- Einrichtung eines Pufferlagers für Wasserstoff
- Flexibilisierung der Fischer Tropsch Produktion der INERATEC-Anlage

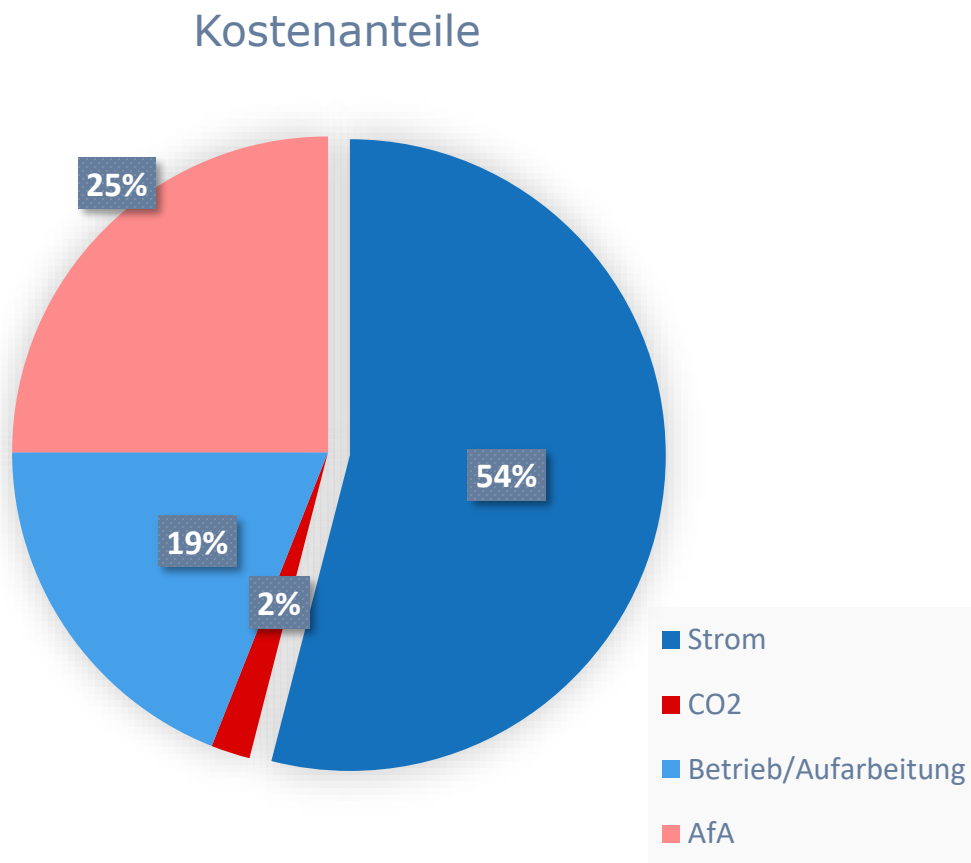
## Fragestellungen u.a.:

- Auswirkungen typischer EE-Erzeugungsschwankungen
- Optimale Dimensionierung der Prozesskomponenten
- Koordination Stromverfügbarkeit und Steuerung der Elektrolyse
- Stromprognosemodelle; Netzdienlichkeit
- Auswirkungen von Lastschwankungen auf Lebensdauer von Katalysatoren, Anlagen und Produktionskosten

## Förderung:

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

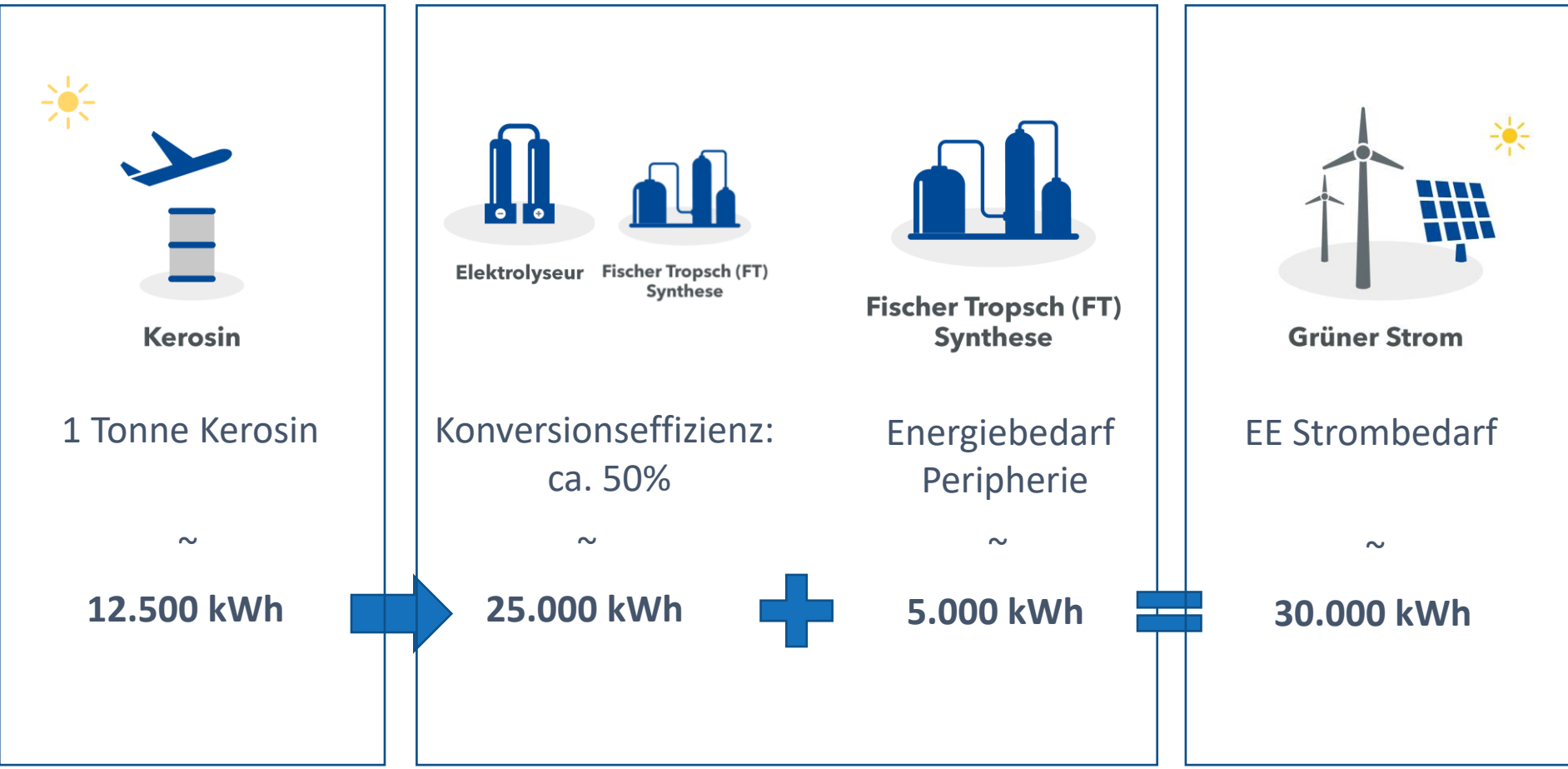
# ERSTE GROBE KOSTENABSCHÄTZUNG: „PIONIER-KOSTENSTRUKTUR“ - STROMKOSTEN SIND KRITISCH



- Stromkosten für EE in Deutschland
  - 15 ct/kWh
  - 70% der Betriebskosten (vor Absetzung für Abnutzung - AfA)
- CO<sub>2</sub> Beschaffung
  - Punktquelle 50-100 € pro Tonne
  - Direct Air Capture 600-800 € pro Tonne
- Investitionen noch mit Pionierzuschlägen
  - Elektrolyseur 1 m€ pro MW
  - Fischer-Tropsch Anlage 1 m€ pro Tonne Produkt
- Betriebs- und Wartungskosten noch ohne Erfahrung
  - 9% / 3% auf Investitionskosten
- Abschreibung/Lebensdauer noch ohne Betriebserfahrung
  - 10 Jahre für alle Module

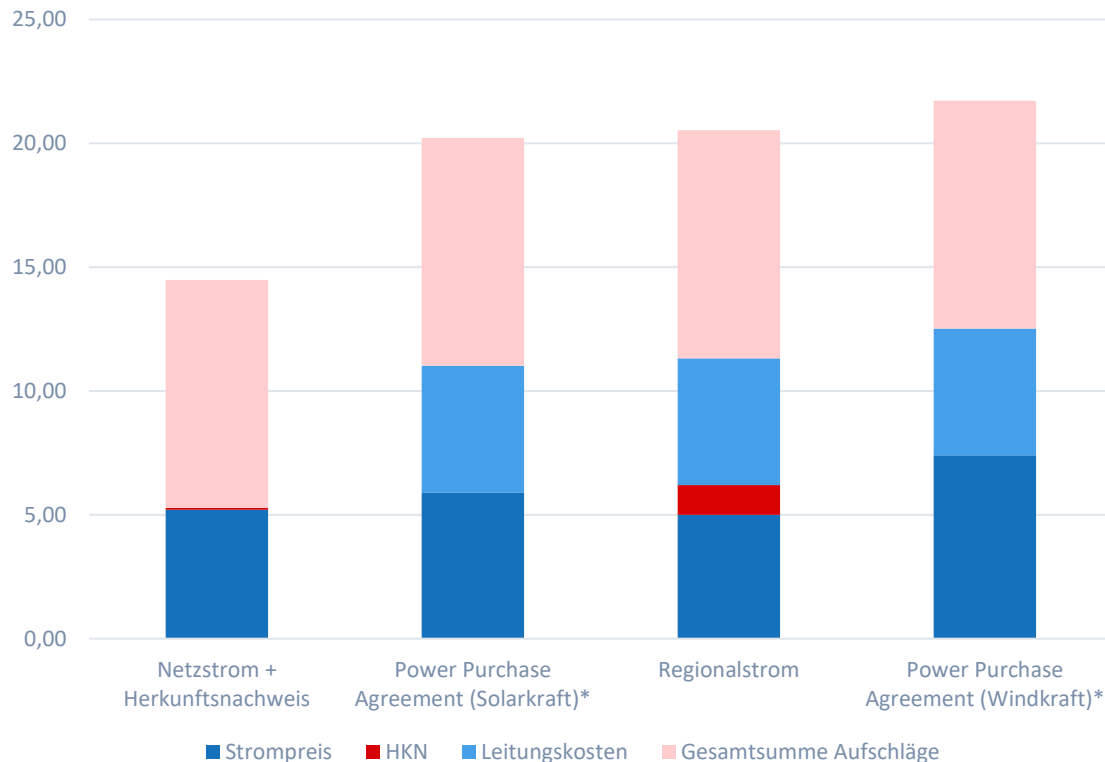


# STROMBEDARF: EINE GROBE ABSCHÄTZUNG



# STROMPREISE: VERGLEICH DER ALTERNATIVEN FÜR ERNEUERBAREN STROM IN DEUTSCHLAND

Preise und Bestandteile Stromversorgungsalternativen in cts/kWh

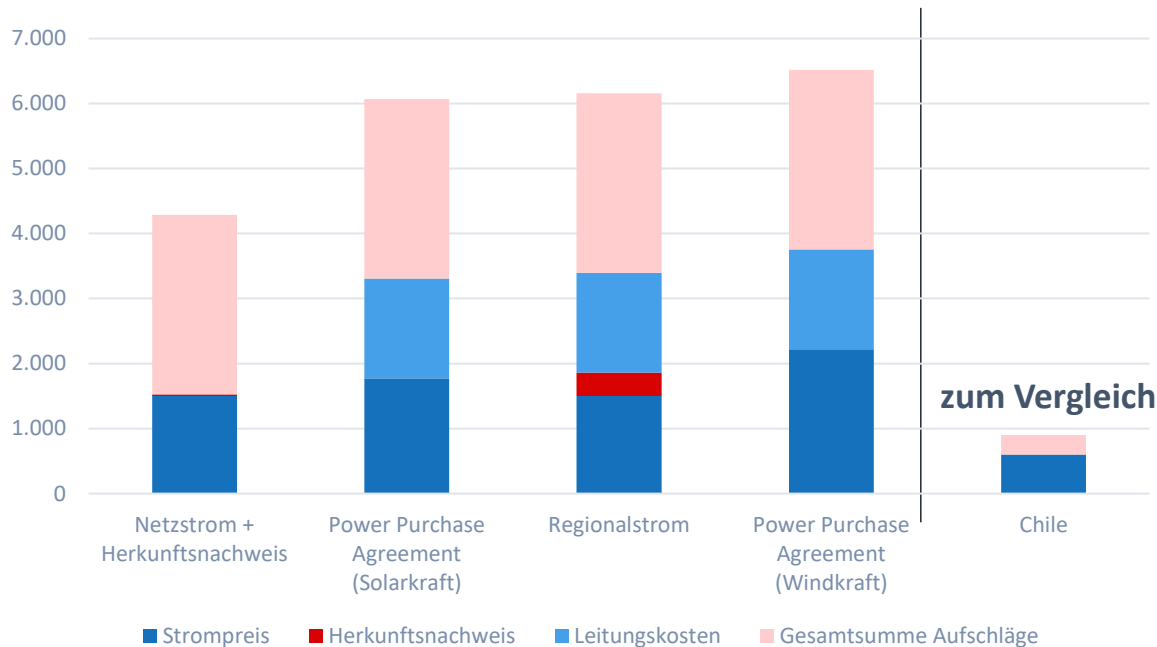


- Erforderliche Vorlaufzeiten bei Power Purchase Agreements für den Bau der Anlage zwischen 2 Jahren (Solar) und 3,5 – 5 Jahren (Wind).
- Power Purchase Agreements stellen diskontinuierlichen Strom. Abpufferung durch ein Wasserstofflager erforderlich.
- Aktuell geltenden Aufschläge werden vermutlich mit der Überarbeitung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes zumindest teilweise entfallen.

\* In der Summe der Aufschläge zusammengefasst sind EEG-Abgabe (6,50 ct/kWh), Stromsteuer(2,05 ct/kWh), Offshore-Umlage(0,395 ct/kWh) und KWK-Umlage (0,254 ct/kWh). Es steht nicht fest, dass die Wasserstoffproduktion von allen diesen Aufschlägen befreit werden wird.

# STROMKOSTEN: PRO TONNE KEROSIN

Kosten Stromversorgungsalternativen in Euro / Tonne



- Produktionsverfahren und geographische Standorte sind kritisch für die Grund-erzeugung von Strom
- Räumliche Nähe der PtL Anlage zur Stromerzeugung ist von Vorteil
- Nebenkosten und Steuern sind politisch definiert und fallen stark ins Gewicht

# KRITISCHE ERFOLGSFAKTOREN FÜR DIE „KEROSINWENDE“ ZU SUSTAINABLE AVIATION FUELS

## Sustainable Aviation Fuels

### Produktion

- Einzelmodule weiterentwickeln
- Systemintegration managen
- “Industrialisierung” wagen
- Alternativ-Verfahren entwickeln
- Erneuerbare Energien ausbauen

### Supply Chain

- Standorte erschließen
- Lieferketten aufbauen
- Transport sicherstellen
- Stoffkreisläufe schließen

### Marktordnung

- Nachfrage generieren
- Angebot schaffen
- Investoren gewinnen
- Spielregeln festlegen
- Marktaufsicht etablieren

**Geschwindigkeit, Konsequenz, Ambition**

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

2021 © Globe 1850-2018 Graphics and lead scientist: Ed Hawkins  
Data: Berkeley Earth, NOAA, UK Met Office, MeteoSwiss, DWD

CENA Hessen  
Centre of Competence for Climate, Environment and Noise Protection in Aviation

[info@cena-hessen.de](mailto:info@cena-hessen.de)  
[www.cena-hessen.de](http://www.cena-hessen.de)

Bessie-Coleman-Straße 7  
60549 Frankfurt am Main  
Germany

