



# Nachhaltige Kraftstoffe für die Luftfahrt



Aviation Initiative for  
Renewable Energy in Germany e.V.



**Forschung & Entwicklung**  
Bau und Betrieb einer **PtL-Forschungs-,  
Technologie- und Demonstrationsplattform** in  
Deutschland



**Beginnende Industrialisierung**  
Betrieb mind. einer kommerziellen **SAF-  
Produktionsanlage** in Deutschland



**SAF-Quoten**  
**Quote** für nachhaltige, regenerative Flugkraftstoffe

2026: 2 %



2028: 5 %



2030: 10 %

# 63 Mitglieder



Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e.V.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## Kooperationsvereinbarungen



## Mitgliedschaften





Mitgliederversammlung

Vorstand  
Sechs Vorstandsmitglieder

Beirat  
Beiratsmitglieder aus  
Forschung, Wirtschaft und  
Politik

Koordinierungsausschuss  
Bestehend aus dem  
Vorstand und den  
Vorsitzenden der  
Arbeitskreise

Rechnungsprüfer und  
Geschäftsstelle

## Unser Vorstand



**Siegfried Knecht**  
Vorsitzender des  
Vorstands



**Uwe Gaudig**  
Stellv. Vorsitzender des  
Vorstands



**Prof. Dr.-Ing. Martin  
Kaltschmitt**  
Stellv. Vorsitzender des  
Vorstands



**Melanie Form**  
Mitglied des Vorstands  
Geschäftsführerin



**Prof. Dr.-Ing. Manfred  
Aigner**  
Präsident Wissenschaft  
und Forschung



**Prof. Dr.  
Jürgen Ringbeck**  
Präsident Industrie und  
Luftfahrt

Arbeitskreise und  
Task Force

Rohstoffe und  
Technologien



Qualität, Zulassung  
und Nutzung

Nachhaltigkeit



Task-Force  
Ökonomie und  
Produktion

## Unsere Satzung



## Arbeitskreise und Task Force

**Rohstoffe und Technologien**  
Herstellungsoptionen nachhaltiger  
Flugkraftstoffe und technischer  
Innovation



**Qualität, Zulassung und Nutzung**  
Anwendung nachhaltiger  
Flugkraftstoffe

**Nachhaltigkeit**  
Ökologie, Ökonomie und soziale  
Verträglichkeit der gesamten  
Wertschöpfungskette



**Task-Force Ökonomie und  
Produktion**  
Vermarktung und Herstellung  
nachhaltiger Flugkraftstoffe

# Klimaschutzplan der internationalen Luftfahrt bei großem Wachstum

Wachstum bis 2050: Die ICAO geht von einer **Verdopplung bis Verdreifachung** der Revenue Passenger Kilometers (RPK) bis zum Jahr 2050 aus.

→ mindestens Verdopplung der Klimawirkung sofern keine Maßnahmen ergriffen werden.

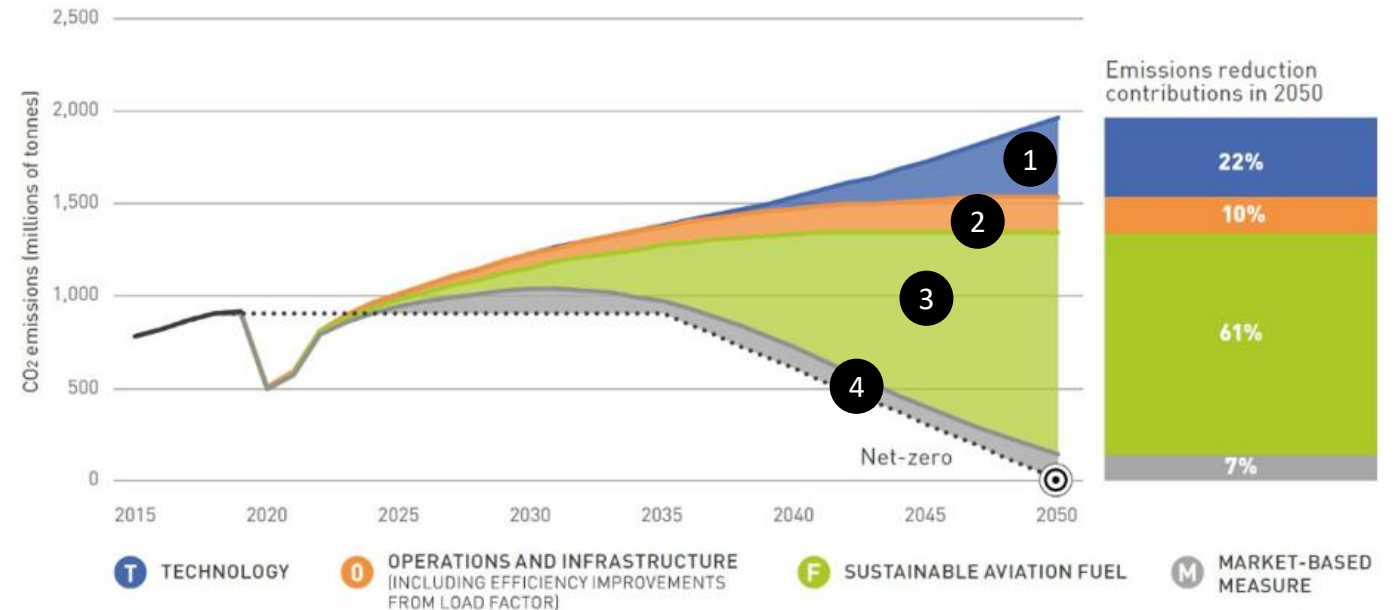
**1. Technologie:** Technologische Verbesserungen und dem Einsatz von Luftfahrzeugen mit hybriden und elektrischem Antrieb vornehmlich auf der Kurzstrecke ab den Jahren 2035 bis 2040.

**2. Betrieb und Infrastruktur:** Wesentliche Investitionen in die Effizienz des Betriebs und der Infrastruktur.

**3. SAF:** Den größten Beitrag sollen nachhaltige Flugkraftstoffe darstellen. Im Jahr 2050 sollen 90 % des Treibstoffs durch SAF ersetzt sein, das jeweils 100 % Emissionen einspart.

Quelle: ATAG (2021): Waypoint 2050.

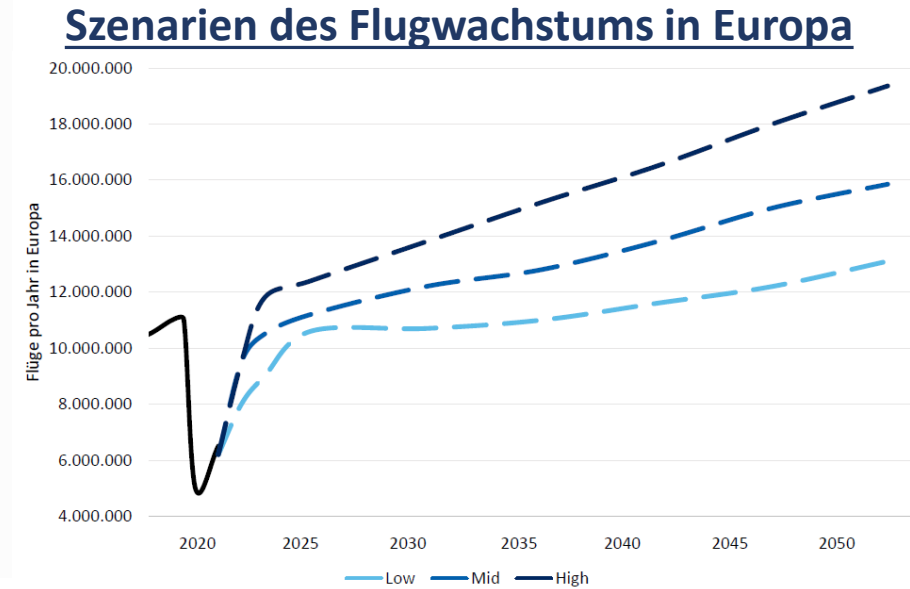
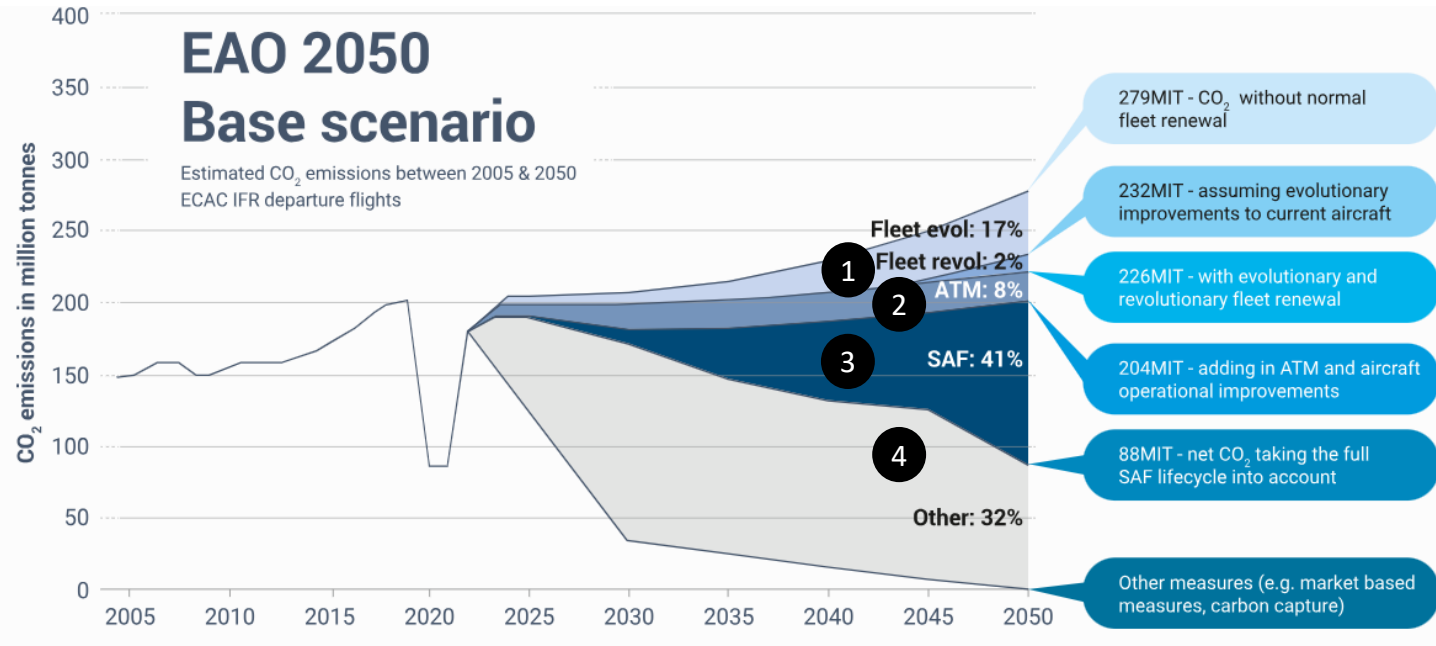
## Möglicher Weg zur Klimaneutralität bis 2050 aus Sicht der Luftfahrtindustrie:



Anteile der unterschiedlichen Maßnahmen auf dem Weg zur Klimaneutralität der Luftfahrt

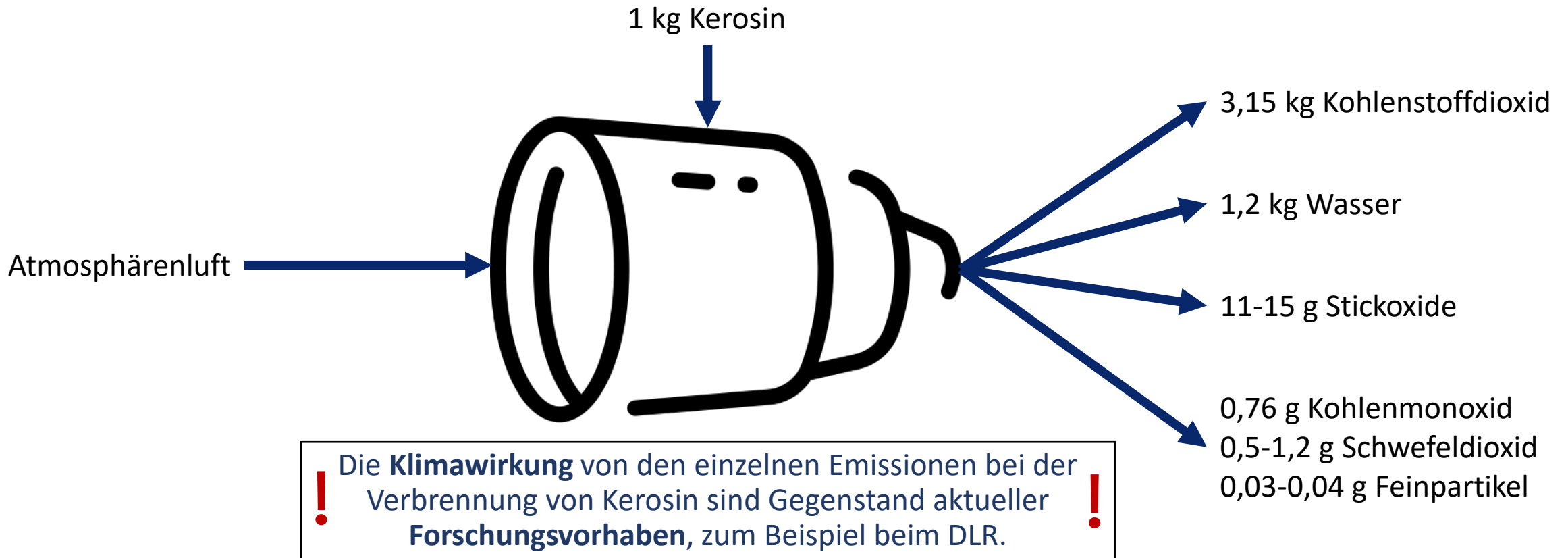
**4. Marktbasierte Maßnahmen:** Die von den vorherigen drei Bereichen nicht verhinderten Emissionen werden durch Kompensation ausgeglichen.

# Klimaschutzplan der europäischen Luftfahrt bei großem Wachstum



1. Einsparmaßnahmen durch die Erneuerung der Flugzeugflotten mit jeweils modernen Flugzeugmustern und die Effizienzverbesserung gegenüber der heutigen Technologie, Einsparpotential: 53 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>
2. Einsparmaßnahmen durch Effizienzsteigerung im Bereich des Betriebs und der Infrastruktur, Einsparpotential: 24 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>
3. Einsparmaßnahmen durch die Nutzung von SAF, Einsparpotential: 116 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>
4. Weitere Einsparmaßnahmen durch marktbasierende Maßnahmen oder CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung, Einsparpotential: 88 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>

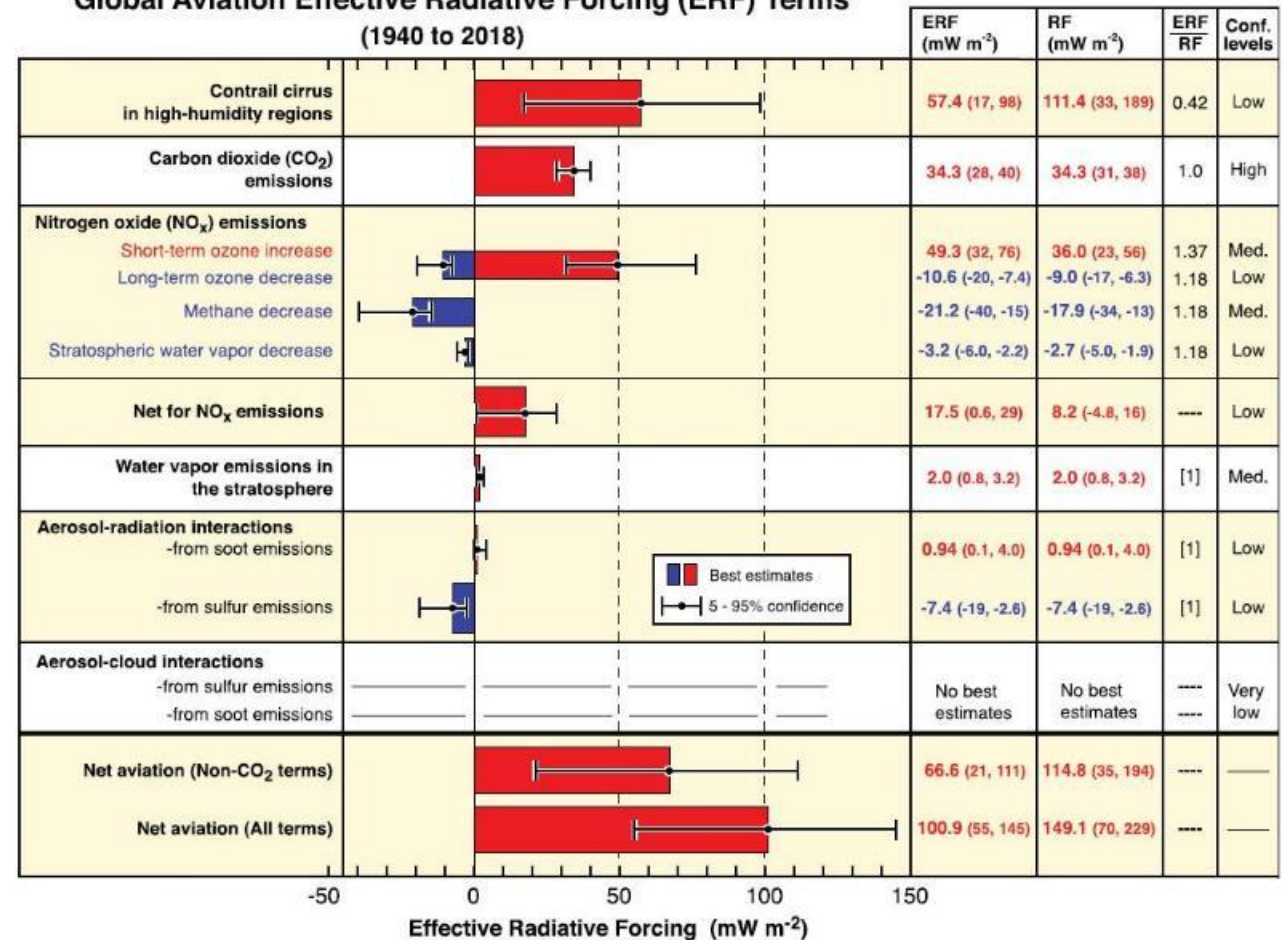




- Neben CO<sub>2</sub> werden **weitere klimawirksame Stoffe** emittiert
- Dazu zählen in großer Höhe ausgestoßener Wasserdampf, Rußpartikel, Sulfat-Partikel und Stickoxide
- Deren teils komplexe Wechselwirkung und die daraus resultierende Klimawirkung sind Gegenstand aktueller Forschung
- Etwa **2/3 der Gesamtklimawirkung** der Luftfahrt entfallen auf **Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte**
- Klicken Sie [hier](#) für weiterführende Informationen zu Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekten

**! SAF verbrennen sauberer als fossiles Kerosin und reduzieren somit auch Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte. !**

Global Aviation Effective Radiative Forcing (ERF) Terms (1940 to 2018)



Einfluss klimawirksamer Emissionen. In rot wärmende und in blau kühlende Effekte unter Angabe von Konfidenzintervallen. <sup>1</sup>



## Geringere THG-Emissionen

- Schon heute bei HEFA-SAF bis zu 80 % weniger THG-Emissionen verglichen mit fossilem Kerosin
- Bei strombasierten SAF potentiell bis zu 100 % CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung



## Reduktion von Nicht-CO<sub>2</sub>-Effekten

- Resultieren aus der Bildung von Rußpartikeln und weiteren klimawirksamen Stoffen
- SAF verbrennen sauberer unter verringerter Bildung von Partikeln



## Alternativlosigkeit SAF

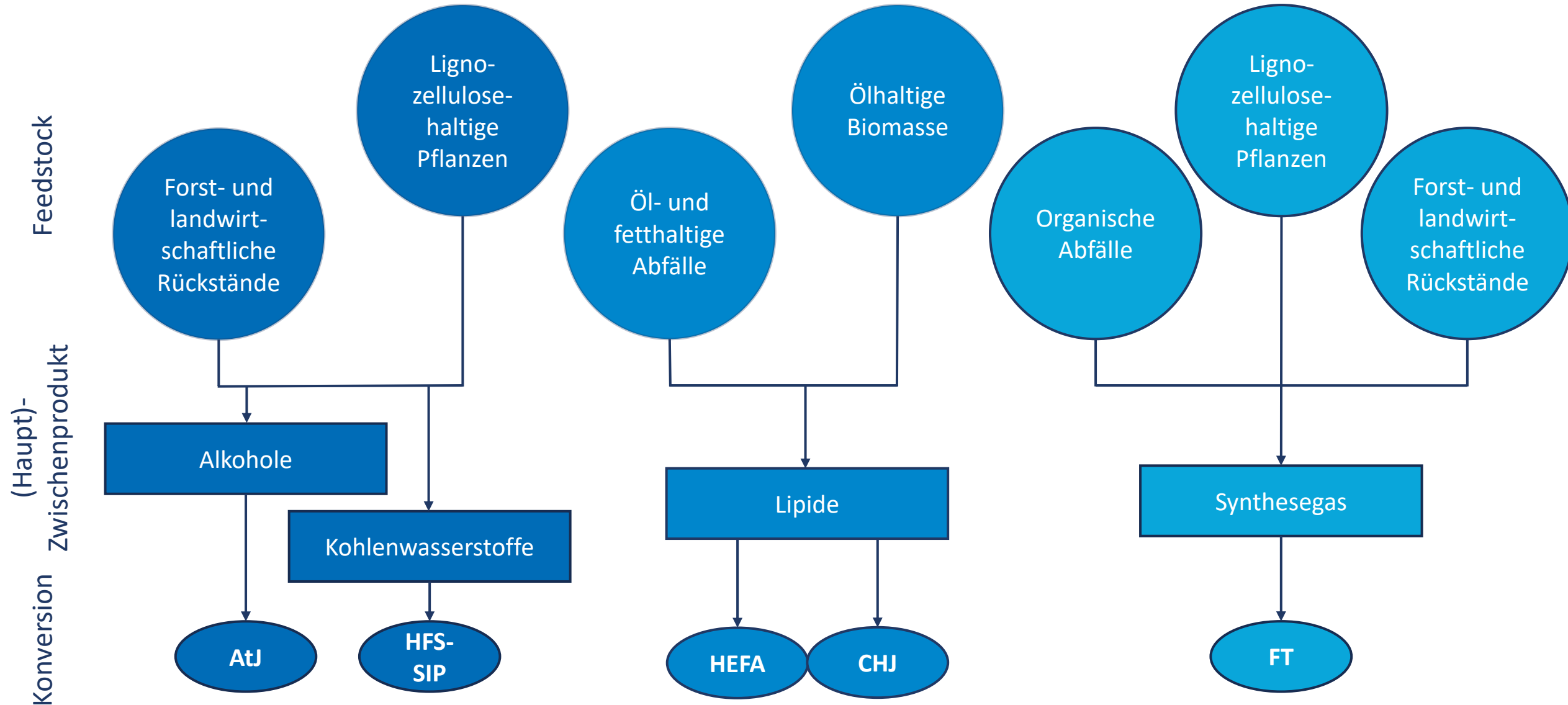
- Andere klimafreundliche Antriebe (Elektro/Wasserstoff) stehen frühestens ab 2030 zur Verfügung
- Dauer des Markthochlaufs sehr hoch auf Grund der Nutzungsdauer von Flugzeugen



## Drop-in Lösung

- Keine Anpassung der Triebwerke und Tankinfrastruktur notwendig
- Heute kommerziell erhältlich und in Verwendung
- Bereits zugelassen in Beimischung bis 50 %





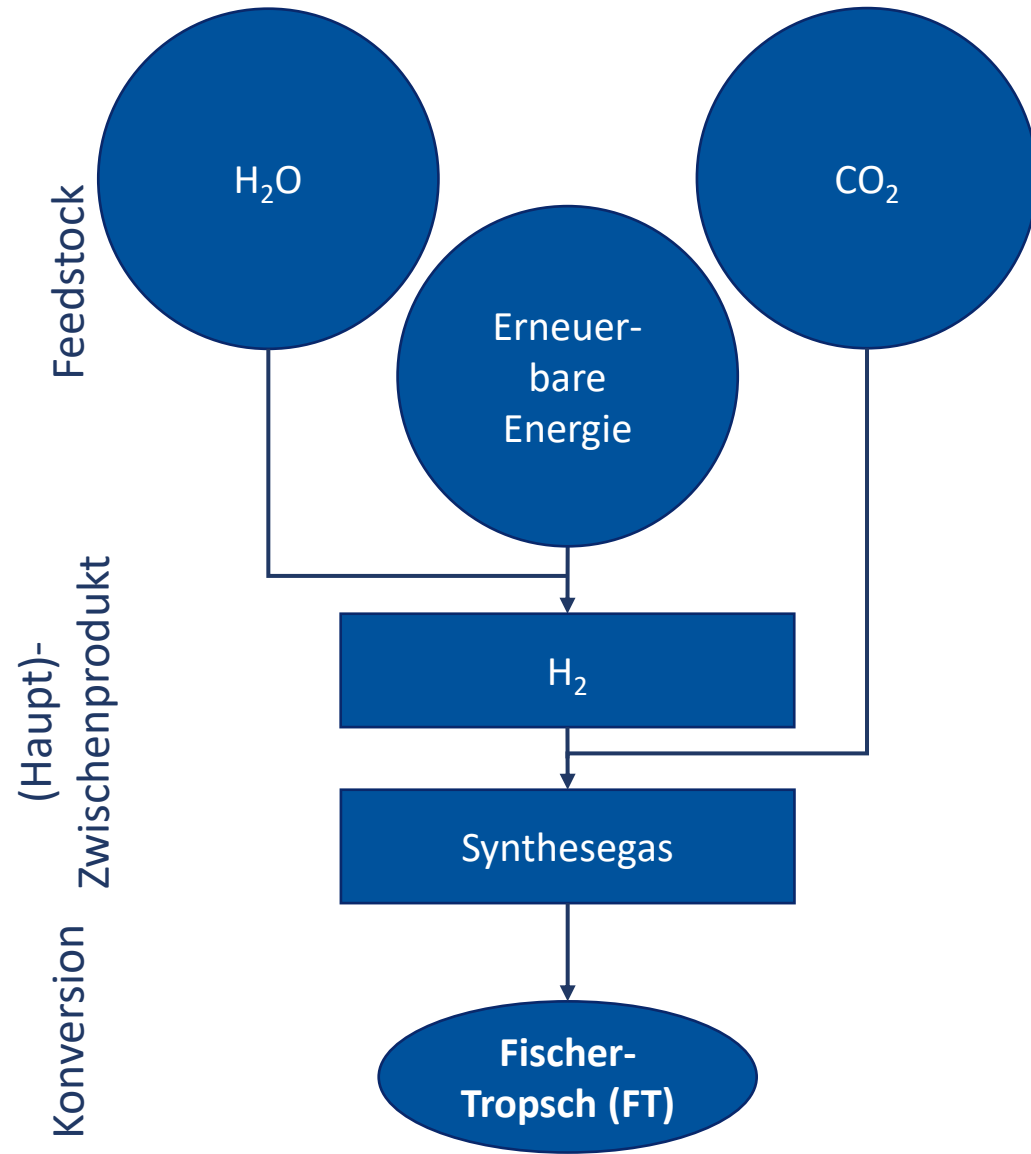
# Übersicht zugelassener SAF

| ASTM  | Anhang | Zulassung | Verfahren     | Beimischungsgrenze | Mögliche Rohstoffe   | Anbieter                |
|-------|--------|-----------|---------------|--------------------|--|-------------------------|
| D7566 | 1      | 2009      | FT-SPK        | 50 Vol.-%          | Flexibel (biogen, fossil, synthetisch, z.B. PtL oder BtL)  | Velocys, Sasol, Shell   |
| D7566 | 2      | 2011      | HEFA-SPK      | 50 Vol.-%          | Fette/Öle (z. B. Pflanzenöle, Altspeiseöl)                 | UOP, Neste              |
| D7566 | 3      | 2014      | HFS-SIP       | 10 Vol.-%          | Zucker, Stärke, Lignocellulose                             | Amyris                  |
| D7566 | 4      | 2015      | FT-SPK/A      | 50 Vol.-%          | Flexibel (biogen, fossil, synthetisch, z. B. PtL oder BtL) | Sasol                   |
| D7566 | 5      | 2016      | ATJ-SPK       | 50 Vol.-%          | Zucker, Stärke, Lignocellulose                             | Gevo, Cobalt            |
| D7566 | 6      | 2020      | CH-SK         | 50 Vol.-%          | Fette/Öle (z. B. Pflanzenöle, Altspeiseöl)                 | ARA                     |
| D7566 | 7      | 2020      | HC-HEFA-SPK   | 10 Vol.-%          | Fette/Öle (Algenöl)  | IHI                     |
| D7566 | 8      | 2023      | ATJ-SKA       | 50 Vol.-%          | Zucker, Stärke   | Swedish BioFuels, Byogy |
| D1655 | 1      | 2018      | Co-Processing | 5 Vol.-%           | Fette/Öle (z. B. Pflanzenöle, Altspeiseöl)                 |                         |
| D1655 | 1      | 2020      | Co-Processing | 5 Vol.-%           | FT-Biocrude (primäre Rohstoffe siehe FT-SPK, FT-SPK/A)     |                         |
| D1655 | 1      | 2023      | Co-Processing | 10 Vol.-%          | Hydrodesulfurierte Biomasse                                |                         |

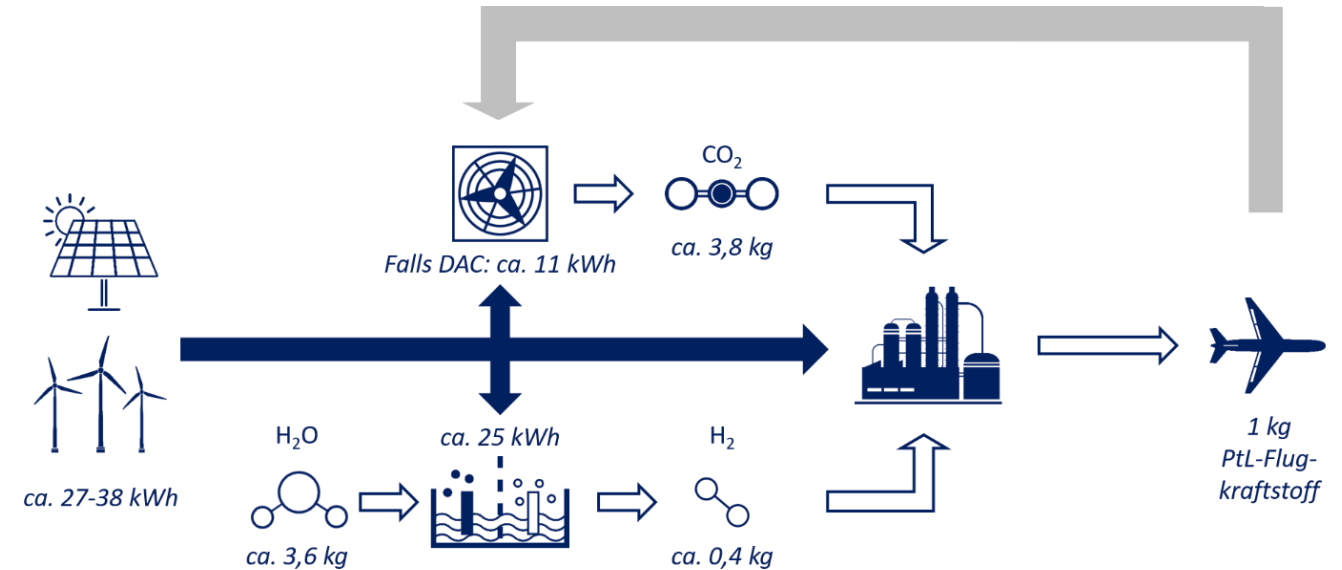
**ATJ-SPK** (Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene), **ATJ-SKA** (Alcohol to Jet Synthetic Paraffinic Kerosene with Aromatics), **CH-SK** (Catalytic Hydrothermolysis Synthesized Kerosene), **FT** (Fischer-Tropsch), **HC** (Hydrocarbons), **HEFA** (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids), **HFS-SIP** (Hydroprocessed Fermented Sugars to Synthetic Isoparaffins), **PtL** (Power-to-Liquid), **SPK** (Synthetic Paraffinic Kerosene), **SPK/A** (Synthetic Paraffinic Kerosene with Aromatics)

Neben **biogenen SAF** und **strombasierten SAF** gibt es die Möglichkeit diese Pfade zu kombinieren. Diese SAF werden **hybride SAF** genannt.





Quantitative Übersicht benötigter Rohstoffe im PtL-Herstellungsprozess:



Rohstoffbedarf für Durchführung aller innerdeutschen Flüge mit PtL:

- Bedarf von etwa 700.000 Tonnen Kerosin (Vergleichsjahr 2019)
- Mind. 19.000 GWh erneuerbare Energie -> 750 bis 2.500 Windenergieanlagen
- 280.000 Tonnen Wasserstoff  $\approx$  9 TWh Wasserstoff -> 10 % des deutschen Wasserstoffbedarfs im Jahr 2030 nach der Wasserstoffstrategie der BR
- 2,7 Millionen Tonnen biogenes CO<sub>2</sub> -> Potential von CO<sub>2</sub>-Abscheidung von ca. 13 Millionen Tonnen aus Biogas-, Biomethan- und Bioethanolproduktion in Deutschland

## Stärken:

- Zulassung für die Nutzung in allen Flugzeugmustern liegt vor
- Beimischung zu konventionellem Kerosin ohne weiteres möglich („Drop-In Fuel“); keine Anpassungsnotwendigkeiten am Flugzeug und auf den Flughäfen
- Hohes Potenzial zur Minderung der Klimawirkung (bis zu 90 % CO<sub>2</sub> und weitere Minderung bestimmter nicht-CO<sub>2</sub>-Effekte)

## Schwächen:

- Großtechnische Verfügbarkeit von nicht-fossilem CO<sub>2</sub> ist derzeit auf biogene Quellen (z.B., Biogasanlagen) begrenzt; Direct-Air-Capture Verfahren sind noch in der Entwicklung
- Hohe Bereitstellungs- / Treibstoffkosten beispielsweise im Vergleich zu HEFA-Kerosin
- PtL-Anlagen sind heute noch im Labor- und Pilotmaßstab; eine großtechnische Umsetzung steht noch aus

## PtL-Flugkraftstoffe Strategische Bewertung

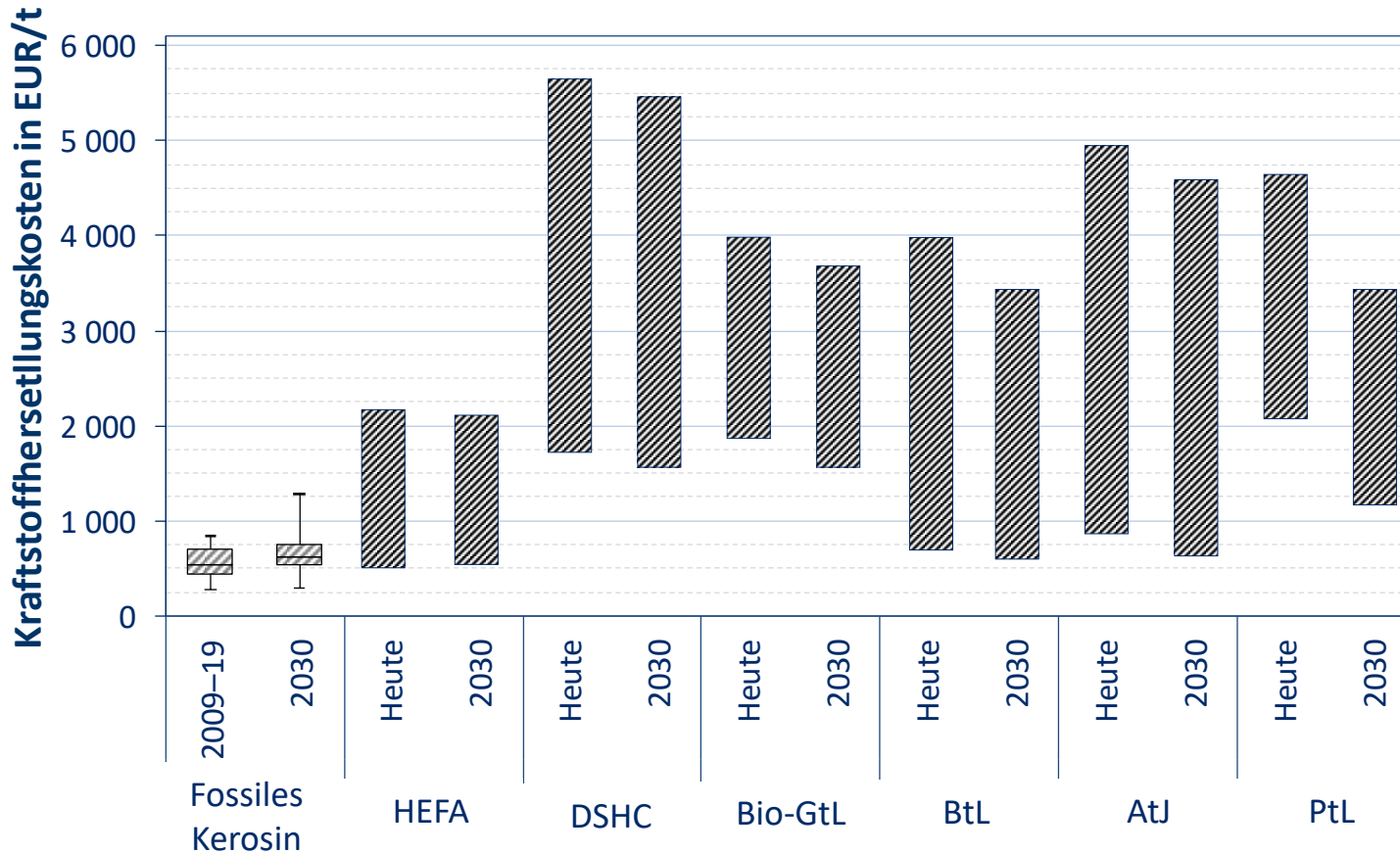
## Chancen:

- Potenzial zur effizienten Speicherung von elektrischer Energie aus fluktuierenden erneuerbaren Quellen
- Potenziell hohes Kostensenkungspotenzial durch innovative Prozesse, optimierte Systemintegration und großtechnische Skalierung
- Erhebliches Marktpotenzial für den nationalen und internationalen Anlagenbau

## Herausforderungen:

- Erprobung einer großtechnischen industriellen Produktion steht noch aus
- Einige Prozesskomponenten (z. B., Reverse-Wasser-Gas-Shift Reaktion) wurden noch nicht in einem großindustriellen Maßstab demonstriert
- Kostensenkungspotenzial stark abhängig von Innovationsdynamik und der globalen Marktentwicklung

# SAF-Preis bleibt mittelfristig hoch auf Grund der Herstellungskosten



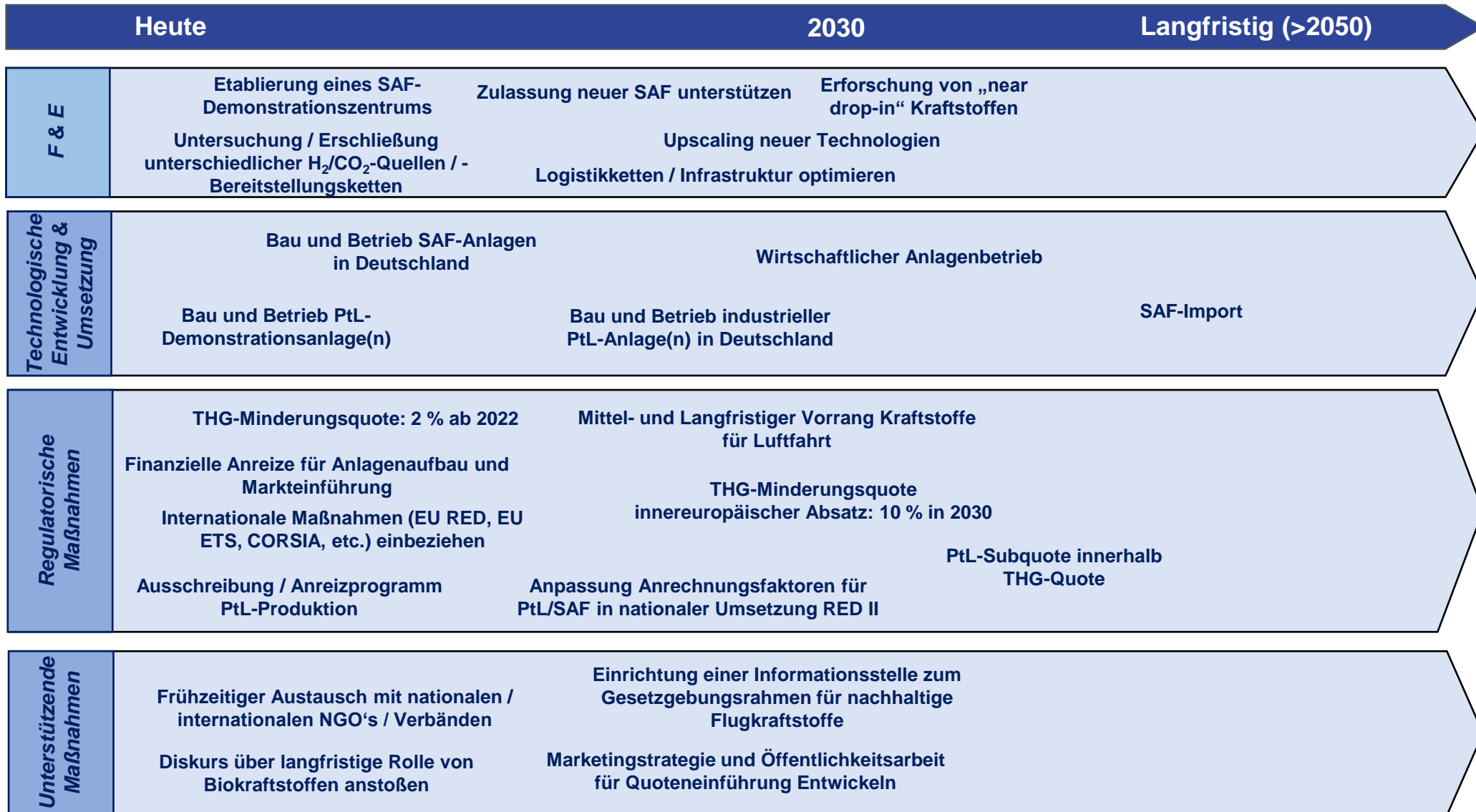
Quelle: aireg e.V. – TU HH / Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft

- **Erneuerbare Flugkraftstoffe** sind gegenüber fossilem Kerosin bisher und auch zukünftig weiterhin **teurer**, wodurch ihr **Markteintritt stark beeinträchtigt** ist.
- Kostensenkung durch Innovation und Scaling der gesamten Wertschöpfungskette
- Preisparität kann durch staatliche Anreizprogramme eher erreicht werden

- Von aireg-Mitgliedern entwickelte **Roadmap** mit dem Ziel, Maßnahmen und Anreize zur Herstellung **eines signifikanten Nutzungsanteils nachhaltiger Kraftstoffe** im Flugverkehr vorzustellen
- Die Roadmap zeigt einen möglichen Entwicklungspfad auf unter Berücksichtigung technologischer, ökologischer, ökonomischer und regulatorischer Rahmenbedingungen und Erfordernisse
- Die Roadmap umfasst
  - Aufbau einer semi-industriellen Demonstrationsanlage
  - Forschung, Entwicklung und Integration entsprechender Herstellungstechnologien
  - Meilensteine zur technologischen Umsetzung
  - Regulatorische und unterstützende Maßnahmen
- Mit der Roadmap bieten die aireg-Mitglieder der Politik auf Bundes- sowie Länderebene und Stakeholdern aus Industrie, Wirtschaft und Wissenschaft die Zusammenarbeit an, um die dringend erforderliche Markteinführung und den Produktionshochlauf von SAF zu beschleunigen



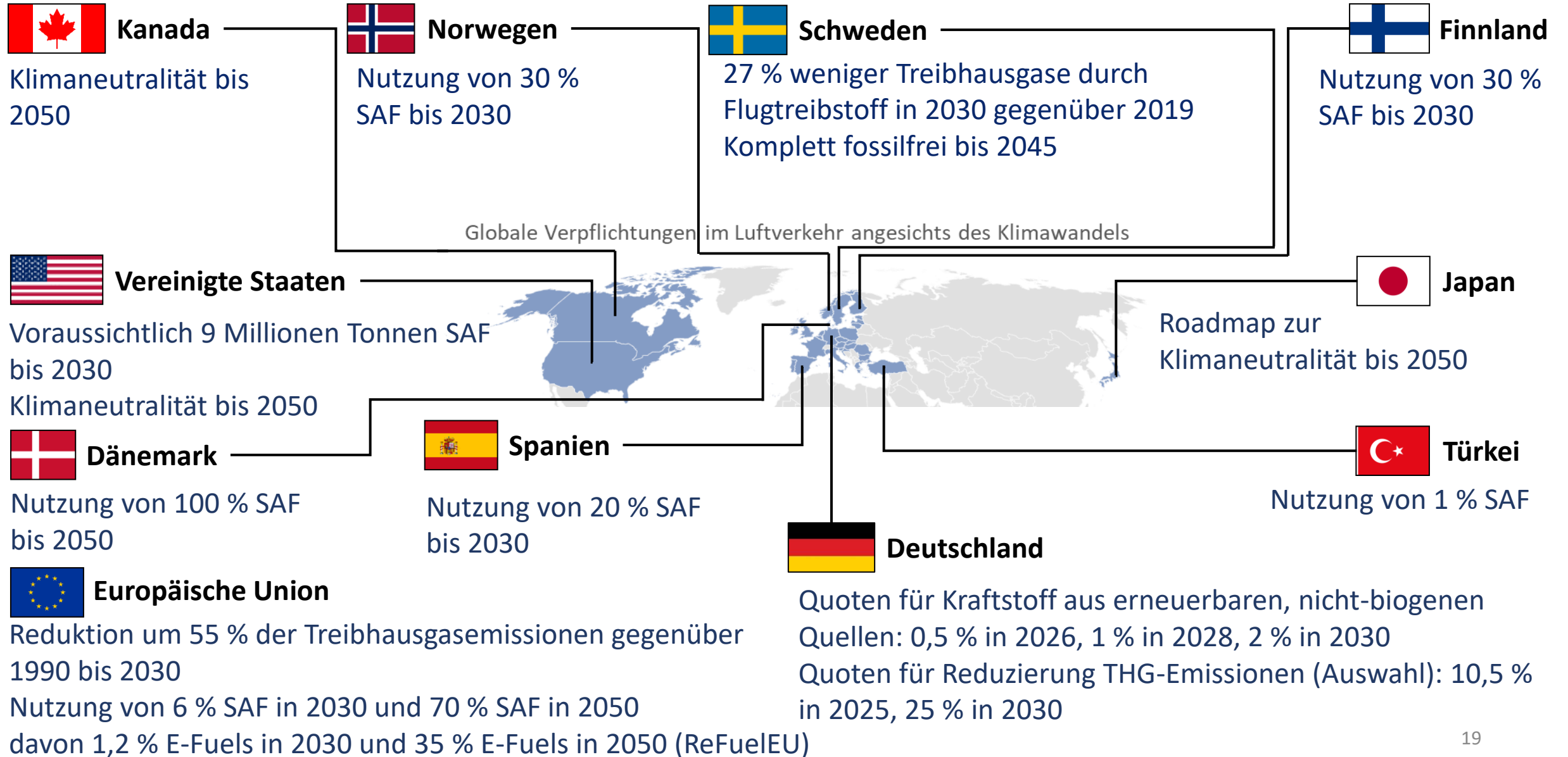
# Roadmap zur Entwicklung und Einführung nachhaltiger Flugkraftstoffe



Signifikanter Anteil nachhaltiger Kraftstoffe im Luftverkehr



# Auswahl Verpflichtungen: Klimaschutz in der Luftfahrt verschiedener Staaten



**UNITED** 

 **Lufthansa**

**AIRFRANCE KLM**

virgin atlantic 

**BRITISH AIRWAYS** 

**DHL**  
Group

American Airlines 

 **RYANAIR**

**SAS**

5 % SAF bis 2030, ca. 22.000 Tonnen SAF seit 2016, Reduzierung der THG-Emission ggü. 2019 um 50 % bis 2035, 100 Millionen USD-Fond zur Förderung von SAF, SBTi-validiert

5 % - 10 % SAF bis 2030, Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Intensität (CO<sub>2</sub>-Emissionen pro transportierten Tonnenkilometer) bis 2030 ggü. 2019 um 30%, SBTi-validiert

10 % SAF bis 2030, mind. 1 % SAF auf jedem Flug von Frankreich und den Niederlanden, CO<sub>2</sub>-Emissions-Reduzierung bis 2030 pro RPK um 30 % ggü. 2019, SBTi-validiert

10 % SAF bis 2030, erste transatlantischer Flug mit 100 % SAF, 40 % Netto-Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2040

10 % SAF bis 2030, 70 % SAF bis 2050 bei IAG

30 % SAF bis 2030 im Bereich Luftfracht, SBTi-validiert

10 % SAF bis 2030, SBTi-validiert

12,5 % SAF bis 2030, davon sind bereits 70 % vertraglich abgesichert, 26 % geringere CO<sub>2</sub>-Belastung ggü. 2019 im Jahr 2031, Weg zur Klimaneutralität wird gerade STBI-validiert

17 % SAF bis 2030, Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Intensität bis 2035 um 40 % ggü. 2019 (nach Einschätzung von SBTi), eigene Buchungsklassen mit 50 % SAF für jeweiligen Flug

# Vielen Dank für Ihr Interesse!



Aviation Initiative for  
Renewable Energy in Germany e.V.

## Kontakt:

### Melanie Form

Mitglied des Vorstands  
Geschäftsführerin

[kontakt@aireg.de](mailto:kontakt@aireg.de)

**aireg e.V.** – Aviation Initiative for Renewable Energy in  
Germany

Bundesratufer 10  
10555 Berlin

[www.aireg.de](http://www.aireg.de)

Bilder:

© Airbus, A. Doumenjou & S. Ramadier

