

Modell für einen Klimacub Aviation

Kontakt:

Deloitte Consulting GmbH

Autoren: Dr. Volker Belzer, Benjamin Preuß, Ines Österle

E-Mail: bpreuss@deloitte.de

Veröffentlichungsdatum: 02. Oktober 2025.

Die Studie wurde von der Deloitte Consulting GmbH im Auftrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Rahmen des Projekts InnoFuels für das Anwendungsfeld Luftfahrt erstellt. Die Aktivitäten des Anwendungsfeldes werden vom DLR sowie CENA Hessen geleitet und durch die Condor Flugdienst GmbH unterstützt.

Das Projekt InnoFuels wird im Rahmen des Gesamtkonzepts Erneuerbare Kraftstoffe mit insgesamt 5,24 Millionen Euro durch das Bundesministerium für Verkehr gefördert. Die Förderrichtlinie für die Entwicklung regenerativer Kraftstoffe wird von der NOW GmbH koordiniert und durch die Projektträger VDI/VDE Innovation + Technik GmbH sowie die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. umgesetzt.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Koordiniert durch:



Projektträger:



Inhalt

1	Kurzfassung.....	4
2	Einleitung.....	5
3	Analyse der Risiken und Wettbewerbsnachteile bei einem verpflichtenden Einsatz von SAF in der EU	8
3.1	Luftverkehrsmarkt in Europa.....	8
3.1.1	Netzwerk-Airlines.....	8
3.1.2	Low-Cost-Carrier.....	10
3.1.3	Frachtfluggesellschaften.....	11
3.2	Verpflichtender Einsatz von SAF: regulatorische Rahmenbedingungen	13
3.2.1	Global.....	14
3.2.2	EU.....	15
3.2.3	Deutschland.....	20
3.3	Risiken durch einen verpflichtenden Einsatz von SAF	20
3.3.1	Allgemeine Risiken und Marktrisiken.....	20
3.3.2	Unternehmensrisiken.....	28
3.4	Mögliche Wettbewerbsnachteile durch einen verpflichtenden Einsatz von SAF	32
3.4.1	Potenzielle Wettbewerbsverzerrungen.....	32
3.4.2	Potenzielles Trittbrettfahrerverhalten.....	39
3.5	Fazit	40
4	Konzeption des Klimaclub Aviation Modells.....	42
4.1	Ausgangslage und Wettbewerbsbedingungen.....	42
4.2	Ausarbeitung von drei Modelloptionen für einen Klimaclub Aviation.....	45
4.3	Einheitliche Treiber der drei Klimaclub-Modelloptionen	45
4.3.1	Vision, Mission und Zielbild	45

4.3.2	Geschäftsmodell.....	46
4.3.3	Organisationsmodell	48
4.3.4	Rechtlicher Rahmen.....	49
4.4	Darstellung der drei Klimaclub-Modelloptionen	54
4.4.1	Übersicht.....	54
4.4.2	Modelloption 1: Makler-Modell.....	56
4.4.3	Modelloption 2: Management-Modell.....	57
4.4.4	Modelloption 3: Invest-Modell	61
4.5	Bewertung der Klimaclub Aviation Modelloptionen	63
4.5.1	Auswahl der Bewertungskriterien.....	64
4.5.2	Gewichtung der Bewertungskriterien	65
4.5.3	Ergebnisauswertung	66
4.5.4	Ergebnisauswertung Makler-Modell.....	68
4.5.5	Management-Modell.....	70
4.5.6	Invest-Modell.....	72
4.6	Priorisierung der Modellvarianten	74
4.7	Ausblick	75
Anhänge		79
Anhang 1		79
Anhang 2.....		80
Abkürzungsverzeichnis		81
Literaturverzeichnis		83
Abbildungsverzeichnis		92
Tabellenverzeichnis		93

1 Kurzfassung

Die Luftfahrtindustrie steht vor der Herausforderung, ihre Netto-Treibhausgasemissionen bis 2050 signifikant zu reduzieren, um den globalen Klimazielen gerecht zu werden. Aus heutiger Sicht ist dies nur durch den erheblichen Einsatz von nachhaltigen Flugkraftstoffen (Sustainable Aviation Fuels, SAF) sowie langfristig durch den Einsatz neuer Technologien möglich.

Trotz technologischer Fortschritte und bereits ergriffener regulatorischer Maßnahmen, wie der Verordnung „ReFuelEU Aviation“ der Europäischen Union (EU), sind die verfügbaren Mengen an SAF noch unzureichend. Gleichzeitig sind die Investitionsrisiken, Produktionskosten und Marktpreise im Vergleich zu fossilem Kerosin hoch. Dies führt zu erheblichen finanziellen Herausforderungen für die EU-Luftfahrtindustrie. Da die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ nur Beimischungsquoten innerhalb der EU regelt, haben EU-Airlines mit Direktverbindungen zu Flugzielen außerhalb der EU einen Wettbewerbsnachteil insbesondere gegenüber Airlines aus den Bosphorus- und Golfstaaten.

Durch eine abgestimmte Zusammenarbeit aller betroffenen Akteure und Staaten könnten diese Herausforderungen gelöst werden. Wesentlicher Erfolgsfaktor ist dabei eine geeignete Organisation, die die Zusammenarbeit koordiniert und gegebenenfalls selbst Maßnahmen ergreifen kann. Eine mögliche Lösung könnte die Gründung eines Klimaclubs Aviation sein.

Diese Studie untersucht und bewertet drei Modelloptionen für einen internationalen Klimaclub Aviation mit dem Ziel, durch den Einsatz alternativer Treibstoffe bis 2050 eine CO₂-neutrale Luftfahrt zu erreichen. Die drei Modelle umfassen: 1) das Makler-Modell, 2) das Management-Modell und 3) das Invest-Modell. Die Ergebnisse der Bewertung identifizieren das Management-Modell als die geeignetste Option. Die Vorteile des Modells bestehen in der gezielten Beschaffung von SAF und Steuerung des Markthochlaufs, dem Schutz vor Wettbewerbsverzerrungen sowie den Vernetzungs-, Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten, wobei die Umsetzbarkeit als noch innerhalb eines akzeptablen Rahmens liegend eingeschätzt wird.

2 Einleitung

Der Luftverkehr leistet einen wesentlichen Beitrag zu einer global vernetzten Wirtschaft und Mobilität, hat jedoch eine erhebliche Klimawirkung. So ist die globale Luftfahrt aktuell für einen Anteil von 2,5 % der CO₂-Emissionen (IEA, 2024a) sowie weitere Nicht-CO₂-Effekte verantwortlich. In der EU sind die Treibhausgasemissionen aus dem internationalen und EU-weiten Luftverkehr zwischen 1990 und 2022 um 86 % gestiegen (Europäische Kommission, 2024a), verursacht durch das starke Wachstum des Passagier- und Frachtaufkommens (Europäische Kommission, 2024b).

Mit dem Pariser Klimaschutzübereinkommen haben sich 195 Staaten verpflichtet, die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf deutlich unter zwei Grad Celsius und möglichst auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen (United Nations, 2015). Die dafür notwendige Reduktion der Emissionen des Luftverkehrs innerhalb der EU wird über das EU-Emissionshandelssystem (EU-EHS) geregelt, während die Emissionen des internationalen Flugverkehrs durch das Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSA) der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO, International Civil Aviation Organization) abgedeckt sind (Europäische Kommission, 2024c).

Angesichts der Notwendigkeit die Klimawirkung zu reduzieren, steht der europäische und globale Luftverkehr vor der Herausforderung, nachhaltige Lösungen zu finden. Ein zentraler Baustein ist dabei der Einsatz von nachhaltigen Flugkraftstoffen (Sustainable Aviation Fuels, SAF), zu denen sowohl aus biogenen Rohstoffen durch chemische Prozesse hergestellte Kraftstoffe (zum Beispiel HEFA¹-SAF), als auch synthetische Flugkraftstoffe, sogenannte Power-to-Liquid SAF (PtL-SAF), gehören.

Um den Markthochlauf von SAF in der EU zu fördern, legt die Verordnung (EU) 2023/2405 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 „zur Gewährleistung gleicher Wettbewerbsbedingungen für einen nachhaltigen Luftverkehr“ (im Folgenden Verordnung „ReFuelEU Aviation“) verbindliche Beimischungsquoten fest. Seit 1. Januar 2025 müssen Flugkraftstoffanbieter gewährleisten, dass der Treibstoff, der an

¹ Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA): Umwandlung (Hydrierung und Raffination) von Ester und Fettsäuren, zum Beispiel gebrauchtem Speiseöl, zu Kerosin.

jedem Flughafen der EU zur Verfügung gestellt wird, einen Mindestanteil von 2 % SAF enthält. Dieser Anteil steigt bis 2050 stufenweise auf 70 % an. Zusätzlich gelten ab 2030 Unterquoten für die Nutzung von PtL-SAF.

Die Etablierung der verbindlichen Quoten innerhalb der EU birgt jedoch Wettbewerbsrisiken für den europäischen Luftverkehrsmarkt und das Risiko einer Verlagerung der CO₂-Emissionen. Fluggesellschaften, die einen Schwerpunkt ihrer Geschäftstätigkeit in der EU haben und international operieren, könnten durch die Mehrkosten von SAF gegenüber fossilem Kerosin einen Wettbewerbsnachteil gegenüber Fluggesellschaften haben, die Drehkreuze außerhalb der EU betreiben. Zudem könnte die Wirksamkeit einer verbindlichen SAF-Quote in der EU zur Reduzierung globaler Emissionen durch zusätzliche Emissionen außerhalb der EU geschwächt werden. Dies würde beispielsweise auftreten, wenn internationale Fluggesellschaften längere Flugstrecken in Kauf nähmen, um Zwischenstopps an Drehkreuzen außerhalb der EU einzulegen. Trotz längerer Flugstrecken und Reisezeiten könnte dies wirtschaftlich vorteilhaft sein, da lediglich der Flugabschnitt von einem EU-Flughafen zum Drehkreuz außerhalb der EU der SAF-Quote unterliegt.

Die globale Markteinführung von SAF erfordert umfangreiche Investitionen in Produktionsinfrastruktur und Technologien. Obwohl bereits erste regulatorische Rahmenbedingungen geschaffen wurden, bestehen weiterhin erhebliche Herausforderungen – insbesondere die hohe Preisdifferenz zwischen fossilem Kerosin und SAF – um die Verfügbarkeit von SAF in Zukunft zu gewährleisten und dessen Einsatz im Luftverkehr zu etablieren. So betrug die weltweite Produktion von SAF im Jahr 2024 eine Million Tonnen und entsprach damit lediglich 0,3 % der globalen Treibstoffproduktion. Obwohl dies eine Verdopplung im Vergleich zum Vorjahr darstellt, liegt die Menge deutlich unter den für 2024 erwarteten 1,5 Millionen Tonnen (IATA, 2024a).

Um den Markthochlauf von SAF zu fördern, ist deshalb eine enge Zusammenarbeit der Länder, die den Markthochlauf von SAF vorantreiben möchten, sowie allen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette, wie zum Beispiel Fluggesellschaften, Flughäfen, Flugzeughersteller und SAF-Produzenten, erforderlich.

Eine mögliche Lösung für einen global koordinierten Hochlauf von SAF könnte die Gründung eines Klimaclubs Aviation, basierend auf dem Konzept des Klimaclubs von William Nordhaus, sein. Nordhaus (2015) beschreibt Klimaclubs als freiwillige Zusammenschlüsse von Staaten, die sich zu ambitionierten Klimaschutzmaßnahmen verpflichten. Ein

Klimaclub Aviation könnte durch koordinierte Maßnahmen und Anreize die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Akteuren fördern, die Voraussetzungen für einen fairen Wettbewerb im Luftverkehrsmarkt schaffen und somit die Marktdurchdringung von SAF beschleunigen.

Zielsetzungen der Studie

Ziel der Studie ist es, zu untersuchen, inwieweit ein Klimaclub Aviation zur globalen Etablierung von SAF beitragen kann und wie ein solches Modell konkret ausgestaltet werden könnte.

Im ersten Teil der Studie (Kapitel 3) werden die Grundlagen für die Entwicklung eines Klimaclubs Aviation geschaffen. Dieser Abschnitt bietet einen Überblick über den europäischen Luftverkehrsmarkt, die regulatorischen Rahmenbedingungen sowie eine Analyse der potenziellen Risiken und Wettbewerbsverzerrungen im Zusammenhang mit der Verordnung „ReFuelEU Aviation“. Ausgangspunkt für die Analysen sind insbesondere zwei im Rahmen von InnoFuels veröffentlichte Studien: „Hemmnisse und Herausforderungen zum Markthochlauf von SAF“ (InnoFuels, 2024a) sowie „Übersicht zu relevanten Gesetzen und Industriestandards beim Markthochlauf von Sustainable Aviation Fuels“ (InnoFuels, 2024b). Im Zeitraum vom 26. September 2024 bis zum 18. Oktober 2024 wurden zudem vier Interviews geführt: zwei mit Vertreterinnen und Vertretern von Netzwerk-Airlines und je eines mit einer Low-Cost-Airline sowie einer Frachtfluggesellschaft.

Im zweiten Teil der Studie (Kapitel 4) wird ein Modell für einen Klimaclub Aviation entwickelt und bewertet. Die theoretische Grundlage bildet das von William Nordhaus (2015) entwickelte Modell der Klimaclubs sowie das von CENA Hessen konzipierte „Frankfurter Modell“ (CENA Hessen, 2021).

3 Analyse der Risiken und Wettbewerbsnachteile bei einem verpflichtenden Einsatz von SAF in der EU

3.1 Luftverkehrsmarkt in Europa

Der verpflichtende Einsatz von SAF in der EU durch die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023a) birgt Risiken für bestimmte Akteure des EU-Luftverkehrsmarkts und könnte die Marktstruktur langfristig verändern. Durch die verbindlichen SAF-Quoten steigen Treibstoffkosten der Fluggesellschaften auf Strecken mit Abflug oder Ankunft an einem Flughafen der EU.

Der EU-Luftverkehrsmarkt ist ein komplexes und vielschichtiges System, das verschiedene Akteure und Segmente umfasst. Die vormals abgeschotteten, nationalen Luftverkehrsmärkte der EU wurden seit Ende der 1980er Jahre durch eine Reihe von Regulierungsmaßnahmen schrittweise zu einem wettbewerbsfähigen EU-Luftverkehrsbinnenmarkt zusammengefasst. Die Luftfahrt gilt aus EU-Sicht als der erste Verkehrsträger – und bis heute auch der einzige –, für den ein vollständig integrierter Binnenmarkt besteht (Europäisches Parlament, 2024).

Die nachfolgende Einführung in den Luftverkehrsmarkt unterscheidet zwischen den drei Clustern:

- Netzwerk-Airlines
- Low-Cost-Carrier
- Frachtfluggesellschaften

Durch die Unterteilung können die besonderen Herausforderungen der jeweiligen Cluster hinsichtlich eines verpflichtenden Einsatzes von SAF spezifisch untersucht werden. Die Einführung bietet unter anderem eine Übersicht der größten Fluggesellschaften nach Umsatz. Zudem wird erläutert, was das jeweilige Cluster auszeichnet, einschließlich der jeweiligen Streckennetze und der genutzten Drehkreuze. Schließlich werden der Markt und die Wettbewerbssituation jedes Clusters skizziert.

3.1.1 Netzwerk-Airlines

Netzwerk-Airlines zeichnen sich durch ihre umfassenden und komplexen Streckennetze aus, die sowohl Kurz- als auch Langstreckenflüge umfassen. Sie betreiben ein oder mehrere

Drehkreuze (engl. Hubs), die als zentrale Knotenpunkte für den Passagier- und Frachtverkehr dienen. Hubs sind strategisch wichtige Flughäfen, an denen Flüge aus verschiedenen Regionen zusammentreffen, um Passagiere und Fracht effizient weiterzuleiten. Das sogenannte Hub-and-Spoke-System (lokale Flughäfen, Spokes, bieten Flüge zu einem zentralen Flughafen, Hub), das von Netzwerk-Airlines angewendet wird, ermöglicht eine große Reichweite und Flexibilität, was den Unterschied zu Low-Cost-Carriern, die auf Punkt-zu-Punkt-Verbindungen setzen, deutlich macht. Beispiele für Hubs großer Airlines in der EU sind Frankfurt und München (unter anderem Lufthansa) oder Paris-Charles de Gaulle und Amsterdam-Schiphol (unter anderem Air France-KLM). Diese Flughäfen gehören zu den größten und verkehrsreichsten in Europa (Europäische Kommission, 2024a).

Abbildung 1 zeigt die zehn größten Netzwerk-Airlines in Europa nach der Zahl der beförderten Passagiere im Jahr 2023 (CAPA, 2024).²

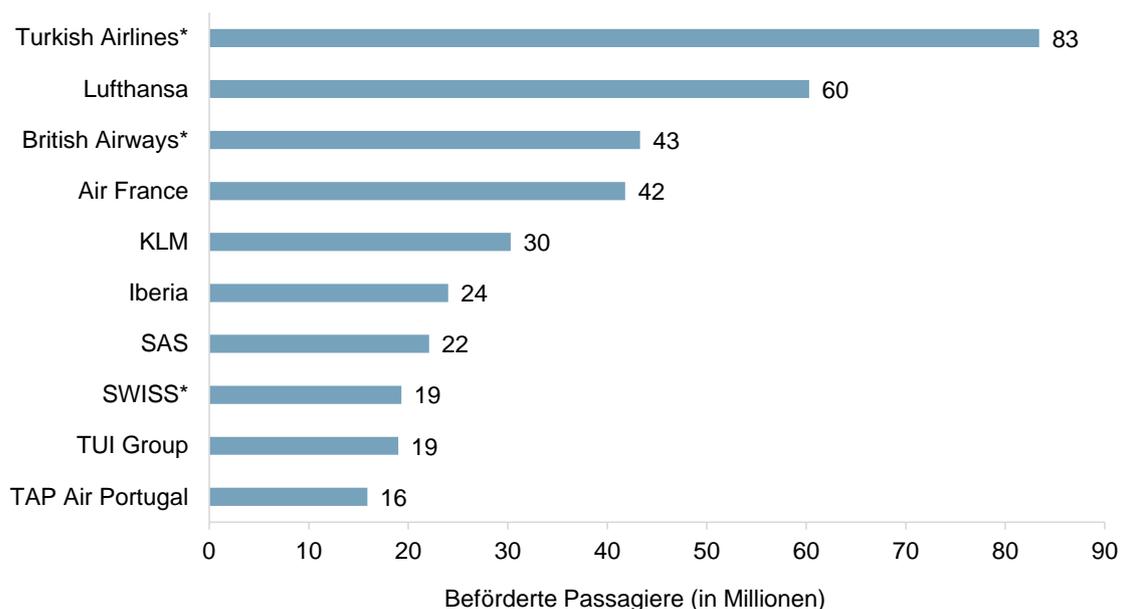


Abbildung 1: Passagierzahlen der größten Netzwerk-Airlines in Europa, 2023.

*** Diese Airlines haben ihren Sitz nicht in der EU, gehören geographisch jedoch zu Europa.**

² Ohne Berücksichtigung russischer Airlines, die aufgrund von EU-Sanktionen nicht mehr im EU-Gebiet fliegen.

Turkish Airlines, Lufthansa und British Airways beförderten 2023 die meisten Passagiere in diesem Cluster. Sie verfügen über große Flotten und sind Mitglieder globaler Allianzen (zum Beispiel Star Alliance, SkyTeam, oneworld), die ihre Reichweite und Marktpräsenz stärken.

Die Wettbewerbssituation ist für diese Fluggesellschaften intensiv, da sie nicht nur untereinander, sondern auch mit Low-Cost-Carriern konkurrieren. Netzwerk-Airlines bieten in der Regel ein hohes Servicenniveau (sogenanntes Full-Service-Konzept) und umfangreiche Dienstleistungen an, was sie insbesondere für interkontinentale Flüge attraktiv macht. Gleichzeitig stehen sie unter Druck ihre Betriebskosten zu senken, ohne dabei die Servicequalität wesentlich zu beeinträchtigen (Majerová, et al., 2023).

3.1.2 Low-Cost-Carrier

Low-Cost-Carrier zeichnen sich dadurch aus, kostengünstige Flugangebote und eine Vielzahl an Reisezielen anzubieten. Ihr Marktanteil ist seit Anfang der 2000er Jahre erheblich gewachsen und erreichte in Europa im Jahr 2022 einen Anteil von 32,5 % (Eurocontrol, 2022). Die zehn größten Unternehmen in Europa nach beförderten Passagieren im Jahr 2023 sind in Abbildung 2 dargestellt (CAPA, 2024).³

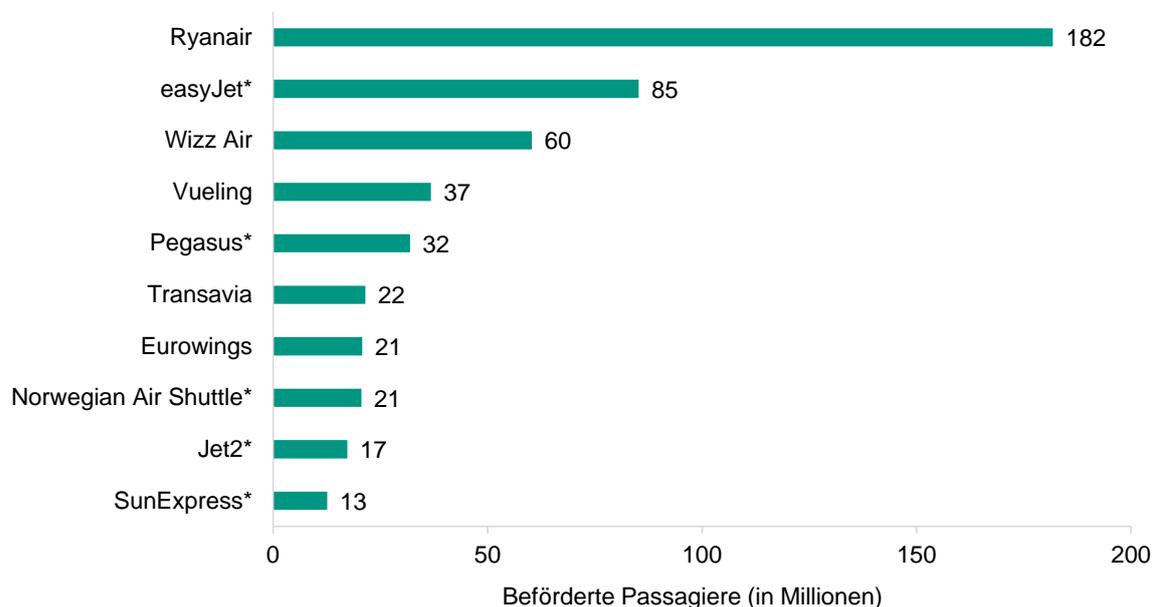


Abbildung 2: Passagierzahlen der größte Low-Cost-Carrier in Europa, 2023

* Diese Airlines haben ihren Sitz nicht in der EU, gehören geographisch jedoch zu Europa.

³ Ohne Berücksichtigung russischer Airlines, die aufgrund von EU-Sanktionen nicht mehr im EU-Gebiet fliegen.

Ryanair und easyJet sind basierend auf Daten von 2023 die größten Unternehmen nach Passagierzahlen und haben sich durch gezielte Preisstrategien und umfangreiche Streckennetze erhebliche Marktanteile gesichert. EasyJet bedient über 1.000 Strecken in mehr als 35 Ländern und nutzt ihre Kostenführerschaft sowie strategischen Netzwerkpositionen, um günstige Tarife und operative Effizienz auf Punkt-zu-Punkt-Verbindungen anzubieten (Aquisdata, 2024). Wizz Air und Vueling nehmen Platz 3 und 4 in diesem Cluster ein und bauen kontinuierlich ihren Marktanteil aus (Wizz Air Holdings PLC, 2023; IAG, 2023).

Fluggesellschaften dieses Clusters betreiben häufig Punkt-zu-Punkt-Verbindungen, anstatt komplexe Drehkreuzsysteme zu nutzen, was dazu beiträgt, die Betriebskosten niedrig zu halten. Low-Cost-Carrier nutzen in der Regel Sekundär-Flughäfen⁴, um Flughafenentgelte zu minimieren und die Effizienz zu maximieren (Halm, 2006).

Die Wettbewerbssituation in diesem Cluster ist intensiv, da die Anbieter um preissensible Kunden konkurrieren. Die Airlines verfolgen eine hohe Auslastung und kurze Turnaround-Zeiten (Dauer zwischen Landung und erneutem Abflug).

3.1.3 Frachtfluggesellschaften

Frachtfluggesellschaften zeichnen sich durch ihre spezialisierten Flotten und globalen Netzwerke aus und sind oft auf spezielle Routen und Flughäfen konzentriert. Der Weltmarktanteil der europäischen Frachtfluggesellschaften betrug im Jahr 2023 21,8 % (IATA, 2024b).

Die Umsätze der Hauptakteure dieser Branche (mit Ausnahme der Express-Versanddienstleister) sind in Abbildung 3 dargestellt (IBISWorld, 2024; Deloitte Analyse).⁵

⁴ Sekundär-Flughäfen nehmen im Vergleich zu Primär-Flughäfen (zum Beispiel Drehkreuze in Frankfurt und London) eine weniger zentrale Rolle im Luftverkehrsnetz ein. Sie zeichnen sich jedoch oft durch ein hohes Passagieraufkommen aus und werden überwiegend durch Quell- und Zielverkehr genutzt. Häufig profitieren Sekundär-Flughäfen auch von einem attraktiven Einzugsgebiet (Mitusch, 2023).

⁵ Die von IBISWorld veröffentlichte Liste der Hauptakteure enthält DHL Express. Da es sich jedoch um einen Expressdienstleister handelt, wird das Unternehmen in Abbildung 3 nicht mit aufgenommen.

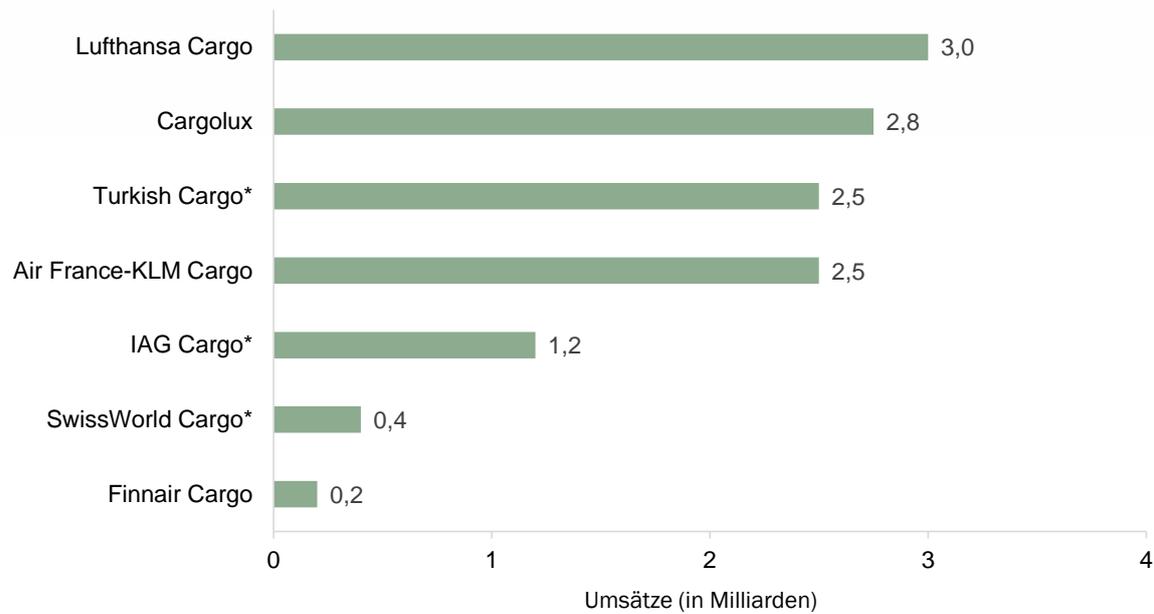


Abbildung 3: Hauptakteure des europäischen Luftfrachtsektors basierend auf IBISWorld (2024); Umsätze basierend auf Geschäftsberichte für das Jahr 2023.

*** Diese Airlines haben ihren Sitz nicht in der EU, gehören geographisch jedoch zu Europa.**

Lufthansa Cargo und Cargolux sind führende Akteure in diesem Segment und verfügen über umfangreiche Flotten und globale Netzwerke. Die vorgenannten Airlines betreiben große Drehkreuze, die als zentrale Umschlagplätze für Fracht dienen. Beispiele für solche Drehkreuze sind Frankfurt (unter anderem Lufthansa Cargo), Luxemburg (unter anderem Cargolux) und Istanbul (unter anderem Turkish Cargo). Diese Drehkreuze ermöglichen effiziente Verbindungen zwischen verschiedenen Kontinenten und Märkten.

Die Wettbewerbssituation in diesem Cluster ist intensiv. Frachtfluggesellschaften konkurrieren mit den freien Frachtkapazitäten der klassischen Passagierfluggesellschaften. Die Fracht wird dabei neben dem Passagiergepäck im Frachtraum der Flugzeuge aufgenommen (sogenannte „Belly Freight“ oder „Belly Cargo“).^{6,7} Außerdem

⁶ Als Beispiel hierfür kann die Condor genannt werden. Die Condor vermarktet die freien Belly-Kapazitäten über verschiedene Anbieter (unter anderem: ESC Group, cargo.one, CargoAi und WebCargo) (Condor, 2025). Condor betreibt selbst oder im Konzernverbund jedoch keine Frachtfluggesellschaft.

⁷ Frachtfluggesellschaften nutzen und vermarkten teilweise die Belly-Kapazitäten der Passagierflugzeuge innerhalb des Konzernverbunds sowie die ihrer Partnerunternehmen (zum Beispiel Cathay Pacific Cargo) (Lufthansa Cargo, 2024a).

konkurrieren Frachtfluggesellschaften mit deutlich kostengünstigeren Containerspeditionen per Schiff und/oder Eisenbahn.

Strategische Allianzen und Partnerschaften dienen dazu, Synergien zu nutzen und die Marktposition zu stärken. Ein Beispiel hierfür ist die Partnerschaft zwischen Lufthansa Cargo und Cathay Pacific Cargo. Sie ermöglicht es beispielsweise gemeinsame Frachtkapazitäten und Ressourcen zu nutzen. Durch entsprechende Zusammenarbeit werden effizientere Verbindungen zwischen Europa und Asien angeboten.

Eine Sonderrolle innerhalb des Clusters nehmen Express-Versanddienstleister ein, die eigene Frachtfluggesellschaften innerhalb des Konzerns betreiben. Die wichtigsten Akteure im europäischen Markt sind neben DHL auch UPS (United Parcel Service) und FEDEX (Federal Express). Sie nutzen eine eigene Flotte für den schnellstmöglichen Transport von Paketen, Briefen sowie zeit- und temperaturkritischen Sonderfrachten (Medizin- und Life Science-Produkte wie zum Beispiel Impfstoffe) für größere Distanzen (DHL, 2024). Da es weltweit nur diese drei operierenden Express-Versanddienstleister gibt, ist die Wettbewerbssituation weniger intensiv (Oligopol). Die Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit der Zustellung sowie die Einhaltung von weiteren Vorgaben (zum Beispiel die Gewährleistung einer konstanten Temperatur) sind in diesem Segment wichtige Kriterien. Die Kunden sind deshalb deutlich weniger preissensitiv als die der Frachtfluggesellschaften (Helmke, 2005).

3.2 Verpflichtender Einsatz von SAF: regulatorische Rahmenbedingungen

Die Nutzung von SAF gilt derzeit als größter Hebel der Luftfahrtindustrie, um zur Erreichung der Pariser Klimaziele beizutragen. Zur Förderung des Markthochlaufs von SAF wurden international eine Reihe regulatorischer Maßnahmen eingeführt. Norwegen war das erste Land mit einer verbindlichen Beimischungsquote. Seit 2020 sind Anbieter von Flugtreibstoff in Norwegen verpflichtet, einen Mindestanteil von 0,5 % Biokraftstoff sicherzustellen (Norwegian Government, 2019). Mit dem Beschluss der Verordnung „ReFuelEU Aviation“ im Jahr 2023 war die EU die erste Region weltweit, die verbindliche, bis 2050 ansteigende Beimischungsquoten für SAF festlegte. Eine Reihe anderer Länder plant oder haben bereits SAF-Beimischungsquoten festgelegt, wie zum Beispiel das Vereinigte Königreich (Legislation UK, 2024), Japan, Malaysia, Kanada, Türkei und Indonesien (SkyNRG, 2024).

Nachfolgend werden regulatorische Rahmenbedingungen auf globaler Ebene, der EU-Ebene und für Deutschland vorgestellt, die bei der Entwicklung eines Klimaclub Aviation berücksichtigt werden sollten. Die Analyse baut auf dem InnoFuels-Bericht „Übersicht zu relevanten Gesetzen und Industriestandards beim Markthochlauf von Sustainable Aviation Fuels“ (InnoFuels, 2024b) auf, der die Regulatorik im Luftfahrtbereich im Detail vorstellt.

3.2.1 Global

Die Klimaambitionen der internationalen Luftfahrt werden von der ICAO, einer Sonderorganisation der Vereinten Nationen, definiert. Langfristiges Ziel der ICAO ist, bis 2050 Netto-Null-Emissionen zu erreichen. Die dritte Konferenz zu Luftfahrt und alternativen Kraftstoffen (CAAF/3) der ICAO hat sich zudem das Ziel einer Reduktion der CO₂-Emissionen um 5 % bis 2030 gesetzt, das durch die Nutzung von nachhaltigen und kohlenstoffärmeren Flugkraftstoffen sowie weiteren nachhaltigen Energieträgern erreicht werden soll (ICAO, 2023a). Wichtigstes Instrument zur Senkung der globalen Emissionen des Sektors ist das sogenannte Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA).

Auch die International Air Transport Association (IATA), deren Mitglieder Fluggesellschaften sind, haben sich dazu verpflichtet, ab 2050 keine Netto-CO₂-Emissionen mehr zu verursachen, um die Pariser Klimaziele zu unterstützen (IATA, 2023a). Ein zentrales Ziel im Bereich SAF ist die Förderung von länder- und branchenübergreifenden, harmonisierten Richtlinien, unabhängig von der Technologie und dem eingesetzten Rohstoff (IATA, 2023b).

Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA)

Als Instrument zur Erreichung des Ziels eines Netto-CO₂-freien Wachstums des internationalen Luftverkehrs hat die Generalversammlung der ICAO im Jahre 2016 die Einführung der marktbasierter Klimaschutzmaßnahme CORSIA beschlossen. CORSIA ist ein Kompensationssystem, durch das Fluggesellschaften ihren Zuwachs an Netto-CO₂-Emissionen ausgleichen müssen. Seit 2021 müssen demnach Emissionen, die das Niveau von 2019 übersteigen, durch den Erwerb einer entsprechenden Anzahl an Zertifikaten ausgeglichen werden, abzüglich der Reduktion, die durch den Einsatz nachhaltiger Treibstoffe erreicht werden konnte. Für den Zeitraum von 2024 bis 2035 wird der Referenzwert um 15 % gesenkt.

CORSIA wurde im Zeitraum von 2021 bis 2023 in einer Pilotphase getestet. Zur Phase 1 der Implementierung (2024 bis 2026) haben sich 126 Länder auf freiwilliger Basis zu einer Teilnahme verpflichtet (ICAO, 2023b). Mit Beginn der Phase 2 (2027 bis 2035) sind alle Mitgliedsstaaten der ICAO verpflichtet, teilzunehmen (ICAO, 2024a).

3.2.2 EU

Basierend auf der Verpflichtung der EU im Rahmen des Pariser Klimaabkommens legt das Europäische Klimaschutzgesetz fest, dass die EU-weiten Emissionen bis 2030 um 55 % gegenüber 1990 gesenkt werden sollen und bis 2050 Klimaneutralität erreicht werden muss (Amtsblatt der Europäischen Union, 2021). Um dieses Ziel zu erreichen, muss die Luftfahrt – wie auch die weiteren Verkehrsträger – ihre Emissionen bis 2050 um 90 % reduzieren (Europäische Kommission, 2019).

In der EU wird der verpflichtende Einsatz von SAF durch die „ReFuelEU Aviation“-Verordnung geregelt, die im Rahmen des Fit-for-55-Pakets verabschiedet wurde. Darüber hinaus sind die Erneuerbare-Energien-Richtlinien, das EU-Emissionshandelssystem (EU-EHS), die geplante Novelle der Energiesteuer-Richtlinie sowie, perspektivisch, die CO₂-Grenzsteuer der EU (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) im Rahmen des Markthochlaufs von SAF relevant. Die wichtigsten Eckpunkte dieser Mechanismen werden im Folgenden skizziert.

3.2.2.1 Verordnung „ReFuelEU Aviation“

Die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023a) ist ein Schlüsselement des Fit-for-55-Pakets der EU, um sicherzustellen, dass die Luftfahrtindustrie einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der Treibhausgasemissionen leistet. Die Verordnung, die am 18. Oktober 2023 verabschiedet wurde und am 1. Januar 2024 in Kraft trat, legt unter anderem SAF-Beimischungsquoten fest. Erfüllungsoptionen sind synthetische Flugkraftstoffe (erneuerbare Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs, sogenannte RFNBO), Biokraftstoffe für die Luftfahrt sowie wiederverwertete, kohlenstoffhaltige Flugkraftstoffe. Diese Kraftstoffe unterliegen den in der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie II (RED II) festgelegten Kriterien (Amtsblatt der Europäischen Union, 2024). So muss beispielsweise die Nutzung synthetischer Kraftstoffe zu einer Treibhausgaseinsparung von mindestens 70 % gegenüber fossilem Kerosin führen.

Kernelement der Verordnung sind Beimischungsquoten für SAF, die seit dem 1. Januar

2025 bei 2 % liegen und bis zum 1. Januar 2050 schrittweise auf 70 % ansteigen. Zudem sind Unterquoten für synthetische Kraftstoffe festgelegt (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023a). Seit 1. Januar 2025 müssen Flugkraftstoffanbieter gewährleisten, dass der gesamte Flugkraftstoff, der an jedem Flughafen der EU zur Verfügung gestellt wird, die in Tabelle 1 aufgeführten Mindestanteile aufweist. Ein Flexibilitätsmechanismus, der im Zeitraum von 2025 bis 2034 gilt, erlaubt es Kraftstoffanbietern, die Mindestanteile durch den gewichteten Durchschnitt aller Kraftstoffe, die sie an EU-Flughäfen liefern, zu erfüllen.

Jahr	2025	2030	2032	2035	2040	2045	2050
SAF	2 %	6 %	6 %	20 %	34 %	42 %	70 %
PtL-SAF	0 %	1,2 %	2 %	5 %	10 %	15 %	35 %

Tabelle 1: SAF-Beimischungsquoten und durchschnittliche Unterquoten für synthetische Kraftstoffe gemäß § 4 Anhang I der Verordnung (EU) 2023/2405

Luftfahrzeugbetreiber⁸ sind generell verpflichtet vor dem Abflug von einem bestimmten Flughafen der EU zu tanken (siehe Präambel 21 der Verordnung „ReFuelEU Aviation“) und dabei mindestens 90 % ihres Treibstoffbedarfs⁹ zu decken. Damit soll das Risiko des sogenannten „Tankerings“ verringert werden. Tankering bezeichnet die Praxis, mehr als die benötigte Menge an Treibstoff für einen Flug aufzunehmen, um am Zielort das Betanken für den nächsten Flugabschnitt ganz oder teilweise vermeiden zu können.

Zur Durchsetzung der Beimischungsquoten sieht die Verordnung umfangreiche Berichtspflichten sowie hohe Bußgelder bei Nicht-Einhaltung für die Flugkraftstoffanbieter und Luftfahrzeugbetreiber sowie für andere beteiligte Akteure vor.

⁸ Art. 3 der Verordnung (EU) 2023/2405 definiert Luftfahrzeugbetreiber als „eine Person, die im vorherigen Berichtszeitraum mindestens 500 Flüge im gewerblichen Personenluftverkehr oder 52 Nurfacht-Flüge im gewerblichen Luftverkehr von Flughäfen der EU durchgeführt hat, oder, wenn die Identität der Person nicht ermittelt werden kann, den Eigentümer des Luftfahrzeugs“ (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023a).

⁹ Präambel 28 definiert Treibstoffbedarf folgendermaßen (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023a): „Die Menge an Kraftstoff, die vor dem Abflug von einem bestimmten Flughafen der EU vertankt wird, sollte der Kraftstoffmenge entsprechen, die für die Durchführung der von diesem Flughafen abgehenden Flüge erforderlich ist. Mit dieser Anforderung wird sichergestellt, dass Luftfahrzeugbetreiber aus der EU und Drittlandbetreiber in der gesamten EU gleichen Bedingungen unterliegen und gleichzeitig ein hohes Umweltniveau gewährleistet wird.“

3.2.2.2 Erneuerbare-Energien-Richtlinie

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Renewable Energy Directive, RED) (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023b) definiert EU-weite Ziele zur Nutzung von erneuerbaren Energien, einschließlich eines Unterziels für SAF im Verkehrssektor. Zudem werden die Kategorien der Kraftstoffe, die in der EU als SAF im Rahmen der Verordnung „ReFuelEU Aviation“ anerkannt sind, sowie die entsprechenden Nachhaltigkeitskriterien festgelegt.

Mit der im November 2023 in Kraft getretenen Neufassung der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (RED III) erhöht sich das verbindliche EU-Ziel für den Gesamtanteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch im Jahr 2030 auf mindestens 42,5 % mit der Bestrebung, diesen Anteil um weitere 2,5 Prozentpunkte zu steigern. Die EU-Mitgliedsstaaten sind verpflichtet gewesen die Neufassung der Richtlinie generell bis Mai 2025 in nationales Recht umzusetzen. Für den Verkehrssektor können die Mitgliedsstaaten wahlweise einen Mindestanteil von 29 % am Endenergieverbrauch oder eine Verringerung der Treibhausgasintensität um mindestens 14,5 % festlegen. Außerdem gelten Mindestanteile von erneuerbaren Kraftstoffen im Jahr 2025 von 1 % und 5,5 % im Jahr 2030 sowie einer Unterquote für synthetische Kraftstoffe von 1 % im Jahr 2030 (Rat der Europäischen Union, 2023). Zur Berechnung dieser Mindestanteile werden gemäß Artikel 27, Absatz 2, Buchstabe e fortschrittliche Biokraftstoffe in der Luftfahrt und Schifffahrt mit dem 1,2-fachen und RFNBO mit dem 1,5-fachen ihres Energiegehalts angerechnet.

Die zugehörigen delegierten Verordnungen (EU) 2023/1185 (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023c) und (EU) 2023/11852 (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023d) legen die Methodik zur Bestimmung der Treibhausgaseinsparungen sowie die Anforderungen für die Herstellung synthetischer Kraftstoffe im Verkehrssektor fest.

Wichtig ist, eine Erfüllung der Quote im allgemeinen Verkehrsbereich kann nicht zur Quotenerfüllung im Luftverkehr herangezogen werden. Die „ReFuelEU Aviation“ ist eine eigenständig zu erfüllende Verordnung.

3.2.2.3 Europäisches Emissionshandelssystem (EU-EHS)

Das EU-EHS (Europäische Union, 2024) wurde 2005 als zentrales Instrument zur Umsetzung der Klimaschutzziele in der EU etabliert. Sektoren, die unter das EU-EHS fallen, müssen Zertifikate erwerben, um ihre Treibhausgasemissionen zu kompensieren. Die Menge der ausgegebenen Zertifikate wird schrittweise reduziert, um die Klimaziele der EU zu erreichen (sogenanntes „Cap-and-Trade System“).

Der Luftverkehr fällt seit 2012 unter das EU-EHS und gilt für alle Flüge, die innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums (EWR) (EU27, Island, Liechtenstein und Norwegen) starten und landen sowie für Flüge nach Großbritannien und in die Schweiz. Die durch diese Flüge verursachten CO₂-Emissionen müssen von den Luftverkehrsunternehmen durch Emissionszertifikate kompensiert werden, die bislang zum einen kostenlos zugeteilt und zum anderen über Auktionen versteigert werden. Die kostenlose Zuteilung wird jedoch bis 2026 schrittweise beendet. Während bis 2023 ein Großteil der Zertifikate kostenfrei vergeben wurden, erfolgte 2024 eine Reduktion dieser Zertifikate um 25 % und 2025 um 50 %. Ab dem 1. Januar 2026 werden grundsätzlich keine Emissionszertifikate mehr kostenlos zugeteilt. Eine Ausnahme gilt jedoch für eine bestimmte Menge an Zertifikaten, die kostenfrei an Luftverkehrsunternehmen vergeben werden, sofern sie SAF einsetzen. Dafür stehen im Zeitraum vom 1. Januar 2024 bis zum 31. Dezember 2030 insgesamt 20 Millionen Zertifikate zur Verfügung (Fuels Eligible for ETS Support FEETS bzw. SAF Allowances). Damit soll der Preisunterschied zwischen fossilen Treibstoffen und SAF verringert oder ganz kompensiert werden. SAF werden zudem mit Null-Emissionen im EU-EHS berücksichtigt, sofern sie den Nachhaltigkeitskriterien, die in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie festgelegt sind, entsprechen.

Seit 1. Januar 2025 müssen Fluggesellschaften erstmals zu Nicht-CO₂-Effekten im Rahmen des EU-EHS berichten (Europäische Kommission, 2025a). Diese sind definiert als „Auswirkungen auf das Klima durch die Freisetzung von Stickstoffoxiden (NO_x), Rußpartikeln und oxidierten Schwefelverbindungen während der Verbrennung von Kraftstoff“, sowie „Auswirkungen von Wasserdampf, einschließlich Kondensstreifen“ (Europäische Kommission, 2024d).

Die EU prüft bis zum 31. Juli 2026, ob die ICAO das Offset-Programm CORSIA ausreichend ambitioniert umsetzt, um die Emissionen in der Luftfahrt bis 2050 auf Netto-Null zu senken. Sollte dies nicht der Fall sein, ist eine mögliche Maßnahme, die von der EU-Kommission geprüft wird, ab 2027 EU-EHS auf Flüge von Flughäfen in EWR-Staaten zu Flugplätzen außerhalb des EWR sowie auf Flüge von Flugplätzen außerhalb des EWR, die im EWR landen, anzuwenden. Dieser Anwendungsbereich wurde in der ursprünglichen Gesetzgebung festgelegt, jedoch mehrmals durch temporäre Ausnahmen aufgehoben, da die EU das CORSIA-Programm als globales Instrument der Emissionssenkung unterstützt.

3.2.2.4 Energiesteuer-Richtlinie

Die Europäische Kommission sieht eine Neufassung der Energiesteuer-Richtlinie vor, die von einer mengenbasierten Besteuerung hin zu einer Besteuerung auf Grundlage des Energiegehalts und der CO₂-Emissionen der Energieträger übergeht. Die geplante Änderung der Richtlinie ist ein wichtiger Hebel, um die aktuelle Kostendifferenz zwischen SAF und fossilem Kerosin zu reduzieren. Anhang I des Entwurfs der Energiesteuer-Richtlinie (Europäische Kommission, 2021a) sieht vor, fossiles Kerosin mit mindestens 10,75 EUR/GJ (0,37 EUR/l) und synthetisches Kerosin mit 0,15 EUR/GJ (0,005 EUR/l) zu besteuern. Zum Zeitpunkt der Finalisierung der Studie Ende August 2025 wird im Rat jedoch noch darüber debattiert, die Luftfahrt (und Schifffahrt) bis 2035 von der Neufassung auszunehmen und im Anschluss einer erneuten Prüfung zu unterziehen (Rat der Europäischen Union, 2024). Eine Einigung wird frühestens im November/Dezember 2025 unter dänischer Ratspräsidentschaft erwartet.

3.2.2.5 CO₂-Grenzausgleichssystem (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)

Im Rahmen des Fit-for-55 Pakets setzt die EU auf zwei zentrale Maßnahmen zur Dekarbonisierung der energieintensiven Industrien: die schrittweise Abschaffung der kostenlosen Zertifikate im Rahmen des EU-EHS und die analoge Einführung eines CO₂-Preises auf importierte Erzeugnisse (CBAM). Das CBAM zielt darauf ab, Carbon Leakage zu vermeiden, also die Verlagerung der Produktion (und damit der CO₂-Emissionen) in Länder ohne oder mit geringeren CO₂-Preisen (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023e). Durch das CBAM soll der wettbewerbsbedingte Nachteil für europäische Unternehmen, der durch das EU-EHS entsteht, ausgeglichen werden.

CBAM betrifft in die EU importierte Stahl- und Eisenwaren, Aluminium, Zement, Düngemittel, Wasserstoff und Strom. 2026 müssen die Importeure erstmals die CO₂-Emissionen ihrer Einfuhren durch den Kauf von CBAM-Zertifikaten ausgleichen. Das CBAM wird schrittweise eingeführt und vollumfänglich ab 2034 in Kraft treten, zeitgleich mit dem Auslaufen der kostenlosen Zuteilung von EU-EHS Zertifikaten.

Während die aktuelle Fassung der Verordnung den Bilanzbereich der CO₂-Emissionen importierter Güter auf die Produktion der Güter, einschließlich der Herstellung des dafür aufgewendeten Stroms, beschränkt, wird die Kommission bis Mitte 2025 einen Bericht vorlegen, der die Möglichkeit einer Ausweitung bewertet (Amtsblatt der Europäischen

Union, 2023e). Dies umfasst Emissionen, die mit dem Transport der CBAM-Güter verbunden sind, sowie die Hinzunahme von Transportdienstleistungen als zusätzlichen CBAM-Sektor.

3.2.3 Deutschland

Auf der Grundlage der Verpflichtung gemäß des Pariser Klimaabkommens legt das Bundes-Klimaschutzgesetz eine schrittweise Minderung der Treibhausgasemissionen von 65 % bis 2030, 88 % bis 2040 sowie die Erreichung der Klimaneutralität im Jahr 2045 fest (Bundesministerium der Justiz, 2019). Für den Verkehrssektor, zu dem auch die inländische Luftfahrt gezählt wird, sowie für weitere Sektoren, legt Anlage 2a außerdem jährliche maximale Emissionsmengen für den Zeitraum 2020 bis 2030 fest. Demnach müssen die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors um 43 % sinken.

Zweck des Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) ist es „Menschen, Wild- und Nutztiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre, das Klima sowie Kultur- und sonstige Sachgüter vor schädlichen Umwelteinwirkungen zu schützen.“ Das BImSchG setzt unter anderem die Erneuerbare-Energien-Richtlinien der EU in nationales Recht um (Bundesministerium der Justiz, 2024) (siehe Abschnitt 3.2.2.2).

Für den Luftverkehr ist aktuell insbesondere § 37a Absatz 4 Buchstabe a relevant, der die Pflichten für Inverkehrbringer von Kraftstoffen regelt. Demnach müssten Inverkehrbringer von Flugturbinenkraftstoff in Deutschland die vorgeschriebenen Mindestanteile an Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien nicht-biogenen Ursprungs sicherstellen. Im Koalitionsvertrag vom April 2025 wurde die Rücknahme der Quote beschlossen (CDU, CSU und SPD, 2025).

3.3 Risiken durch einen verpflichtenden Einsatz von SAF

3.3.1 Allgemeine Risiken und Marktrisiken

3.3.1.1 Marktpreisrisiken

Zu den Marktpreisrisiken gehören die hohe Volatilität der Preise sowie das deutlich höhere Preisniveau im Vergleich zu fossilem Kerosin. Höhere Preise für nachhaltige Flugkraftstoffe resultieren aus dem hohen Energie- und Kostenaufwand für deren Produktion. Die EASA (2024), die im Rahmen der Verordnung „ReFuelEU Aviation“ mit der Festlegung von Referenzpreisen für Treibstoffe beauftragt ist, schätzt, dass der durchschnittliche Preis für

HEFA-SAF in der EU im Jahr 2023 um 340 % über dem Preis fossiler Treibstoffe lag. Wegen der begrenzten Verfügbarkeit von biogenem SAF werden strombasierte, nachhaltige Flugkraftstoffe (PtL-SAF) als zentral betrachtet, um langfristig in der EU fossiles Kerosin zu ersetzen (Europäische Kommission, 2021b).

PtL-SAF werden aktuell noch nicht in industriellen Maßstäben hergestellt. Kostenschätzungen für SAF variieren in der Literatur erheblich, bedingt durch die zugrunde gelegten Annahmen zu Skaleneffekten, Strom- und CO₂-Gewinnungskosten sowie Kosten und Wirkungsgraden von Elektrolyse- und Syntheseanlagen. Die große Bandbreite resultiert aus den Unsicherheiten in Bezug auf die zukünftige Entwicklung dieser Einflussfaktoren. Für SAF, das mithilfe der Fischer-Tropsch (FT)-Synthese hergestellt wird, werden für 2030 Kosten prognostiziert, die das 2 bis 4,5-fache des durchschnittlichen Preises von 825 EUR/t für Jet A-1 im Jahr 2023 (IATA, 2024c) erreichen (siehe Abbildung 4).

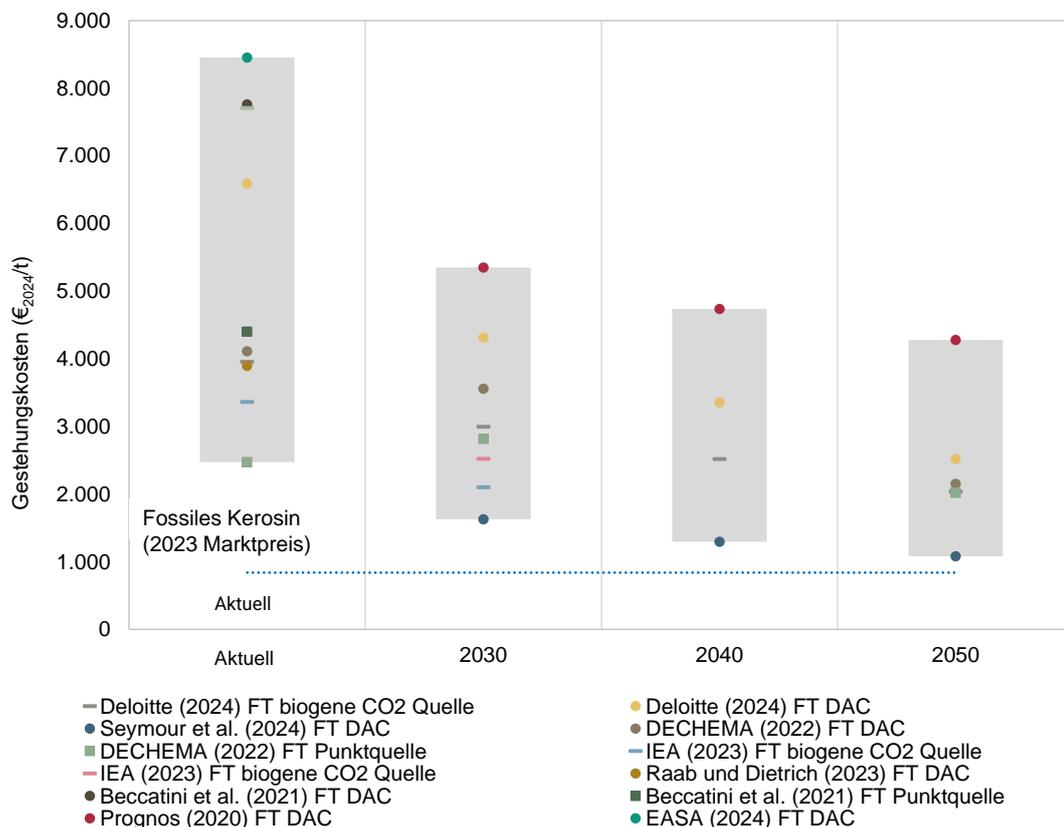


Abbildung 4: Schätzungen von Gestehungskosten für FT-SAF¹⁰

¹⁰ Quellen: EASA (2024), Deloitte (2024), Seymour et al. (2024), IEA (2023), Raab und Dietrich (2023), DECHEMA (2022), Beccatini et al. (2021), Prognos (2020). Anmerkungen: Die Werte aus der Literatur wurden auf das Preisniveau von 2024

Die dargestellte Bandbreite basiert auf einer Auswahl an Studien zu Gestehungskosten mit Fokus auf der Produktion bzw. Verfügbarkeit von SAF in der EU. SAF, das mit CO₂ aus biogenen Quellen oder Kohlenstoffabscheidung aus Punktquellen produziert wird, ist in der Regel kostengünstiger als die Herstellung mit CO₂ durch Abscheidung aus der Luft (Direct Air Capture, DAC). Allerdings ist die Verfügbarkeit, insbesondere von biogenen Quellen, begrenzt.

Die höheren Marktpreise für nachhaltige Flugkraftstoffe stellen ein erhebliches Preis- und Kostenrisiko dar, insbesondere da Kraftstoffkosten ungefähr 25 - 30 % der gesamten Betriebskosten im Flugbetrieb ausmachen (IEA, 2024b).

Ein weiteres Risiko für die Airlines stellt die am Markt beobachtbare höhere Volatilität der Preise dar, die auf folgende Ursachen zurückzuführen sind (MarketsandMarkets, 2023):

- Verfügbarkeit und Preise der Ausgangsstoffe: HEFA-SAF wird größtenteils aus biogenen Ausgangsstoffen hergestellt (unter anderem gebrauchtes Speiseöl). Die Verfügbarkeit dieser Ausgangsstoffe ist begrenzt, zudem konkurriert ihre Nutzung mit dem Bedarf anderer Sektoren – etwa der Produktion von Biokraftstoffen für den Straßenverkehr.
- Begrenzte Produktionskapazitäten: Die Produktionskapazitäten von HEFA-SAF sind begrenzt. PtL-SAF wird noch nicht im industriellen Maßstab hergestellt. Eine zusätzliche Nachfrage kann erst sukzessive mit steigenden Produktionskapazitäten bedient werden.
- Geringes Marktvolumen: Das am Markt verfügbare HEFA-SAF-Volumen ist derzeit mit 1,5 Millionen Tonnen im Jahr 2024 (IATA, 2024a) gering. PtL-SAF wird bislang lediglich in sehr geringen Mengen und vorwiegend zu Forschungszwecken und nicht im groß-industriellen Maßstab produziert (Sharma, et al., 2021) (CENA Hessen, 2024a).

Abbildung 5 zeigt die höhere Volatilität von SAF gegenüber fossilem Kerosin zwischen November 2022 bis November 2023 (Reuters, 2023).

angepasst, um eine bessere Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Zur Umrechnung der energiebasierten Werte wurde ein Heizwert von 44 MJ/kg für SAF angesetzt (Amtsblatt der Europäischen Union 2023b). Die Schätzungen der aktuellen Kosten beziehen sich auf Produktionsjahre zwischen 2021 und 2023.

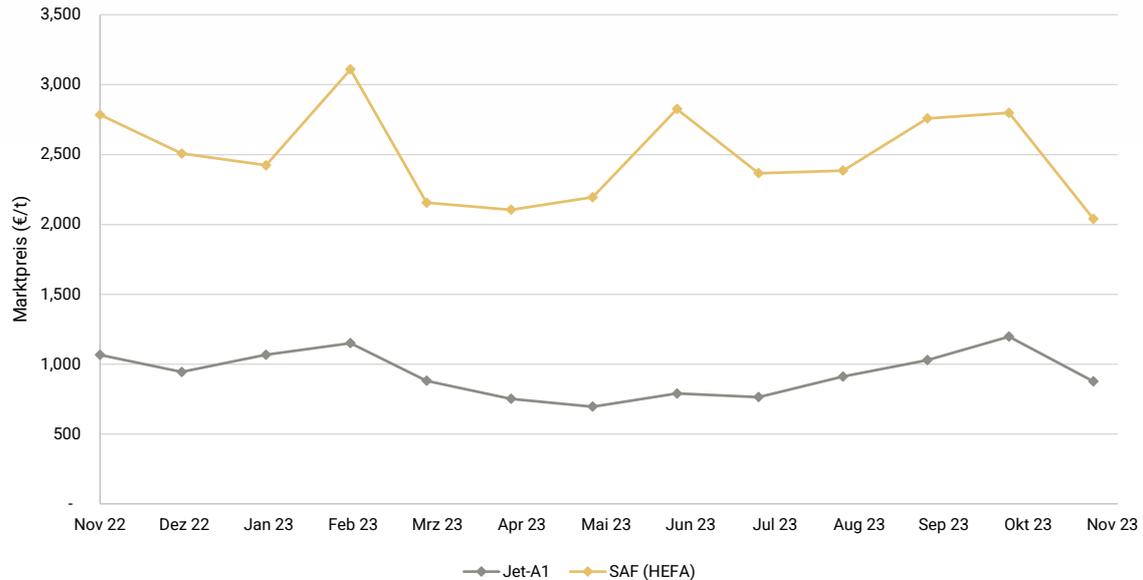


Abbildung 5: Marktpreisvolatilität von fossilem Kerosin (Jet A-1) und SAF

Die hohe Volatilität stellt ein zusätzliches Marktpreisrisiko für Fluggesellschaften dar. Marktpreisrisiken können bei Jet A-1 über derivative Finanzinstrumente (Swaps, Optionen, Collars)¹¹ abgesichert werden. Die Sicherungsinstrumente stehen für SAF noch nicht am Markt zur Verfügung. Die einzige Möglichkeit der Absicherung von Marktpreisrisiken besteht daher über langfristige Lieferkontrakte von SAF (Koscáková, et al., 2022).

Ergebnisse aus den Interviews mit Experten und Expertinnen

Aus Sicht der Vertreterinnen und Vertreter der Passagier-Fluggesellschaften sind die Marktpreisrisiken sehr hoch (siehe Abbildung 6), da die Mehrkosten von SAF im Vergleich zu fossilem Kerosin erheblich sind und die Kraftstoffkosten einen signifikanten Kostenfaktor darstellen. Außerdem zeigen die Preise für SAF eine hohe Volatilität, was zusätzlich die Finanzplanung erschwert. Es bestehen sehr hohe Unsicherheiten über die zukünftigen Marktpreise aufgrund geringer Erfahrungswerte, aber auch aufgrund von Lücken in der Regulatorik. Zwei der befragten Unternehmen erwarten kurzfristig steigende SAF-Preise aufgrund der quotenbedingten erhöhten Nachfrage.

Die Interviewpartner der Frachtfluggesellschaft ordnen Marktpreisrisiken im mittleren Bereich ein, da insbesondere die Geschäftskunden nachhaltige Express-Logistiklösungen

¹¹ Derivate sind Finanzinstrumente, deren Wert von einem anderen Vermögenswert, wie Aktien, Indizes, Rohstoffen oder Währungen, abgeleitet wird. Ihr Preis hängt direkt von der Kursentwicklung des zugrunde liegenden Werts ab, sodass Änderungen im Basiswert auch den Preis des Derivats beeinflussen. (Schäfer, 2011)

wünschen und daher die Zahlungsbereitschaft entsprechend höher ist. Der Wunsch nach nachhaltigen Express-Logistiklösungen resultiert zum einen aus der Anforderung die Scope-3-Emissionen¹² in der verpflichtenden Nachhaltigkeitsberichterstattung gemäß der Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) zu reduzieren. Zum anderen werden nachhaltige Express-Logistiklösungen auch aus Marketing- und Imagegründen zunehmend nachgefragt.

Abbildung 6 zeigt die Einschätzung der Experten und Expertinnen der befragten Airlines zu den Marktpreisrisiken.

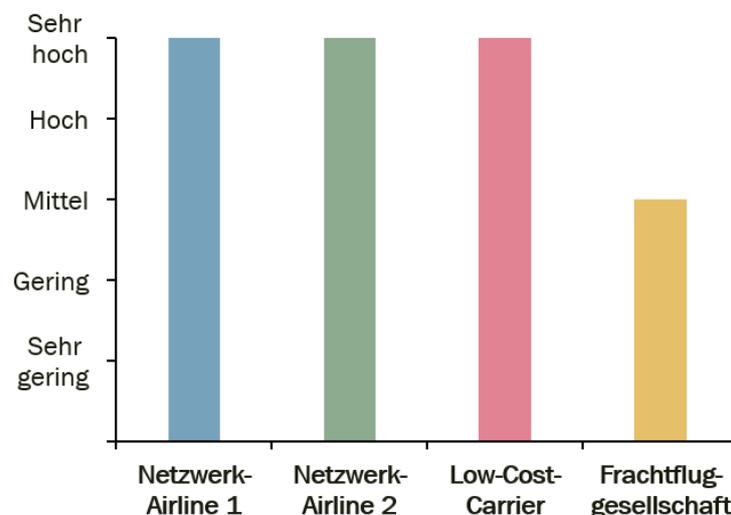


Abbildung 6: Einschätzung der Interviewpartner zu Marktpreisrisiken

3.3.1.2 Regulatorische Risiken

Ein wesentliches regulatorisches Risiko betrifft die Strafen, die verhängt werden, wenn die festgelegte Beimischungsquote der Verordnung „ReFuelEU Aviation“ verfehlt wird. Die EU-Mitgliedstaaten legen jeweils die Geldstrafen für die Nichterfüllung fest und sind für deren Durchsetzung verantwortlich. Die Höhe der Geldstrafen richtet sich nach den in der Verordnung „ReFuelEU Aviation“ festgelegten Mindeststrafen (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023a):

¹² Scope-3-Emissionen sind indirekte Treibhausgasemissionen, die entlang der Wertschöpfungskette eines Unternehmens entstehen, einschließlich der Emissionen aus eingekauften Gütern und Dienstleistungen, Geschäftsreisen, Transport und Entsorgung (World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development, 2004).

- Mindeststrafen für Inverkehrbringer: das Zweifache der Differenz zwischen dem Preis von SAF und dem Preis von Jet A-1, multipliziert mit der Menge des Flugkraftstoffs, der die Quote unterschreitet.
- EU-Flughäfen: Die Ausgestaltung der Geldstrafen für Flughäfen wird von den EU-Mitgliedstaaten individuell festgelegt.
- Mindeststrafen für Luftfahrzeugbetreibende (Fluggesellschaften): das Zweifache des jährlichen Durchschnittspreises von Jet A-1, multipliziert mit der nicht getankten Menge. Diese Maßnahme soll das in Abschnitt 3.2.2.1 beschriebene Tankering unterbinden.

Für die Fluggesellschaften besteht das zusätzliche Risiko, dass die Strafen der Inverkehrbringer und Flughäfen an sie weitergegeben werden könnten.

Ein weiteres regulatorisches Risiko beim Einsatz von SAF betrifft die Anrechenbarkeit der verwendeten Ausgangsstoffe von SAF. Die EU-Richtlinien (siehe Abschnitt 3.2.2.2) definieren Kriterien, die nachhaltige Kraftstoffe erfüllen müssen, um für die SAF-Quoten anrechenbar zu sein. Diese Kriterien umfassen die erlaubten Rohstoffe, die Produktionsmethoden und die erzielte Reduktion der Treibhausgasemissionen.

Die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ enthält eine Anpassungsklausel (Artikel 14), die vorsieht, dass die Quoten für den Einsatz von SAF und die Kriterien für die Anrechenbarkeit regelmäßig überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Sollten sich die Kriterien für die Anrechenbarkeit der Regulatorik ändern, könnten bereits kontrahierte Mengen unter Umständen nicht mehr anrechenbar sein.

Ergebnisse aus den Interviews mit Experten und Expertinnen

Aus Sicht der im Rahmen der Experteninterviews befragten Passagier-Fluggesellschaften werden die regulatorischen Risiken als sehr hoch eingeschätzt (siehe Abbildung 7). Einer der Gründe hierfür ist die Möglichkeit, direkt oder indirekt mit Strafzahlungen bei Nichteinhaltung der Quoten belegt zu werden. Ein weiterer Grund ist die Komplexität der Regulatorik und administrativen Anforderungen, die insbesondere für kleinere Fluggesellschaften eine Herausforderung darstellen.

Weniger hoch bewertet wurde das regulatorische Risiko von der Frachtfluggesellschaft, die es als mittel einstuft. Ein wesentliches Risiko wird darin gesehen, dass die regulatorischen

Rahmenbedingungen noch nicht abschließend festgelegt sind und Unterschiede in den bestehenden Regularien (zum Beispiel „ReFuelEU Aviation“ und CORSIA) vorliegen.

Abbildung 7 zeigt die Einschätzung der Experten und Expertinnen der befragten Airlines.

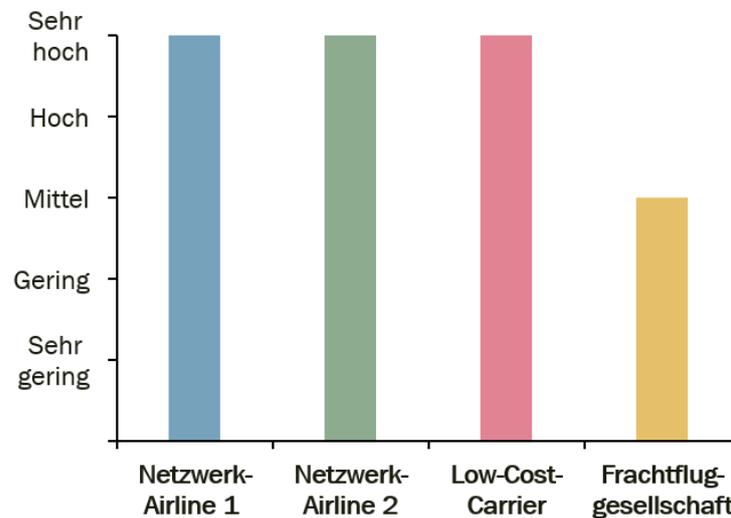


Abbildung 7: Einschätzung der Interviewpartner zu regulatorischen Risiken

3.3.1.3 Nachhaltigkeit von SAF

Es besteht das Risiko, dass die Herstellung von SAF nicht nachhaltig ist oder von den Passagieren als nicht nachhaltig wahrgenommen wird. Dies ist insbesondere der Fall, wenn für die Produktion von biogenem SAF Nahrungs- und Futterpflanzen wie Mais, Getreide, Raps, Palmen- oder Sojaöl zum Einsatz kommen (sogenannte Biokraftstoffe der ersten Generation) (WWF Deutschland, 2020).

Die für die Anrechenbarkeit von SAF zugelassenen Rohstoffe sind in der EU reglementiert. Gemäß der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie dürfen SAF nur aus bestimmten, nachhaltigen Quellen stammen, um anrechenbar zu sein (siehe Übersicht in Anhang 1). Diese Rohstoffe umfassen unter anderem Abfallstoffe und Reststoffe, die in Anhang IX, Teil A der Richtlinie aufgeführt sind (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023b). Das Risiko, dass bei der Produktion von biogenem SAF Nahrungs- und Futterpflanzen wie Mais, Getreide, Raps, Palmen- oder Sojaöl zum Einsatz kommen, ist somit gering.

Ergebnisse aus den Interviews mit Experten und Expertinnen

Die Risiken, dass SAF nicht nachhaltig seien oder von den Kunden und Kundinnen als nicht nachhaltig wahrgenommen werden, wurde von den Experten als sehr gering bis mittel

eingestuft (siehe Abbildung 8). Prinzipiell könnte es bei der Verwendung von SAF in der Zukunft zu Image-Risiken kommen, da nicht alle Arten von SAF nachhaltig produziert werden und Faktoren wie die Nachhaltigkeit der Rohstoffquellen in der öffentlichen Wahrnehmung eine wichtige Rolle spielen. Deshalb ist es entscheidend, den Fokus weiterhin auf die Nutzung nachhaltig produzierter Treibstoffe zu richten, beispielsweise durch den Ausschluss von Treibstoffen auf Palmölbasis. Geschäftskunden setzen sich durch ihre eigenen Nachhaltigkeitsbemühungen mit SAF auseinander und erkennen dessen Bedeutung für die Defossilisierung des Luftverkehrs.

Abbildung 8 zeigt die Einschätzung der Experten und Expertinnen der befragten Fluggesellschaften.

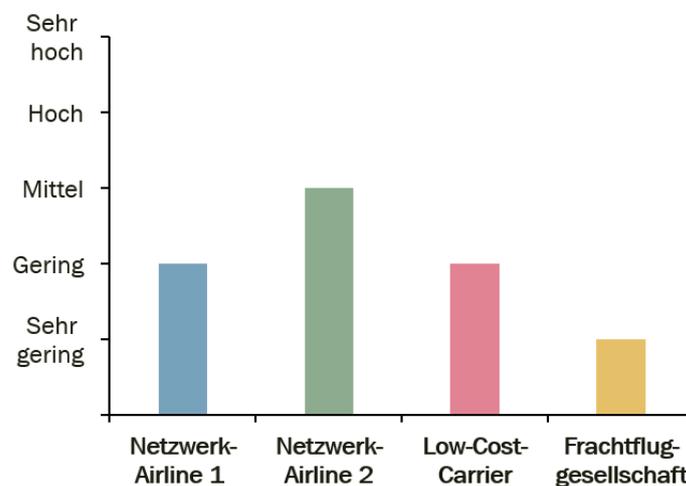


Abbildung 8: Einschätzung der Interviewpartner zu Risiken im Bereich der Nachhaltigkeit

3.3.1.4 Technische Risiken

Es bestehen keine technischen Risiken, wenn der gemäß der American Society for Testing and Materials (ASTM) zulässige Beimischungsanteil nicht überschritten wird. Ein potenzielles technisches Risiko könnte jedoch dann entstehen, wenn der zulässige Beimischungsanteil von SAF überschritten wird, also ein nicht zugelassener Treibstoff eingesetzt wird. Da aromatenfreies SAF eine andere chemische Zusammensetzung im Vergleich zu fossilem Jet A-1-Treibstoff aufweist, können langfristige Auswirkungen auf Dichtungen, Schläuche und andere Materialien aus Kunststoffen nicht ausgeschlossen werden (Hamilton, et al., 2024). Dies könnte zu vorzeitigen Materialermüdungen und erhöhtem Wartungsaufwand führen.

Ergebnisse aus den Interviews mit Experten und Expertinnen

Aus Sicht der befragten Experten und Expertinnen sind nur geringe bis sehr geringe technische Risiken mit dem verpflichtenden Einsatz von SAF verbunden, sofern die zugelassenen Blend-Quoten nicht überschritten werden. Insgesamt haben alle zugelassenen SAF-Arten strenge Zulassungsverfahren durchlaufen. Bisher sind aus dem Regelbetrieb mit SAF noch keine negativen Effekte aufgetreten. SAF bietet aus technischer Sicht auch den Vorteil, dass es besser verbrennt, wodurch das Material mit weniger Verbrennungsrückständen belastet wird.

Abbildung 9 zeigt die Einschätzung der Experten und Expertinnen der befragten Fluggesellschaften.

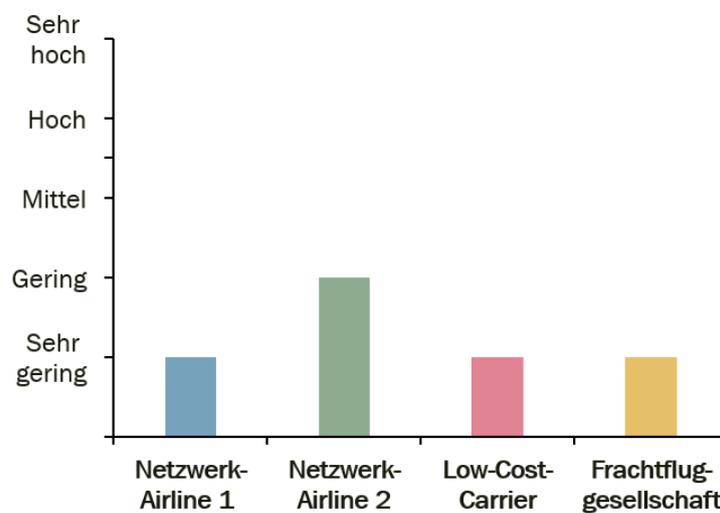


Abbildung 9: Einschätzung der Interviewpartner zu technischen Risiken

3.3.2 Unternehmensrisiken

3.3.2.1 Finanzielle Risiken

Das wesentliche finanzielle Risiko sind die hohen Preise von SAF im Vergleich zum herkömmlichen Jet A-1-Treibstoff. Hierbei muss beachtet werden, dass Treibstoffkosten mit rund 25 - 30 % der gesamten operativen Aufwendungen einen der größten Kostenblöcke von Fluggesellschaften darstellen und um ein Vielfaches höher sind als der Gewinn vor Zinsen und Steuern (Earnings before interest and taxes, EBIT).¹³

¹³ Zum Beispiel lagen gemäß dem Geschäftsbericht der Lufthansa Group die Aufwendungen für Treibstoff für Passagier-Airlines bei ca. 7.552 Millionen EUR. Dies entspricht ca. 27 % der gesamten operativen Aufwendungen in Höhe von ca. 27.730

Es ist davon auszugehen, dass nur ein Teil der zusätzlichen Treibstoffkosten an den Endkunden weitergegeben werden kann. Dieser Anteil hängt stark von der Preiselastizität der Nachfrage ab. Je höher diese ist, desto stärker reagiert die Nachfrage auf Preisänderungen und umso geringer ist damit die Möglichkeit, zusätzliche Treibstoffkosten an die Kunden weiterzugeben.

Netzwerk-Airlines

Innerhalb der Netzwerk-Airlines variiert die Preiselastizität der Nachfrage der Kunden stark zwischen Geschäfts- und Privatkunden sowie zwischen Kurz-, Mittel- und Langstreckenflügen. Geschäftskunden und Kunden von Langstreckenflügen (Geschäfts- und Privatkunden) reagieren weniger stark auf Erhöhungen der Ticketpreise (Gillen, et al., 2009). Zusätzlich ist bei Geschäftskunden davon auszugehen, dass sie zum Senken der eigenen Scope-3-Emissionen verstärkt nachhaltigere Flüge nachfragen (siehe auch die Ergebnisse des Interviews mit der Frachtfluggesellschaft in Abschnitt 3.3.1.1). Teilweise sind bestimmte CO₂-Ziele bereits in den Unternehmens-Reiserichtlinien integriert.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass nur ein Teil der zusätzlichen Treibstoffkosten an den Endkunden weitergegeben werden kann, wobei Geschäftskunden und Kunden von Langstreckenflügen aufgrund der geringeren Preiselastizität der Nachfrage stärker belastet werden können. Der Teil der zusätzlichen Treibstoffkosten, der nicht weiterbelastet werden kann, wird sich negativ auf EBIT und Gewinnmarge auswirken und damit die finanzielle Situation der Netzwerk-Airlines schwächen.

Low-Cost-Carrier

Low-Cost-Carrier agieren auf Märkten mit einer starken Wettbewerbsintensität und gleichzeitig mit einer hohen Preiselastizität der Nachfrage (Gillen, et al., 2009). Bereits geringe SAF-induzierte Preiserhöhungen wirken sich somit auf die Nachfrage aus. Im Gegensatz zu Netzwerk-Airlines befördern Low-Cost-Carrier zudem erheblich weniger Geschäftskunden und keine Passagiere der First- und Business Class, bei denen zumindest ein Teil der zusätzlichen Kosten weitergegeben werden könnte.

Millionen EUR. Der EBIT (adjusted) der Passagier-Airlines der Lufthansa Group lag 2023 bei ca. 2.033 Millionen EUR (Lufthansa Group, 2024b).

Die SAF-induzierten Preiserhöhungen betreffen alle Low-Cost-Carrier in der EU gleichermaßen. Wie sich diese zusätzlichen Kosten auf die Flugnachfrage und das Reiseverhalten der Kunden im Gesamtmarkt konkret auswirken werden, ist zum derzeitigen Kenntnisstand jedoch nicht prognostizierbar.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass nur ein Teil der zusätzlichen Treibstoffkosten an den Endkunden weitergegeben werden kann, sich somit negativ auf EBIT und Gewinnmarge auswirken wird und damit die finanzielle Situation der Low-Cost-Carrier schwächen wird. Insbesondere aufgrund der geringeren Möglichkeit, die Treibstoffkosten an die Endkunden weiterzugeben, ist das finanzielle Risiko für Low-Cost-Carrier tendenziell höher als für Netzwerk-Airlines.

Frachtfluggesellschaften

Innerhalb der Frachtfluggesellschaften variiert die Preiselastizität zwischen Cargo-Fluggesellschaften und Express-Versanddienstleistern. Insgesamt ist die Preiselastizität im Frachtfluggeschäft geringer als bei Netzwerk-Airlines und deutlich geringer als bei Low-Cost-Carriern (Lo, et al., 2015; Chi, et al., 2012).

Es ist außerdem davon auszugehen, dass ein Teil der zusätzlichen Treibstoffkosten nicht an Endkunden weitergegeben werden kann und sich somit negativ auf EBIT und Gewinnmarge und damit auf die finanzielle Situation auswirken könnte, wobei Express-Versanddienstleister aufgrund der geringeren Preiselastizität der Nachfrage weniger davon betroffen sein werden als Cargo-Fluggesellschaften.

Ergebnisse aus den Interviews mit Experten und Expertinnen

Aus Sicht der befragten Experten und Expertinnen werden die finanziellen Risiken durch den verpflichtenden Einsatz von SAF als sehr hoch eingeschätzt. Ursache hierfür sind die bereits jetzt hohen Marktpreise für SAF. Mit Einführung der verpflichtenden SAF-Quote ab 2025 wird erwartet, dass die zusätzliche Nachfrage nach SAF zu steigenden Preisen führen könnte, was die finanzielle Situation der Airlines zusätzlich belasten würde.

Die Expertinnen und Experten der Passagierairlines schätzen die finanzielle Situation mit der steigenden Beimischungsquote ab 2030 als wirtschaftlich herausfordernd ein, da nur ein Teil der zusätzlichen Kosten an die Kunden weitergegeben werden kann. Etwas optimistischer ist die Einschätzung der Expertinnen und Experten der Frachtfluggesellschaft, da die zusätzlichen Treibstoffkosten aufgrund der höheren

Zahlungsbereitschaft von Express-Versand-Dienstleistungskunden besser weitergegeben werden können. Zusätzlich fragt dieses Kundensegment auch verstärkt nachhaltige Logistiklösungen nach.

Abbildung 10 zeigt die Einschätzung der Experten und Expertinnen der befragten Airlines.

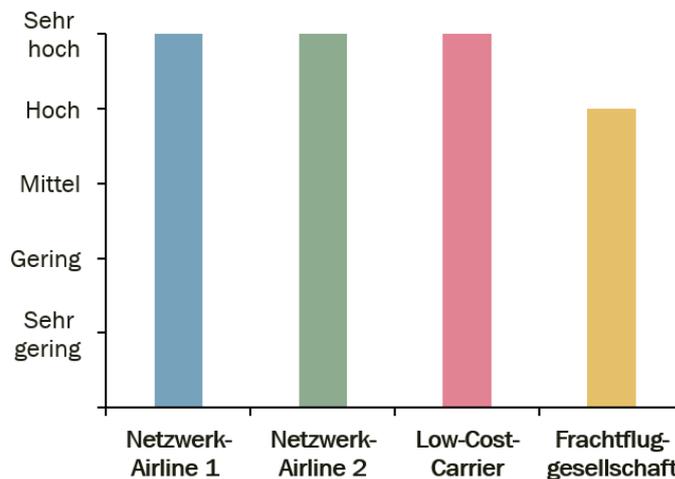


Abbildung 10: Einschätzung der Interviewpartner zu den finanziellen Risiken

3.3.2.2 Operative Risiken

Operative Risiken sind Risiken, die den Betriebsablauf von Fluggesellschaften negativ beeinflussen können.

Ergebnisse aus den Interviews mit Experten und Expertinnen

Aus Sicht der Airlines sind die operativen Risiken durch den verpflichtenden Einsatz von SAF als gering bis sehr gering einzuschätzen. Derzeit sind keine Vorschriften geplant, die parallele oder multiple Betankungsinfrastrukturen erforderlich machen. Sofern SAF nur im Rahmen der zulässigen Beimischungsquote eingesetzt werden, ist auch keine Anpassung der Wartungsintervalle und -Protokolle erforderlich. Im Praxisbetrieb der befragten Airlines sind im Rahmen der Wartung auch keine Auffälligkeiten feststellbar gewesen. Insgesamt sind die bisherigen Erfahrungen mit dem Einsatz von SAF sehr gut gewesen. Es gab keine Probleme oder Einschränkungen, wobei die derzeit eingesetzten Mengen noch sehr gering sind.

Abbildung 11 zeigt die Einschätzung der Experten und Expertinnen der befragten Airlines.

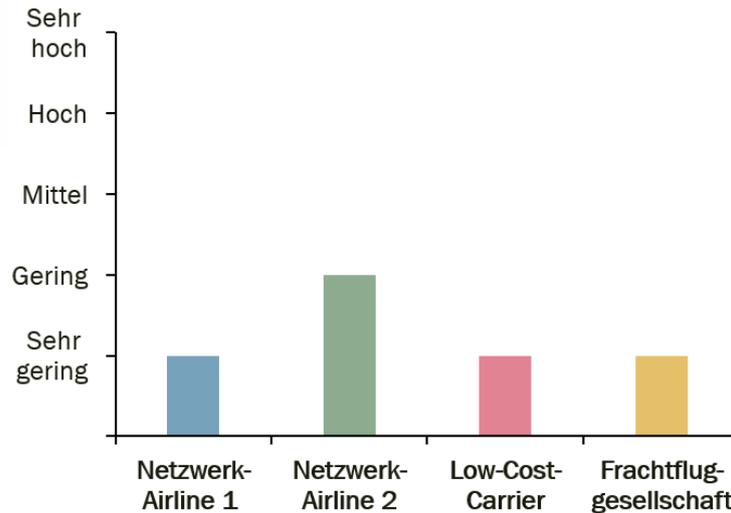


Abbildung 11: Einschätzung der Interviewpartner zu operativen Risiken

3.4 Mögliche Wettbewerbsnachteile durch einen verpflichtenden Einsatz von SAF

3.4.1 Potenzielle Wettbewerbsverzerrungen

3.4.1.1 Illustrative Mehrkosten auf ausgewählten Strecken

Wettbewerbsverzerrungen entstehen, wenn der Markt durch unfaire Vorteile oder Benachteiligungen einzelner Teilnehmer beeinflusst wird. Dies kann durch staatliche Eingriffe, Monopole, Kartelle oder andere Faktoren geschehen, die den freien Wettbewerb einschränken. Solche Verzerrungen können zu einer ineffizienten Allokation von Ressourcen führen, da sie den Marktmechanismus stören und somit die optimale Produktion und Preisgestaltung von Waren und Dienstleistungen verhindern (Blanchard, et al., 2021).

Die verbindlichen Beimischungsquoten von SAF verursachen Mehrkosten für EU- und Nicht-EU-Fluggesellschaften, die in EU-Mitgliedstaaten Treibstoff aufnehmen. Im Folgenden werden die potenziellen Kosten quantifiziert, die für deutsche, südafrikanische und

türkische Fluggesellschaften auf Flugverbindungen zwischen Frankfurt-Kapstadt (FRA-CPT) entstehen könnten: als Direktflug sowie über Istanbul (IST) (siehe Abbildung 12).¹⁴

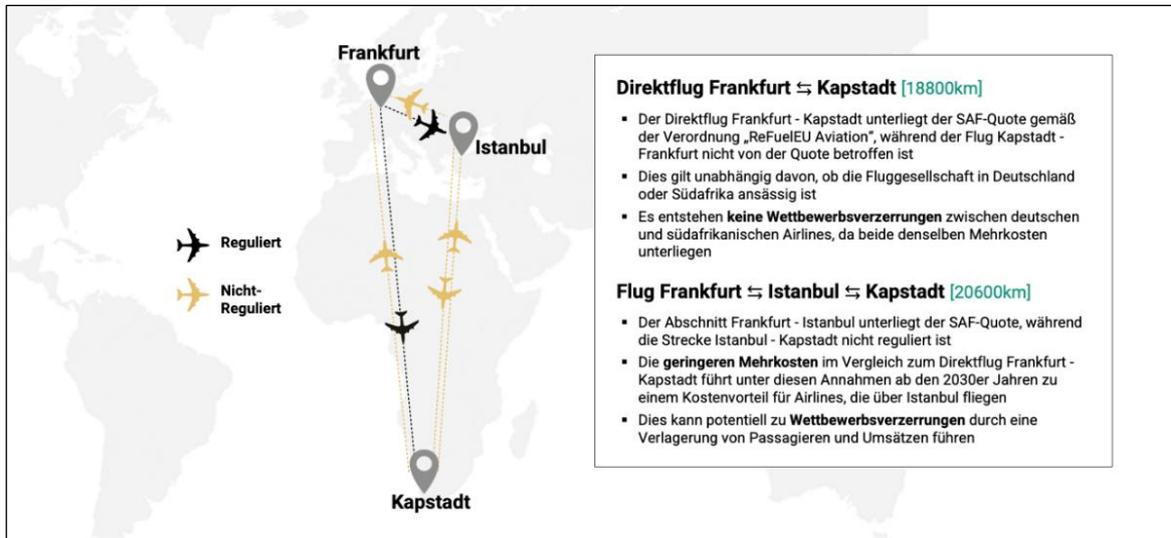


Abbildung 12: Ausgewählte Flugrouten zur Berechnung illustrativer Mehrkosten durch die Verordnung „ReFuelEU Aviation“

Für die Berechnung wurde angenommen, dass die PtL-Unterquoten erfüllt werden, und der verbleibende Anteil über HEFA-SAF gedeckt wird. Die Kostenannahmen für PtL-SAF beruhen auf Schätzungen für in Deutschland, durch direkte Kohlenstoffabscheidung aus der Atmosphäre (DAC) produzierten Treibstoff basierend auf Deloitte (2024): 3.600 EUR/t SAF im Jahr 2030, 2.800 EUR/t im Jahr 2040 und 2.100 EUR/t im Jahr 2050 und bezieht sich auf die Herstellungskosten des Treibstoffs. Für HEFA-SAF wird der durchschnittliche Marktpreis im Jahr 2023 zugrunde gelegt (2.844 EUR/t) (EASA, 2024) und bis 2050 konstant gehalten. Diese Annahme wurde in Anlehnung an die im Rahmen der Folgenabschätzung der „ReFuelEU Aviation“-Verordnung projizierten Kosten für HEFA-SAF, die von nahezu konstanten Preisen ausgeht, getroffen (Europäische Kommission, 2021b). Alle Werte sind in Preisen des Jahres 2024 ausgedrückt (das heißt, ohne Berücksichtigung von Inflation).

Für fossiles Kerosin wird ein Kostensatz von 838 EUR/t auf Grundlage des durchschnittlichen Preises im Jahr 2023 (EASA, 2024) angelegt, der bis 2050 konstant gehalten wird. Gemäß IEA (2024c) wird der Ölpreis, der größte Kostenfaktor für die

¹⁴ Lufthansa und Condor bieten diese Verbindung als Direktflug und Turkish Airlines über Istanbul an. South African Airways hat in Folge der Corona-Krise und Insolvenz diese Verbindung eingestellt. Die Wiederaufnahme dieser Verbindung ist geplant.

Herstellung von Kerosin, bis 2050 in allen modellierten Szenarien nicht mehr das Niveau von 2023 überschreiten. Dennoch könnte der Kerosinpreis in der EU künftig durch eine stärkere CO₂-Bepreisung steigen, wie es gegebenenfalls im Rahmen der geplanten Novelle der EU-Energiesteuer-Richtlinie geplant ist, sowie zukünftigen Änderungen der Ausgestaltung des CBAM oder EU-EHS (siehe Abschnitt 3.2.2). Auf Basis der beschriebenen Annahmen und Parameter würde sich die in Tabelle 2 dargestellten Mehrkosten ergeben.

	EU-Fluggesellschaften		Südafrikanische Fluggesellschaften		Türkische Fluggesellschaften	
	FRA-CPT	CPT-FRA	CPT-FRA	FRA-CPT	FRA-IST-CPT	CPT-IST-FRA
ReFuelEU Aviation	✓	X	X	✓	✓ (FRA-IST)	X
Distanz (km)	9.400	9.400	9.400	9.400	10.300	10.300
Kraftstoffverbrauch (t)	61	61	61	61	68	68
Kerosinkosten:						
2024: 100 % Jet A-1	51.000	51.000	51.000	51.000	57.000	57.000
2030: 1,2 % PtL, 4,8 % HEFA-SAF, 94 % Jet A-1	60.000	51.000	51.000	60.000	59.000	57.000
2040: 10 % PtL, 24 % HEFA-SAF, 66 % Jet A-1	96.000	51.000	51.000	96.000	66.000	57.000
2050: 35 % PtL, 35 % HEFA-SAF, 30 % Jet A-1	130.000	51.000	51.000	130.000	71.000	57.000

Tabelle 2: Fallbeispiel zur Veranschaulichung der Mehrkosten durch „ReFuelEU Aviation“.

Beispielrechnung für ausgewählte Flüge durch Beimischung mit PtL-SAF (DAC) und HEFA-SAF im Vergleich zu Kerosinkosten im Jahr 2024. Quellen: myclimate (2024) (Flugkilometer); ICAO (2024b) (Treibstoffverbräuche für eine Boeing 787-9); Deloitte (2024) (Produktionskosten für PtL-DAC 2030: 3.600 EUR/t SAF, 2040: 2.800 EUR/t, 2050: 2.100 EUR/t); EASA (2024) (Preis für fossiles Kerosin: 838 EUR/t; HEFA-SAF: 2.844 EUR/t)

Die in Tabelle 2 dargestellten Mehrkosten von SAF würden geringer ausfallen, abhängig davon, wie hoch der Anteil der Quote durch PtL mit CO₂ aus Punktquellen abgedeckt werden könnte. In einigen Ländern außerhalb der EU sind Beimischungsquoten geplant oder umgesetzt, die in dieser Berechnung nicht berücksichtigt wurden. So plant die Türkei eine Quote von 1 % im Jahr 2025 und 2026, die bis 2030 auf 5 % SAF ansteigen soll (SkyNRG, 2024). Eine weitere Annahme ist, dass Südafrika keine Beimischungsquoten verbindlich regeln wird.

Fluggesellschaften mit Sitz in Deutschland und Südafrika sind von den Mehrkosten auf der Verbindung Frankfurt-Kapstadt gleichermaßen betroffen, womit sich eine Wettbewerbsverzerrung nicht einstellen würde. Mit einem Zwischenstopp in Istanbul verringert sich jedoch die Menge an SAF, die gemäß der Verordnung „ReFuelEU Aviation“ getankt werden muss. Trotz längerer Gesamtstrecke entsteht somit ab Anfang der 2030er Jahre ein leichter Kostenvorteil für Fluggesellschaften, die diese Route bedienen. Der Kostenvorteil könnte zu einer Verlagerung von Kunden und Umsätzen auf dieser Streckenkombination führen (Wettbewerbsverzerrung). Da die CO₂-Emissionen dadurch nicht verringert, sondern in Länder außerhalb der EU verlagert werden, käme es zudem zu einem Carbon-Leakage-Effekt.

3.4.1.2 *Potenzielle Wettbewerbsnachteile nach Cluster*

Die Wettbewerbsnachteile, die für Fluggesellschaften durch die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ entstehen könnten, variieren je nach der Art, Geschäftstätigkeit und Marktumfeld der jeweiligen Unternehmen. Für Fluggesellschaften entstehen nur dann Nachteile, wenn sie mit Fluggesellschaften konkurrieren, die von der Verordnung „ReFuelEU Aviation“ weniger stark betroffen sind. Die Auswirkungen auf die drei Cluster der in Tabelle 2 dargestellten illustrativen Mehrkosten sind daher unterschiedlich und werden im Folgenden, basierend auf den Erkenntnissen aus der Marktanalyse in Abschnitt 3.1, erläutert.

Netzwerk-Airlines

Netzwerk-Airlines sind von den drei Clustern aufgrund ihrer zahlreichen Interkontinentalverbindungen und der Schwierigkeit, die Mehrkosten vollständig an die Endkunden weiterzugeben, am stärksten von potenziellen Wettbewerbsverzerrungen betroffen. Wie Abbildung 12 und Tabelle 2 zeigen, profitieren insbesondere Fluggesellschaften mit

Drehkreuzen nahe an den EU-Außengrenzen wie beispielsweise die Bosphorus- und Golfairlines (die keinen oder geringeren SAF-Beimischungsquoten unterliegen), von der Verordnung. Der Kostenvorteil steigt mit der Distanz der Flugverbindung zwischen dem Drehkreuz an der EU-Außengrenze bis zum Zielflughafen.

Nicht-EU-Airlines, die Direktflüge in die EU anbieten, unterliegen hingegen genauso den SAF-Quoten wie EU-Airlines, weil sie auf ihren Rückflügen die zusätzlichen Kosten durch die SAF-Quoten tragen müssen. Dies entspricht der Situation von EU-Airlines, die Flüge ins EU-Ausland anbieten und auf ihren Hinflügen von den SAF-Quoten betroffen sind.

Durch das Verbot von Tankering (siehe Abschnitt 3.2.2.1) innerhalb der Verordnung „ReFuelEU Aviation“, können diese Fluggesellschaften auch nicht die SAF-Quote auf dem Rückflug umgehen (zum Beispiel durch die Mehrmitnahme von Kraftstoff auf dem Hinflug oder durch Tankzwischenstopps). Alle Verbindungen innerhalb der EU werden hingegen nicht von Wettbewerbsverzerrungen betroffen sein, da alle Fluggesellschaften gleichermaßen von den zusätzlichen Kosten durch die verbindlichen SAF-Quoten belastet werden.

Low-Cost-Carrier

Low-Cost-Carrier werden voraussichtlich nur in geringem Umfang von Wettbewerbsverzerrungen betroffen sein, da Low-Cost-Carrier vorwiegend auf Strecken innerhalb der EU operieren und dadurch die Kostenbelastung durch die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ für alle Wettbewerber ähnlich liegt.

Die wenigen angebotenen Reiseziele in nicht EU-Länder liegen relativ nahe an den EU-Außengrenzen (unter anderem Ägypten, Marokko und Tunesien), sodass Flugkombinationen über außereuropäische Drehkreuze wie Istanbul keine oder nur sehr geringe Kostenvorteile bringen. Anhang 2 zeigt eine illustrative Berechnung der Mehrkosten für die Strecke Frankfurt-Hurghada (Ägypten), die nach der gleichen Methodik wie Tabelle 2 durchgeführt wurde. Der Zeit- und Kostenaufwand für die erforderlichen zusätzlichen Start- und Landevorgänge sowie der Flughafenentgelte sind ebenfalls zu berücksichtigen, sodass mögliche Wettbewerbsverzerrungen in diesem Cluster entweder nicht auftreten oder sich auf wenige Strecken (zum Beispiel bei Eurowings, die den Oman bedient) mit nur geringen Nachteilen konzentrieren.

Frachtfluggesellschaften

Cargo-Fluggesellschaften sind aufgrund ihres Streckennetzes mit zahlreichen Verbindungen außerhalb der EU und insbesondere auf Interkontinentalverbindungen von potenziellen Mehrkosten betroffen. Unabhängig davon, ob eigene Frachtflugzeuge oder die Belly-Kapazitäten der Netzwerk-Airlines eingesetzt werden, sind die Effekte mit denen der Netzwerk-Airlines vergleichbar, sodass auf die Ausführungen zu Netzwerk-Airlines (siehe oben) verwiesen wird. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein höherer Anteil der Mehrkosten an Endkunden weitergegeben werden kann, als dies für Passagierairlines möglich ist.

Express-Versanddienstleister sind hingegen nicht oder nur in geringem Umfang von Wettbewerbsverzerrungen betroffen, da es keine direkten Wettbewerber mit Drehkreuzen in der Nähe der EU-Außengrenzen gibt. Die Wettbewerber mit Sitz in den Vereinigten Staaten (UPS, FEDEX) werden auf transatlantische Verbindungen in die EU mit den gleichen zusätzlichen Kosten aufgrund der SAF-Beimischungsquote belastet, sodass keine Wettbewerbsnachteile oder -verzerrungen auftreten.

Ergebnisse aus den Interviews mit Experten und Expertinnen

Aus Sicht der befragten Expertinnen und Experten könnte die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ zu erheblichen Veränderungen im Wettbewerbsumfeld führen. Insbesondere bei den Passagierairlines wird das Risiko von Wettbewerbsverzerrungen und Carbon Leakage als hoch bis sehr hoch eingestuft.

Eine Ausnahme bildet die Frachtfluggesellschaft, die das Risiko von Wettbewerbsverzerrungen als gering eingestuft hat, da es keine direkten Wettbewerber mit Drehkreuzen in der Nähe der EU-Außengrenzen gibt.

Abbildung 13 zeigt die Einschätzung der Expertinnen und Experten der befragten Airlines:

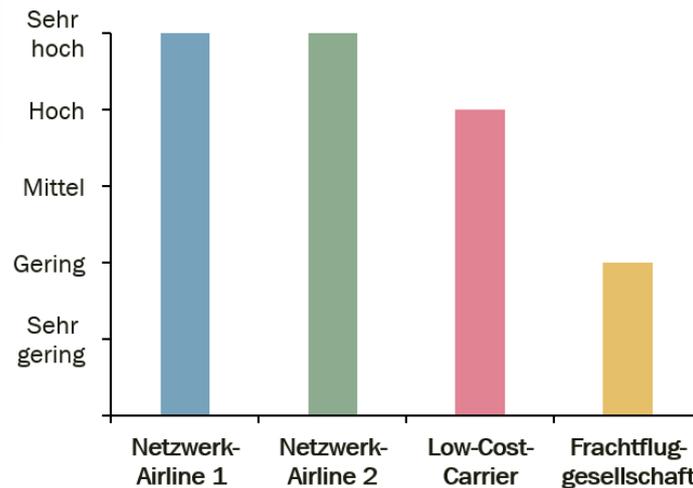


Abbildung 13: Einschätzung der Interviewpartner zu potenziellen Wettbewerbsverzerrungen

3.4.2 Potenzielles Trittbrettfahrerverhalten

Fluggesellschaften mit Sitz außerhalb der EU könnten von der Verordnung „ReFuelEU Aviation“ profitieren, ohne selbst dazu einen Beitrag leisten zu müssen. Das aus der internationalen Klimapolitik bekannte Problem des Trittbrettfahrer-Verhaltens einzelner Staaten bei Maßnahmen zur Bekämpfung des globalen Klimawandels (Stahl, et al., 2017) lässt sich auf die Unternehmen solcher Staaten übertragen. Diese könnten als Trittbrettfahrer von den strengeren Klimaschutzmaßnahmen anderer Staaten – in diesem Fall der Reduktion von CO₂-Emissionen der Luftfahrt durch die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ – profitieren (Dodd, et al., 2021).

Ergebnisse aus den Interviews mit Expertinnen und Experten

Die im Rahmen der Interviews befragten Expertinnen und Experten haben die Möglichkeit des Eintretens von Trittbrettfahrer-Verhalten sehr unterschiedlich eingeschätzt. Gefragt wurde in diesem Zusammenhang, ob sich für Wettbewerber aus Ländern ohne oder nur mit sehr geringen SAF-Quoten durch die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ Vorteile für alle Marktteilnehmer ergeben, ohne dafür selbst beitragen zu müssen (wie zum Beispiel ein nachhaltigeres Image der Luftfahrt). Netzwerk-Airline 1, der Low-Cost-Carrier und die Frachtfluggesellschaft haben die Wahrscheinlichkeit als gering bewertet, während die Netzwerk-Airline 2 die Möglichkeit als sehr hoch eingeschätzt hat. Netzwerk-Airline 2 hat bei der Einschätzung jedoch auch potenzielle Wettbewerbsnachteile mitberücksichtigt.

Konkret, dass internationale Airlines mit Hubs außerhalb Europas indirekt von niedrigen Preisen profitieren würden.

Abbildung 14 zeigt die Einschätzung der Expertinnen und Experten der befragten Airlines.

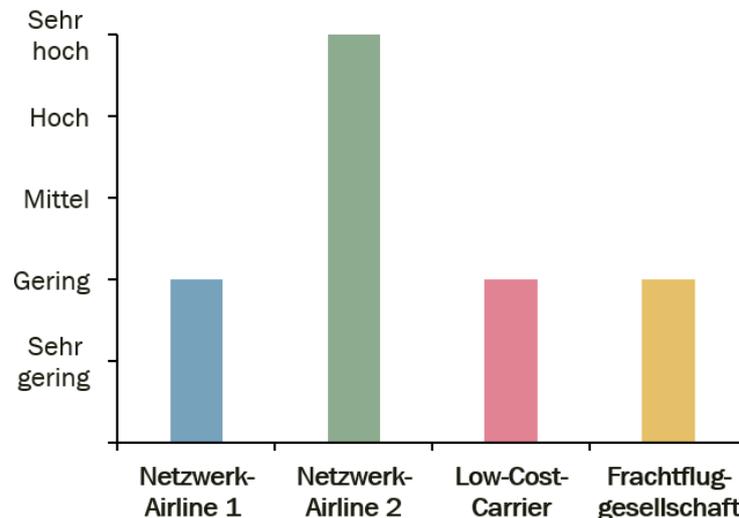


Abbildung 14: Einschätzung der Interviewpartner zu potenziellem Trittbrettfahrerverhalten

3.5 Fazit

Der Einsatz von SAF spielt eine Schlüsselrolle bei der Reduktion der Netto-CO₂-Emissionen der globalen Luftfahrt. Allerdings befindet sich die SAF-Industrie noch in den frühen Entwicklungsphasen. Es bestehen erhebliche Herausforderungen – insbesondere die hohe Preisdifferenz zwischen fossilem Kerosin und SAF – um einen funktionierenden Markt zu etablieren, der die zukünftige Verfügbarkeit von SAF sicherstellt und dessen Einsatz im globalen Luftverkehr zu etablieren.

In der EU wird die Markteinführung von SAF über verbindliche Quoten, die Inverkehrbringer von Kraftstoffen seit 1. Januar 2025 in der EU einhalten müssen, vorangetrieben. Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Interviews mit Vertretern und Vertreterinnen von EU-Airlines verdeutlichten, dass die mit den Quoten verbundenen Mehrkosten ein hohes finanzielles Risiko für die Unternehmen darstellen. Zudem sind EU-Airlines und Nicht-EU-Airlines von den Mehrkosten ungleich betroffen, was zu einer Wettbewerbsverzerrung führt. Die Analyse der Marktstruktur der drei untersuchten Cluster des europäischen Luftverkehrsmarktes zeigt, dass die Netzwerk-Airlines potenziell das größte Risiko tragen, durch die SAF-Quote Wettbewerbsnachteile zu erlangen. Sie konkurrieren auf zahlreichen

Interkontinentalverbindungen mit Nicht-EU-Airlines, die zum Beispiel durch die Nutzung von Hubs an den Außengrenzen der EU weniger von der Quote betroffen sind.

Die Wettbewerbsverzerrung birgt zudem das Risiko die Effektivität der SAF-Quote zur Reduzierung (globaler) Emissionen zu mindern. Würden in Folge der beschriebenen Wettbewerbsverzerrung Nicht-EU-Airlines (mit keinen oder geringeren SAF-Quoten) eine höhere Passagier-Nachfrage zulasten der EU-Airlines bedienen, würde die Senkung der CO₂-Emissionen durch die Nutzung von SAF gemindert werden.

Zudem wird der Markthochlauf von SAF generell nicht in ausreichendem Maße in Regionen außerhalb der EU gefördert, um einen globalen SAF-Hochlauf sicher zu stellen. Ähnlich ambitionierte SAF-Quoten gibt es aktuell nur im Vereinigten Königreich. Diese Uneinheitlichkeit in den Klimaschutzambitionen im Bereich der Luftfahrt birgt nicht nur die Gefahr des Trittbrettfahrens, sondern verhindert auch den effektiven Hochlauf von SAF auf globaler Ebene.

Diese beiden Hauptprobleme – die potenzielle Wettbewerbsverzerrung zu Lasten von EU-Airlines und dem damit einhergehenden Risiko für Carbon Leakage, sowie die unzureichenden Maßnahmen anderer Länder zur Förderung des globalen SAF-Hochlauf – stellen zentrale Herausforderungen dar. Diese können durch die Etablierung eines Klimaclubs für die Luftfahrt adressiert werden.

4 Konzeption des Klimaclub Aviation Modells

Die bisherigen Maßnahmen zur Förderung des Markthochlaufs von SAF haben bislang nicht die gewünschten Ergebnisse erzielt. Trotz technologischer Fortschritte und regulatorischer Vorgaben sind die am Markt verfügbaren Mengen begrenzt.

Die signifikante Preisdifferenz zwischen fossilem Kerosin und SAF erschwert zudem einen schnelleren SAF-Markthochlauf in Europa. Darüber hinaus könnte die SAF-Quote der EU zu Wettbewerbsverzerrungen führen. Es bedarf daher neuer, innovativer Ansätze, um die Netto-CO₂-Emissionen der Luftfahrt weiter zu senken und gleichzeitig einen Markthochlauf von SAF in der EU und global zu fördern.

4.1 Ausgangslage und Wettbewerbsbedingungen

Um den Markthochlauf von SAF in der EU zu fördern, legt die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023a) europaweit einheitliche, verbindliche Beimischungsquoten fest, die bis 2050 auf 70 % steigen sollen – ab 2030 inklusive verbindlicher Unterquoten für strombasierte PtL-Kraftstoffe. Die EU-weiten Beimischungsquoten und die damit verbundenen Mehrkosten, stellen Airlines vor finanzielle Herausforderungen sowie einseitige Wettbewerbsverzerrungen zulasten europäischer Airlines.

Aufgrund von hohen Investitionskosten, langen Investitionszyklen und Unsicherheiten auf Nachfrage- und Angebotsseite besteht zudem ein Risiko, dass die Quoten angebotsseitig, insbesondere für PtL-SAF, nicht gedeckt werden können. So wurde zum Beispiel bis dato noch für keine der in der EU geplanten PtL-Produktionsanlagen im industriellen Maßstab die endgültige Investitionsentscheidung getroffen (Europäische Kommission, 2025b). Die mit einer Kapazität von 2.500 Tonnen CO₂-neutraler Kraftstoffe bisher größte PtL-Produktionsanlage der Firma INERATEC wurde im Juni 2025 in Betrieb genommen (INERATEC, 2025).

Ein Lösungsansatz für diese Herausforderungen ist ein Klimaclub Aviation, der darauf abzielt, potenzielle Wettbewerbsnachteile sowie Markt- und Unternehmensrisiken zu minimieren.

Klimaclub nach Nordhaus

Basierend auf Nordhaus (2015) stellt ein Klimaclub einen freiwilligen Zusammenschluss von Staaten dar, die sich zu ambitionierten Klimaschutzmaßnahmen verpflichten, um globale Emissionsreduktionen voranzutreiben. Kernziel ist, das Problem des Trittbrettfahrerverhaltens zu lösen, bei dem einzelne Länder von globalen Klimaschutzmaßnahmen profitieren, ohne selbst signifikante Beiträge zu leisten.

Das Klimaclub-Modell nach Nordhaus soll dieses Problem lösen, indem es Anreize für Mitglieder und Sanktionen für Nicht-Mitglieder vorsieht. Mitglieder profitieren von Vorteilen wie Handelserleichterungen, technologischer Kooperation oder finanziellen Anreizen, die eine Mitgliedschaft wirtschaftlich attraktiv machen. Gleichzeitig werden Nicht-Mitglieder durch handelspolitische Maßnahmen (zum Beispiel Klimazölle) dazu motiviert, sich dem Club und seinen Zielsetzungen anzuschließen. Basierend auf ökonomischer Theorie zeigt Nordhaus (2015), dass nur durch Sanktionen eine stabile Koalition von Staaten mit hohen Emissionsreduktionen entstehen und so effektiv Trittbrettfahren adressiert werden kann.

Für die erfolgreiche Umsetzung des Klimaclub-Modell nach Nordhaus müssen die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

1. **Geteilte Ressourcen (öffentliches Gut):** Das gemeinsame Ziel ist Klimastabilität, ein globales öffentliches Gut. Die Luftfahrt trägt erheblich zu den globalen Emissionen bei und eine Reduzierung ihres Fußabdruckes nützt allen.
2. **Gegenseitiger Nutzen:** Die kooperative Vereinbarung ist für die Mitglieder vorteilhaft
3. **Ausschlussmöglichkeit:** Nicht-Mitglieder können mit relativ geringen Kosten für die Mitglieder ausgeschlossen oder sanktioniert werden
4. **Stabile Mitgliedschaft:** Die Vorteile sind derart, dass ein Austritt von Mitgliedern unwahrscheinlich ist.

Ein Klimaclub für die Luftfahrt: Das Frankfurter Modell

Besonders der internationale Luftverkehr ist von Wettbewerbsverzerrungen bei asymmetrischen Klimamaßnahmen betroffen, da diese zu unterschiedlichen Mehrkosten zwischen Airlines führen. Vor diesem Hintergrund entwickelte CENA Hessen, das Kompetenzzentrum für Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr, eine erste Skizze für einen

Aviation Climate Club (CENA Hessen, 2021). Das sogenannte Frankfurter Modell verfolgt drei zentrale Ziele:

1. CO₂-neutraler Luftverkehr im Einklang mit dem Pariser Klimaabkommen
2. Faire Wettbewerbsbedingungen für alle europäischen Fluggesellschaften
3. Nachhaltigkeitsstandards zur Förderung von SAF und emissionsarmen Technologien

Die Kernelemente des Frankfurter Modells umfassen eine Reihe von Instrumenten, die die spezifischen Herausforderungen der Luftfahrtbranche adressieren:

- Gemeinsame Beschaffung und Nutzung von SAF innerhalb der Allianz zur Skalierung der Produktion
- Integration des EU-EHS zur effektiven CO₂-Bepreisung
- Ein internationales Finanzierungsmodell, das insbesondere private Investoren einbindet
- Effektiver Außenschutz durch handelspolitische Maßnahmen zur Vermeidung von Carbon Leakage

Klimaclub als Lösung

Für die Erreichung der Klimaziele in der Luftfahrt ist die Zusammenarbeit zwischen öffentlichen und privaten Sektoren sowie die interstaatliche Kooperation von zentraler Bedeutung. Ein Klimaclub Aviation könnte dabei eine Schlüsselrolle – konkret zur Ermöglichung des Hochlaufs von SAF – spielen. Die Grundidee ist die Verpflichtung der Mitglieder zur Nutzung von SAF. Durch Zusammenarbeit und Bündelung der Ressourcen wird die Nutzung von SAF für Mitgliedsstaaten wirtschaftlich attraktiver gestaltet, wodurch ein Hochlauf ermöglicht wird. Gleichzeitig könnte ein Klimaclub Wettbewerbsverzerrungen verhindern, indem er einheitliche Regeln für alle Mitglieder etabliert. So würden Airlines zum Beispiel nicht incentiviert, Drehkreuze außerhalb der EU zu nutzen, um Kosten zu sparen (Carbon Leakage). Durch die Bündelung der Kräfte können Mitglieder eines Klimaclubs Aviation die Herausforderungen der SAF-Einführung durch die Schaffung von fairen Wettbewerbsbedingungen effizienter bewältigen (CENA Hessen, 2024b).

Die vorliegende Studie baut auf diesen Überlegungen auf und analysiert drei mögliche Modelloptionen für einen Klimaclub Aviation in Bezug auf Vision, Ziele, Organisation, Geschäftsmodell und rechtlichen Rahmen.

4.2 Ausarbeitung von drei Modelloptionen für einen Klimaclub Aviation

In den nachfolgenden Abschnitten werden drei Modelloptionen für den Aufbau und die Organisation eines internationalen Klimaclubs Aviation entwickelt und einer Bewertung unterzogen. Die Entwicklung und Bewertung der drei Klimaclub Modelloptionen erfolgte in Workshops mit Expertinnen und Experten von InnoFuels.

Im Abschnitt 4.3 werden zunächst die wesentlichen Treiber dargestellt, die für alle drei Klimaclub-Modelloptionen gelten. Gemäß der vorliegenden Untersuchung folgt die Reihenfolge der wesentlichen Treiber der Logik, dass zunächst Vision, Mission und Zielbild definiert werden müssen (Chandler, 1962). In der Folge wird das für die Erreichung von Mission, Vision und Zielbild grundsätzlich geeignete Geschäfts- und Organisationsmodell entwickelt. Der rechtliche Rahmen definiert den Raum, in dem die Klimaclub-Modelloptionen ausgestaltet werden können.

Im Abschnitt 4.4 werden die wesentlichen Unterschiede der drei Klimaclub-Modelloptionen dargestellt. Ausgangspunkt bildet hierbei die Ableitung eines Basis-Modells, das sogenannte „Management-Modell“ (siehe Kapitel 4.4.3), aus dem im Anschluss zwei weitere Modelloptionen, das „Makler-“ (siehe Kapitel 4.4.2) und das „Invest-Modell“ (siehe Kapitel 4.4.4) mit einem variierenden Komplexitätsgrad abgeleitet wurden.

4.3 Einheitliche Treiber der drei Klimaclub-Modelloptionen

4.3.1 Vision, Mission und Zielbild

Das übergeordnete Zielbild leitet sich aus den Zielen des globalen Klimaschutzes, Emissionen langfristig zu vermeiden, ab. Daraus ergibt sich auch die Vision für die drei Modelle der Klimaclubs: eine CO₂-neutrale Luftfahrt als Beitrag zum globalen Klimaschutz. Als Mission wurde CO₂-neutrales Fliegen bis 2050 durch den Einsatz alternativer Treibstoffe abgeleitet.

Um die definierte Vision und Mission umsetzen zu können, wurden eine Reihe von Zielen definiert, die für alle Modellvarianten gelten:

1. Effizienter und wettbewerbsneutraler Hochlauf von SAF

Für die europäischen Airlines stellen die geplanten Beimischungsverpflichtungen ein finanzielles Risiko dar. Auf internationalen Verbindungen sind die europäischen Airlines zudem mit Wettbewerbsnachteilen konfrontiert. Der Klimaclub muss daher so gestaltet sein, dass EU-Airlines im Wettbewerb mit Nicht-EU-Airlines nicht benachteiligt werden und der Markthochlauf von SAF so effizient und kostengünstig wie möglich erfolgt.

2. Nachhaltige, wettbewerbs- und leistungsfähige Luftfahrtindustrie

Das zweite gemeinsame Ziel der Modellvarianten schließt an das erste an. Mit dem Markthochlauf von SAF soll die Luftfahrtindustrie nachhaltiger werden und gleichzeitig wettbewerbs- und leistungsfähig bleiben.

3. Eigenfinanzierung

Die Transformation zu einer CO₂-neutralen Luftfahrt kann nur über relevante Beiträge aller in der Wertschöpfungskette beteiligten Akteure inklusive der politischen Rahmenseiter zusammen finanziert werden **Offenheit für alle**
Ausgangspunkt für den Klimaclub ist die EU. Der Beitritt weiterer Staaten soll ermöglicht und gefördert werden.

4. Einbindung aller Stakeholder

Eine Beteiligung aller betroffenen Akteure der Industrie und Wertschöpfungskette (u.a. Airlines, Flughäfen, Produzenten, Inverkehrbringer) ist vorgesehen.

5. Substitution fossiler Energieträger

Langfristiges Ziel ist es, die bisherigen fossilen Energieträger (Kerosin) durch nachhaltige Flugkraftstoffe zu ersetzen.

6. Verfügbarkeit und Zugang zu alternativen Treibstoffen

Ziel ist es, ausreichend SAF innerhalb des Clubs bereitzustellen und allen Mitgliedern Zugang zu gewähren. Biogene Kraftstoffe sind derzeit nur eingeschränkt und strombasierte Kraftstoffe bisher nicht im industriellen Maßstab am Markt verfügbar.

4.3.2 Geschäftsmodell

Leistungen an die Clubmitglieder

Ein zentrales Element des Klimaclubs stellt die gemeinsame Nutzung des Luftraums durch seine Mitglieder dar. Länder, die die Ziele des Clubs teilen, haben die Möglichkeit, den

Luftraum ebenfalls zu nutzen. Für Länder, die keine CO₂-neutraler Luftfahrt anstreben, ergibt sich daraus die Einschränkung der Nutzungsmöglichkeit des Luftraums. Die vorliegende Sanktionierung zielt darauf ab, Nicht-Mitglieder zu motivieren, dem Club beizutreten. Des Weiteren dient sie dem Schutz der Mitglieder vor Wettbewerbsverzerrungen, Trittbrettfahrerverhalten und Carbon Leakage. Innerhalb der EU gibt es bereits bestehende Strukturen wie beispielsweise die EASA (European Union Aviation Safety Agency), die durch den Klimaclub genutzt werden könnten.

Ebenfalls zentral ist der Zugang zu ausreichend SAF. Der Club überwacht dabei die Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien, um die Erfüllung seiner Vision und Mission zu gewährleisten. In diesem Kontext sind insbesondere die Einhaltung der festgelegten SAF-Quoten sowie etwaige weitere Selbstverpflichtungen der Clubmitglieder zu berücksichtigen.

Ein weiterer Vorteil für Clubmitglieder liegt im Austausch von Erfahrung und Wissen innerhalb der Organisation. Darüber hinaus wird eine kontinuierliche Akquise neuer Mitglieder betrieben, um den Klimaclub zu stärken und zusätzliche Ressourcen (Mitgliedsbeiträge) sowie Expertise zu generieren.

Der Klimaclub entwickelt alternative Finanzierungsinstrumente unter Beteiligung der Privatwirtschaft, wie beispielsweise Klimaschutzverträge (Carbon Contracts for Differences, CCfDs), um Investitionsanreize für Produzenten zu schaffen und gleichzeitig Markt- und Investitionsrisiken zu reduzieren. Der Klimaclub stellt zudem die Umsetzung sicher.

Einnahmen und Ausgaben

Alle Clubvarianten verfügen über regelmäßige Einnahmen durch Clubmitgliedsbeiträge der Mitgliedstaaten zur Sicherung der Grundfinanzierung. Bei internationalen Organisationen (unter anderem den Vereinten Nationen) ist eine jährliche Zahlungsweise üblich (Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen e.V., 2024).

Wesentliche Ausgaben, die allen drei Clubvarianten gemeinsam sind, umfassen Personalaufwendungen inklusive Steuern und Sozialabgaben sowie Aufwendungen für Büromiete, IT-Ausstattung und -Dienstleistungen, sonstige Dienstleistungen (zum Beispiel Buchhaltung, Rechts- und Steuerberatung, Personalvermittlung und Marketing) und weitere

Ausgaben, die im Zusammenhang mit den Aktivitäten des Klimaclubs stehen (Messen, Geschäftsreisen).

4.3.3 Organisationsmodell

Das Organisationsmodell umfasst mehrere zentrale Funktionen, die das Geschäftsmodell operationalisieren.

Einkauf

Alle Clubvarianten verfügen über eine Beschaffungsfunktion, die je nach Komplexität der Modelle unterschiedlich stark ausgeprägt ist.

Legal- und Contract-Management

Die Aufgaben des Legal- und Contract-Managements umfassen die Überwachung und Verwaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Verwaltung von Verträgen. Die Überwachung hat dabei die Aufgabe, sicherzustellen, dass sämtliche Vereinbarungen den gesetzlichen Anforderungen entsprechen, um eine Minimierung der rechtlichen Risiken zu gewährleisten.

Überwachung und Sanktionierung

Diese Funktion gewährleistet die Überwachung der Einhaltung der im Klimaclub entwickelten Nachhaltigkeitsanforderungen. Sollte ein Nicht-Mitglied Verhandlungen zur CO₂-Reduktion im Luftverkehr ablehnen, könnte dies eine schrittweise Sanktionierung nach sich ziehen. In diesem Kontext wäre eine Einschränkung des Zugangs zum Luftraum die schwerwiegendste Sanktionsmaßnahme.

Internationale Beziehungen

Diese Funktion ist verantwortlich für die Koordination und Umsetzung der notwendigen internationalen Zusammenarbeit sowie den Austausch von Wissen und Erfahrungen zu bewährten Praktiken. Das Ziel besteht in der Etablierung von Netzwerken und Partnerschaften mit internationalen Organisationen und Institutionen, um Synergien zu nutzen und koordinierte sowie, wo erforderlich, harmonisierte Standards und Vorgehensweisen umzusetzen.

Stakeholder Management

Diese Funktion erfordert die Einbindung und Koordination aller relevanten Akteure zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Interessensgruppen.

4.3.4 Rechtlicher Rahmen

4.3.4.1 Konstitutioneller Rahmen

Absichtserklärung

Die institutionelle Ausgestaltung eines Klimaclubs im Bereich der Luftfahrt kann mit einer gemeinsamen Absichtserklärung der interessierten Staaten beginnen. Die Erklärung dient als politisches Bekenntnis zur Etablierung einer koordinierten, multilateralen Zusammenarbeit mit dem Ziel, eine CO₂-neutrale internationale Luftfahrt als Beitrag zum globalen Klimaschutz zu verwirklichen und ist Ausgangspunkt für den Aufbau verbindlicher Strukturen und Standards. Zentraler Gegenstand der Absichtserklärung ist die Gründung eines internationalen Klimaclubs Aviation mit dem übergeordneten Ziel, durch den gezielten Einsatz von SAF die CO₂-Emissionen im internationalen Luftverkehr signifikant und dauerhaft zu senken. Dabei strebt der Club einen effizienten und wettbewerbsneutralen Markthochlauf von SAF an, der die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Luftfahrtindustrie wahrt und gleichzeitig zur Substitution fossiler Energieträger beiträgt.

Die Absichtserklärung könnte zudem das Bekenntnis der Luftfahrtbranche zur Eigenverantwortung bei der Finanzierung der Transformation unterstreichen und die Bereitschaft zur Zusammenarbeit mit allen Staaten und betroffenen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette betonen. Sie könnte des Weiteren den Anspruch formulieren, den Zugang zu alternativen Treibstoffen innerhalb des Clubs fair zu gestalten und ausreichend Verfügbarkeit zu schaffen, um eine leistungsfähige und nachhaltige Entwicklung des Luftverkehrssektors sicherzustellen. Obgleich die Absichtserklärung selbst keine unmittelbare Rechtsverbindlichkeit entfaltet, markiert sie den politischen Willen zur Zusammenarbeit und legt den normativen sowie institutionellen Grundstein für die anschließende Ausarbeitung verbindlicher völkerrechtlicher Vereinbarungen.

Multilaterales Abkommen als Ausgangsbasis

Der rechtliche Rahmen des Klimaclub Aviation sollte auf einem multilateralen Abkommen zwischen den interessierten Staaten und zukünftigen Clubmitgliedern basieren. Dieses multilaterale Vertragswerk bildet die verbindliche Grundlage der Kooperation und orientiert

sich an etablierten Formen des internationalen Umweltvölkerrechts. Ein multilaterales Abkommen ist ein völkerrechtlicher Vertrag, der zwischen mehreren souveränen Staaten geschlossen wird und dem Ziel dient, gemeinsame Regeln, Verfahren und Institutionen für ein spezifisches Politikfeld zu etablieren. Im Kontext des Klimaclubs könnte das multilaterale Abkommen die institutionellen, prozeduralen und inhaltlichen Grundlagen der Zusammenarbeit definieren. Es würde festlegen, welche Rechte und Pflichten die Mitgliedsstaaten eingehen, welche Standards im Bereich der nachhaltigen Luftfahrt verbindlich gelten sollen und wie die Entscheidungsprozesse innerhalb des Clubs strukturiert sind.

Das Abkommen könnte dabei mehrere zentrale Funktionen erfüllen. Es könnte Verbindlichkeit für politische Zusagen schaffen, Zuständigkeiten und Verfahren regeln, ein gemeinsames Normengerüst – etwa hinsichtlich SAF-Quoten, Datenaustausch, Monitoring und Sanktionsmechanismen – etablieren und als Rahmen für zukünftige Weiterentwicklungen dienen. In seiner Funktion als Gründungs- und Steuerungsinstrument könnte sich das Abkommen auf Präzedenzfälle wie das United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) oder CORSIA, beide ebenfalls auf multilateralen Vereinbarungen beruhend, stützen.

Als Vertrag zwischen souveränen Staaten wahrt ein Abkommen die nationale Gesetzgebungshoheit, schafft jedoch gleichzeitig eine rechtlich bindende Grundlage für die Umsetzung gemeinsamer Maßnahmen. Dies geschieht etwa durch die Festlegung einheitlicher Nachhaltigkeitsstandards, Verpflichtungen zur Einhaltung von Berichts- und Verifikationspflichten sowie Verfahren zur Konfliktbeilegung. Durch die Einbettung in das internationale Rechtssystem wird Rechtssicherheit geschaffen und die gegenseitige Verpflichtung der Mitgliedsstaaten gestärkt. Zugleich stellt ein Abkommen Instrumente zur Verfügung, um im Falle von Normverstößen Konsultationsverfahren oder Streitbeilegungsmechanismen einzuleiten und damit die Integrität des Clubs langfristig zu sichern.

Gründungsverträge

Ergänzend zum multilateralen Abkommen sollte die vertragliche Festlegung die Gründungsmodalitäten des Klimaclubs regeln. Dazu zählen insbesondere die Festlegung des juristischen Status des Clubs als internationale Organisation, die Wahl des Sitzes, die Satzung sowie der Gesellschaftsvertrag.

Der Gesellschaftsvertrag, der als konstitutives Dokument fungieren würde, regelt die grundlegenden Prinzipien der Zusammenarbeit, die Rechte und Pflichten der Mitglieder, die Kapital- und Ressourcenaufbringung sowie die interne Entscheidungsfindung. Ähnliche Vertragswerke finden sich beispielsweise bei der Gründung der Internationalen Energieagentur (IEA), des Global Green Growth Institute (GGGI) oder in Form des Constitutional Treaty der Welthandelsorganisation (WHO).

Diese Dokumente definieren die Struktur, Zuständigkeiten und Verfahrensregeln der zentralen Cluborgane. In Analogie zu Satzungen internationaler Organisationen regeln die Gründungsverträge ferner die internen Verfahren zur Aufnahme neuer Mitglieder, zur Finanzierung der Organisation, zur Verabschiedung oder Anpassung technischer Standards sowie zur Einleitung von Sanktionsmechanismen bei Verstößen gegen Clubregeln.

Ein klassisches Beispiel für solche institutionellen Regelungen bietet die Charta der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (International Civil Aviation Organization - ICAO) (ICAO, 1944), die nicht nur den rechtlichen Status der Organisation bestimmt, sondern auch detaillierte Vorgaben zu Mandat, Struktur und Entscheidungswegen enthält. Ebenso müsste sich die Ausgestaltung des Gesellschaftsvertrags des Klimaclubs an vergleichbaren internationalen Gründungsinstrumenten orientieren. Ein Beispiel hierfür ist die Satellitenorganisation EUMETSAT (EUMETSAT, 2000), deren Konvention neben technischen Zielen auch explizite institutionelle Strukturen, Finanzierungsmechanismen und Beteiligungsformate definiert.

Durch die institutionelle und rechtliche Verselbstständigung würde ein handlungsfähiges und unabhängiges Organ geschaffen, das die Umsetzung der Clubziele langfristig sicherstellen würde. Der Gesellschaftsvertrag fungiert hierbei nicht nur als Satzung im klassischen Sinne, sondern auch als Integrationsinstrument, das den Clubmitgliedern eine transparente, rechtsverbindliche und zugleich flexible Plattform zur gemeinsamen Gestaltung ihrer sektoralen Klimapolitik bieten würde.

4.3.4.2 Regeln nach innen

Mitgliedsverträge

Der Beitritt zum Klimaclub Aviation sollte über individuell zu ratifizierende Mitgliedsverträge erfolgen. Diese würden neben der Anerkennung des multilateralen Abkommens konkrete Verpflichtungen enthalten, die ein Mitgliedstaat mit dem Beitritt eingeht. Dazu zählen etwa

je nach Ausgestaltung des Klimaclub Modells die nationale Umsetzung vereinbarter SAF-Beimischungsquoten, die Einführung transparenter Berichts- und Zertifizierungssysteme oder die Teilnahme an gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsinitiativen. Ferner regeln die Mitgliedsverträge Fragen der Beitragszahlungen, der institutionellen Repräsentation innerhalb der Clubgremien sowie der Streitbeilegung. Diese Vertragsstruktur ermöglicht es, unterschiedliche Ausgangsbedingungen der Mitgliedsstaaten zu berücksichtigen und dennoch einheitliche, messbare Standards innerhalb des Clubs zu etablieren. Sie dient damit der Operationalisierung der multilateralen Vereinbarung und gewährleistet einen verbindlichen, rechtlich abgesicherten Kooperationsrahmen.

4.3.4.3 Verträge nach außen

Schutz vor Wettbewerbsverzerrungen, Trittbrettfahrerverhalten, Sanktionsmechanismen sowie luftverkehrsrechtliche Konformität

Ein zentrales Ziel des rechtlichen Rahmens besteht in der Absicherung des Klimaclubs gegen Wettbewerbsverzerrungen und Trittbrettfahrerverhalten. Analog zum Nordhaus-Modell soll der Klimaclub Aviation explizit Anreize schaffen, um dem Klimaclub beizutreten, während gleichzeitig Mechanismen entwickelt werden, die die wirtschaftlichen Vorteile einer Nichtteilnahme minimieren. Dies umfasst etwa den Zugang zu exklusiven Marktplattformen für SAF, bevorzugte Flugrouten- oder Infrastrukturzugänge sowie die gegenseitige Anerkennung von Nachhaltigkeitszertifikaten.

Die rechtliche Ausgestaltung von Ausschlussmechanismen erfordert eine präzise Prüfung ihrer Vereinbarkeit mit bestehenden luftfahrtrechtlichen Verpflichtungen, insbesondere im Rahmen des Chicagoer Abkommens (Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste, 2022) sowie der Regelungen der ICAO. Um rechtlich tragfähig zu bleiben, müssen Maßnahmen zur Diskriminierung von Nicht-Klimaclubmitgliedern stets auf verhältnismäßigen, transparenten und sachlich nachvollziehbaren Kriterien gestützt sein. Der rechtliche Rahmen des Klimaclubs sieht daher vor, in Zweifelsfällen auf ein unabhängiges Schiedsverfahren zurückzugreifen, um die Rechtmäßigkeit solcher Maßnahmen prüfen zu lassen.

Als äußerste Konsequenz und stärkste Sanktionsmaßnahme gegen Trittbrettfahrer oder Mitglieder, die sich nicht an die verbindlichen Verpflichtungen des Clubs halten, könnte –

vergleichbar mit etablierten Verfahren im internationalen Luftverkehrsrecht – auch eine Sperrung des Luftraums für die entsprechenden Luftfahrzeuge erfolgen. Rechtlich gesehen besitzen Staaten gemäß Artikel 1 des Chicagoer Abkommens die volle und ausschließliche Souveränität über ihren jeweiligen nationalen Luftraum, was ihnen grundsätzlich erlaubt, diesen für Luftfahrzeuge bestimmter Betreiber zu sperren.

Zusätzlich könnten weitere Maßnahmen ergriffen werden, die im Rahmen der „ReFuelEU Aviation“-Verordnung bereits als Sanktionen vorgesehen sind. Dazu gehören finanzielle Sanktionen wie Bußgelder bei Nichterfüllung der SAF-Quoten, operative Einschränkungen beim Zugang zu Flughäfen oder Lufträumen sowie die öffentliche Bekanntmachung von Verstößen („Naming and Shaming“). Diese Maßnahmen, die von der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (EASA) überwacht und gegebenenfalls umgesetzt werden, könnten auch innerhalb des Klimaclubs als wirksame Instrumente dienen, um die Einhaltung der vereinbarten Standards sicherzustellen.

Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass diese strengen Sanktionsmechanismen stets als Ultima Ratio gelten sollten. Der Klimaclub Aviation strebt primär eine kooperative, anreizorientierte Zusammenarbeit an. Nur wenn diese Maßnahmen nicht greifen oder bewusst umgangen werden, könnten Sanktionen ein legitimes und rechtlich geprüftes Mittel darstellen, um die Integrität des Clubs zu wahren und Trittbrettfahrerverhalten effektiv zu unterbinden.

Haftungsrechtliche Aspekte

Auch wenn der Klimaclub Aviation primär auf freiwilliger Kooperation basiert, ist im rechtlichen Rahmen vorgesehen, haftungsrechtliche Fragen in begrenztem Umfang zu regeln. Dabei geht es insbesondere um die Verantwortlichkeit für Verstöße gegen Regelungen des Klimaclubs. Haftungsregelungen werden in den Mitgliedsverträgen verankert und orientieren sich an gängigen Prinzipien internationaler Umweltabkommen. Das Ziel besteht darin, Vertrauen in die Integrität des Clubs zu etablieren und gleichzeitig die rechtliche Verantwortung der Mitglieder präzise zu definieren, ohne dabei ihre Souveränität unangemessen einzuschränken.

4.4 Darstellung der drei Klimaclub-Modelloptionen

4.4.1 Übersicht

Die drei Modelloptionen weisen identische Definitionen der Mission und Vision auf (siehe Kapitel 4.3), jedoch unterscheiden sich die Modelle in ihren Zielen, Geschäftsmodellen, Organisationsfunktionen sowie dem rechtlichen Rahmen. Tabelle 3 bietet eine Übersicht der wichtigsten Aspekte der drei Modelle.

Das **Makler-Modell** fokussiert sich auf die Vermittlung von SAF und den Aufbau einer Mitgliederbasis, ohne selbst in den Markt einzugreifen. Dadurch ergeben sich geringe Ausgaben aber auch geringe Einflussmöglichkeiten.

Demgegenüber erweitert das **Management-Modell** den Grad der Institutionalisierung durch aktive Marktinterventionen (unter anderem durch die Beschaffung von SAF) und bietet den Mitgliedern höhere Kontrolle, wobei jedoch größere finanzielle und organisatorische Ressourcen erforderlich sind.

Das **Invest-Modell** schließlich verfolgt einen transformativen Ansatz, indem es auf Eigenproduktion und Investitionen setzt, um langfristige Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Dieses Modell ist mit einem sehr hohen Finanzbedarf, hohen finanziellen Risiken und der höchsten organisatorischen Komplexität verbunden.

Nachfolgend werden die drei Modelloptionen in aufsteigender Komplexität und Grad der Institutionalisierung dargestellt.

	Modelloption 1 Makler-Modell	Modelloption 2 Management-Modell	Modelloption 3 Invest-Modell
Vision	Eine CO ₂ -neutrale Luftfahrt als Beitrag zum globalen Klimaschutz		
Mission	CO ₂ -neutrales Fliegen bis 2050 durch den Einsatz alternativer Treibstoffe		
Ziele	Ziel ist die Vermittlung von SAF . Der Klimaclub fungiert dabei als Makler von SAF.	Ziel ist die Sicherstellung ausreichender Verfügbarkeit von SAF durch Beschaffung und Vermarktung innerhalb des Klimaclubs.	Ziel ist die Sicherstellung langfristiger Verfügbarkeit von SAF durch Investitionen in SAF-Produktionsanlagen und Eigenproduktion
	<i>Wettbewerbsschutz als zusätzliches übergeordnetes Ziel in allen Modellen</i>		
Geschäftsmodell	Schlankes Vermittlungsmodell , das sich auf Vernetzung und Wissensaustausch konzentriert. Es greift kaum in den SAF-Markt ein, bleibt kosteneffizient, bietet aber wenig Einfluss auf die SAF-Produktion und – Versorgung.	Aktives Steuerungsmodell , das direkt in Märkte eingreift , insbesondere durch Einkauf und Vermarktung von SAF. Es bietet eine höhere Versorgungssicherheit , ist jedoch organisatorisch und finanziell aufwendiger .	Transformatives Modell mit direkter Beteiligung an der Produktion und Infrastruktur . Es bietet Unabhängigkeit und Versorgungssicherheit , erfordert jedoch hohe Investitionen und birgt unternehmerisches Risiko .
Organisationsmodell	Funktionales Organisationsmodell mit schlanker Struktur und primär koordinierender Rolle mit Fokus auf die Makelfunktion und Stakeholder Management .	Erweitert die funktionale Basis durch agile Arbeits- und Projektgruppen sowie die Integration von Innovations- und Nachhaltigkeitsmanagement .	Neben der Einkaufs- und Verwaltungsfunktion übernimmt die Organisation Investitionen, Venture Capital Bereitstellung und Projektumsetzungen .
Rechtlicher Rahmen	sind auf ein Vertragswerke und rechtliche Verpflichtungen geringes Maß begrenzt, Berichtspflichten und haftungsrechtlichen Bedingungen sind überschaubar.	Umfassendere Berichtspflichten , haftungsrechtliche Bedingungen und stärkere institutionelle Verankerung . Übertragung hoheitlicher Rechte ggf. erforderlich.	Umfassendere Berichtspflichten , haftungsrechtliche Bedingungen und stärkere institutionelle Verankerung . Übertragung hoheitlicher Rechte ggf. erforderlich. Komplexe rechtliche Vereinbarungen zur Absicherung der Investitions- und Produktionsstrukturen .

Tabelle 3: Vergleichende Übersicht der Modelloptionen des Klimaclub Aviation

4.4.2 Modelloption 1: Makler-Modell

Im Makler-Modell schließen sich Staaten zu einem Klimaclub Aviation zusammen mit dem Ziel bestimmte SAF-Quoten zu erfüllen und dazu über einen Club-Makler ausreichende Mengen an SAF für alle Clubmitglieder zur Verfügung zu stellen. Nicht-Mitglieder haben nur Zugang zum Luftraum, wenn sie sich ebenfalls an diese Regeln halten oder entsprechende Pönale zahlen. Durch die Nutzung der Verkehrsrechte und weiterer geeigneter Regelungen als Sanktionsmechanismus, wird sichergestellt, dass Nicht-Mitglieder nicht bessergestellt sein können als Mitglieder. Das Makler-Modell stellt das strukturell und organisatorisch schlankeste Modell eines Klimaclubs Aviation dar.

Das Konzept fokussiert die Vermittlung von SAF und den Aufbau einer breiten Mitgliederbasis, ohne selbst aktiv in den Markt einzugreifen und Produktions- oder Investitionsverantwortung zu übernehmen. Einnahmen entstehen vor allem durch Mitgliedsbeiträge und Vermittlungsprovisionen. Mitglieder profitieren von der Bereitstellung von Dienstleistungen, wie Marktvernetzung, Wissensaustausch und grundlegenden Unterstützungsfunktionen. Dieses Modell ist schlank und kosteneffizient, jedoch begrenzt in seiner Einflussnahme und Geschäftsaktivitäten.

Makeln von SAF

Kern des Makler-Modells ist die Vermittlung von SAF. Im Rahmen der Vermittlung bündelt der Club die Nachfrage verschiedener Fluggesellschaften nach SAF und handelt (im fremden Namen und auf fremde Rechnung) Preise für die Fluggesellschaften aus. Für den erfolgreichen Abschluss von SAF-Lieferverträgen zwischen Fluggesellschaften und Produzenten erhält der Club eine Vermittlungsprovision. Dies stellt eine zusätzliche Einnahmequelle zu den Mitgliedsbeiträgen dar.

Dieses Angebot ermöglicht den Mitgliedern eine effiziente SAF-Beschaffung und reduziert den administrativen Aufwand. Dieser Umstand würde sich insbesondere für kleinere Fluggesellschaften als vorteilhaft erweisen. Das Ziel besteht darin, mit den Herstellern von SAF faire Marktpreise auszuhandeln 3.3.1.1.

Die Implementierung der Makel-Funktion könnte in Kombination mit bereits existierenden Makel-Plattformen, wie beispielsweise H2Global, erfolgen (H2Global Stiftung, 2025).

Das Makeln von SAF erfordert eine Organisationseinheit mit spezialisiertem Personal, die Erfahrungen in der Beschaffung von SAF verfügen. Darüber hinaus ist eine Funktion für das Legal- und Contract-Management erforderlich, die mit Personal mit juristischem Fachwissen besetzt ist. Für die Implementierung beider Funktionen ist die Bereitstellung zusätzlicher finanzieller Ressourcen erforderlich. Die Vermittlungsprovisionen sollten mindestens den zusätzlichen Personalaufwand kompensieren.

4.4.3 Modelloption 2: Management-Modell

Der wesentliche Unterschied zwischen dem Management-Modell und dem Makler-Modell besteht darin, dass der Klimaclub in dieser Variante aktiv in den Markt eingreift, für seine Mitglieder ausreichend SAF beschafft und anschließend an diese vermarktet. Dieses Modell offeriert den Mitgliedern einen gesteigerten Mehrwert und Kontrolle, erfordert jedoch größere organisatorische und finanzielle Ressourcen. Die rechtlichen und institutionellen Anforderungen sind umfangreicher, was eine klare Verankerung von Rechten und Pflichten sowie die Übernahme von Verantwortung voraussetzt. Das vorliegende Management-Modell weist eine mittlere Komplexität auf und erweitert die Rolle des Klimaclub Aviation durch aktive Steuerung und Marktintervention.

Einkauf und Vermarktung von SAF

Ein wesentlicher Aspekt des Management-Modells besteht darin, dass der Klimaclub den Einkauf von SAF im eigenen Namen und auf eigene Rechnung tätigt. Dies impliziert, dass der Klimaclub die Funktion des Inverkehrbringers von SAF übernimmt.

Der wesentliche Vorteil der Beschaffung von SAF gegenüber der reinen Vermittlung besteht darin, dass der Klimaclub eine signifikant höhere Verhandlungsmacht gegenüber den SAF-Produzenten aufweist. Infolgedessen ist er besser in der Lage, niedrigere Preise für SAF zu verhandeln. Die Bündelung der Nachfrage sowie die Etablierung längerfristiger Lieferkontrakte ermöglichen dem Klimaclub, für die Produzenten eine längerfristige Abnahmegarantie zu schaffen und somit den Ausbau der SAF-Produktion zu fördern. Der Club ist dazu angehalten, mindestens die gleiche Menge an SAF zu beschaffen, wie für die Einhaltung der Ziele und der selbst festgelegten Quoten erforderlich ist. Im Gegensatz zum Makler-Modell ist das Risiko demnach geringer, die festgelegten Ziele zu verfehlen.

Ein wesentlicher Nachteil dieser Variante besteht in dem hohen Finanzbedarf und den finanziellen Risiken, die der Klimaclub übernimmt. Dazu gehören:

- Forderungsausfallsrisiken gegenüber den Abnehmern und gegebenenfalls auch gegenüber den Produzenten von SAF. Diese Risiken können durch entsprechende Risikoaufschläge abgesichert werden oder durch eine Anpassung der Zahlungsmodalitäten (beispielsweise durch Vorkasse bei Abnehmern mit schlechter Bonität).
- Abnahmerisiken bezüglich der am Markt erworbenen Mengen. Diese Risiken können durch entsprechende vertragliche Gestaltungen (zum Beispiel Abnahmeverpflichtungen) reduziert werden.
- Marktpreisrisiken, sofern Bezugs- und Abnahmedatum voneinander abweichen. Diese Risiken können durch entsprechende Sicherungsgeschäfte (zum Beispiel über derivative Finanzinstrumente wie Swaps oder Optionen, siehe 3.3.1.1 Marktpreisrisiken) oder vertragliche Gestaltungen (zum Beispiel Abnahme zum Einkaufs- und nicht zum Marktpreis) reduziert werden.

Für die Abgabe und Finanzierung von SAF stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Auktionierung: Die beschafften SAF-Mengen könnten versteigert werden.
2. Umlage: Die beschafften SAF-Mengen könnten über eine Umlage refinanziert werden.
3. Finanzierung aus ETS-Zertifikaten: Die beschafften SAF-Mengen könnten über ETS-Zertifikate refinanziert werden.

Durch die Beschaffung und Vermarktung von SAF durch den Klimaclub entstehen gegenüber dem Makler-Modell erhebliche finanzielle Ausgaben- und Einnahmenströme, die ein Finanzcontrolling mit Forderungs- Liquiditäts- und Cash-Management erforderlich machen. Für das Finanzcontrolling, den Einkauf und das Vertragsmanagement sind Funktionen in der Organisation mit entsprechend qualifiziertem Personal zu beschaffen.

Für die Beschaffung und Vermarktung wird der Book-und-Claim-Prozess genutzt, das heißt, die Clubmitglieder erwerben nicht physisch SAF, sondern können die zugehörigen Emissionsreduzierungen beanspruchen („buchen“).

Neben den finanziellen Risiken besteht das Risiko, dass die zentrale Beschaffung durch den Club gegen Wettbewerbs- und Kartellrecht verstoßen könnte. Dieses Risiko lässt sich jedoch durch eine gezielte rechtliche und strukturelle Ausgestaltung des gemeinsamen

Einkaufsmodells erheblich reduzieren. Erfahrungen aus vergleichbaren Branchen zeigen, dass sowohl genossenschaftlich organisierte Verbundstrukturen – wie im Fall des EDEKA-Modells – als auch zentral koordinierte Beschaffungsstellen mit staatlicher Einbindung – wie bei Trading Hub Europe (THE) erfolgreich und rechtssicher umgesetzt werden konnten.

Mögliche Ansatzpunkte für eine kartellrechtskonforme Weiterentwicklung des Klimaclub-Modells lassen sich aus diesen bewährten Kooperationsansätzen ableiten. Der genossenschaftlich organisierte EDEKA-Verbund (Edeka-Verbund, 2020) etwa demonstriert, wie durch geeignete Governance-Strukturen, die Vermeidung diskriminierender Praktiken und die zentrale Koordination des Einkaufs eine rechtssichere und dennoch wettbewerbsfördernde Kooperation zwischen wirtschaftlich selbständigen Akteuren ermöglicht werden kann. Im Vergleich dazu zeigt das staatlich koordinierte Modell von THE (Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft, 2024) im Energiesektor, dass ein zentralisierter Einkauf auch dann möglich ist, wenn verschiedene Marktakteure beteiligt sind – vorausgesetzt, Rollen, Verantwortlichkeiten und Transparenzpflichten sind eindeutig geregelt.

Übertragen auf den Klimaclub Aviation bedeutet das, dass dessen Rolle als zentraler Marktakteur durch eine transparente, diskriminierungsfreie Ausgestaltung seiner Einkaufsaktivitäten weiter gefestigt werden sollte. Entscheidend sind eine klare Trennung von Informationsflüssen – insbesondere im Hinblick auf sensible wettbewerbliche Daten der Mitglieder – sowie ein verbindlicher Ordnungsrahmen, der die interne Governance, Zugangsbedingungen und Beteiligungspflichten definiert. Ergänzend kann – analog zur Rolle des Staates bei THE – eine regulatorische Einbindung oder Absicherung durch zuständige Wettbewerbsbehörden erwogen werden, um Rechtssicherheit für alle Beteiligten herzustellen und das Modell langfristig zu stabilisieren.

Entscheidend ist, dass der Club als eigenständiger Marktakteur agiert und dabei den Austausch wettbewerbsrelevanter Informationen zwischen Mitgliedern konsequent ausschließt. Eine zentrale Einkaufsstelle – etwa in Form einer neutralen Koordinierungseinheit innerhalb des Clubs – kann die Nachfrage bündeln, Angebote ausschreiben und Verträge abschließen, ohne dass Airlines oder Flughäfen in direkte Verhandlungen eingebunden sind. Transparente Teilnahmebedingungen, diskriminierungsfreier Zugang und eine klare Zweckbindung tragen zusätzlich dazu bei, kartellrechtliche Bedenken auszuräumen.

Finanzierungsinstrumente und Weiterentwicklung alternativer Treibstoffe

Ein weiteres Ziel des Management-Modells ist eine fokussierte Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich alternativer Treibstoffe. Bei einer heterogenen Technologielage wie bei der Herstellung von SAF kann eine zentrale Beschaffung sinnvoll sein. Die Auktionierung kann beispielsweise strategisch genutzt werden, um gezielt Herstellungspfade technologisch weiterzuentwickeln. Die Entwicklung und Implementierung alternativer Instrumente zur Finanzierung der Transformation, wie etwa Klimaschutzverträge, zielt darauf ab, die höheren Kosten klimafreundlicher bzw. klimaneutraler Produktionsprozesse im Vergleich zu konventionellen Prozessen und Produkten zu kompensieren. Dies führt zu einer Reduktion der Investitionsrisiken für die Hersteller von SAF und zu einer Verringerung der Preisdifferenz zwischen Kerosin und SAF für die Fluggesellschaften, insbesondere in den ersten Jahren der Produktion.

Durch zielgerichtete Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie die Entwicklung und Implementierung alternativer Finanzierungsinstrumente entstehen zusätzliche Kosten, die durch Mitgliedsbeiträge oder einen Aufschlag zwischen SAF-Beschaffung und Vermarktung ausgeglichen werden müssen. Die finanziellen Mittel für die alternativen Finanzierungsinstrumente werden von den Clubmitgliedern bereitgestellt.

Aufgrund der hohen Komplexität der beiden Themen wird in dieser Modellvariante die Einrichtung von zwei zusätzlichen Organisationseinheiten empfohlen, die mit entsprechend qualifiziertem Personal zu besetzen sind.

Arbeits- und Projektgruppen

Das Management-Modell zeichnet sich durch eine hinreichend große Organisation aus, was die Einrichtung flexibler und themenspezifischer Arbeits- und Projektgruppen neben den starren Organisationseinheiten sinnvoll erscheinen lässt. Die Implementierung dieser flexiblen Organisationselemente ermöglicht eine zeitnahe Reaktion auf sich wandelnde interne als auch externe Anforderungen.

Compliance-Management

Ein wesentlicher Aspekt des Management-Ansatzes besteht in der Festlegung von Nachhaltigkeitskriterien sowie der Überwachung von Maßnahmen zur Einhaltung zuvor definierter Standards. In der vorliegenden Modellvariante sind im Vergleich zum Makler-Modell verstärkte Kontrollmechanismen implementiert. Die Übertragung von hoheitlichen

Rechten (Beleihung) ist ein wesentlicher Aspekt, der im Falle einer politischen Durchsetzbarkeit in Betracht gezogen werden sollte. Dies beinhaltet die Befugnis, Airlines zu sanktionieren, die die Nachhaltigkeitskriterien des Clubs nicht erfüllen oder sich nicht bereit erklären, diese zumindest langfristig zu implementieren.

4.4.4 Modelloption 3: Invest-Modell

Das Invest-Modell ist ein transformatives Konzept, dessen Ziel die langfristige Sicherstellung der SAF-Verfügbarkeit durch Investitionen in SAF-Produktionsanlagen sowie unterstützend die Eigenproduktion von SAF ist. Es beinhaltet alle Eigenschaften des Management-Modells und kombiniert Marktsteuerung mit direkter Beteiligung an der Wertschöpfungskette, was Unabhängigkeit und Versorgungssicherheit ermöglicht. Neben Einkaufs- und Verwaltungsfunktionen übernimmt es Investitionen, die Bereitstellung von Venture Capital und die Umsetzung komplexer Projekte. Das vorliegende Modell weist ein signifikantes transformatives Potenzial auf, ist jedoch mit hohen finanziellen und unternehmerischen Risiken verbunden.

Investitionen in SAF-Produktionsanlagen und -Projekte

Ein zentrales Ziel dieses Modells ist es, durch Investitionen in SAF-Produktionsanlagen die am Markt verfügbare SAF-Menge langfristig zu erhöhen und sicherzustellen, dass alle Clubmitglieder über ausreichend SAF verfügen, um die gesetzten Ziele und Quoten zu erfüllen. Die Produktion ersetzt in diesem Modell nicht die Beschaffung von SAF, sondern ergänzt diese.

Der Vorteil einer eigenen Produktion gegenüber der Beschaffung:

- **Vermeidung von Strafzahlungen:** Zur Durchsetzung der Beimischungsquoten sieht die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ hohe Bußgelder bei Nicht-Einhaltung für die Flugkraftstoffanbieter vor. Es ist davon auszugehen, dass die Bußgelder durch die Flugkraftstoffanbieter an die Fluggesellschaften weiterbelastet werden.
- **Resilienz:** Eine eigene SAF-Produktion macht die Luftfahrtindustrie resilienter gegenüber internationalen Krisen und Preisschocks. Zusätzlich ist die weltweite Produktion von SAF derzeit noch zu gering, um den steigenden Bedarf der Luftfahrt zu decken. Eigene Produktionskapazitäten sorgen für eine stabilere und unabhängige Versorgung mit SAF.

- **Stärkung Luftfahrtindustrie:** Aufgrund der hohen Produktionskosten sind die Preise von SAF (zumindest in den ersten Produktionsjahren) ebenfalls sehr hoch. Zusätzlich verschärft wird der hohe Preis aufgrund der geringen Verfügbarkeit und hohen Nachfrage zur Quotenerfüllung. Eine Produktion innerhalb der Klimaclubmitglieder könnte die Preise lokal senken und die Luftfahrtindustrie zumindest teilweise entlasten.
- **Schaffung von Arbeitsplätzen und Wertschöpfung:** Die Errichtung von SAF-Produktionsanlagen ist sehr kapitalintensiv. Da ein Großteil der Errichtungswertschöpfung der benötigten Infrastruktur innerhalb des Klimaclubs stattfindet, werden Arbeitsplätze erhalten oder neu geschaffen sowie Wertschöpfung gesichert.
- **CO₂-Reduktion durch regionale Lieferketten:** Ein Teil der Emissionen in der Luftfahrt entsteht nicht nur durch das Fliegen selbst, sondern durch die komplexen globalen Lieferketten für fossile Kraftstoffe. Wenn SAF in Deutschland produziert und direkt an Flughäfen geliefert wird, entfallen lange Transportwege per Schiff, oder LKW. Dadurch sinkt der gesamte CO₂-Fußabdruck, was einen zusätzlichen Beitrag zur Emissionsreduzierung leistet.

Der Nachteil dieser Modellvariante ist der sehr hohe Kapitalbedarf und die hohe Komplexität. Zudem wird für Errichtung und Betrieb eigener SAF-Produktionsanlagen sehr viel spezifisches und am Markt kaum vorhandenes Know-how benötigt.

Die Planung, Errichtung und der Betrieb von SAF-Produktionsanlagen resultieren in signifikanten finanziellen Ausgabenströmen, die voraussichtlich nicht durch die laufenden Einnahmen gedeckt werden können. Insbesondere die Investitionskosten (CapEx) müssen zumindest teilweise durch die Klimaclubmitglieder finanziert werden. Die Betriebskosten (OpEx) von PtL-SAF sind ebenfalls sehr hoch, sodass auch hier eine finanzielle Beteiligung durch die Clubmitglieder erforderlich sein könnte.

Die Planung, Errichtung und der Betrieb von SAF-Produktionsanlagen bedingt eine signifikant größere Organisation im Vergleich zum Management-Modell mit mehreren zusätzlichen Organisationseinheiten (unter anderem Planung, Projektmanagement, Betrieb, Finanzierung), die mit entsprechend qualifizierten Mitarbeitenden zu besetzen sind. Die Größe und Komplexität des Modells haben Auswirkungen auf die Service-Funktionen, die in dieser Variante deutlich größer geplant werden müssen. Es ist von eminenter Wichtigkeit,

dass das Legal- und Contract-Management mit Experten für hochkomplexe Beschaffungsverträge ausgestattet wird.

Private Equity und Venture Capital

Ein weiteres Ziel des Invest-Modells ist es, Risikokapital (Venture Capital) für Start-Ups für die Forschung und Entwicklung von alternativen Treibstoffen und Antrieben zur Verfügung zu stellen. Als mögliche Ergänzung könnte die Finanzierung der SAF-Produktionsanlagen durch Private-Equity-Investitionen in Betracht gezogen werden.

4.5 Bewertung der Klimaclub Aviation Modelloptionen

Die Bewertung der drei Klimaclub Aviation Modelloptionen und die Auswahl der am besten geeigneten Modellvariante erfolgt anhand der in der Praxis häufig angewandten Nutzwertanalyse (Scoring-Verfahren) (Thormälen, 1977). Die Vorzüge dieses Verfahrens manifestieren sich insbesondere in der leichten Nachvollziehbarkeit der Bewertungsergebnisse und dem systematischen Ansatz, relevante Bewertungskriterien zu identifizieren und in das Bewertungsmodell zu integrieren.

Ausgangspunkt dieses Verfahrens ist die Definition von geeigneten Bewertungskriterien, nach denen die Modelloptionen bewertet werden. In Abhängigkeit der beigemessenen relativen Signifikanz für das Gesamtergebnis erfolgt eine Gewichtung der Bewertungskriterien. Im Anschluss erfolgt die Berechnung der Gesamtnutzwerte auf Basis der Bewertung der Kriterien. Das Modell mit dem höchsten Gesamtnutzwert ist dabei die zu empfehlende Varianten.

Thormälen (Thormälen, 1977) weist darauf hin, dass die Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien hinsichtlich ihrer relativen Bedeutung einer subjektiven Beeinflussung unterliegt und daher kritisch zu beurteilen ist. Die Reduktion der immanenten Subjektivität wurde durch die Analyse und Diskussion der Definition und Gewichtung der Bewertungskriterien mit einem Stakeholderkreis, bestehend aus Vertretern aus den Bereichen Forschung, Luftfahrt und öffentlicher Hand, sowie die anschließende gemeinsame Durchführung der Bewertung der Kriterien erreicht.

4.5.1 Auswahl der Bewertungskriterien

Die Bewertung der Klimaclub Aviation Modelloptionen bedingt die Festlegung klar definierter Bewertungskriterien. Im Rahmen der Bewertung der Modelloptionen wurden die in der folgenden Tabelle beschriebenen Bewertungskriterien selektiert:

Bewertungskriterium	Beschreibung
Grad der Zielerreichung	Mit dem Grad der Zielerreichung wird bewertet, wie gut die Modelloptionen geeignet sind, die Vision, Mission und die gesetzten Ziele zu erreichen.
Umsetzbarkeit in der Praxis	Mit diesem Kriterium wird bewertet, wie schnell, einfach und problemlos sich die Modelle in die Praxis umsetzen lassen. Je größer und aufwendiger diese sind, desto schwieriger und unwahrscheinlicher ist die Umsetzbarkeit in die Praxis. Dies umfasst die Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und regulatorischer Rahmenbedingungen.
Wettbewerbsschutz	Der Schutz der Clubmitglieder vor Wettbewerbsverzerrungen und die Verhinderung von Trittbrettfahrerverhalten sind grundlegende Anforderungen für einen erfolgreichen Klimaclub Aviation. Mit diesem Kriterium wird bewertet, wie gut die Varianten geeignet sind, Mitglieder vor Wettbewerbsnachteilen und Trittbrettfahrerverhalten zu schützen.
Finanzierungsstärke	Die Finanzierungsstärke eines Clubs zeigt sich darin, wie gut er in der Lage ist, sich selbst zu finanzieren. Je mehr Einnahmequellen zur Verfügung stehen und je autarker diese gesteuert werden können, desto größer ist die Finanzierungsstärke. Dies kann durch Mitgliedsbeiträge, staatliche Fördermittel oder Partnerschaften mit der Privatwirtschaft erreicht werden.
Strategische Ausrichtung SAF-Hochlauf	Mit diesem Kriterium wird bewertet, wie gut die Modelloptionen geeignet sind, den SAF-Markthochlauf und neue Technologien zu fördern. Je größer die organisatorischen und finanziellen Möglichkeiten sind, desto eher ist er in der Lage, den SAF-Markthochlauf und neue Technologien zu fördern.

Bewertungskriterium	Beschreibung
Agilität der Organisation	Um die Agilität einer Organisation zu bewerten, wird untersucht, wie flexibel und anpassungsfähig sie auf neue Herausforderungen und Veränderungen im Umfeld reagieren kann. Eine schlanke Organisationsstruktur mit flexiblen Teams ist besonders geeignet, um den Markthochlauf, die Finanzierung und den Wettbewerbsschutz effizient zu steuern.
Einbindung von Stakeholdern	Mit diesem Kriterium wird bewertet, wie gut die Modelloptionen geeignet sind, alle relevanten Stakeholder (u. a. SAF-Produzenten, Airlines, Flughäfen und Flugzeughersteller, Politik und Finanzierer) aktiv einzubinden. Dies umfasst die Zusammenarbeit mit Regierungen, Industrie, Wirtschaft und Zivilgesellschaft, um eine breite Unterstützung und Akzeptanz der Maßnahmen zu gewährleisten.

Tabelle 4: Übersicht der Bewertungskriterien

4.5.2 Gewichtung der Bewertungskriterien

Im Anschluss wurde jedem Bewertungskriterium ein Gewichtungsfaktor zugewiesen, der dessen Einfluss auf die Gesamtbewertung definiert (siehe Tabelle 5). Die Skalierung der Gewichtungsfaktoren erfolgte derart, dass die Summe der einzelnen Faktoren 100 % ergab. Die Gewährleistung der adäquaten Abdeckung sämtlicher Kriterien auf das Gesamtergebnis konnte somit sichergestellt werden.

Bewertungskriterium	Gewichtungsfaktor
1. Grad der Zielerreichung	20 %
2. Umsetzbarkeit in der Praxis	20 %
3. Wettbewerbsschutz	20 %
4. Finanzierungsstärke	15 %
5. Strategische Ausrichtung SAF-Hochlauf	10 %

Bewertungskriterium	Gewichtungsfaktor
6. Agilität der Organisation	10 %
7. Einbindung von Stakeholdern	5 %

Tabelle 5: Gewichtung der Bewertungskriterien

Im Anschluss erfolgten eine Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Gewichtung, um die korrekte Spiegelung der beabsichtigten Prioritäten und Ziele der Analyse sicherzustellen. Gemäß den festgelegten Kriterien wurden die Aspekte "Grad der Zielerreichung", "Umsetzbarkeit" und "Wettbewerbsschutz" bei der Bewertung der Modelle priorisiert. Demgegenüber wurden Aspekte wie die Agilität der Organisation oder die Einbindung von Stakeholdern mit einer geringeren Gewichtung berücksichtigt.

4.5.3 Ergebnisauswertung

Im nächsten Schritt erfolgte die Bewertung jedes Modells anhand der festgelegten Bewertungskriterien und der vorgesehenen Gewichtung. Die Erfüllung der jeweiligen Anforderungen wurde anschließend auf einer Skala von 0 bis 4 gemessen. Die Bewertungsskala reicht von 0 ("gar nicht") über 1 („eher nicht“), 2 („teils/teils“), 3 („eher“), und bis 4 ("vollständig"). Die gewichteten Bewertungen wurden anschließend addiert, um einen Gesamtnutzwert für jedes Modell zu ermitteln (siehe Tabelle 6). Das beschriebene Vorgehen ermöglicht einen objektiven Vergleich der Modelle und unterstützt die Entscheidungsfindung, indem es die Stärken und Schwächen jedes Modells transparent darlegt.

	Option 1		Option 2		Option 3	
	Makler-Modell		Management-Modell		Invest-Modell	
Bewertungskriterien	Bewertung	Teilnutzwert	Bewertung	Teilnutzwert	Bewertung	Teilnutzwert
1. Grad der Zielerreichung (20 %)	1	0,2	3	0,6	4	0,8
2. Umsetzbarkeit in der Praxis (20 %)	3	0,6	2	0,4	1	0,2
3. Wettbewerbsschutz (20 %)	1	0,2	4	0,8	4	0,8
4. Finanzierungsstärke (15 %)	3	0,5	3	0,5	2	0,3
5. Strategische Ausrichtung SAF-Hochlauf (10 %)	0	0	3	0,3	4	0,4
6. Agilität der Organisation (10 %)	3	0,3	2	0,2	2	0,2
7. Einbindung von Stakeholdern (5 %)	3	0,2	4	0,2	4	0,2
Gesamtnutzwert		2,0		3,0		2,9

Tabelle 6: Übersicht der Bewertungen

In der Gesamtwertung der Nutzwertanalyse erzielte das Management-Modell den höchsten Gesamtnutzwert von 3,0. Das Invest-Modell erreichte ebenfalls eine sehr gute und nahezu identische Bewertung von 2,9. Das Makler-Modell hingegen erwies sich unter Berücksichtigung der Gewichtung mit einer Gesamtwertung von 2,0 als weniger geeignet.

In den nachfolgenden drei Unterkapiteln erfolgt eine detaillierte Evaluation der drei Modelle anhand der sieben Bewertungskriterien.

4.5.4 Ergebnisauswertung Makler-Modell

Das Makler-Modell ist aufgrund des geringen Gesamtnutzwertes von 2,0 das am wenigsten geeignete Modell. Es bestehen bei dem Modell erhebliche Risiken, dass die Vision, Mission und Ziele nicht umgesetzt werden können. Aufgrund der ausschließlichen Vermittlung von SAF erscheint es zweifelhaft, dass der SAF-Markthochlauf gelingen kann und zu jedem Zeitpunkt genug SAF zur Verfügung steht, um die Ziele des Klimaclubs zu erfüllen. Vorteilhaft erweisen sich die leichte Umsetzbarkeit in die Praxis und die geringen finanziellen Risiken. Im Folgenden sind die Bewertungen der einzelnen Bewertungskriterien erläutert:

Grad der Zielerreichung: 1

Das Modell weist erhebliche Schwächen in Bezug auf die Zielerreichung auf. Es besteht ein erhebliches Risiko, dass Vision, Mission und Ziele nicht erfüllt werden können. Weder sieht das Modell die eigene Produktion von SAF vor, noch wird die Produktion durch Einkauf incentiviert. Zudem kann die Angebotslücke mit diesem Modell voraussichtlich nicht geschlossen werden. Eine Erfüllung der SAF-Quoten erscheint mit diesem Modell daher unwahrscheinlich. Insgesamt ist davon auszugehen, dass das Modell Vision, Mission und gesetzte Ziele eher nicht erfüllen kann.

Umsetzbarkeit in die Praxis: 3

Die Umsetzbarkeit des Modells in die Praxis zeigt einige Stärken. Der geringe Finanzbedarf, die einfache Organisations- und Governance-Struktur sowie der geringe Gründungs- und Aufbauaufwand sind positiv hervorzuheben. Es ist kein Eingriff in die

bestehenden europäischen Institutionen erforderlich. Insgesamt ist davon auszugehen, dass der Aufwand für die Gründung und den Aufbau des Clubs eher gering ist und keine wesentlichen Hindernisse zu erwarten sind.

Wettbewerbsschutz: 1

Der Wettbewerbsschutz des Modells weist deutliche Schwächen auf. Es bietet wenig Mechanismen, um Clubmitglieder vor Wettbewerbsverzerrung und Trittbrettfahrerverhalten zu schützen. Der Ausschluss von Nicht-Clubmitgliedern aus dem Luftraum ist in dieser Modellvariante schwierig. Insgesamt ist von einem eher geringen Wettbewerbsschutz auszugehen.

Finanzierungsstärke: 3

Die Finanzierungsstärke des Modells zeigt positive Aspekte. Die geringen und nicht-risiko-behafteten Ausgaben sowie die einfache Einnahmenstruktur sind als Stärken zu nennen. Insgesamt kann die Eigenfinanzierung voraussichtlich sichergestellt werden; Risiken bezüglich der langfristigen Finanzierungssicherheit sind eher gering.

Strategische Ausrichtung SAF-Hochlauf: 0

Die strategische Ausrichtung auf den Hochlauf von SAF und die Förderung neuer Technologien ist in diesem Modell nicht vorgesehen. Es fehlen Finanzierungsmittel und Instrumente, um neue Technologien zu fördern und den Hochlauf von SAF zu steuern. Insgesamt ist die strategische Ausrichtung auf den Hochlauf von SAF und die Förderung neuer Technologien in diesem Modell nicht vorgesehen.

Agilität der Organisation: 3

Die Agilität der Organisation zeigt sowohl Stärken als auch Schwächen. Die schlanke Organisationsstruktur ermöglicht eine schnelle Anpassungsfähigkeit. Allerdings gibt es durch wenig Personalressourcen geringe Möglichkeiten, kurz- und mittelfristig neue oder zusätzliche Aufgaben zu übernehmen. Insgesamt ist das Modell durch seine schlanke Organisationsstruktur agil und kann schneller auf exogene Änderungen reagieren; zusätzliche neue Aufgaben können kurzfristig nicht, oder nur durch externe Ressourcen, übernommen werden.

Einbindung von Stakeholdern: 3

Aufgrund der geringen Größe des Modells ist die Einbindung und starke Partizipation verschiedener Stakeholder möglich. Infolge der schlanken Ausrichtung des Modells auf

die Vermittlung von SAF ist der Stakeholder-Kreis im Vergleich zu alternativen Modellen jedoch eingeschränkter (beispielsweise sind Venture-Capital-Geber nicht vertreten).

4.5.5 Management-Modell

Das Management-Modell weist einen Gesamtnutzwert von 3,0 auf und ist damit das am besten bewertete Modell. Insbesondere aufgrund der verschiedenen Instrumente zur Förderung des SAF-Markthochlaufs ist der hohe Grad der erwarteten Zielerreichung und des Wettbewerbsschutzes vorteilhaft. Im Vergleich zum Makler-Modell wirken sich der höhere Finanzbedarf sowie die damit verbundenen, höheren finanziellen Risiken nachteilig aus – eine Umsetzbarkeit in die Praxis ist dennoch grundsätzlich gegeben. Im Folgenden sind die Bewertungen der einzelnen Bewertungskriterien erläutert:

Grad der Zielerreichung: 3

Das Management-Modell zeigt insbesondere in Bezug auf die Zielerreichung von Mission, Vision und Zielen Stärken auf. Es bietet mehr Mechanismen und Handlungsspielraum über den gemeinsamen Einkauf hinaus und wird als geeignet betrachtet, die Ziele zu erreichen, insbesondere durch Beschaffung, Steuerung und Finanzierung des SAF-Hochlaufs. Zudem wird ein stärkerer Druck auf Nicht-Clubmitglieder ausgeübt, SAF-Quoten einzuführen. Eine Schwäche des Modells ist, dass die eigene Produktion von SAF nicht vorgesehen ist, was ein geringes Risiko birgt, dass die übrigen Instrumente nicht ausreichen, um genügend SAF am Markt zu produzieren. Zusammenfassend ist davon auszugehen, dass das Modell die Vision, Mission und gesetzten Ziele eher erfüllen wird, obwohl ein geringes Risiko der Nichterreichung aufgrund fehlender Eigenproduktion verbleibt.

Umsetzbarkeit in der Praxis: 2

Die Umsetzbarkeit des Modells in der Praxis weist einige Herausforderungen auf. Zu den Schwächen zählen der hohe Finanzbedarf und die erforderlichen komplexen Organisations- und Governance-Strukturen. Zwar kann teilweise auf bestehende Strukturen zugegriffen werden (unter anderem EASA¹⁵, EUROCONTROL), die eine

¹⁵ European Union Aviation Safety Agency

Gründung erleichtern. Insgesamt ist jedoch davon auszugehen, dass der Aufwand für die Gründung und den Aufbau des Clubs hoch ist.¹⁶

Wettbewerbsschutz: 4

Das Modell bietet den höchsten Wettbewerbsschutz. Zu den Stärken gehört der stärkere Schutz der Clubmitglieder vor Wettbewerbsverzerrung und Trittbrettfahrerverhalten. Ein möglicher Ausschluss von Nicht-Clubmitgliedern aus dem Luftraum bei unfairen Wettbewerbsverhalten als ultima ratio verstärkt diesen Schutz. Insgesamt ist von einem sehr hohen Wettbewerbsschutz auszugehen und die vorgesehenen Sanktions-mechanismen lassen eine hohe Wirksamkeit vermuten.

Finanzierungsstärke: 3

Aus finanzieller Sicht zeigt das Modell sowohl Stärken als auch Schwächen. Eine Stärke ist die Diversifikation der Einnahmequellen, beispielsweise durch Mitgliedsbeiträge und Einnahmen aus der Vermarktung von SAF. Allerdings besteht ein hoher Finanzbedarf durch die zentrale Beschaffung von SAF sowie weitere rechtliche und operative Risiken. Insgesamt kann die Eigenfinanzierung trotz hohem Finanzbedarf voraussichtlich sichergestellt werden; Risiken bezüglich der langfristigen Finanzierungssicherheit sind trotz diversifizierter Einnahmequellen vorhanden.

Strategische Ausrichtung SAF-Hochlauf: 3

Die strategische Ausrichtung des SAF-Hochlaufs zeigt Innovationssteuerung durch zukünftigen Einkauf und Auktionsmodelle als Stärke. Eine Schwäche ist jedoch die fehlende Venture Capital-Komponente, um neue Technologien zu unterstützen. Insgesamt ist der Hochlauf von SAF durch die Förderung neuer Technologien zwar prinzipiell vorgesehen, jedoch ausschließlich über Dritte und nicht durch eigene Fördermittel (Venture Capital).

Agilität der Organisation: 2

Die Agilität der Organisation weist sowohl Stärken als auch Schwächen auf. Die Größe der Organisation bietet genügend Ressourcen, um auch kurzfristig neue oder geänderte Aufgaben wahrzunehmen. Allerdings verringert die große und komplexe

¹⁶ In anderen Bereichen wurden bereits erste Ansätze in die Praxis umgesetzt, beispielsweise EU-Zentrum für kritische Rohstoffe

Organisations-struktur die Agilität. Insgesamt kann das Modell weniger gut auf exogene Veränderungen reagieren. Agilität muss in diesem Modell beim Aufbau grundsätzlich mitgedacht werden (unter anderem über „flexible Teams“).

Einbindung von Stakeholdern: 4

Die Einbindung von Stakeholdern ist eine der herausragenden Stärken des Modells. Stakeholder werden durch ein breites Instrumentarium an Beteiligungsmöglichkeiten in die Aktivitäten des Clubs eingebunden.

4.5.6 Invest-Modell

Das Invest-Modell weist einen Gesamtnutzwert von 2,9 auf und ist damit knapp hinter dem Management-Modell das am zweit höchsten bewertete Modell. Aufgrund des breiten Instrumentariums zur Förderung des SAF-Markthochlaufs weist dieses Modell den höchsten Grad der erwarteten Zielerreichung und des Wettbewerbsschutzes auf. Der höhere Finanzbedarf sowie die höheren finanziellen Risiken überkompensieren jedoch leicht die relativen Vorteile dieses Modells gegenüber dem Management-Modell. Eine Umsetzbarkeit in die Praxis ist jedoch auch in diesem Modell grundsätzlich gegeben. Im Folgenden sind die Bewertungen der einzelnen Bewertungskriterien erläutert:

Grad der Zielerreichung: 4

Das Invest-Modell zeigt in Bezug auf den Grad der Zielerreichung die höchste Bewertung. Es bietet mehr Mechanismen und Handlungsspielraum über den gemeinsamen Einkauf hinaus und wird als angemessen betrachtet, die gesetzten Ziele zu erreichen, insbesondere durch gezielte Investitionen, Beschaffung, Steuerung und Finanzierung des SAF-Hochlaufes. Zudem wird ein stärkerer Druck auf Nicht-Clubmitglieder ausgeübt, SAF-Quoten einzuführen, und es wird die Steuerung und Sicherstellung eines ausreichenden SAF-Angebots durch gezielte Investitionen in SAF-Produktionsanlagen sowie die Eigenproduktion von SAF ermöglicht, falls die SAF-Lücke nicht durch andere Maßnahmen geschlossen werden kann. Insgesamt ist davon auszugehen, dass das Modell die Vision, Mission und gesetzten Ziele vollständig erfüllen wird.

Umsetzbarkeit in der Praxis: 1

Die Umsetzbarkeit des Modells in der Praxis weist im Vergleich zu den anderen zwei Modellen dafür erhebliche Schwächen auf, bedingt durch den sehr hohen Finanzbedarf und die erforderlichen sehr komplexen Organisations- und Governance-Strukturen. Insgesamt ist daher davon auszugehen, dass der Aufwand für die Gründung und den Aufbau des Clubs sehr hoch ist und Hindernisse zu erwarten sind.

Wettbewerbsschutz: 4

Das Modell bietet, wie auch das Management-Modell den stärksten Wettbewerbsschutz für die Clubmitglieder. Er schützt vor Wettbewerbsverzerrungen und Trittbrettfahrerverhalten und ermöglicht als ultima ratio den möglichen Ausschluss von Nicht-Clubmitgliedern aus dem Luftraum bei unfairem Wettbewerbsverhalten. Insgesamt ist somit von einem sehr starken Wettbewerbsschutz auszugehen und die Sanktionsmechanismen lassen eine hohe Wirksamkeit vermuten.

Finanzierungsstärke: 2

Aus finanzieller Sicht zeigt das Modell sowohl Stärken als auch Schwächen. Trotz diverser Einnahmequellen besteht ein hoher Investitions- und Finanzbedarf, insbesondere durch die zentrale Beschaffung und eigene Produktion von SAF. Erhebliche Risiken ergeben sich aus den erforderlichen Investitionen in SAF-Anlagen. Insgesamt scheint eine Eigenfinanzierung des Modells möglich zu sein, es bestehen jedoch moderate Risiken, dass langfristig die Finanzierung nicht sichergestellt werden kann.

Strategische Ausrichtung SAF-Hochlauf: 4

Das Modell bietet ein breites Instrumentarium für die strategische Ausrichtung des SAF-Hochlaufs. Durch Förderung neuer Technologien von der Idee bis zur industriellen Produktion. Insgesamt ist eine breite und erfolgreiche Förderung neuer Technologien sowie die dafür notwendigen finanziellen Mittel in diesem Modell vorgesehen.

Agilität der Organisation: 2

Die Organisation ist in diesem Modell weniger agil. Die Größe der Organisation bietet genügend Ressourcen, um auch kurzfristig neue oder geänderte Aufgaben wahrzunehmen. Jedoch verringert die große und komplexe Organisationsstruktur die Agilität. Insgesamt kann das Modell dadurch weniger gut auf exogene Veränderungen

reagieren. Agilität muss in diesem Modell beim Aufbau grundsätzlich mitgedacht werden (unter anderem über „flexible Teams“).

Einbindung von Stakeholdern: 4

Das Modell erlaubt eine sehr starke Einbindung vieler Stakeholder, welche durch ein breites Instrumentarium an Beteiligungsmöglichkeiten in die Aktivitäten des Clubs eingebunden werden. Diese Stakeholder-Komponente ist ähnlich zum Management-Modell, wobei das Invest-Modell auch die Einbindung durch Venture Capital vorsieht.

4.6 Priorisierung der Modellvarianten

Basierend auf der durchgeführten Nutzwertanalyse hat das Management-Modell als Option für die Gründung und den Aufbau eines internationalen Klimaclubs zur Förderung von SAF den höchsten Wert erreicht. Mit einem Gesamtnutzwert von 3,0 übertrifft es das Invest-Modell (2,9) knapp und zeigt deutliche Stärken in der Zielerreichung, insbesondere durch gezielte Beschaffung und Steuerung des SAF-Markthochlaufs im Vergleich zum Invest-Modell bei moderaten finanziellen Risiken.

Die Implementierung eines internationalen Klimaclubs Aviation auf Basis des Management-Modells birgt folgende Potenziale, insbesondere in Bezug auf die Umsetzbarkeit, regulatorische Komplexität und wirtschaftliche Tragfähigkeit.

Potenziale des Klimaclubs auf Basis des Management-Modells:

- **Effizienter Hochlauf von SAF:** Durch koordinierte Beschaffungsstrategien und Steuerungsmechanismen könnte die Skalierung von nachhaltigen Flugkraftstoffen (SAF) beschleunigt werden, wodurch die Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit verbessert werden.
- **Schaffung fairer Wettbewerbsbedingungen:** Ein harmonisierter, internationaler Ansatz würde Wettbewerbsverzerrungen durch unterschiedliche nationale SAF-Vorgaben minimieren und das Risiko von Carbon Leakage reduzieren.
- **Langfristige Investitionssicherheit:** Durch eine verbindliche Clubstruktur und strategische Planung könnten Investitionen in SAF-Produktionskapazitäten gezielter gefördert und Finanzierungsrisiken verringert werden.

- **Hohe Stakeholder-Einbindung:** Das Management-Modell ermöglicht eine starke Integration von Luftfahrtakteuren, Regierungen und privaten Investoren, was die Akzeptanz und Umsetzungschancen erhöht.

Im Vergleich dazu weist das Makler-Modell erhebliche Schwächen in der Zielerreichung auf, da es weder eine eigene Produktion von SAF vorsieht noch den Hochlauf über den Einkauf incentiviert, was eine unzureichende Zielerreichung erwarten lässt.

Demgegenüber weist das Invest-Modell zwar die höchste Bewertung in der Zielerreichung und eine starke strategische Ausrichtung auf den SAF-Markthochlauf auf, die praktische Umsetzbarkeit und die damit verbundenen finanziellen Risiken sind jedoch deutlich höher.

4.7 Ausblick

Die Studie stellte drei Modelloptionen für die Gründung eines Klimaclub Aviation vor: das Makler-Modell, das Management-Modell und das Invest-Modell. Basierend auf einer Nutzwertanalyse wurde das Management-Modell als die geeignetste Option identifiziert, wenn auch nur mit geringem Vorsprung vor dem Invest-Modell.

Bei der Umsetzung des Modells sollte im ersten Schritt im Rahmen einer Machbarkeitsstudie eine fundierte Analyse der Herausforderungen und Risiken durchgeführt werden, fokussiert auf folgende Handlungsfelder:

- **Internationale Koordination und politische Akzeptanz:** Die Einigung auf einheitliche Regulierungsmechanismen, Marktmechanismen und Clubregeln erfordert umfangreiche diplomatische Gespräche und ein starkes politisches Commitment der Mitgliedsstaaten.
- **Finanzierungsbedarf und wirtschaftliche Tragfähigkeit:** Der Aufbau und Betrieb eines solchen Clubs erfordert erhebliche Kapitalinvestitionen, insbesondere für die SAF-Beschaffung und Infrastrukturentwicklung. Die langfristige Finanzierung muss über diversifizierte Einnahmequellen (zum Beispiel Beiträge der Mitglieder, öffentliche Subventionen, CO₂-Bepreisung) gesichert werden.
- **Markteinfluss externer Akteure:** Nicht-Mitglieder könnten durch niedrigere Treibstoffkosten außerhalb des Clubs Wettbewerbsvorteile erlangen, wenn

keine wirksamen handelspolitischen Schutzmechanismen (zum Beispiel Klimazölle) implementiert werden.

- **Technologische Unsicherheiten:** Der künftige technologische Fortschritt, insbesondere bei synthetischen Kraftstoffen (PtL-SAF) und alternativen Antrieben, könnte langfristig die wirtschaftliche und ökologische Relevanz eines SAF-basierten Klimaclubs beeinflussen.

Als nächste Schritte müssen konkrete Maßnahmen umgesetzt werden. Dabei ist eine Bestandsaufnahme folgender Aspekte entscheidend:

1. Politische und regulatorische Rahmenbedingungen klären

- **Internationale Governance-Strukturen definieren:** Klärung der Organisation(en), die die Koordination und Steuerung des Klimaclubs übernehmen könnte (zum Beispiel ICAO, EU, nationale Regierungen, multilaterale Initiativen).
- **Harmonisierung mit bestehenden Klimaschutzmechanismen:** Abstimmung mit CORSIA, EU-EHS, CBAM und nationalen Regulierungen zur Vermeidung von Doppelbelastungen und Inkonsistenzen.
- **Rechtliche Machbarkeit analysieren:** Klärung der völkerrechtlichen, handelspolitischen und wettbewerbsrechtlichen Aspekte des Klimaclubs, insbesondere in Bezug auf mögliche Klimazölle und Marktzugangsregeln für Nicht-Mitglieder.

2. Finanzierungs- und Investitionsmodelle weiterentwickeln

- **Erarbeitung eines Finanzierungsrahmens:** Analyse, wie der Club langfristig finanziell tragfähig gemacht werden kann (zum Beispiel durch Mitgliedsbeiträge, CO₂-Bepreisung, öffentliche Fördermittel, private Investitionen).
- **Beteiligung privater Investoren:** Entwicklung von Anreizsystemen für Unternehmen und Finanzinstitutionen, um Kapital für SAF-Produktion und Infrastruktur bereitzustellen.
- **Kosten-Nutzen-Analyse für Airlines und Staaten:** Ermittlung der Höhe der finanziellen Mehrbelastungen für Mitgliedstaaten und Fluggesellschaften und

wirtschaftlichen Vorteile, die sich langfristig durch Marktmechanismen und Skaleneffekte ergeben könnten.

3. Markt- und Wettbewerbswirkungen analysieren

- **Effekte auf den globalen Luftverkehrsmarkt analysieren:** Simulation, wie sich ein Klimaclub auf Flugrouten, Ticketpreise und Marktkonzentrationen auswirken könnte.
- **Carbon Leakage-Effekte untersuchen:** Analyse des Risikos, dass die Nachfrage vermehrt durch Flugverbindungen über Hubs außerhalb der EU gedeckt werden.
- **Integration Nicht-Club-Staaten in den Marktmechanismus:** Entwicklung von Kooperationsmodellen mit Drittstaaten, um eine schrittweise Einbindung in die Clubstrukturen zu ermöglichen.

4. Technologische Entwicklungen berücksichtigen

- **Langfristige Perspektive der SAF-Technologien bewerten:** Bewertung der Machbarkeit, PtL-SAF bis 2050 in ausreichenden Mengen zur Verfügung zu stellen.
- **Alternative emissionsarme Luftfahrttechnologien einbinden:** Berücksichtigung von Wasserstoff-Antrieben, elektrischen Flugzeugen und Hybridlösungen in den langfristigen Strategien des Clubs.
- **Optimierung von Produktions- und Logistikketten für SAF:** Identifikation der besten Standorte für SAF-Produktion, Analyse von Transport- und Verteilungsinfrastrukturen.

5. Stakeholder-Dialog intensivieren

- **Zusammenarbeit zwischen Staaten, Industrie und Wissenschaft vertiefen:** Aufbau eines multinationalen Forums, um regulatorische, wirtschaftliche und technische Herausforderungen gemeinsam zu adressieren.
- **Einbindung von Fluggesellschaften und Flughäfen in die Ausgestaltung des Klimaclubs:** Sicherstellen, dass operative Aspekte der Luftfahrtindustrie realistisch abgebildet werden.
- **Öffentlichkeitsarbeit und Akzeptanzsteigerung:** Entwicklung von Kommunikations-strategien, um politische Entscheidungsträger, Investoren

und die Gesellschaft für die Notwendigkeit eines Klimaclubs Aviation zu sensibilisieren.

Bei der Umsetzung sollte auch eine perspektivische Weiterentwicklung von einem Management- auf ein Invest-Modell mitgedacht werden. Letzteres ist in der Umsetzung zwar komplexer, verspricht dafür aber eine noch höhere Zielerreichung.

Abschließend zeigt die Studie, dass das Management-Modell ein hohes Potenzial für einen Klimaclub Aviation bietet, dessen Erfolg von internationaler Koordination, politischen Rahmenbedingungen und nachhaltiger Finanzierung abhängt. Für die Umsetzung sind jedoch weitere wirtschaftliche, regulatorische und technologische Analysen erforderlich, insbesondere zur Entwicklung eines tragfähigen Finanzierungsmodells, einer Governance-Struktur und wirksamer Anreize für Mitgliedsstaaten. Zudem ist ein intensiver Stakeholder-Dialog entscheidend, um Hürden frühzeitig zu identifizieren und politischen Konsens zu schaffen. Nur durch enge Zusammenarbeit kann ein Klimaclub die Marktdurchdringung von SAF vorantreiben und zur Defossilisierung der Luftfahrt beitragen.

Anhänge

Anhang 1

Die folgende Abbildung zeigt die zulässigen Ausgangsstoffe für die Produktion von SAF gemäß RED II.

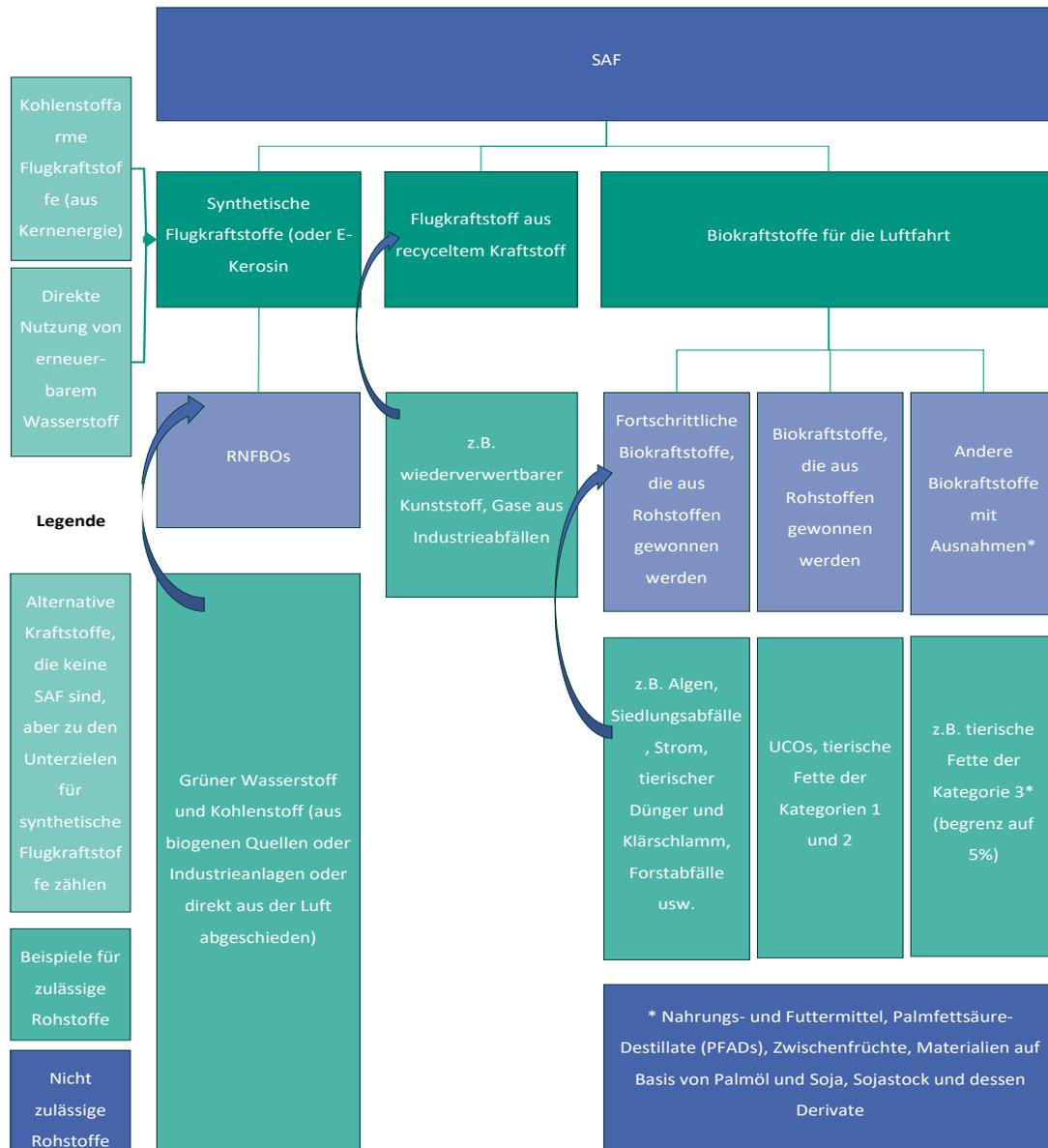


Abbildung 15: SAF gemäß der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023b)

Anhang 2

Die folgende Tabelle zeigt eine illustrative Berechnung der Mehrkosten für die Strecke Frankfurt-Hurghada, die nach der gleichen Methodik wie Tabelle 2 (siehe Abschnitt 3.4.1.1) durchgeführt wurde.

	EU-Fluggesellschaften		Türkische Fluggesellschaften	
	Frankfurt-Hurghada	Hurghada-Frankfurt	Frankfurt-Istanbul-Hurghada	Hurghada-Istanbul-Frankfurt
Flugkilometer (km)	3.300	3.300	3.500	3.500
Kraftstoffverbrauch Flugzeug (t)	22	22	24	24
Kerosinkosten:				
2024: 100 % Jet A-1	18.000	18.000	20.100	20.100
2030: 1,2 % PtL, 4,8 % HEFA-SAF, 94 % Jet A-1	22.600	18.000	23.000	20.100
2040: 10 % PtL, 24 % HEFA-SAF, 66 % Jet A-1	37.000	18.000	31.400	20.100
2050: 35 % PtL, 35 % HEFA-SAF, 30 % Jet A-1	44.100	18.000	35.700	20.100

Tabelle 7: Fallbeispiel zur Veranschaulichung der Mehrkosten durch PtL (DAC) auf ausgewählten Flügen im Vergleich zu Kerosinkosten im Jahr 2024.

Quellen: Flugkilometer (myclimate 2024); Kraftstoffverbräuche basierend auf einer Boeing 787-9 (ICAO, 2024); Produktionskosten für PtL DAC (Deloitte, 2024); Preis für fossiles Kerosin (IATA, 2024c). Die Rechnung bezieht sich auf den Fall, dass die EU-Beimischungsquoten zu 100 % durch PtL gedeckt werde.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
ASTM	American Society for Testing and Materials
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
CAAF/3	Third ICAO Conference on Aviation and Alternative Fuels (Dritte Konferenz zu Luftfahrt und alternativen Kraftstoffen)
CapEx	Capital Expenditure (Investitionskosten)
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism (CO ₂ -Grenzausgleichssystem)
CCfD	Carbon Contracts for Differences (Klimaschutzverträge)
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (Kohlenstoffkompensations- und Reduktionsprogramm)
CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive (EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen)
DAC	Direct Air Capture (direkte Kohlenstoffabscheidung aus der Luft)
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EASA	Europäischen Union für Flugsicherheit
EBIT	Earnings before interest and taxes (Gewinn vor Zinsen und Steuern)
EU	Europäische Union
EU-EHS	EU-Emissionshandelssystem
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (europäische Agentur für meteorologische Satelliten)
EWR	Europäischer Wirtschaftsraum
FEDEX	Federal Express
FEETS	Fuels Eligible for ETS Support (Zuteilung von Zertifikaten für die Verwendung zulässiger Flugkraftstoffe im Rahmen des EU-EHS)
FT	Fischer-Tropsch
GGGI	Global Green Growth Institute

Abkürzung	Bedeutung
HEFA	Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (Umwandlung von Ester und Fettsäuren zu Kerosin)
IATA	International Air Transport Association
ICAO	International Civil Aviation Organization
IEA	Internationale Energieagentur
OpEx	Operating Expenditure (Betriebskosten)
PtL	Power-to-Liquid
RED	Renewable Energy Directive (Erneuerbare-Energien-Richtlinie)
RFNBO	Renewable fuels of non-biological origin (Erneuerbare Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs)
SAF	Sustainable Aviation Fuels (nachhaltige Flugkraftstoffe)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen)
UPS	United Parcel Service
WHO	Welthandelsorganisation

Literaturverzeichnis

Amtsblatt der Europäischen Union. 2024. (EU) 2018/2001 Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen (Neufassung). [Online] 2024. [Zitat vom: 11. 10 2024.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02018L2001-20240716>.

–. 2023a. (EU) 2023/2405 Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 zur Gewährleistung gleicher Wettbewerbsbedingungen für einen nachhaltigen Luftverkehr (Initiative „ReFuelEU Aviation“). [Online] 2023a. [Zitat vom: 11. Oktober 2024.] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302405.

–. 2023b. (EU) 2023/2413 Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen. [Online] 2023b. [Zitat vom: 14. 10 2024.] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413.

–. 2023c. (EU) 2023/1185 Delegierte Verordnung der Kommission vom 10. Februar 2023. [Online] 2023c. [Zitat vom: 10. 10 2024.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1185>.

–. 2023d. (EU) 2023/1184 Delegierte Verordnung der Kommission vom 10. Februar 2023. [Online] 2023d. [Zitat vom: 10. 10 2024.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1184>.

–. 2023e. (EU) 2023/956 Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. Mai 2023 zur Schaffung eines CO₂-Grenzausgleichssystems. [Online] 2023e. [Zitat vom: 14. 10 2024.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0956>.

–. 2022. (EU) 2022/334 Verordnung des Rates vom 28. Februar 2022 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 883/2014 des Rates über restriktive Maßnahmen angesichts der Handlungen Russlands, die die Lage in der Ukraine destabilisieren. [Online] 2022. [Zitat vom: 25. 04 2025.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0334&from=DE>.

–. 2021. (EU) 2021/1119 Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999. [Online] 2021. [Zitat vom: 23. 10 2024.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119>.

Aquisdata. 2024. Industry Snapshot. [Online] 2024. [Zitat vom: 10. 10 2024.] <https://acquisdataresearch.com/product/industry-snapshot/>.

Becattini, Viola, Gabrielli, Paolo und Mazzotti, Marco. 2021. Role of Carbon Capture, Storage, and Utilization to Enable a Net-Zero-CO₂-Emissions Aviation Sector. Industrial & Engineering Chemistry Research. 2021, Bd. 60, 18.

Blanchard, Olivier und Illing, Gerhard. 2021. Makroökonomie. Makroökonomie. s.l. : Pearson & Stark Verlag, 2021.

Bundesministerium der Justiz. 2024. Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG). [Online] 2024. [Zitat vom: 01. 11 2024.] <https://www.gesetze-im-internet.de/bimSchG/BImSchG.pdf>.

–. 2019. Bundes-Klimaschutzgesetz vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2513). [Online] 2019. [Zitat vom: 14. 10 2024.] <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf>.

Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft. 2024. <https://www.bdew.de/>. <https://www.bdew.de/>. [Online] 29. 11 2024. https://www.bdew.de/media/documents/20241129_KoV_HT_KoV_XIV.1_clean_akt.pdf.

Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit. 2025. Referentenentwurf eines zweiten Gesetzes zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungs-Quote. [Online] 21.07.2025. <https://www.bundesumweltministerium.de/gesetz/referentenentwurf-eines-zweiten-gesetzes-zur-weiterentwicklung-der-treibhausgasminderungs-quote>.

CAPA. 2024. European airlines: top 12 LCCs and non-LCCs ranked by 2023 passengers. LCCs outperform. [Online] 2024. [Zitat vom: 20. 12 2024.] <https://centreforaviation.com/analysis/reports/european-airlines-top-12-lccs-and-non-lccs-ranked-by-2023-pax-lccs-outperform-682115>.

CDU, CSU und SPD. 2025. Verantwortung für Deutschland. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. 21. Legislaturperiode. [Online] 2025. [Zitat vom: 23. 04 2025.] https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag2025_bf.pdf.

CENA Hessen. 2021. „Frankfurter Modell“ Skizze einer Marktordnung für nachhaltigen Luftverkehr. Frankfurt : CENA Hessen, 2021.

–. 2024a. SAF Monitor. [Online] 01. 05 2024. [Zitat vom: 07. 01 2025.] <https://www.cena-hessen.de/de/projekte/saf-monitor/>.

Chandler, Alfred D. 1962, Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise. Cambridge, MA: MIT Press, 1962.

Chi, Junwook und Baek, Jungho. 2012. Price and income elasticities of demand for air transportation: Empirical evidence from US airfreight industry. Journal of Air Transport Management. 2012, S. 18-19.

Condor. 2025. Condor Cargo – Mit Leidenschaft geliefert. [Online] 2025. [Zitat vom: 03. 02 2025.] <https://www.condor.com/de/flug-vorbereiten/gepaeck-tiere/fracht.jsp#c154897>.

DECHEMA. 2022. 4. Roadmap des Kopernikus-Projektes P2X Phase II. Optionen für ein nachhaltiges Energiesystem mit Power-to-X-Technologien. [Online] 2022. [Zitat vom: 2. 12 2024.] https://www.kopernikus-projekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/EC7C18F68BCE7C0DE0537E695E86F60F/live/document/221025_DEC_P2X4_V08_Web.pdf.

Deloitte. 2024. Low-carbon fuels: The last mile to net zero. The role of synthetic fuels in decarbonizing the skies and the seas. [Online] 2024. [Zitat vom: 26. 11 2024.] <https://www.deloitte.com/global/en/issues/climate/low-carbon-fuels.html>.

Deutsche Gesellschaft für die Vereinten Nationen e.V. . 2024. Was ist der UN-Haushalt? [Online] 01. 10 2024. [Zitat vom: 22. 01 2025.] <https://dgvn.de/finanzierung-der-un/un-haushalt>.

Deutscher Bundestag, Wissenschaftliche Dienste. 2022. Titel: Rechtsfragen zum Abkommen über die Internationale. [Online] 2022. <https://www.bundestag.de/resource/blob/905042/9c57b80506fdddaa3821d4c0a1b9bd0a/WD-2-039-22-pdf-data.pdf>.

DHL. 2024. Luftfracht für Medizinprodukte und temperaturkontrollierte Waren. DHL Global Forwarding. [Online] DHL, 2024. [Zitat vom: 20. 12 2024.] <https://www.dhl.com/de-de/home/global-forwarding/produkte-und-losungen/luftfracht/temperaturkontrolliert.html>.

Dodd, Tracey und Yengin, Duygu. 2021. Deadlock in sustainable aviation fuels: A multi-case analysis of agency. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2021, Bd. 94.

EASA. 2024. EASA 2024 Report. State of the EU SAF market in 2023. Fuel reference prices, SAF capacity assessments. [Online] 2024. [Zitat vom: 05. 02 2025.] <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/press-releases/easa-publishes-report-european-union-sustainable-aviation-fuels>.

Edeka-Verband. 2020. <https://verband.edeka/>. <https://verband.edeka/>. [Online] 2020. <https://verband.edeka/verband/genossenschaftlichesunternehmertum.pdf#:~:text=EDEKA%20ist%20kein%20zentral%20gef%C3%BChrter,ist%20es%2C%20wirtschaft%02lich%20gesunde%2C%20voll>.

EUMETSAT. 2000. <https://www.eumetsat.int/>. <https://www.eumetsat.int/>. [Online] 19. 11 2000. <https://www.eumetsat.int/media/44253>.

Eurocontrol. 2022. EUROCONTROL Data Snapshot #34 on the rise of Low Cost Carriers in Europe. [Online] 25. 10 2022. [Zitat vom: 11. 29 2024.] <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-data-snapshot-34-rise-low-cost-carriers-europe>.

Europäische Kommission. 2025a. Reducing emissions from aviation. [Online] 2025a. [Zitat vom: 20. 05 2025.] https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-aviation_en.

–. 2025b. Assessment of the production and supply of SAF in Union airports and study on the feasibility of the creation of a system of tradability of SAF in the EU. [Online] 2025. [Zitat vom: 25. 04 2025.] <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/cb8faca8-f401-11ef-b7db-01aa75ed71a1/language-en>.

–. 2024a. EU transport in figures - Statistical pocketbook 2024. [Online] 2024a. [Zitat vom: 23. 10 2024.] <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/c99d5d85-8c3a-11ef-a130-01aa75ed71a1/language-en>.

–. 2024b. Greenhouse gas emissions under the EU Emissions Trading System. [Online] 2024b. [Zitat vom: 13. 12 2024.] <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/greenhouse-gas-emissions-under-the>.

–. 2024c. Reducing emissions from aviation. [Online] 2024c. [Zitat vom: 23. 10 2024.] https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-aviation_en#eu-action.

–. 2024d. Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Union und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates. [Online] 2024d. [Zitat vom: 20. 05 2025.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02003L0087-20240301>.

–. 2021a. Vorschlag für eine Richtlinie des Rates zur Restrukturierung der Rahmenvorschriften der Union zur Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom (Neufassung). [Online] 2021a. [Zitat vom: 14. 10 2024.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0563>.

–. 2021b. Commission staff working document. Impact assessment accompanying the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on ensuring a level playing field for sustainable air transport. [Online] 2021b. [Zitat vom: 27. 11 2024.] https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12303-Sustainable-aviation-fuels-ReFuelEU-Aviation_en.

–. 2019. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Europäischen Rat, den Rat, den Europ. Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen. Der europäische Grüne Deal. [Online] 2019. [Zitat vom: 14. 10 2024.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019DC0640>.

Europäische Union. 2024. Konsolidierte Fassung. Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Union und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des

Rates. [Online] 2024. [Zitat vom: 10. 10 2024.] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02003L0087-20240301>.

Europäisches Parlament. 2024. Luftverkehr: Marktregelungen. [Online] 2024. [Zitat vom: 23. 10 2024.] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/de/sheet/131/luftverkehr-marktregelungen>.

Gillen, David und Mantin, Benny. 2009. Price volatility in the airline markets. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. September 2009, Bd. 45, Issue 5, S. Pages 693-709.

GIZ. 2022. PtX Hub. PtX.Aviation Calculator Documentation Version 2.0.0. [Online] 2022. [Zitat vom: 2. 12 2024.] https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2022/05/PtX_Av_Calc_Documentation.pdf.

H2Global Stiftung. 2025. The H2Global mechanism. [Online] 2025. [Zitat vom: 25. 04 2025.] <https://www.h2-global.org/the-h2global-instrument>.

Halm, Katrin. 2006. Die neue Ordnung am europäischen Himmel: Eine Analyse des Markteintritts der Low-Cost-Carrier in den europäischen Luftverkehrsmarkt. Jenaer Beiträge zur Wirtschaftsforschung, 2006, Bd. 6.

Hamilton, Jerry, et al. 2024. Investigation on elastomer behaviour when exposed to conventional and sustainable aviation fuels. The Aeronautical Journal. 24. 05 2024, S. pp. 1485–1500.

Helmke, Christoph. 2005. Dissertation: Der Markt für Paket- und Expressdienste: Eine Studie zu Kundenzufriedenheit und Kundenbindung im Markt für Paket- und Expressdienste. Kassel: Universität Kassel, 2005.

IAG. 2023. IAG full year results 2023. [Online] 2023. [Zitat vom: 20. 12 2024.] <https://www.iairgroup.com/media/4dujaawh/full-year-results-release-for-the-year-to-31-december-2023.pdf>.

IATA. 2024a. Disappointingly Slow Growth in SAF Production. [Online] 2024a. [Zitat vom: 16. 12 2024.] <https://www.iata.org/en/pressroom/2024-releases/2024-12-10-03/>.

–. 2024b. Air Cargo Demand Surges 10.8% in December, Closing 2023 Near 2022 Levels. [Online] 2024b. [Zitat vom: 12. 12 2024.] <https://www.iata.org/en/pressroom/2024-releases/2024-01-31-01/>.

–. 2024c. Jet Fuel Price Monitor. [Online] 2024c. [Zitat vom: 26. 11 2024.] <https://www.iata.org/en/publications/economics/fuel-monitor/>.

–. 2023a. Net zero carbon 2050 resolution. Fact sheet. [Online] 2023a. [Zitat vom: 14. 10 2024.] <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet---iata-net-zero-resolution/>.

–. 2023b. Policy. SAF Deployment. [Online] 2023b. <https://www.iata.org/contentassets/d13875e9ed784f75bac90f000760e998/saf-policy-2023.pdf>.

IBISWorld. 2024. Freight Air Transport in Europe - Market Size, Industry Analysis, Trends and Forecasts (2024-2029). [Online] 2024. [Zitat vom: 20. 12 2024.] <https://www.ibisworld.com/europe/industry/freight-air-transport/200247/>.

ICAO. 2024a. Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSA). Frequently Asked Questions (FAQs). (Updated as of December 2022). [Online] 2024a. [Zitat vom: 05. 03 2024.] <https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet-corsia/>.

–. 2024b. ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology. Version 13.1. [Online] 2024b. [Zitat vom: 25. 04 2025.] https://applications.icao.int/icec/Methodology%20ICAO%20Carbon%20Emissions%20Calculator_v13_Final.pdf.

–. 2023a. Global Framework for SAF, LCAF and other Aviation Cleaner Energies. [Online] 2023a. [Zitat vom: 23. 10 2024.] https://www.icao.int/Meetings/CAAF3/Documents/ICAO%20Global%20Framework%20on%20Aviation%20Cleaner%20Energies_24Nov2023.pdf.

–. 2023b. UNFCCC. Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice Fifty-ninth session (SBSTA59). Agenda item 12 (b): Emissions from fuel used for international aviation and maritime transport Submission by the International Civil Aviation Organization (ICAO). [Online] 2023b. [Zitat vom: 14. 10 2024.] https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/SBSTA59_ICAO%20submission_Final2.pdf.

–. 1944. Convention on International Civil Aviation - Doc 7300. ICAO.INT. [Online] ICAO, 07. 12 1944. [Zitat vom: 18. 04 2025.] <https://www.icao.int/publications/pages/doc7300.aspx>.

IEA. 2024a. Aviation. [Online] 2024a. [Zitat vom: 13. 12 2024.] <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>.

–. 2024b. Global Hydrogen Review 2024. [Online] 2024b. [Zitat vom: 16. 12 2024.] <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2024>.

–. 2024c. World Energy Outlook 2024. [Online] World Energy Outlook 2024, 2024c. [Zitat vom: 26. 11 2024.] <https://iea.blob.core.windows.net/assets/02b65de2-1939-47ee-8e8a-4f62c38c44b0/WorldEnergyOutlook2024.pdf>.

–. 2023. The Role of E-fuels in Decarbonising Transport. [Online] 2023. [Zitat vom: 2. 12 2024.] <https://www.iea.org/reports/the-role-of-e-fuels-in-decarbonising-transport>.

INERATEC. 2025. INERATEC eröffnet ERA ONE: Europas größte Produktionsanlage für e-Fuels geht in Frankfurt in Betrieb. [Online] 2025 [Zitat vom: 03.06 2025] <https://www.ineratec.de/de/news/ineratec-eroeffnet-era-one-europas-groesste-produktionsanlage-fuer-e-fuels-geht-frankfurt>.

InnoFuels. 2024a. Hemmnisse und Herausforderungen zum Markthochlauf von SAF. [Online] 2024a. [Zitat vom: 23. 10 2024.] https://www.innofuels.de/img/InnoFuels_Luftfahrt_AP4.3.3_Bericht-Hemm.pdf.

–. 2024b. Übersicht zu relevanten Gesetzen und Industriestandards beim Markthochlauf von Sustainable Aviation Fuels. [Online] 2024b. [Zitat vom: 14. 10 2024.] <https://www.innofuels.de/downloads/InnoFuels%20Anwendungsfeld%20Luftfahrt%20Meile.pdf>.

Koscâkovâ, Martina, et al. 2022. Analysis of Sustainable Aviation Fuels Market. [Buchverf.] Institute of Electrical and Electronics Engineers. 2022 New Trends in Aviation. Novy Smokovec, Slovakia : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022, S. 123ff.

Legislation UK. 2024. The Renewable Transport Fuel Obligations (Sustainable Aviation Fuel) Order 2024. [Online] 2024. [Zitat vom: 26. 11 2024.] <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2024/1187/made/data.pdf>.

Lo, Winnie Wai Ling, Wan, Yulai und Zhang, Anming. 2015. Empirical estimation of price and income elasticities of air cargo demand: The case of Hong Kong. Transportation Research Part A: Policy and Practice. 08 2015, Bd. 78, S. 309-324.

Lufthansa Cargo. 2024a. Lufthansa Cargo - Aircraft bellies. [Online] 2024. [Zitat vom: 03. 02 2025.] <https://www.lufthansa-cargo.com/de/fleet-ulds/fleet/belly-fleet>.

–. 2024b. Geschäftsbericht 2023 der Lufthansa Group 2023. [Online] 2024. [Zitat vom: 18. 12 2024.] <https://report.lufthansagroup.com/2023/annual-report/de/zusammengefasster-lagebericht/geschaeftsfelder/geschaeftsfeld-passagier-airlines/>.

Majerová, Veronika und Jirásek, Michal. 2023. Flying high on low cost: Success in the low-cost airline industry. PLoS ONE. 2023, Bd. 18, 12.

MarketsandMarkets. 2023. Sustainable Aviation Fuel Market Size, Share, Industry Report. [Online] 2023. [Zitat vom: 29. 11 2024.] <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/sustainable-aviation-fuel-market-70301163.html>.

Mitusch, Prof. Dr. Kay. 2023. Forschungsinformationssystem Mobilität. [Online] Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Volkswirtschaftslehre (ECON), 16. 06 2023. [Zitat vom: 26. 11 2024.]

<https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/299030/#:~:text=Sekund%C3%A4r%2DFlugh%C3%A4fen%3A%20Sekund%C3%A4r%2DFlugh%C3%A4fen,ebenfalls%20%C3%BCber%20ein%20attraktives%20Einzugsgebiet>.

myclimate. 2024. CO2 Flight Calculator. [Online] 2024. [Zitat vom: 25. 11 2024.] https://co2.myclimate.org/en/flight_calculators/new.

Nordhaus, William. 2015. Climate Clubs: Overcoming Free-riding in International Climate Policy. American Economic Review. 2015, Bd. 105, 4, S. 1339–1370.

Norwegian Government. 2019. More advanced biofuel in aviation. [Online] 2019. [Zitat vom: 26. 11 2024.] <https://www.regjeringen.no/en/historical-archive/solbergs-government/Ministries/kld/news/2019-nyheter/mer-avansert-biodrivstoff-i-luftfarten/id2643700/>.

Prognos i.A. des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. 2020. Kosten und Transformationspfade für strombasierte Energieträger. [Online] 2020. [Zitat vom: 2. 12 2024.] <https://www.prognos.com/de/projekt/kosten-und-transformationspfade-fuer-strombasierte-energietraeger>.

Raab, Moritz und Dietrich, Ralph-Uwe. 2023. Techno-economic assessment of different aviation fuel supply pathways including LH2 and LCH4 and the influence of the carbon source. Energy Conversion and Management. 2023, Bd. 293.

Rat der Europäischen Union. 2024. Interinstitutional File 2021/0213(CNS). Subject: Revision of the Energy Taxation Directive - Policy debate. [Online] 2024. [Zitat vom: 31. 01 2025.] <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-16174-2024-REV-1/en/pdf>.

–. 2023. Renewable energy: Council adopts new rules. [Online] 2023. [Zitat vom: 03. 02 2025.] <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2023/10/09/renewable-energy-council-adopts-new-rules/>.

Reuters. 2023. U.S. sustainable aviation fuel production target faces cost, margin challenges. [Online] 2023. [Zitat vom: 27. 11 2024.] <https://www.reuters.com/sustainability/us-sustainable-aviation-fuel-production-target-faces-cost-margin-challenges-2023-11-01/>.

Seymour, Kyle, et al. 2024. Future costs of power-to-liquid sustainable aviation fuels produced from hybrid solar PV-wind plants in Europe. Sustainable Energy & Fuels. 2024, Bd. 8, 811.

Sharma, Bijay P, et al. 2021. Economic Analysis of Developing a Sustainable Aviation Fuel Supply Chain Incorporating with Carbon Credits: A Case Study of the Memphis International Airport. [Online] 09. 12 2021. [Zitat vom: 29. 11 2024.] <https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2021.775389/full>.

SkyNRG. 2024. Sustainable aviation fuel market outlook. [Online] 2024. [Zitat vom: 26. 11 2024.] <https://www.efuel-alliance.eu/fileadmin/Downloads/SAF-Market-Outlook-2024-Summary.pdf>.

Stahl, Bernhard und Weger, Daniel. 2017. Internationale Klimapolitik. Gesellschaft Wirtschaft Politik (GWP). 2017, Bd. 66, 4, S. 489-500.

Thormälen, Thies. 1977. Der Nutzwert der Nutzwertanalyse. Wirtschaftsdienst. 1977, XIII, S. 638-644.

United Nations. 2015. Depository: 7. d Paris Agreement. [Online] 2015. [Zitat vom: 23. 10 2024.] https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en.

Wizz Air Holdings PLC. 2023. Press release: WIZZ AIR tops industry annual growth; ready to deliver record summer traffic and F24 net profit. [Online] 2023. [Zitat vom: 20. 12 2024.] https://wizzair.com/static/docs/default-source/downloadable-documents/corporate-website-transfer-documents/results-and-presentations/wizz-air-f23-results_rns_vf-clean_6d2adfd.pdf.

World Resources Institute; World Business Council for Sustainable Development. 2004. Greenhouse Gas Protocol: A corporate accounting and reporting standard: Revised edition. 2004.

WWF Deutschland. 2020. Biokraftstoffe und Holz. [Online] WWF Deutschland Stiftung, 04. 06 2020. [Zitat vom: 20. 11 2024.] <https://www.wwf.de/themenprojekte/landwirtschaft/bioenergie/biokraftstoffe>.

Schäfer, Henry. 2011. Derivate und ihr Einsatz im Risikomanagement von Unternehmen - Eine praxisorientierte Handlungshilfe für Aufsichts- und Betriebsräte; Edition der Hans-Böckler-Stiftung, Bd. 245, Düsseldorf, ISBN: 978-3-86593-138-2, 114 Seiten

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Passagierzahlen der größten Netzwerk-Airlines in Europa, 2023.....	9
Abbildung 2: Passagierzahlen der größte Low-Cost-Carrier in Europa, 2023	10
Abbildung 3: Hauptakteure des europäischen Luftfrachtsektors basierend auf IBISWorld (2024);.....	12
Abbildung 4: Schätzungen von Gestehungskosten für FT-SAF	21
Abbildung 5: Marktpreisvolatilität von fossilem Kerosin (Jet A-1) und SAF	23
Abbildung 6: Einschätzung der Interviewpartner zu Marktpreisrisiken	24
Abbildung 7: Einschätzung der Interviewpartner zu regulatorischen Risiken	26
Abbildung 8: Einschätzung der Interviewpartner zu Risiken im Bereich der Nachhaltigkeit	27
Abbildung 9: Einschätzung der Interviewpartner zu technischen Risiken	28
Abbildung 10: Einschätzung der Interviewpartner zu den finanziellen Risiken	31
Abbildung 11: Einschätzung der Interviewpartner zu operativen Risiken.....	32
Abbildung 12: Ausgewählte Flugrouten zur Berechnung illustrativer Mehrkosten durch die Verordnung „ReFuelEU Aviation“	33
Abbildung 13: Einschätzung der Interviewpartner zu potenziellen Wettbewerbsverzerrungen	39
Abbildung 14: Einschätzung der Interviewpartner zu potenziellem Trittbrettfahrerverhalten	40
Abbildung 15: SAF gemäß der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Amtsblatt der Europäischen Union, 2023b)	79

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: SAF-Beimischungsquoten und durchschnittliche Unterquoten für synthetische Kraftstoffe gemäß § 4 Anhang I der Verordnung (EU) 2023/2405	16
Tabelle 2: Fallbeispiel zur Veranschaulichung der Mehrkosten durch „ReFuelEU Aviation“	35
Tabelle 3: Vergleichende Übersicht der Modelloptionen des Klimaclub Aviation	55
Tabelle 4: Übersicht der Bewertungskriterien.....	65
Tabelle 5: Gewichtung der Bewertungskriterien	66
Tabelle 6: Übersicht der Bewertungen.....	67
Tabelle 7: Fallbeispiel zur Veranschaulichung der Mehrkosten durch PtL (DAC) auf ausgewählten Flügen im Vergleich zu Kerosinkosten im Jahr 2024.	80