

Hamburg  
20.06.2019

# Wasserstoff in der Luftfahrt

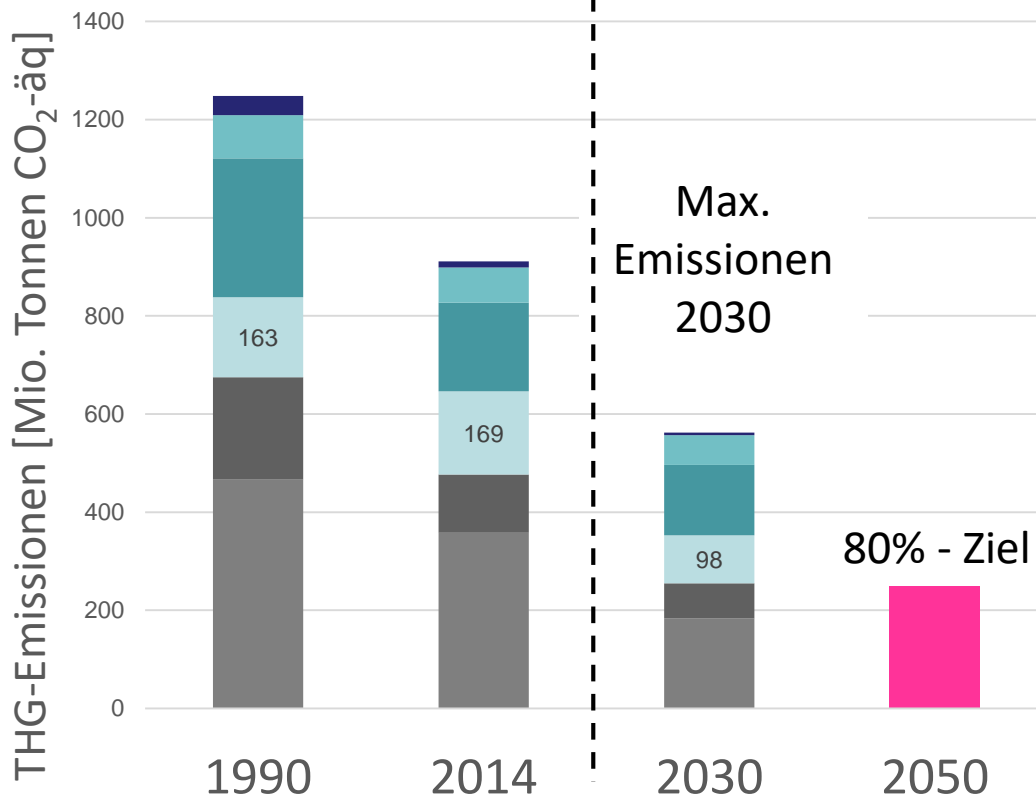
– synthetisches Kerosin made in Norddeutschland –

Fabian von Gleich (Airbus)  
Ulf Neuling und Martin Kaltschmitt (TUHH)



1. Warum brauchen wir überhaupt synthetischen Kraftstoff?
2. Warum synthetischer Kraftstoff (Kerosin) für die Luftfahrt?
3. Wie kann man synthetischen Kraftstoff erzeugen?
4. Warum synthetischer Kraftstoff aus Norddeutschland?
5. Was sind die nächsten Schritte?

# CO<sub>2</sub>-äq-Emissionen in Deutschland



Differenz einzelner Sektoren im Vergl. zu 1990

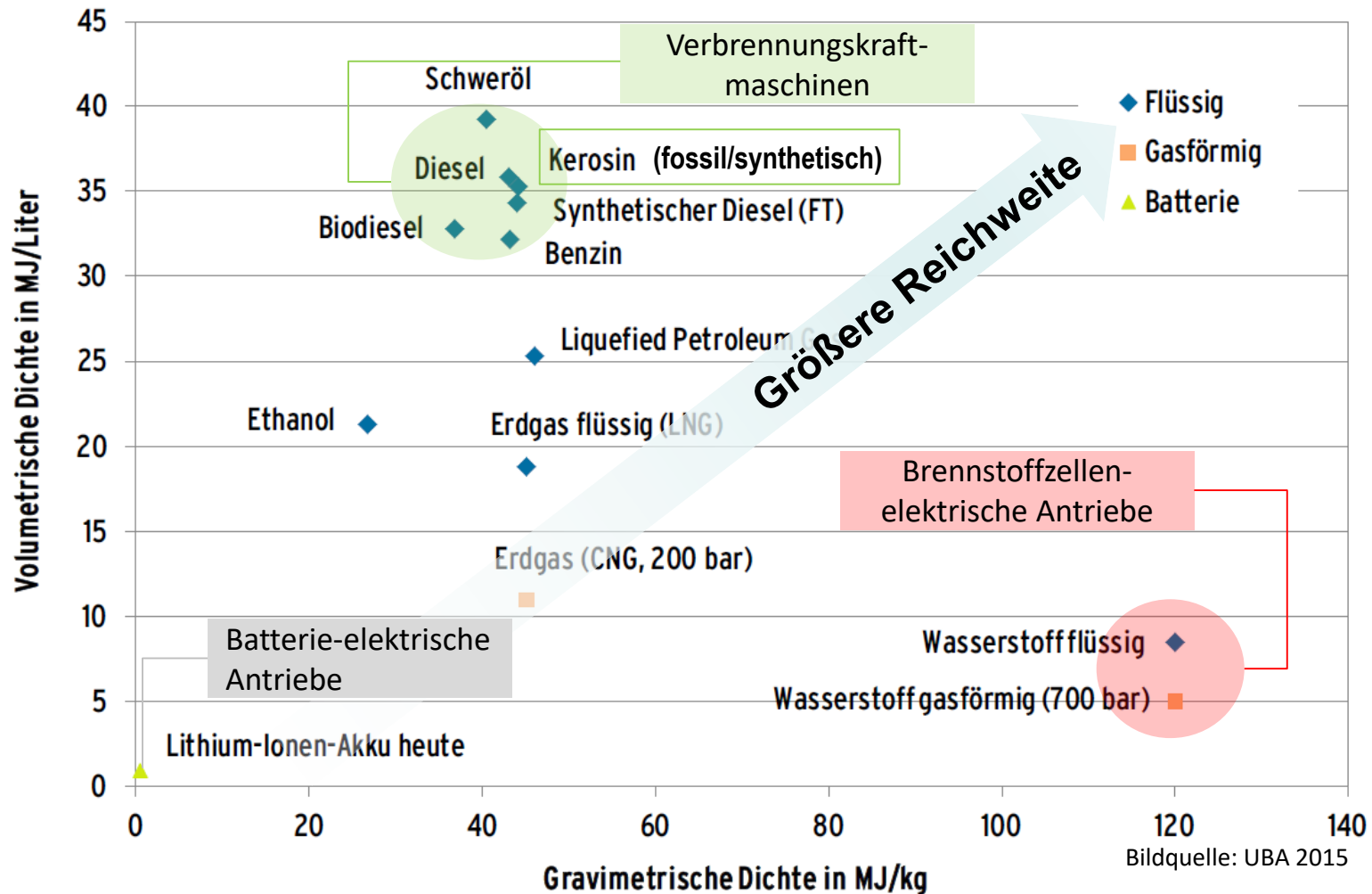
	2014	2030	
		min	max
Energiew.	-23,2%	-61%	-62%
Gebäude	-43,1%	-66%	-67%
<b>Verkehr</b>	<b>+3,7%</b>	<b>-40%</b>	<b>-42%</b>
Industrie	-36,0%	-49%	-51%
Landw.	-18,2%	-31%	-34%
Sonstige	-69,2%	-87%	-87%

■ Energiewirtschaft ■ Gebäude ■ Verkehr ■ Industrie ■ Landwirtschaft ■ Sonstige

➔ Das Verkehrssektor hat einen Aufholbedarf bei der CO<sub>2</sub> Reduktion

Quelle: Klimaschutzplan 2050

# Energieträger und mögliche Antriebssysteme



➔ Synthetisches Kerosin kann wie fossiles Kerosin eingesetzt werden (Drop-in)

# Luftfahrt ist eine Triebfeder der Weltwirtschaft

THE  
FIVE

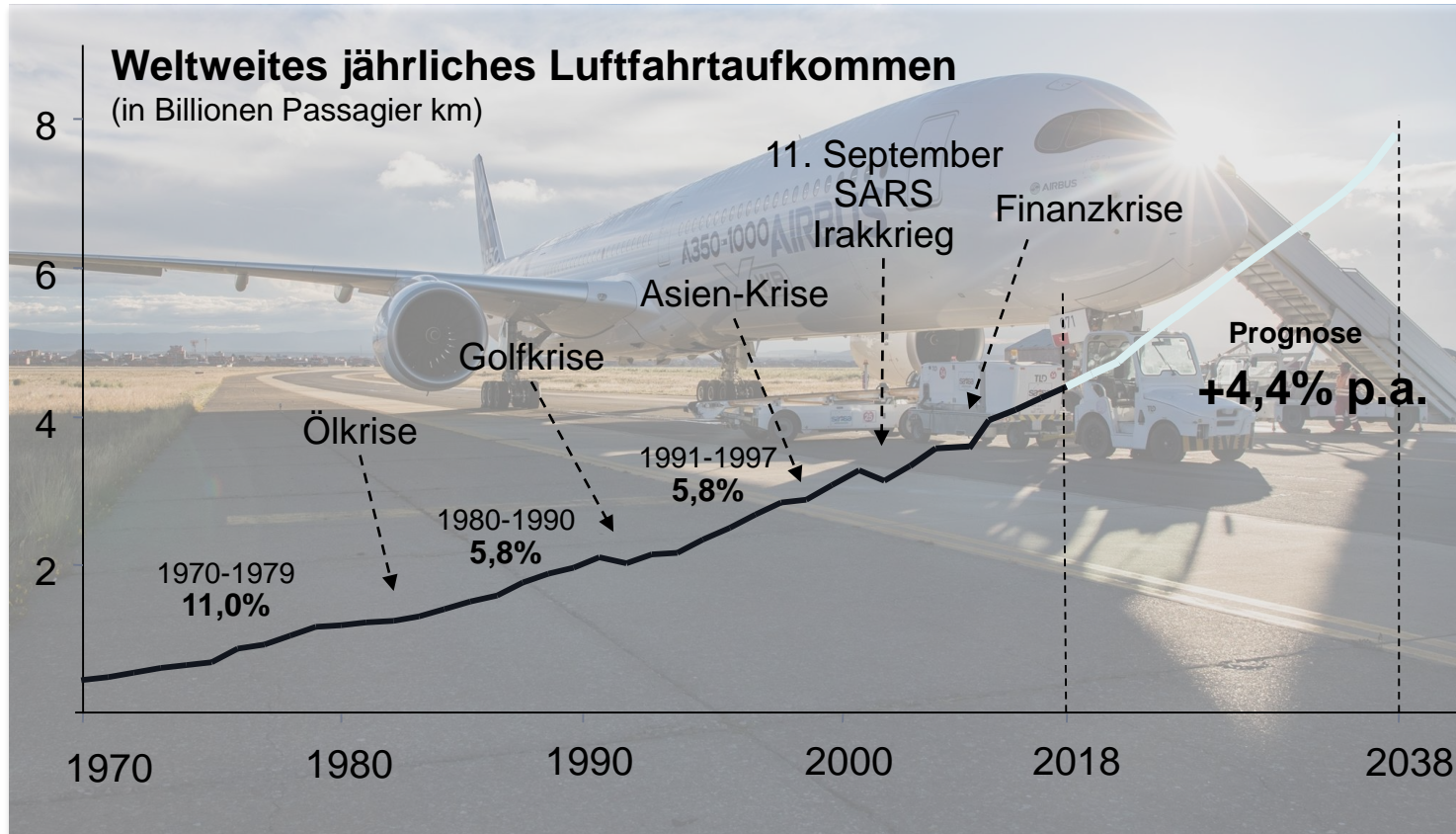
AIRBUS



- **3,6** Milliarden Passagiere
- **62,7** Millionen Arbeitsplätze
- **51,2** Millionen Tonnen Fracht
- **\$2,7** Billionen zum Welt-BIP pro Jahr



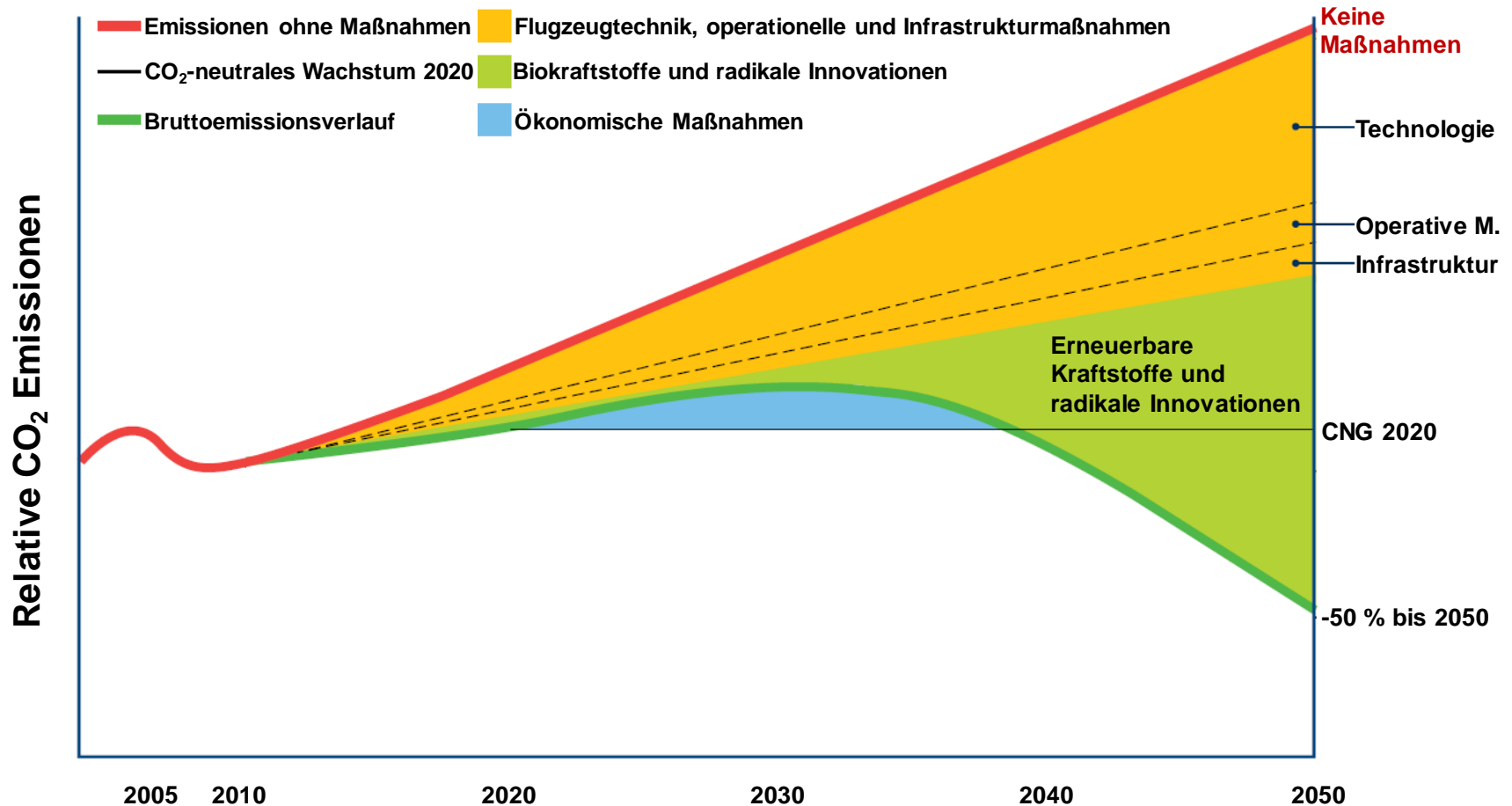
# Wachstum des Luftverkehrs geht weiter



- **Luftverkehr verdoppelt sich alle 15 Jahre**
- Bedarf an **36.560** neuen Flugzeugen bis 2038.
- Marktwert von **\$5,8 Billionen**

➔ Ohne Innovationen würden die CO<sub>2</sub>-Emissionen proportional steigen!

# Ziel: Keine Steigerung der CO<sub>2</sub> Emissionen in der Luftfahrt

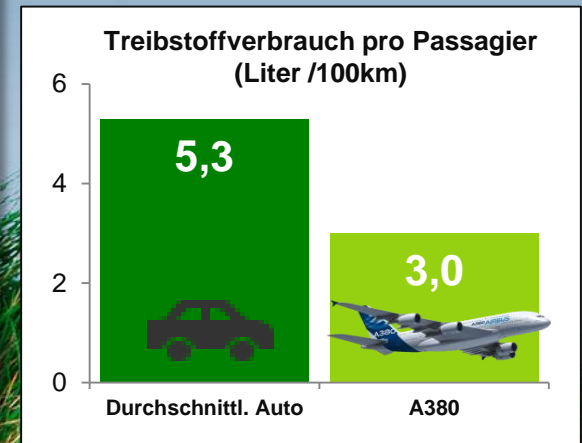
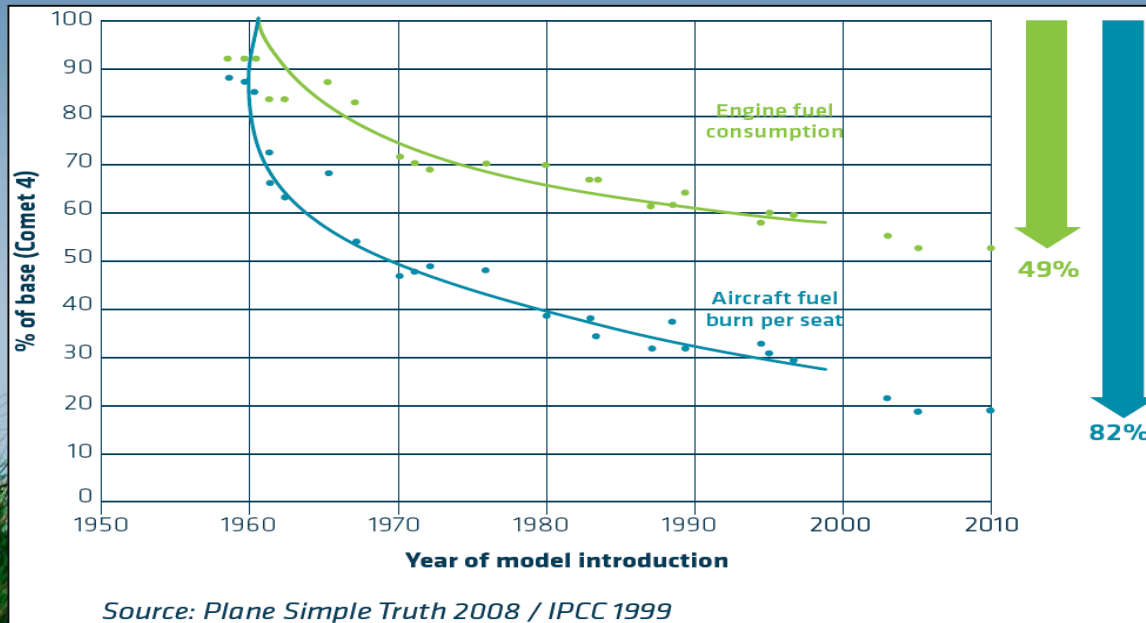


➔ Nur ein Mix aus unterschiedlichen Maßnahmen kann zum Ziel führen!

Quelle: IATA 2013

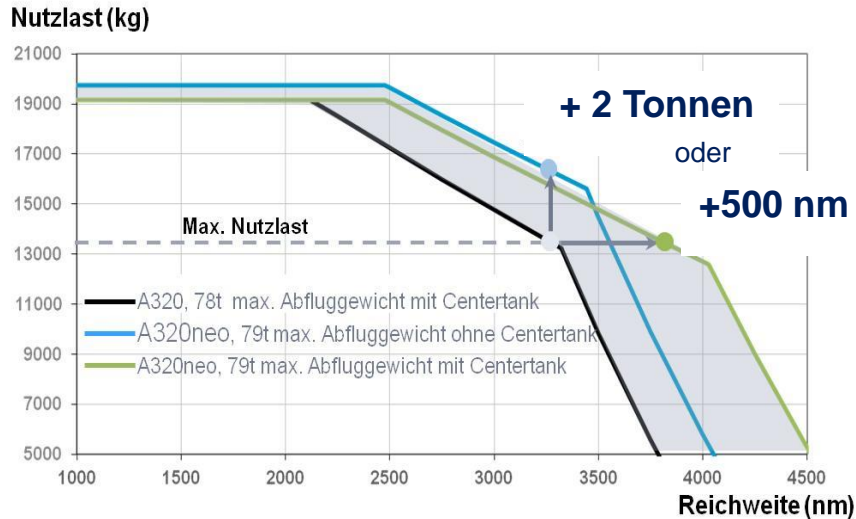


# Bisherige Steigerung der Öko-Effizienz in der Luftfahrt



➔ Bisherige Maßnahmen haben viel erreicht, weitere Verbesserungen brauchen Kreativität und große Anstrengungen!

## Erhöhung der Nutzlast oder Reichweite



## Neue Maßstäbe in der Öko-Effizienz

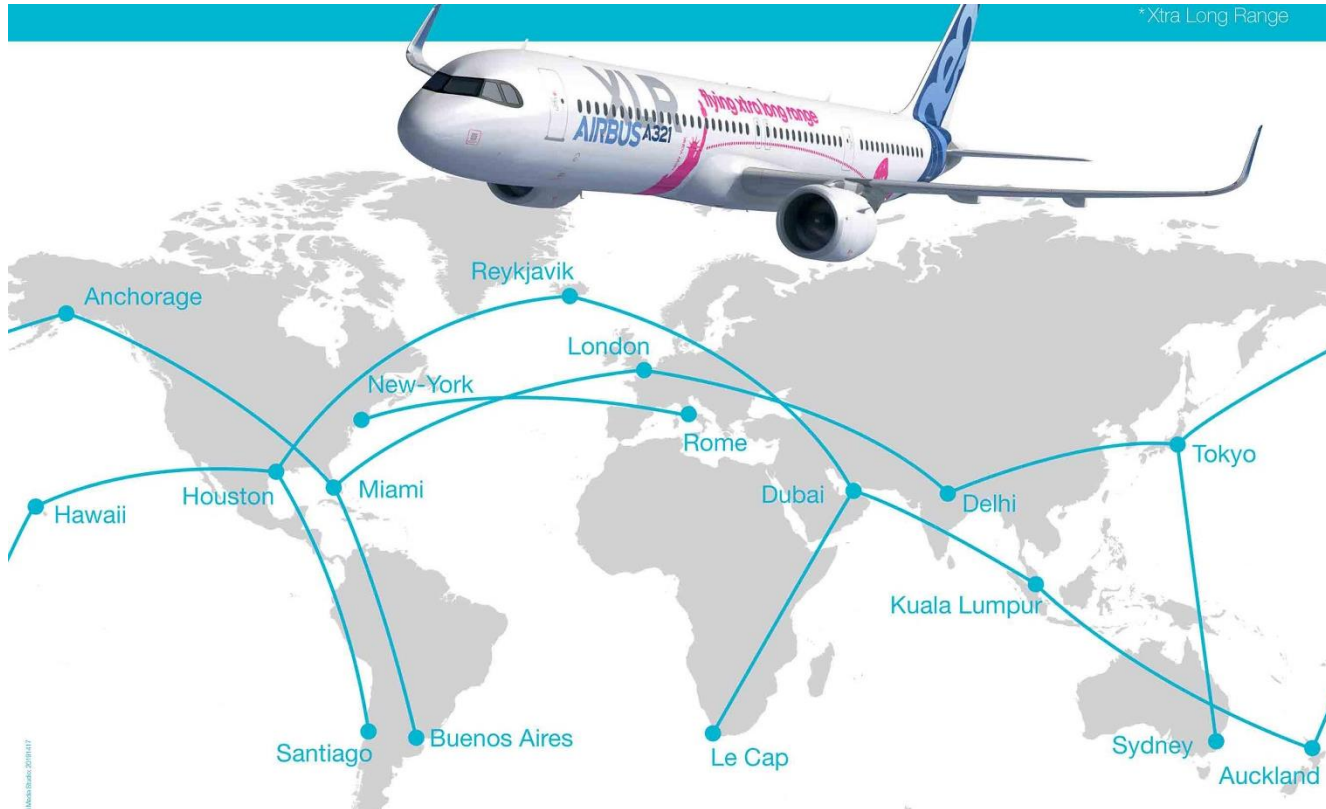


- 20% **Kraftstoffverbrauch**
- 15% **CO2 Emissionen**, das entspricht 5.000 Tonnen pro Jahr pro Flugzeug



➔ Die A320 NEO leistet bereits heute einen Beitrag zur Emissionsreduktion

# Zukünftige Maßnahmen: A321 – XLR (ab 2023)



Was ist ein A321XLR?



MTOW  
101t



Rear Tank  
& optional  
itional Tank

Sitzplatzkapazität

180 - 220



Reichweite

4,700 nm / 8,700 km

Reichweite

+15%  
range

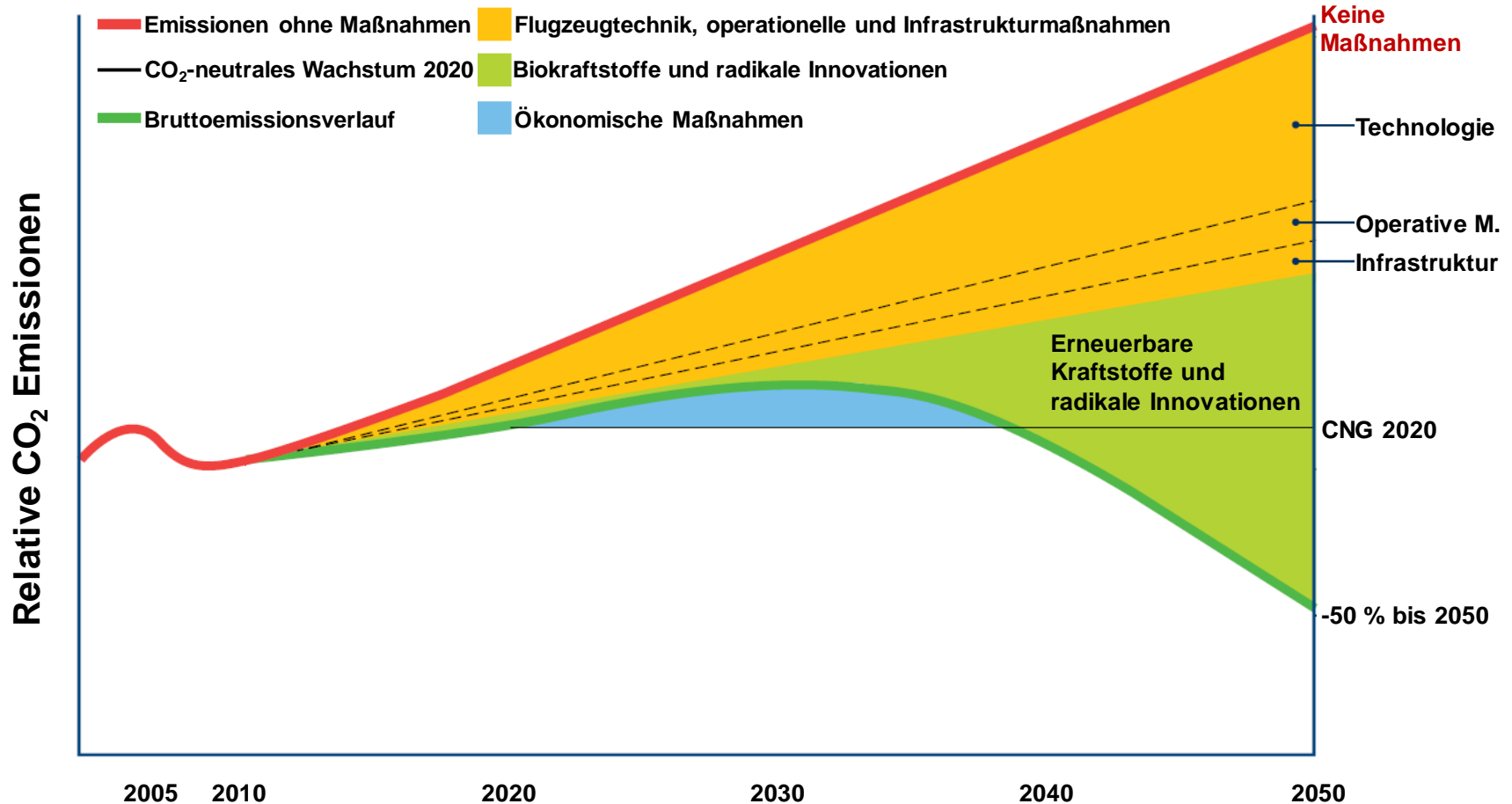
+15%  
range

A321neo A321LR A321XLR

➔ Die A321 - XLR wird 30% weniger Kerosin verbrauchen \*)

\*) im Vergleich zu einem vom Wettbewerb vormals produzierten Flugzeugtyp

# Ziel: Keine Steigerung der CO<sub>2</sub> Emissionen

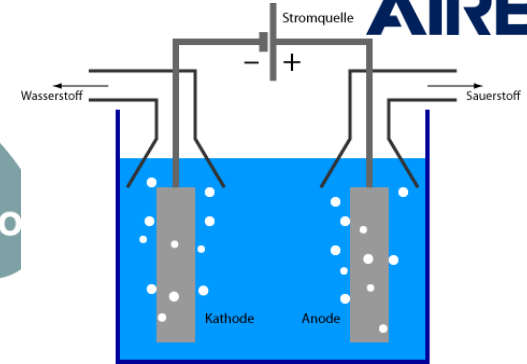
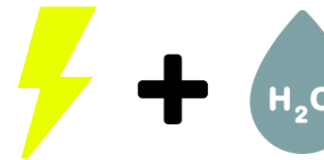


→ Synthetische Kraftstoffe können einen Beitrag leisten, die Lücke zu schließen!

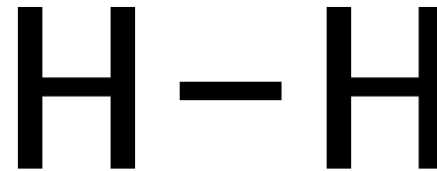
Quelle: IATA 2013

# Wie wird aus Wasserstoff synthetischer Kraftstoff ?

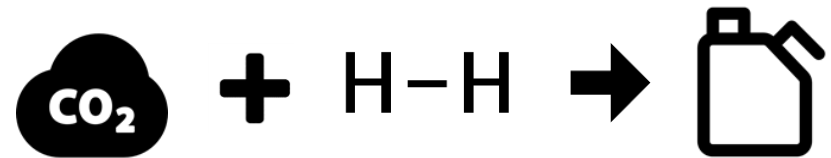
Elektrische Energie wird  
in gasförmigem Wasserstoff  
gespeichert



Gasförmiger Wasserstoff kann  
direkt als Energieträger  
eingesetzt werden ...

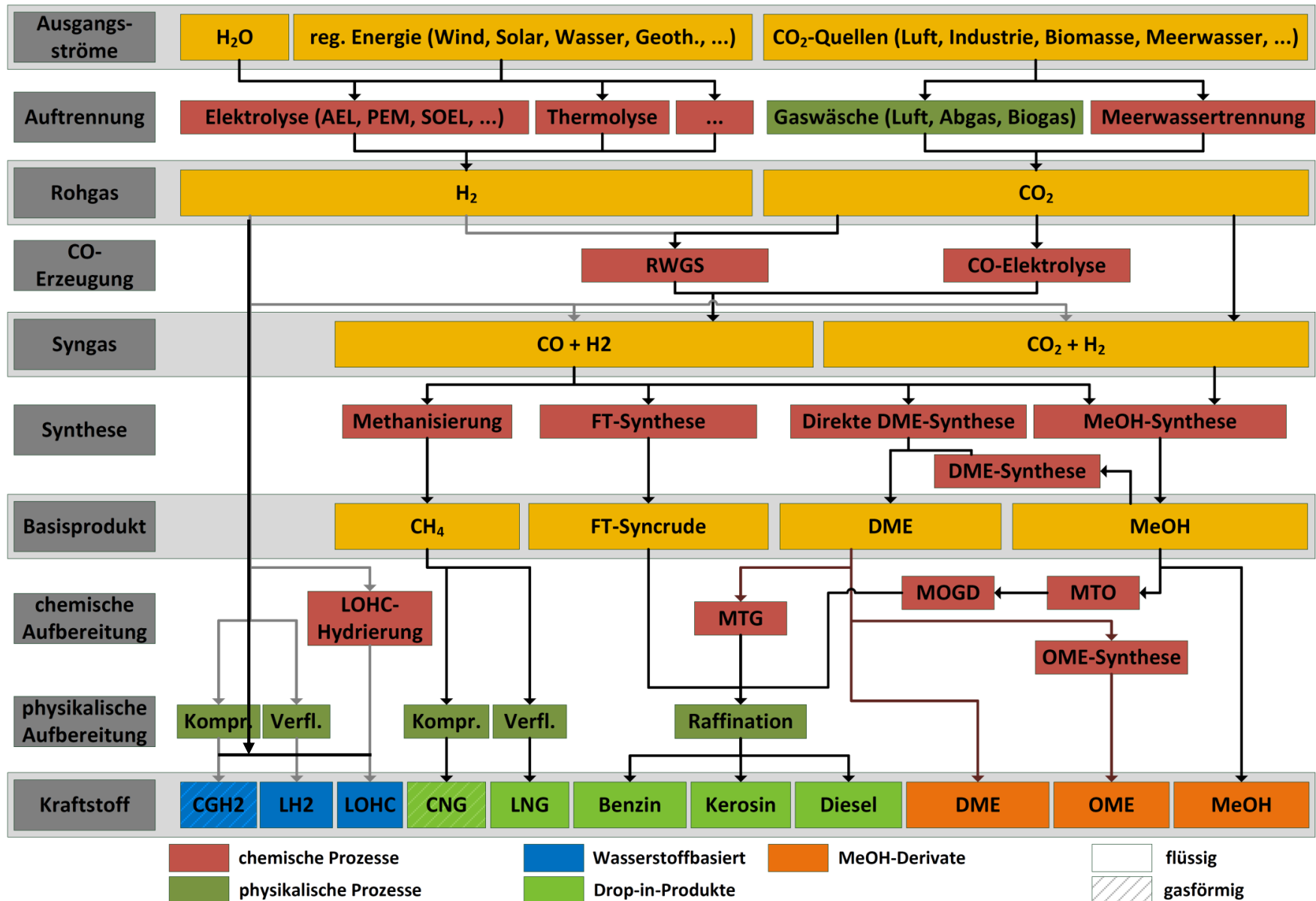


... oder mit Kohlenstoffdioxid  
zu einem anderen gasförmigen  
oder flüssigen Kraftstoff weiter  
verarbeitet werden

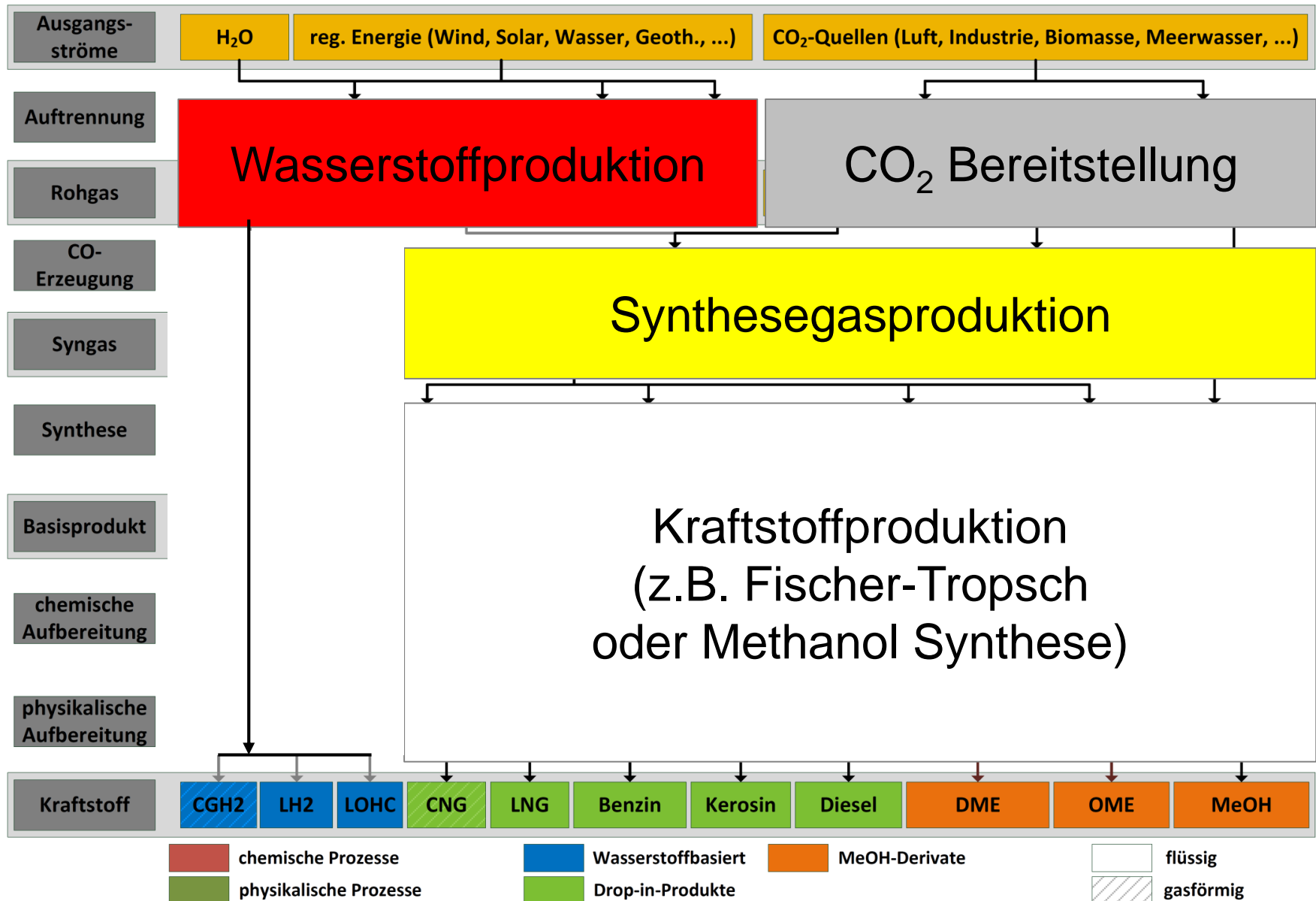


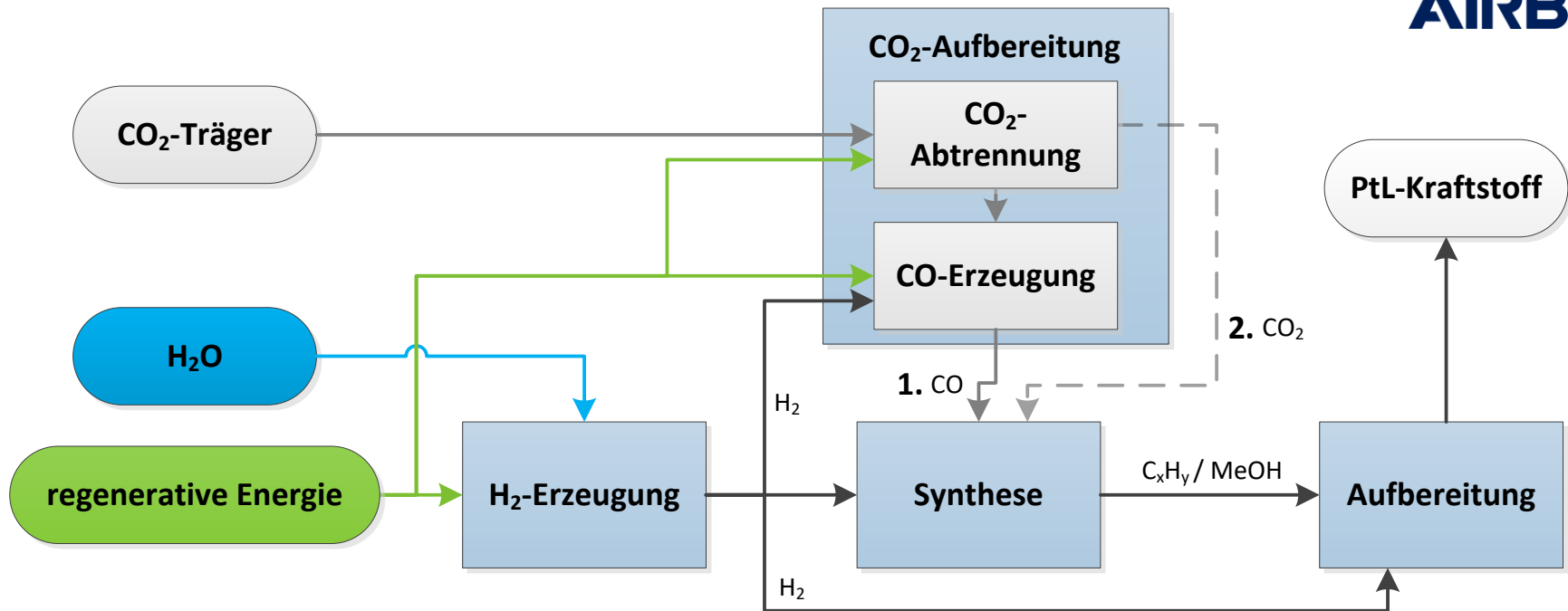
Wird ein Gas erzeugt: Power-to-Gas (PtG)  
Wird eine Flüssigkeit erzeugt: Power-to-liquid (PtL)

# PtG und PtL Prozesse



# PtG und PtL Prozesse (vereinfacht)





Synthese heißt hierbei:

- Fischer-Tropsch Synthese mit anschließendem Hydroprocessing
- Methanol Synthese mit anschließendem Methanol-to-Olefins bzw. Alcohol-to-Jet Prozess



## Fischer-Tropsch Synthese und Hydroprocessing

### Nutzung im Flugzeug

- Speicherung in herkömmlichen Flüssigkraftstofftanks
- **Einsatz in regulären Triebwerken ist zugelassen**

### Technische Reife

- Erzeugung: Komplexe Verfahrenstechnik, insbesondere Kombination Elektrolyse/RWGS mit Fischer-Tropsch Synthese
- **Gesamtprozess befindet sich im Demonstrationsmaßstab**
- Infrastruktur/Flugzeuge: **Vollständig kompatibel** mit bereits existierender Infrastruktur und vorhandenen Flugzeugen

## Methanol Synthese und Weiterverarbeitung zu Kerosin

### Nutzung im Flugzeug

- Speicherung in herkömmlichen Flüssigkraftstofftanks
- Einsatz in herkömmlichen Triebwerken theoretisch möglich, **jedoch derzeit noch nicht zugelassen**

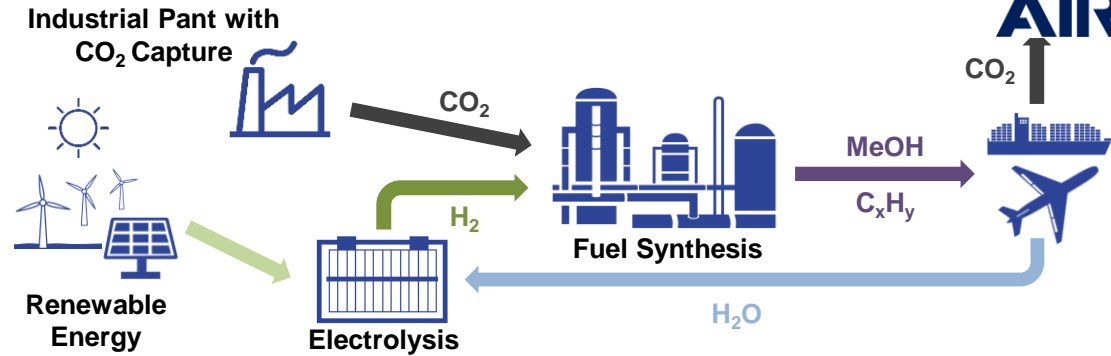
### Technische Reife

- Erzeugung: bekannte Verfahrenstechnik, **jedoch noch keine Umsetzung der gesamten Prozesskette**
- Infrastruktur/Flugzeuge: **Theoretisch** vollständig **kompatibel** mit bereits existierender Infrastruktur und vorhandenen Flugzeugen, wegen fehlender Zulassung jedoch noch nicht umgesetzt

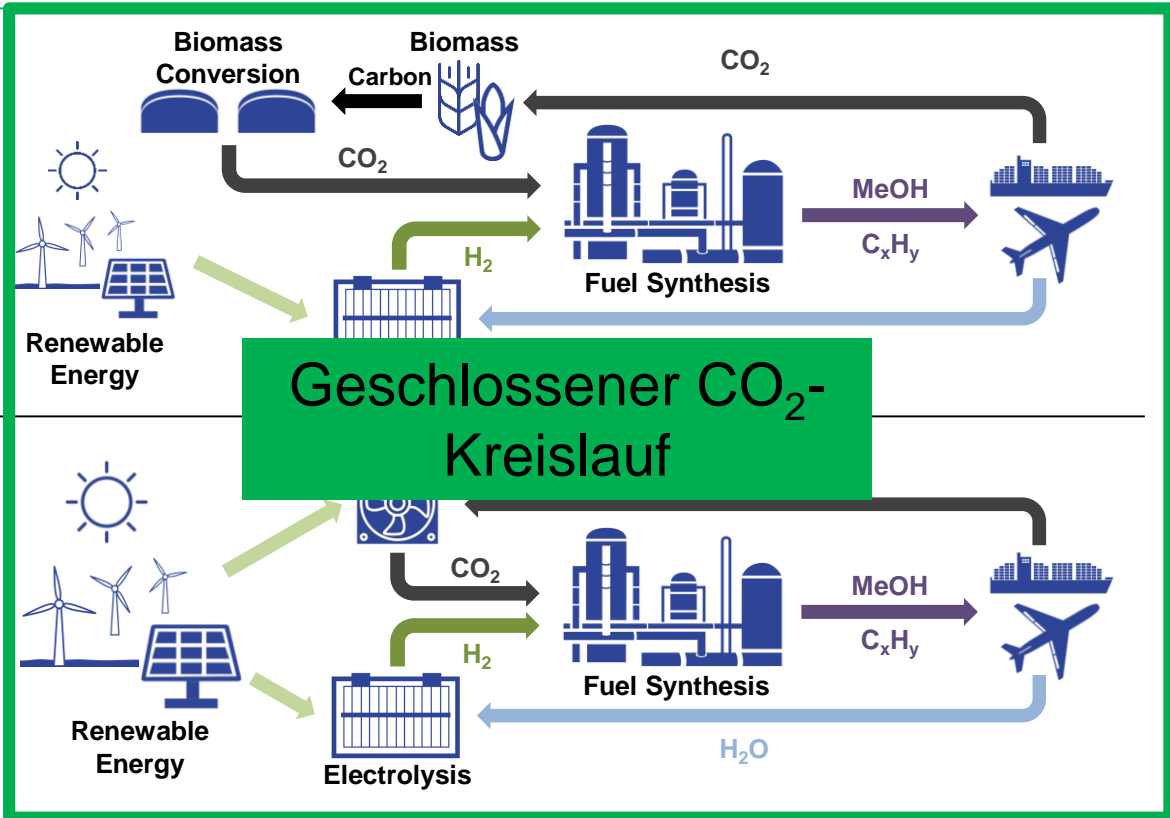
➔ Fischer-Tropsch Verfahren wird für eine zeitnahe Umsetzung präferiert

# CO<sub>2</sub>-Quellen für Flüssige Kraftstoffe

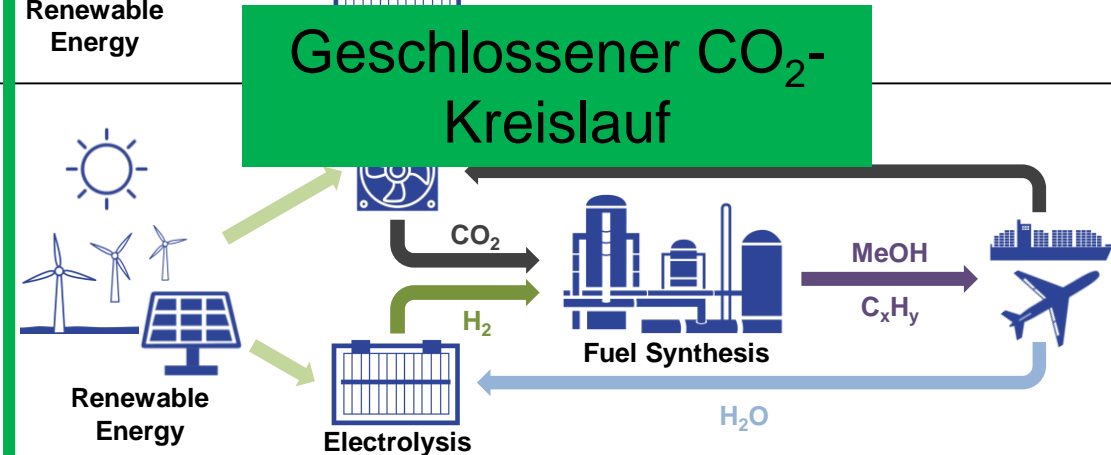
Einsatz von prozessspezifischem CO<sub>2</sub>



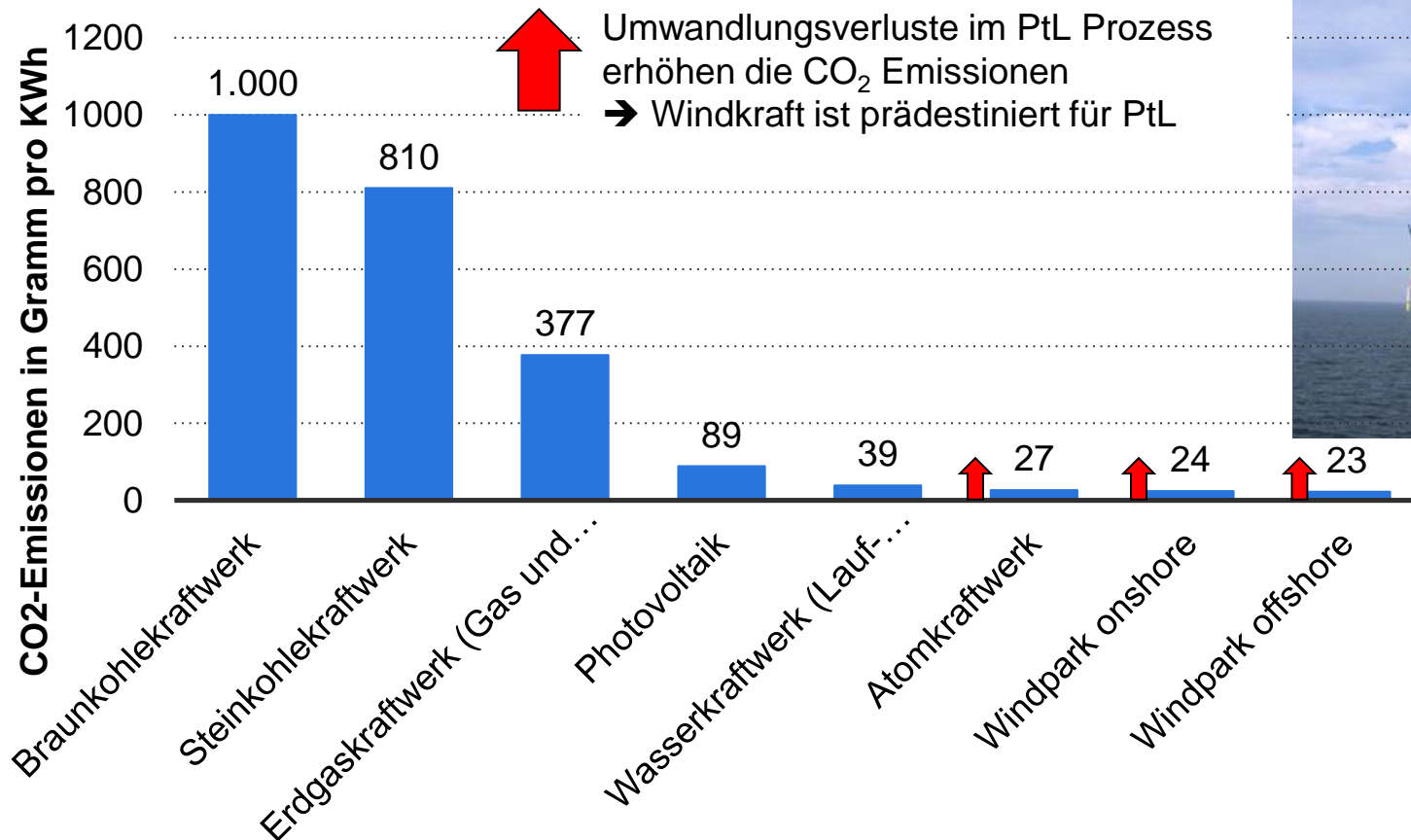
Einsatz von biogenem CO<sub>2</sub>



Einsatz von atmosphärischem CO<sub>2</sub>



# Energiequellen für synthetische Kraftstoffe



→ Der Norddeutsche Raum mit seinem reichen Angebot an Windenergie ist prädestiniert für Power to Liquid

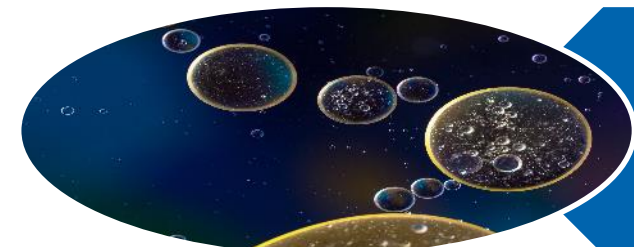
## Der Beitrag von aireg, um die CO<sub>2</sub>-Minderungsziel



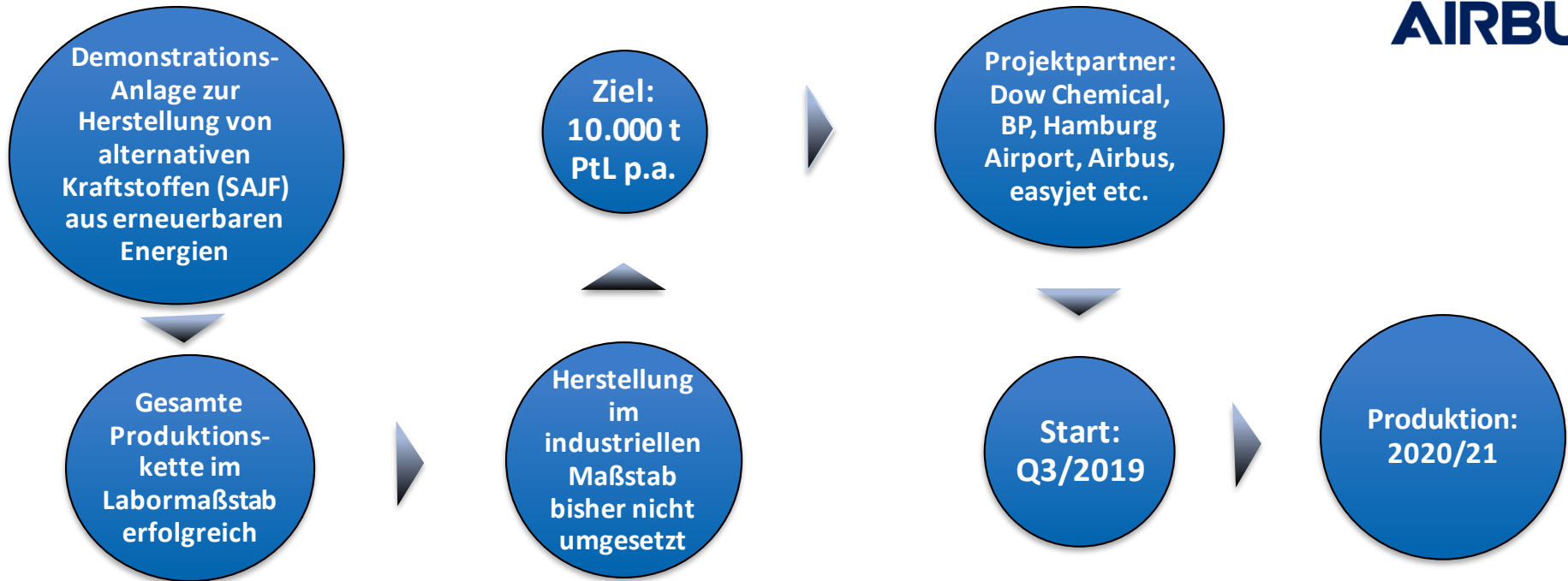
**Mindestens eine großindustrielle  
BioRaffinerie/PtL-Anlage in  
Deutschland aufbauen**



**Regierungsvereinbarungen zur  
Sicherstellung der Rohstoffversorgung  
abschließen**



**Zehn Prozent erneuerbares Kerosin  
für die in Deutschland benötigte  
Flugkraftstoffmenge beimischen**



- Abbildung der gesamten Bereitstellungskette von PtL-Kraftstoff für die Luftfahrt
- Einsatz von prozessspezifischem CO<sub>2</sub> und erneuerbarem Strom (aus Offshore-Windstrom) um flüssige, strombasierte Kraftstoffe (Luftverkehr, Schifffahrt, Straßengüterverkehr) herzustellen

- 1) Synthetische Kraftstoffe können neben dem gasfähigen Wasserstoff zur Energiewende und zur Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Verkehr beitragen.
- 2) Wegen der hohen Energiedichte, der Drop-In Fähigkeit und bereits vorhandener Zulassungen ist synthetischer Kraftstoff (Kerosin) für die Luftfahrt besonders geeignet.
- 3) Synthetischer Kraftstoff sollte ausschließlich aus regenerativen Quellen gewonnen werden. Das Fischer-Tropsch-Verfahren gilt als besonders erfolgversprechend.
- 4) Norddeutschland mit seinem reichen Angebot an Windenergie ist prädestiniert für die Erzeugung synthetischen Kraftstoffes.
- 5) Nächster Schritt muss die Umsetzung des Prozesses in einem relevanten Maßstab (> 10.000 t/a) sein.