



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.

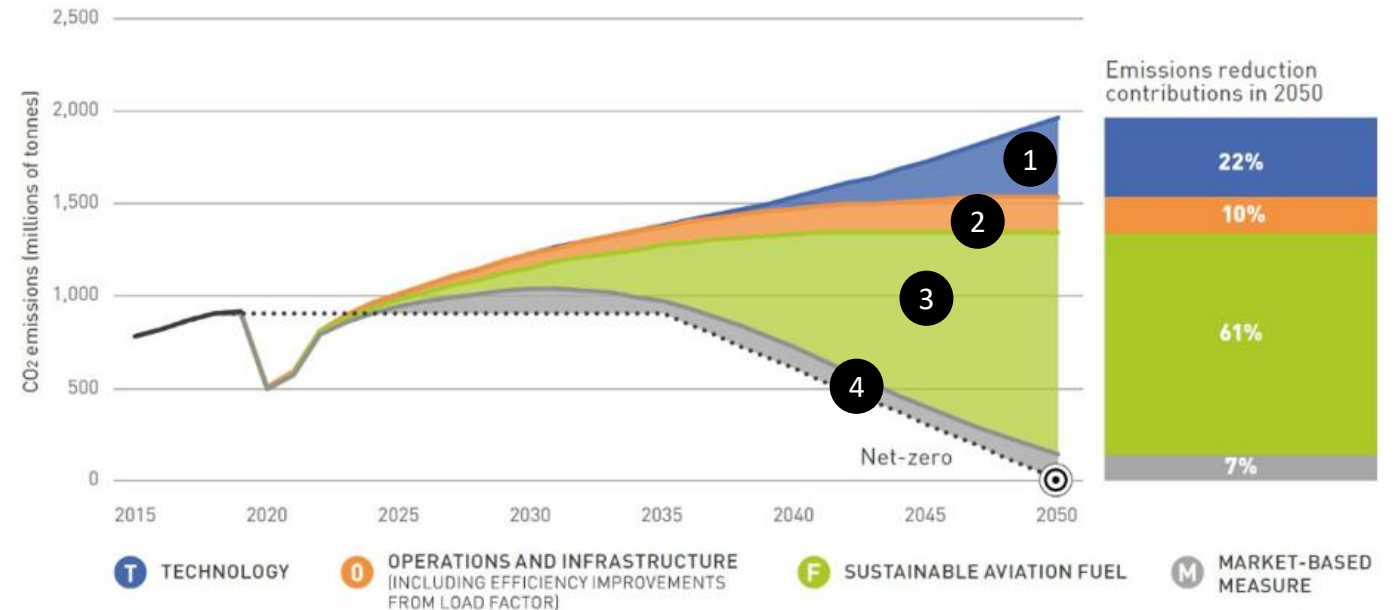
1. Technologie: Technologische Verbesserungen und dem Einsatz von Luftfahrzeugen mit hybriden und elektrischem Antrieb vornehmlich auf der Kurzstrecke ab den Jahren 2035 bis 2040.

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.

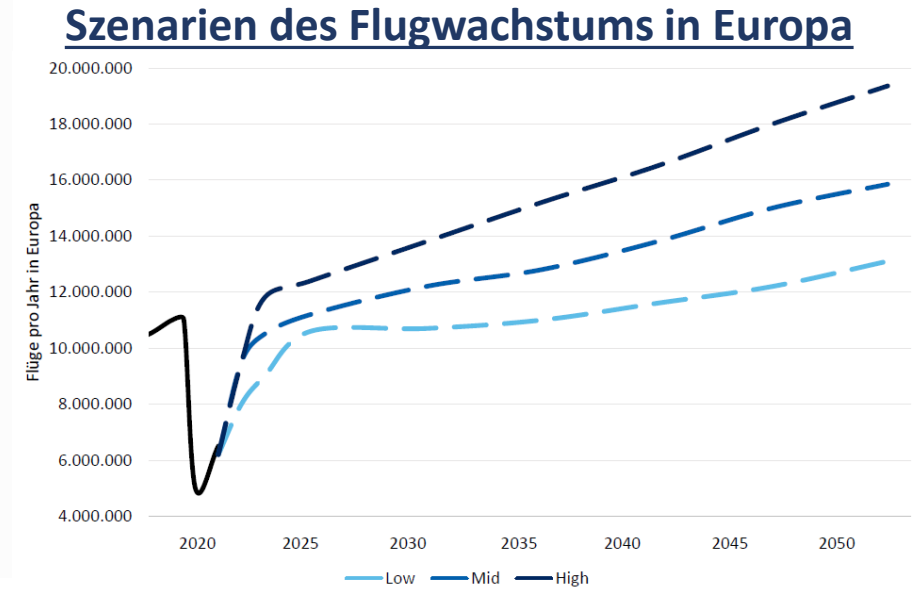
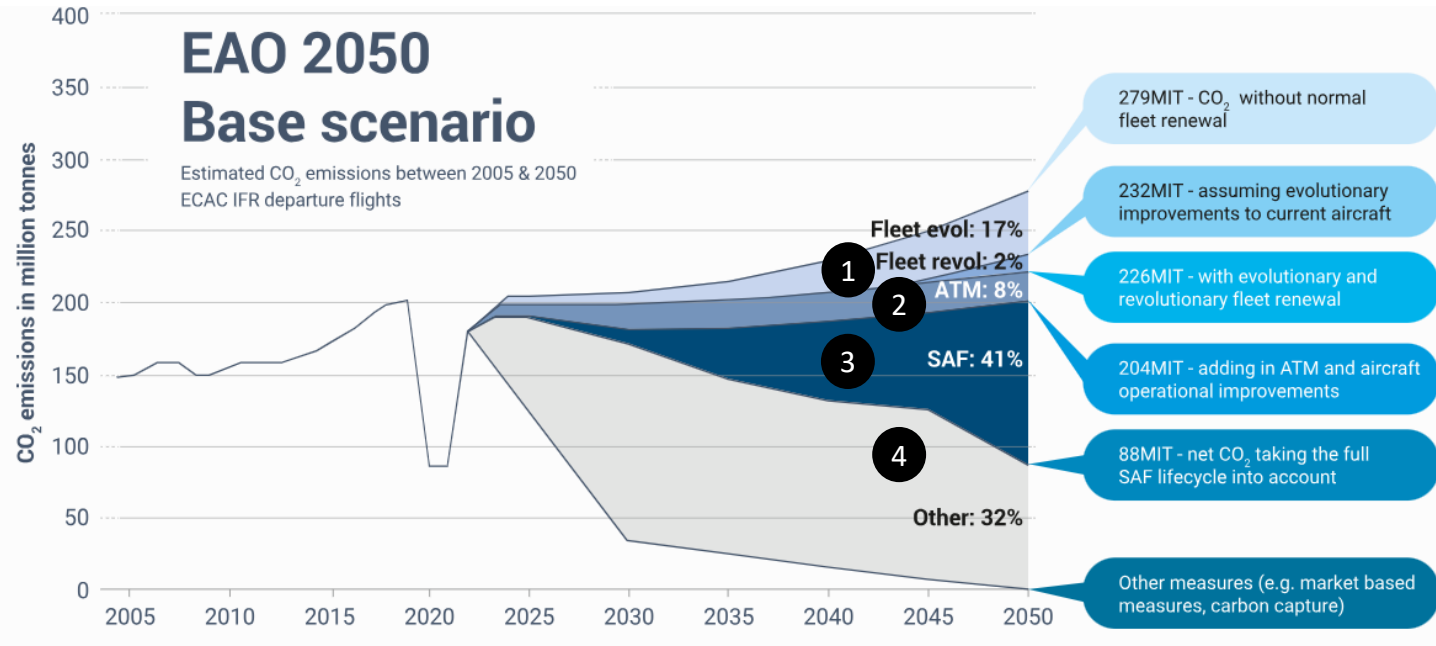
Möglicher Weg zur Klimaneutralität bis 2050 aus Sicht der Luftfahrtindustrie:



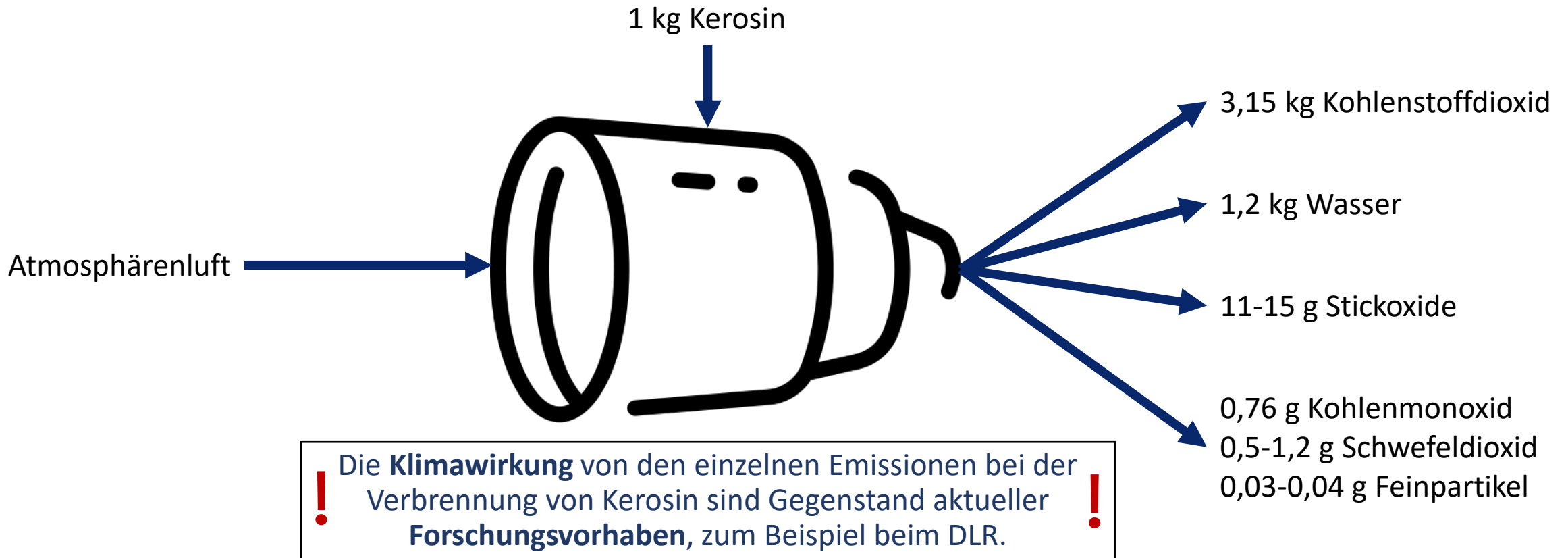
Anteile der unterschiedlichen Maßnahmen auf dem Weg zur Klimaneutralität der Luftfahrt

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

Klimaschutzplan der europäischen Luftfahrt bei großem Wachstum



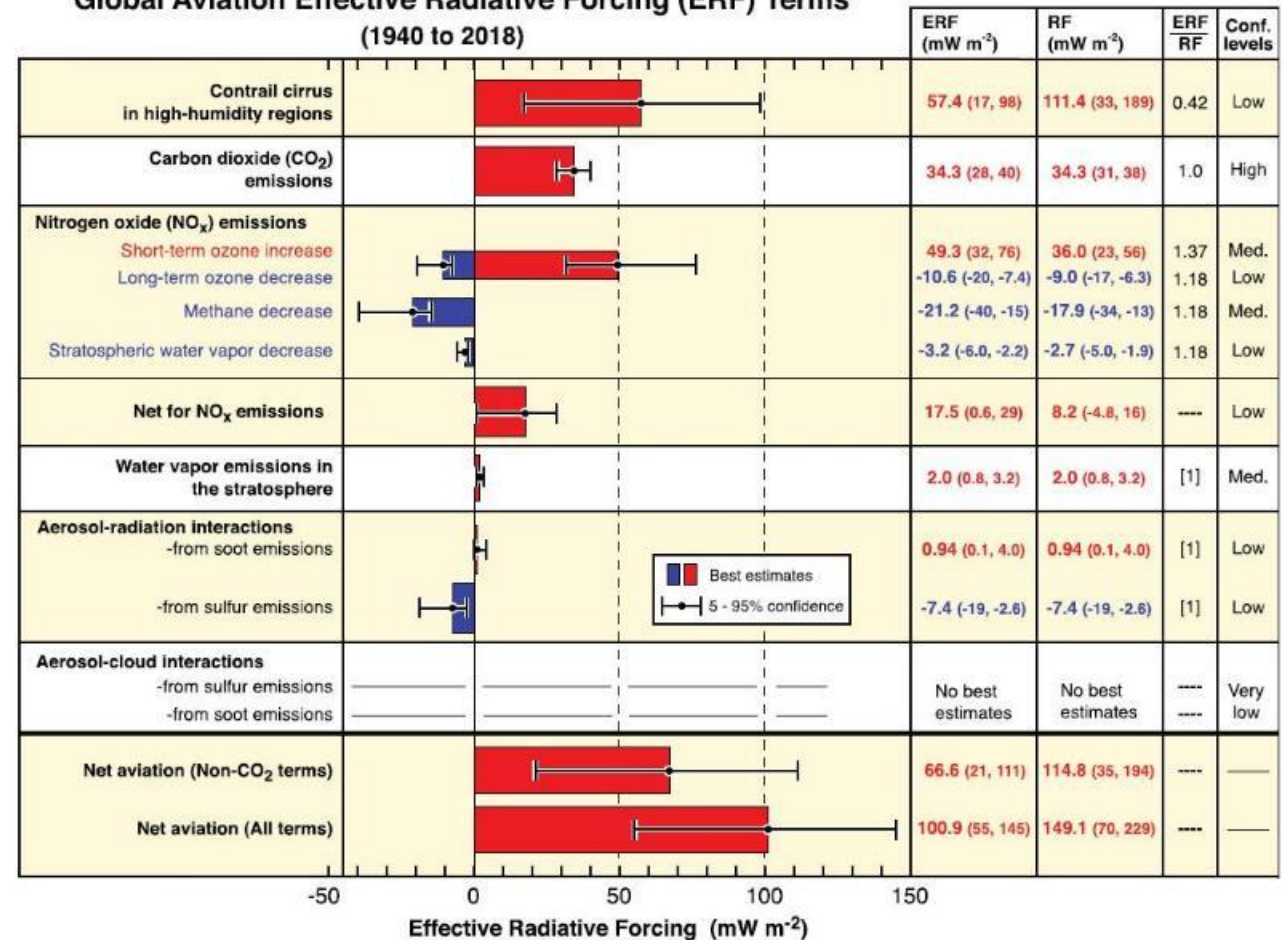
1. Einsparmaßnahmen durch die Erneuerung der Flugzeugflotten mit jeweils modernen Flugzeugmustern und die Effizienzverbesserung gegenüber der heutigen Technologie, Einsparpotential: 53 Millionen Tonnen CO₂
2. Einsparmaßnahmen durch Effizienzsteigerung im Bereich des Betriebs und der Infrastruktur, Einsparpotential: 24 Millionen Tonnen CO₂
3. Einsparmaßnahmen durch die Nutzung von SAF, Einsparpotential: 116 Millionen Tonnen CO₂
4. Weitere Einsparmaßnahmen durch marktbasierende Maßnahmen oder CO₂-Abscheidung und Speicherung, Einsparpotential: 88 Millionen Tonnen CO₂



- Neben CO₂ 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-CO₂-Effekte**
- Klicken Sie [hier](#) für weiterführende Informationen zu Nicht-CO₂-Effekten

! SAF verbrennen sauberer als fossiles Kerosin und reduzieren somit auch Nicht-CO₂-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. ¹



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 % CO₂-Emissionsminderung



Reduktion von Nicht-CO₂-Effekten

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



Alternativlosigkeit SAF

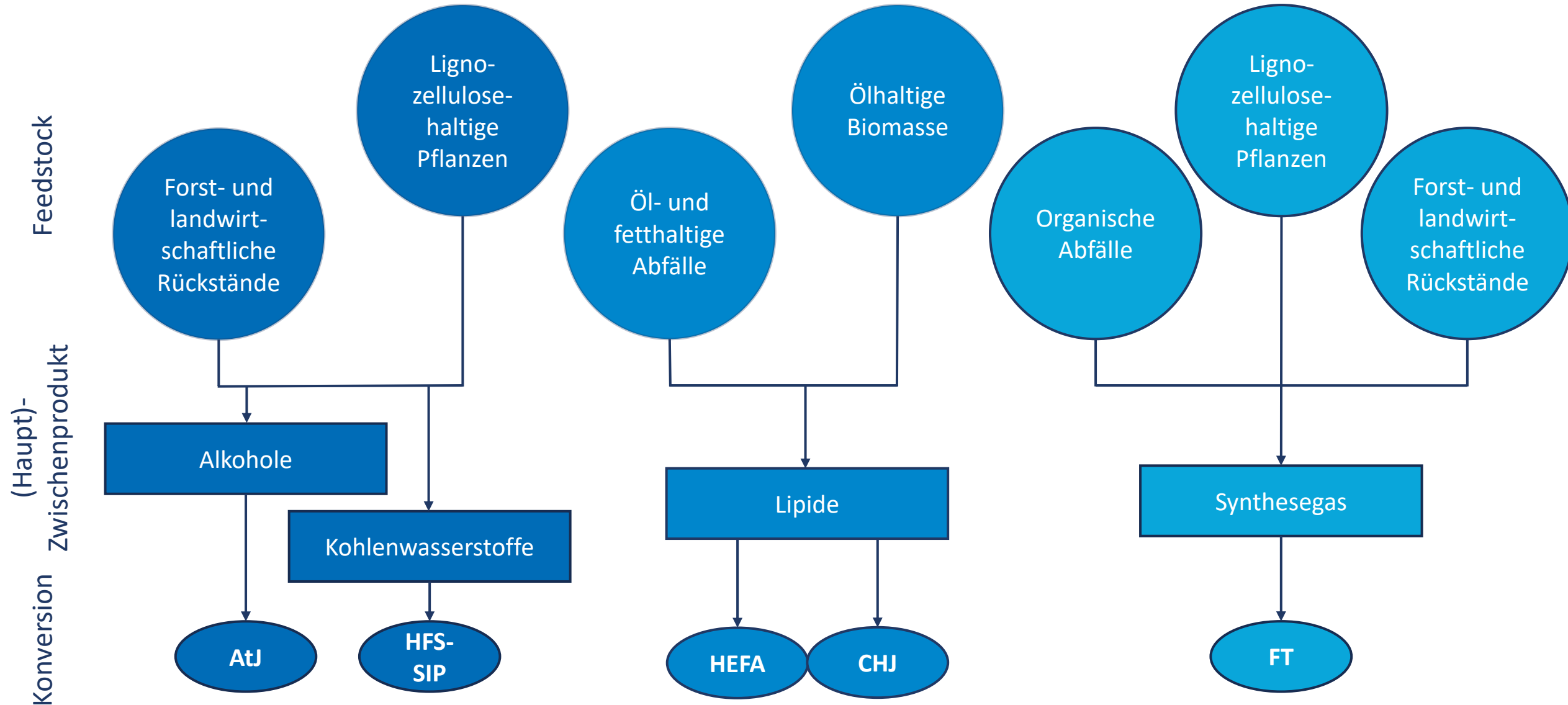
- Andere klimafreundliche Antriebe (Elektro/Wasserstoff) stehen frühestens ab 2030 zur Verfügung
- Dauer des Markthochlaufs sehr hoch auf Grund der Nutzungsdauer von Flugzeugen



Drop-in Lösung

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



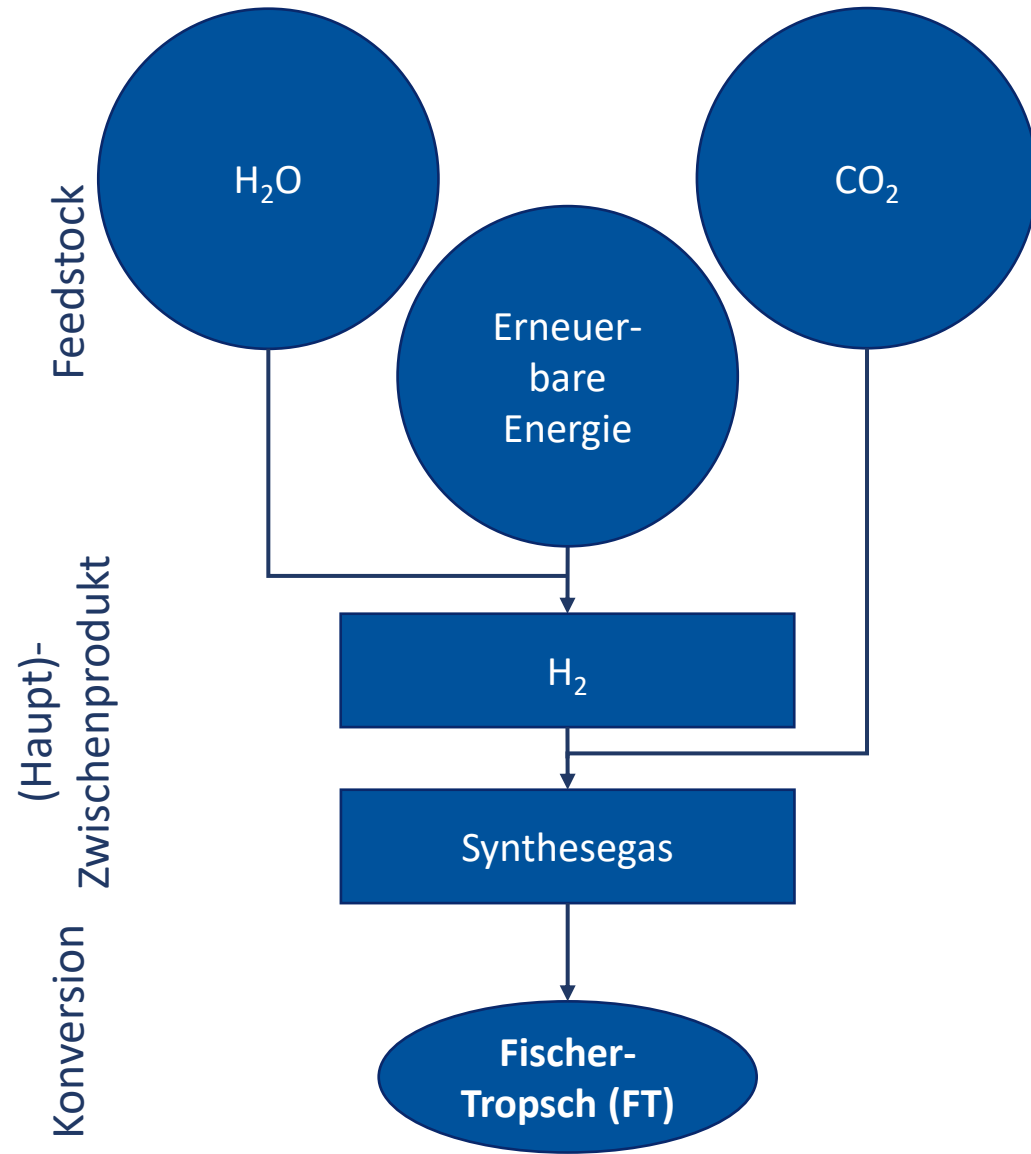


Übersicht zugelassener SAF

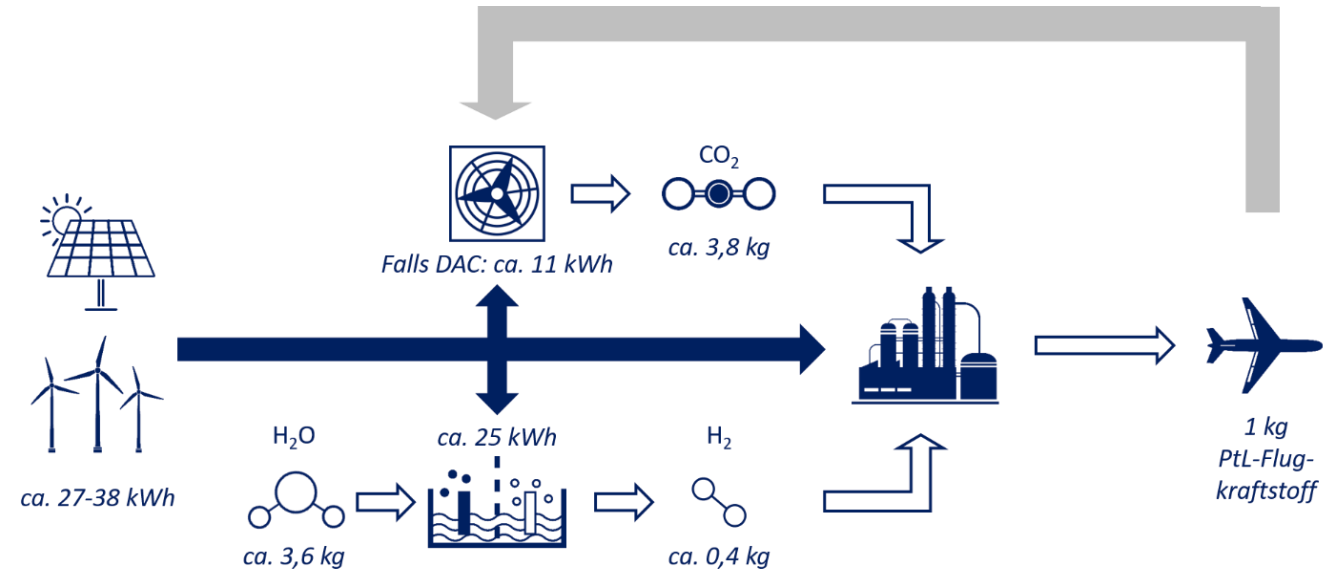
ASTM	Anhang	Zulassung	Verfahren	Beimischungsgrenze	Mögliche Rohstoffe	Anbieter
D7566	1	2009	FT-SPK	50 Vol.-%	Flexibel (biogen, fossil, synthetisch, z.B. PtL oder BtL)	Velocys, Sasol, Shell
D7566	2	2011	HEFA-SPK	50 Vol.-%	Fette/Öle (z. B. Pflanzenöle, Altspeiseöl)	UOP, Neste
D7566	3	2014	HFS-SIP	10 Vol.-%	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 CO₂ -> Potential von CO₂-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 % CO₂ und weitere Minderung bestimmter nicht-CO₂-Effekte)

Schwächen:

- Großtechnische Verfügbarkeit von nicht-fossilem CO₂ 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

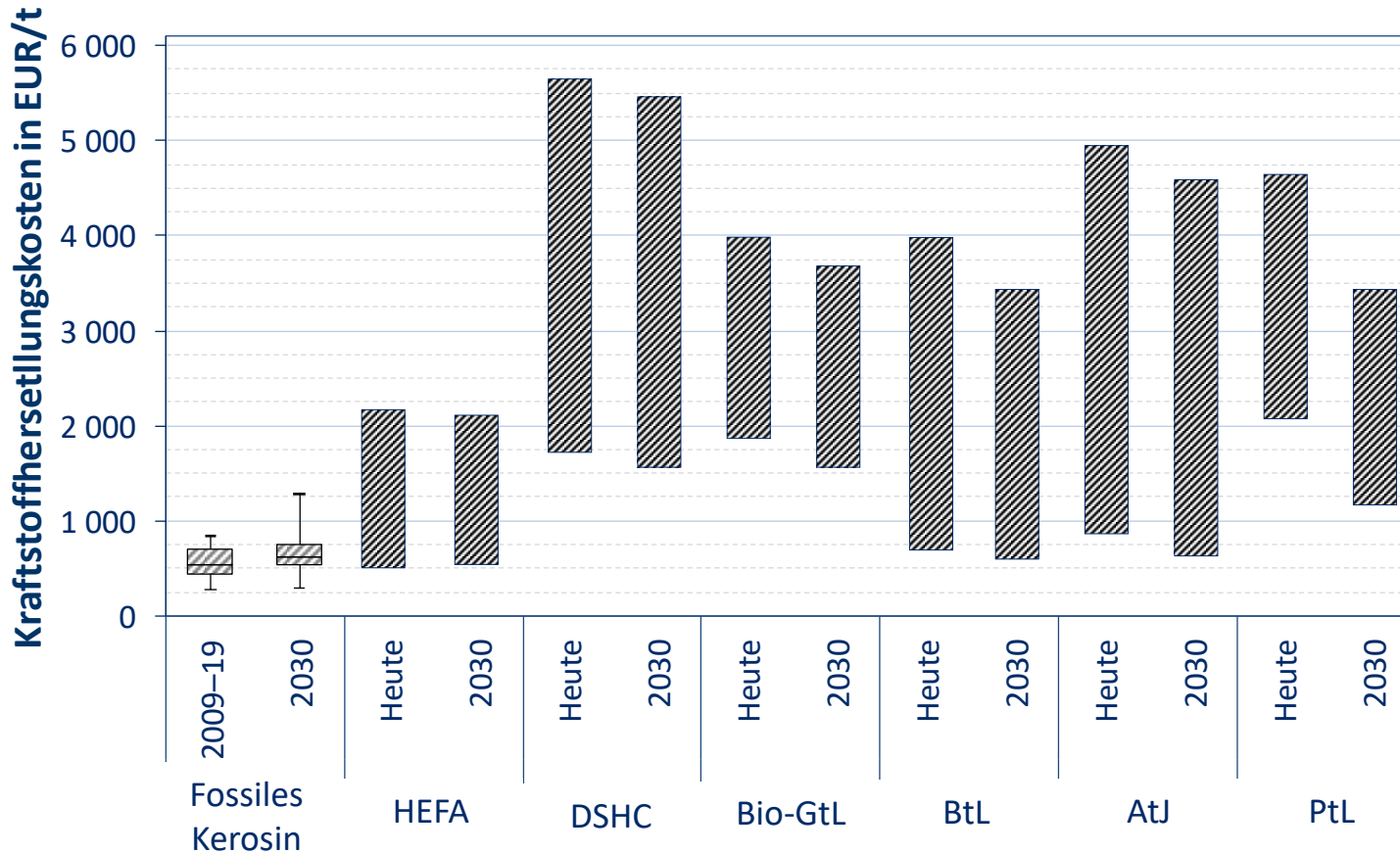
Chancen:

- 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



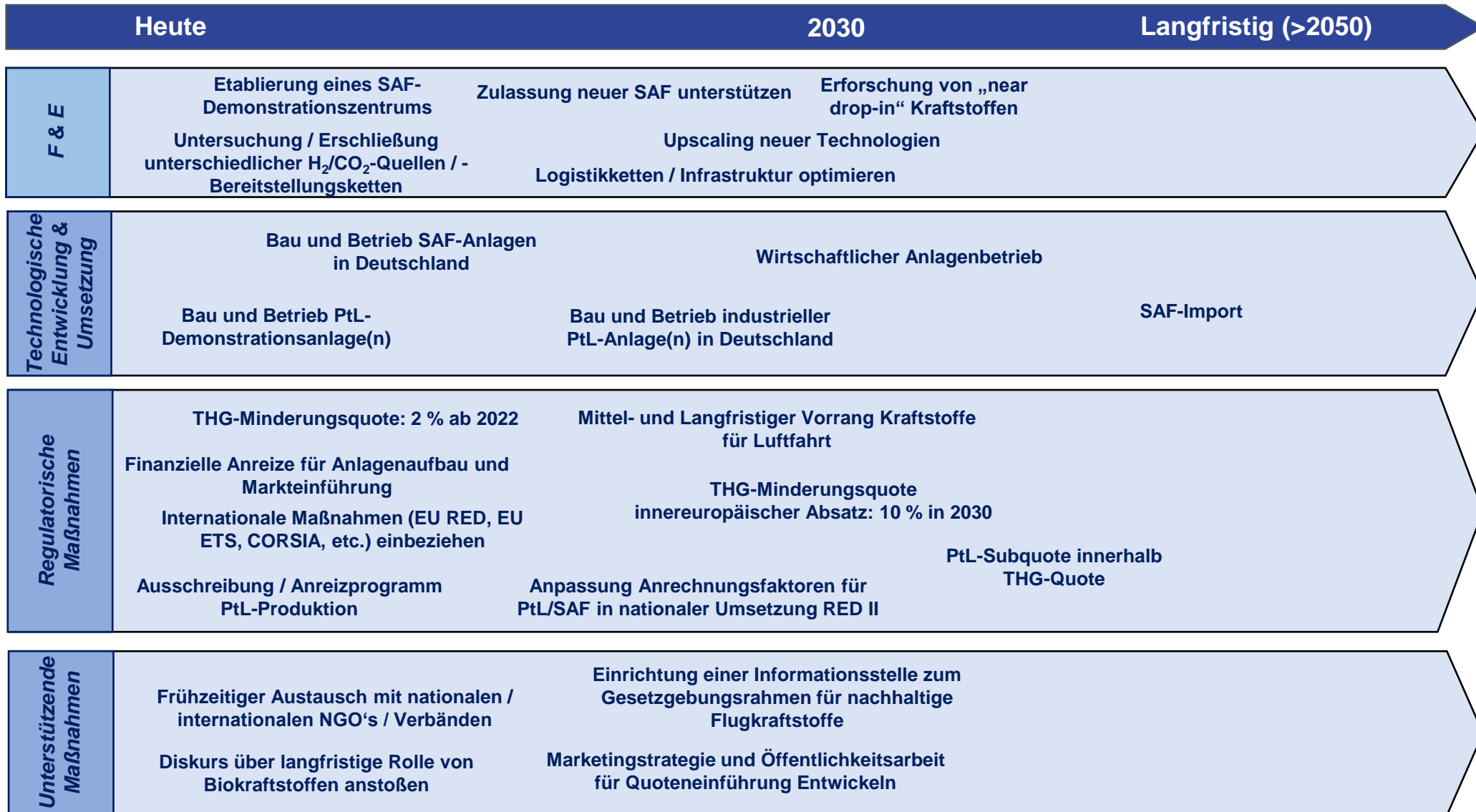
Quelle: aireg e.V. – TU HH / Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft

- **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

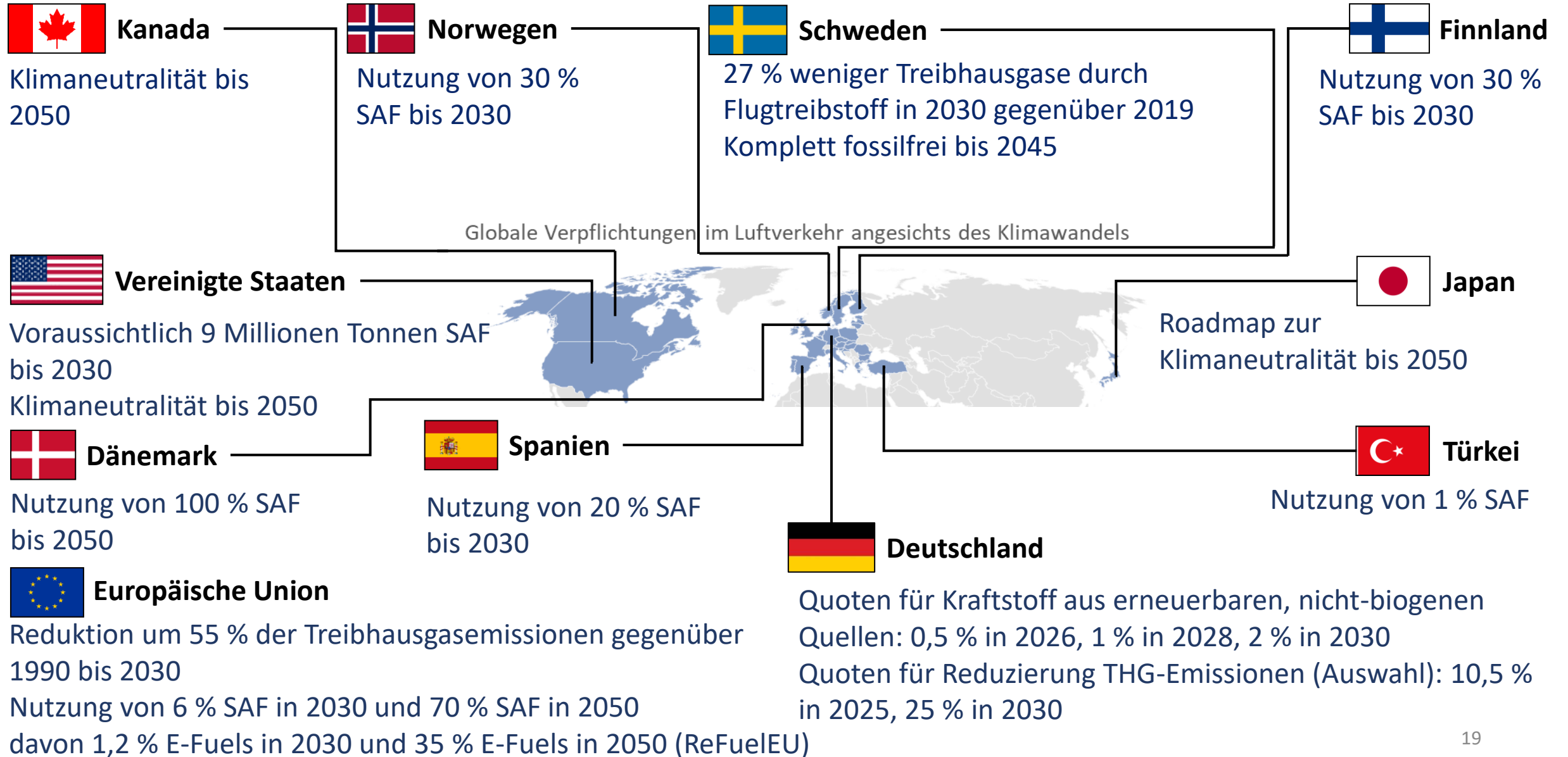


Roadmap zur Entwicklung und Einführung nachhaltiger Flugkraftstoffe



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 CO₂-Intensität (CO₂-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, CO₂-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 CO₂-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 CO₂-Belastung ggü. 2019 im Jahr 2031, Weg zur Klimaneutralität wird gerade STBI-validiert

17 % SAF bis 2030, Reduzierung der CO₂-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

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

Bundesratufer 10
10555 Berlin

www.aireg.de

Bilder:

© Airbus, A. Doumenjou & S. Ramadier

