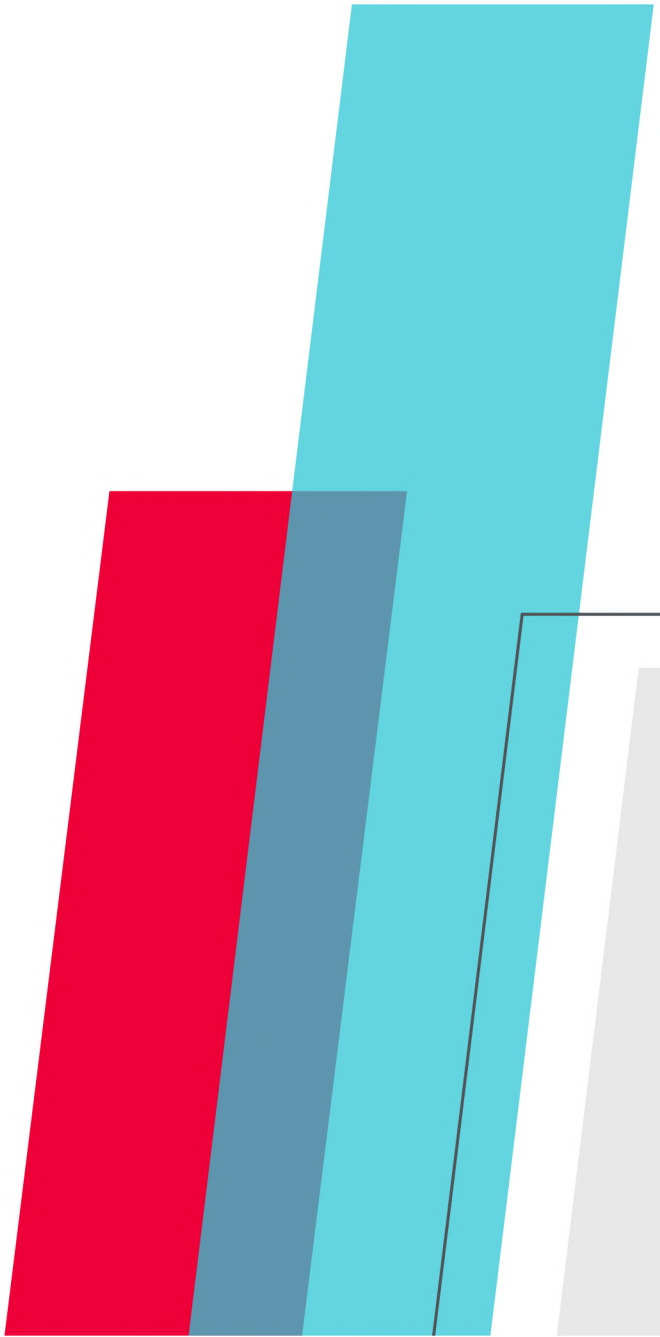
STUDIE

Potenzialstudie (e)SAF Hamburg und Metropolregion

Potenzialstudie zum Import, zur Lagerung und zur Produktion von SAF und eSAF am Standort Hamburg und der Metropolregion



Von
Ravi Srikandam (Prognos AG),
Luca Jähner (Prognos AG),
Jens Fiedler (Prognos AG),
Hartmut Beyer (HPC),
Olaf Zeike (HPC)

Auftraggeber
Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Wirtschaft, Arbeit und Innovation

Abschlussdatum
Oktober 2026

Enabling progress.
With evidence.

Prognos gibt Orientierung in Zeiten der Ungewissheit. Wir vereinen Wirtschaftsforschung und Strategieberatung, um tragfähige Entscheidungen in komplexen Umfeldern zu ermöglichen. Unsere belastbaren Daten, präzisen Analysen und innovativen Methoden unterstützen Verantwortliche in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft dabei, den Wandel aktiv zu gestalten. So ermöglichen wir Fortschritt mit Substanz. Für Entscheidungen, die auf Evidenz beruhen.

Geschäftsführer
Christian Böllhoff

Präsident des Verwaltungsrates
Dr. Jan Giller

Handelsregisternummer
Berlin HRB 87447 B

Umsatzsteuer-Identifikationsnummer
DE 122787052

Rechtsform
Aktiengesellschaft nach schweizerischem Recht; Sitz der Gesellschaft: Basel-Stadt
Handelsregisternummer
CH-270.3.003.262-6

Gründungsjahr
1959

Arbeitssprachen
Deutsch, Englisch, Französisch

Unsere Standorte

Hauptsitz der Prognos AG in der Schweiz

Prognos AG
St. Alban-Vorstadt 24
4052 Basel
info@prognos.com

X: Prognos AG
LinkedIn: @Prognos_AG

prognos.com

Weitere Standorte der Prognos AG in Deutschland

Prognos AG
Goethestr. 85
10623 Berlin

Prognos AG
Domshof 21
28195 Bremen

Prognos AG
Werdener Straße 4
40227 Düsseldorf

Prognos AG
Heinrich-von-Stephan-Str. 17
79100 Freiburg

Prognos AG
Rödingsmarkt 9
(c/o Mindspace)
20459 Hamburg

Prognos AG
Nymphenburger Str. 14
80335 München

Prognos AG
Eberhardstr. 12
70173 Stuttgart

Standort der Prognos AG in Belgien

Prognos AG
Résidence Palace, Block C
Rue de la Loi 155
1040 Brüssel

Tochtergesellschaft in Österreich

Prognos Europe GmbH
c/o e7
Hasengasse 12/2
1100 Wien

Inhaltsverzeichnis

1	**Hintergrund und Aufgabenstellung**	**9**
1.1	Inhalt der ReFuelEU-Verordnung	10
1.2	Relevante Produktionsverfahren von biogenem SAF und eSAF	11
2	**Markt- und Rechtsrahmenanalyse SAF / JET A-1**	**13**
2.1	Marktanalyse zu Status Quo und Entwicklung der Versorgung	13
2.1.1	Aktuelle Verbrauchsanalyse und Versorgungsstrukturen im Status Quo	13
2.1.2	Zukünftige Entwicklung der Versorgungs- und Verbrauchsbilanz bis 2050	16
2.1.3	Analyse bestehender und geplanter SAF-Produktionsstandorte	18
2.2	Marktanalyse zu Produktströmen und Versorgungslogistik	22
2.2.1	NATO Pipeline System	22
2.2.2	H_2-Netz	25
2.2.3	CO_2-Netz	26
2.3	Maritime Konkurrenzanalyse	26
2.3.1	Hafenstandorte in Deutschland	26
2.3.2	Rotterdam	27
2.3.3	Le Havre	29
2.3.4	Zwischenfazit zur maritimen Konkurrenzanalyse	30
2.4	Gesetzliche und regulatorische Rahmenbedingungen	31
2.4.1	Die europäische Quotenregelung und der Allokationsmechanismus	31
2.4.2	Unterscheidung und regulatorische Anforderungen der SAF-Arten	32
2.4.3	Technische Zertifizierungsprozesse und Beimischungsregelungen	35
3	**Analyse der Infrastruktur und Logistik für SAF/JET A-1**	**38**
3.1	Bewertung Kapazitäten und Infrastruktur im Raum Hamburg	38
3.2	Untersuchung der Verkehrswege und vorhandener Logistik	42

3.2.1	Importstruktur und Blendingprozesse	42
3.2.2	Importstruktur von SAF im europäischen Kontext	42
3.2.3	Blending als zentraler Prozess der SAF-Nutzung	45
3.2.4	Verkehrswege und multimodale Anbindung	46
3.2.5	Aktuelle Kerosin-Logistik	51
3.3	Kommerzielle Fragestellungen	57
4	**Regionale Produktionspotenziale**	**60**
4.1	SAF-Produktion	60
4.1.1	Geplante biogene SAF-Produktion in Hamburg	60
4.1.2	Eingestelltes Projekt eSAF-Anlage „Green Fuels Hamburg“ (Billbrook/Rothenburgsort)	61
4.1.3	Eingestelltes Projekt: eSAF-Versuchsanlage der Raffinerie Heide (Projekt KEROSyN100)	62
4.1.4	Bewertung von biogener und eSAF-Produktion in Hamburg	63
4.2	Standortfaktoren für eine SAF-Produktion	63
4.2.1	Standortfaktor Rohstoff- und Energieversorgung	63
4.2.2	Standortfaktor Flächenverfügbarkeit	67
4.2.3	Standortfaktor Sektorenkopplung und industrielle Synergien	69
4.2.4	Bewertung aller Standortfaktoren	70
4.3	Wirtschaftlichkeitsbewertung	71
4.3.1	Systematik der untersuchten Wertschöpfungsoptionen	72
4.3.2	Datenbasis und ökonomische Annahmen	73
4.3.3	Ergebnisse und vergleichende Kostenanalyse	73
4.3.4	Zusammenfassung zur Wirtschaftlichkeitsbewertung	82
5	**Zusammenfassung der Hemmnisse und Hürden bei der Markteinführung von SAF**	**84**
6	**Rolle Hamburgs im nationalen und europäischen SAF-System**	**86**
6.1	Strategische Positionierung Hamburgs im SAF-Markt	86
6.1.1	Flugkraftstofflogistik in Deutschland	86
6.1.2	Produktion und Logistik von JET A-1 und SAF für den europäischen Markt	87

6.1.3	Mittelfristige Entwicklungspotenziale - Logistik und Produktion von SAF in Hamburg	89
6.1.4	Importe als Lösung – zentrale Perspektive für Hamburg	91
6.1.5	Hamburg als nationaler und europäischer SAF-Distributionsknoten	93
6.1.6	Hamburg als strategischer Energiereserve-Standort	95
6.1.7	Airbus Hamburg als SAF-Versorgungsknoten	96
6.1.8	Zusammenfassung der strategischen Positionierung	96
6.2	Entwicklung potenzieller Import- und Produktionsmengen in Hamburg auf Basis der Strategie	97
6.3	Auswirkungsanalyse des SAF-Marktes in Hamburg	99
6.3.1	Einsparung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bei Erfüllung der ReFuelEU-Quoten an deutschen Flughäfen und am Flughafen Hamburg	100
6.3.2	Bruttowertschöpfung (BWS) und Arbeitsplätze	103
6.3.3	Zusammenfassung der Auswirkungsanalyse des SAF-Marktes in Hamburg	107
7	**Aktionsfelder**	**108**
7.1	Öffentliche Förderung von Investitionen und Betriebskosten der Unternehmen	109
7.2	Regulatorische Klarheit und Vereinfachung	112
7.3	Verzahnung und Vernetzung von Akteuren	113
8	**Fazit**	**116**
Anhang		118
Tabellenverzeichnis		131
Abbildungsverzeichnis		132
Quellenverzeichnis		135
Impressum		145

Zusammenfassung

Die vorliegende Potenzialstudie untersucht die Rolle nachhaltiger Flugkraftstoffe (Sustainable Aviation Fuels, SAF) als zentrale Option zur Dekarbonisierung des Luftverkehrs sowie die damit verbundenen Perspektiven für den Standort Hamburg und dessen Metropolregion. Ausgangspunkt der Analyse ist die europäische Regulierung durch die Verordnung „ReFuelEU Aviation“ (EU) 2023/2405, die ab dem Jahr 2025 verbindliche Quoten für die Beimischung nachhaltiger Flugkraftstoffe vorsieht und einen schrittweisen Hochlauf bis zu einem Anteil von 70 % SAF im Jahr 2050 (davon 35 % eSAF) festlegt. Vor diesem regulatorischen Hintergrund wird Hamburg als bedeutender Standort für Luftfahrt, Hafenwirtschaft und Mineralölindustrie hinsichtlich seiner Potenziale für Import, Lagerung, Verteilung und Produktion von SAF analysiert.

Zentraler Bestandteil der Studie ist die Einordnung von SAF in den bestehenden globalen und europäischen Flugkraftstoffmarkt. Der weltweite Verbrauch von Flugkraftstoffen (Jet Fuel) erreichte im Jahr 2024 mit 322 Mt wieder das Niveau vor der COVID-19-Pandemie. Innerhalb der Europäischen Union weist Deutschland mit etwa 9 Mt den höchsten Verbrauch auf und ist gleichzeitig stark von Importen abhängig, da rund 56 % des Bedarfs aus dem Ausland gedeckt werden. Diese Importabhängigkeit wird maßgeblich durch bestehende Handelsstrukturen geprägt, in denen insbesondere die Niederlande beziehungsweise der Hafen Rotterdam als zentrale Drehscheibe fungieren. Für die zukünftige Entwicklung werden unterschiedliche Szenarien betrachtet, die sowohl ein moderates Wachstum als auch eine mögliche Reduktion des Flugkraftstoffverbrauchs berücksichtigen. Daraus ergeben sich bis 2050 erhebliche Spannweiten beim SAF-Bedarf, wobei für die EU zwischen rund 28,8 Mt und 49,5 Mt und für Deutschland zwischen 5,6 Mt und 9,6 Mt prognostiziert werden.

Parallel dazu befindet sich die globale Produktionslandschaft für SAF in einem dynamischen, jedoch unsicheren Entwicklungsstadium. Ende 2024 wurden weltweit 265 Projekte identifiziert, von denen ein Teil bereits in Betrieb ist, während viele sich noch in Planung oder einem frühen Entwicklungsstadium befinden. Für die Europäische Union wird die Produktionskapazität bis 2030 auf 3,5 Mt bis 5,6 Mt geschätzt, wobei insbesondere für eSAF-Produktionsanlagen erhebliche Unsicherheiten bestehen, da bislang keine großskaligen kommerziellen Anlagen mit finaler Investitionsentscheidung existieren.

Im Hinblick auf die infrastrukturellen Voraussetzungen zeigt die Studie, dass die bestehende Logistik für Flugkraftstoffe in Europa auf einem hochentwickelten, multimodalen System basiert, das Pipelines, Schienen-, Straßen- und Schiffsverkehre kombiniert. Eine zentrale Rolle spielen dabei insbesondere Pipeline-Netzwerke wie das Central European Pipeline System (CEPS). Der Standort Hamburg ist allerdings nicht an diese Systeme angeschlossen, was im Vergleich zu anderen europäischen Standorten einen strukturellen Nachteil darstellt. Die Versorgung des Flughafens Hamburg erfolgt derzeit nahezu ausschließlich per Lkw aus der Raffinerie Heide. Allerdings verfügt Hamburg über eine leistungsfähige Hafen- und Logistikinfrastruktur mit umfangreichen Tanklagerkapazitäten sowie einer starken Schienenanbindung, die grundsätzlich gute Voraussetzungen für eine zukünftige Rolle im SAF-System bietet.

Die Analyse der Produktionspotenziale zeigt, dass die Herstellung von SAF in Hamburg grundsätzlich möglich ist, jedoch stark von technologischen, ökonomischen und ressourcenbezogenen Faktoren abhängt. Mit der geplanten Anlage der HOLBORN-Raffinerie entsteht ab 2027 eine industrielle Produktion von nachhaltigen Kraftstoffen mit einer Kapazität von rund 220.000 t, wovon etwa 110.000 t auf biogenes SAF entfallen. Grundsätzlich könnte die Raffinerie mit Hilfe technischer Modifikationen den Anteil von biogenem SAF noch weiter erhöhen. Die dafür notwendigen Ergänzungen würden die Gesamtinvestitionen und damit den Preis je Tonne SAF jedoch weiter erhöhen. Dieser Schritt ist also technisch möglich, würde aber vermutlich erst in einem etablierten SAF-Markt oder auf Grundlage eines festen Liefervertrags umgesetzt werden. Diese hier genutzte HEFA-Produktionsroute gilt als kommerziell verfügbar und am ehesten als wettbewerbsfähig, ist jedoch durch die begrenzte Verfügbarkeit geeigneter biogener Rohstoffe eingeschränkt. Demgegenüber steht die Produktion von eSAF, die auf strom- und wasserstoffbasierten Verfahren beruht und derzeit mit erheblich höheren Kosten verbunden ist. Entsprechend liegen die Produktionskosten für eSAF deutlich über denen von fossilem Kerosin und biogenem SAF, was die Wirtschaftlichkeit dieser Technologie erheblich einschränkt. eSAF-Projekte wie „Green Fuels Hamburg“ wurden in diesem Kontext aufgrund wirtschaftlicher Unsicherheiten und fehlender Rahmenbedingungen eingestellt. Gleichzeitig könnten der Ausbau der Wasserstoffwirtschaft sowie insbesondere die geplante Produktion und Skalierung von grünem Wasserstoff in Moorburg mittel- bis langfristig dazu beitragen, größere Produktionsmengen zu moderateren Kosten bereitzustellen und dadurch die wirtschaftliche Attraktivität von eSAF für Produzenten und Abnehmer zu erhöhen.

Die Studie identifiziert eine Vielzahl von Hemmnissen, die den Markthochlauf von SAF erschweren. Dazu zählen insbesondere regulatorische Unsicherheiten, etwa im Hinblick auf zukünftige Quotenregelungen und Zertifizierungsanforderungen, sowie ökonomische Faktoren wie die erheblich höheren Produktionskosten im Vergleich zu fossilem Kerosin. Hinzu kommen technische Herausforderungen, insbesondere bei der Skalierung von eSAF-Technologien, sowie infrastrukturelle Anpassungsbedarfe, etwa in Bezug auf Lagerung und Transport. Diese Faktoren führen zu einer insgesamt hohen Investitionsunsicherheit und bremsen die Entwicklung neuer Produktionskapazitäten.

Im europäischen Wettbewerb wird deutlich, dass Hamburg derzeit nicht zu den führenden Standorten im SAF-Markt zählt. Insbesondere die ARA-Region sowie der Standort Le Havre verfügen über strukturelle Vorteile, darunter größere Importvolumina, tiefere Hafeninfrastrukturen und eine stärkere Integration in internationale Lieferketten auch bedingt durch die Anbindung an die CEPS-Pipeline. Hamburgs Stärken liegen hingegen in seiner industriellen Basis, seiner Logistikkompetenz und seiner Nähe zu wichtigen Absatzmärkten in Nord- und Osteuropa. Vor diesem Hintergrund wird Hamburg künftig vor allem eine Rolle als Import-, Distributions- und Veredelungsstandort zugeschrieben. Eine großskalige Produktion weist derzeit aufgrund struktureller Einschränkungen nur begrenzte Potenziale auf, sollte langfristig jedoch durchaus in die Erwägungen einbezogen werden.

Trotz der bestehenden Herausforderungen ergeben sich für Hamburg relevante Entwicklungsperspektiven. Mit steigenden SAF-Quoten wird die Nachfrage nach nachhaltigen Flugkraftstoffen langfristig deutlich zunehmen, wodurch Import- und Distributionsstandorte an Bedeutung gewinnen. Die Studie zeigt zudem, dass mit dem Ausbau entsprechender Wertschöpfungsketten positive ökonomische Effekte verbunden sein können, etwa in Form von

zusätzlicher Bruttowertschöpfung und Beschäftigung. Gleichzeitig bietet die Nutzung von SAF erhebliche ökologische Vorteile, insbesondere durch die Reduktion von Treibhausgasemissionen und weiteren klima- und umweltrelevanten Effekten.

Zusätzlich zeigt die Studie exemplarisch einen möglichen Entwicklungspfad für den SAF-Hochlauf in Hamburg auf, der sich entlang mehrerer aufeinander aufbauender Schritte strukturiert (siehe Abbildung 0-1). Ausgangspunkt bildet dabei die Nutzung der bestehenden Stärken im Bereich Logistik und Import, insbesondere durch die Verteilung von JET A-1 und SAF in regionale sowie überregionale Märkte. Darauf aufbauend kann Hamburg kurzfristig seine Rolle als stabiler und resilienter Versorgungsstandort stärken, indem die vorhandene Tank- und Hafeninfrastruktur für Sicherheits- und Krisenfälle weiterentwickelt wird. In einer mittelfristigen Perspektive verschiebt sich der Fokus zunehmend auf die industrielle Weiterverarbeitung importierter Vorprodukte wie synthetischer Zwischenstufen, wodurch zusätzliche Wertschöpfung in der Region generiert werden kann. Langfristig besteht schließlich die Möglichkeit, bei entsprechenden Rahmenbedingungen – insbesondere hinsichtlich Nachfrage, Genehmigungssicherheit und wettbewerbsfähiger Inputkosten – auch eigene Produktionskapazitäten für (e)SAF aufzubauen und damit den Standort stärker in die europäische Wertschöpfungskette zu integrieren.

Abbildung 0-1: SAF-Entwicklungspfad für Hamburg 2026 - 2035



Quelle: eigene Darstellung:

© Prognos AG

Abschließend kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass Hamburg über relevante strukturelle Voraussetzungen für eine Integration in den entstehenden europäischen SAF-Markt verfügt, seine zukünftige Rolle jedoch maßgeblich von der strategischen Weiterentwicklung der Infrastruktur, von regulatorischer Klarheit sowie von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen abhängt. Die größten Potenziale liegen dabei weniger in der reinen Produktion als vielmehr in der Einbindung in internationale Wertschöpfungsketten, insbesondere im Bereich Import, Verarbeitung und Distribution. Voraussetzung hierfür ist eine gezielte politische und wirtschaftliche Unterstützung, die Investitionssicherheit erhöht, regulatorische Prozesse vereinfacht und die Entwicklung eines funktionierenden Marktes für nachhaltige Flugkraftstoffe fördert.

1 Hintergrund und Aufgabenstellung

Sustainable Aviation Fuels (SAF) gelten aus heutiger Sicht als wichtigste Option, den internationalen Flugverkehr klimaneutral zu gestalten. Die Politik hat mit der EU-Verordnung „ReFuelEU Aviation“ (Verordnung (EU) 2023/2405) darauf reagiert. Diese verpflichtet ab dem 1. Januar 2025 Treibstofflieferanten und Luftfahrtunternehmen an EU-Flughäfen zur schrittweisen Bereitstellung bzw. Nutzung nachhaltiger Flugkraftstoffe.

Als bedeutendste deutsche Hafenstadt und Standort der Flugzeugproduktion, der Luftfahrt und der Mineralölindustrie inkl. Umschlag und Logistik hat sich die Freie und Hansestadt Hamburg im Koalitionsvertrag verpflichtet, aktiv zur Etablierung entsprechender Produktionsstätten beizutragen. Um dieser Verpflichtung nachzukommen, wurde die vorliegende Potenzialstudie erstellt, die die Voraussetzungen, Potenziale und Herausforderungen für Import, Lagerung, Verteilung und Produktion von biogenem SAF und eSAF in Hamburg und der Metropolregion analysiert.

Kapitel 2 behandelt den Markt- und Rechtsrahmen für SAF und JET A-1 sowie die regulatorischen Bedingungen für die Produktion. Es ordnet biogenes SAF und eSAF in den bestehenden Flugkraftstoffmarkt ein und analysiert relevante Markttrends. Ziel ist es, Transparenz über Marktgrößen, Produktionsstandorte, regulatorische Entwicklungen und bestehende Importstrukturen zu schaffen, um das Marktpotenzial für SAF realistisch zu bewerten.

Kapitel 3 untersucht darauf aufbauend die Infrastruktur, Logistik und kommerziellen Voraussetzungen für SAF in Hamburg. Im Mittelpunkt stehen der aktuelle Stand der Lager- und Infrastrukturkapazitäten in der Metropolregion Hamburg im Vergleich zu anderen maritimen Wirtschaftsräumen sowie die Bewertung der bestehenden und potenziellen logistischen Infrastruktur für regulären JET A-1-Kraftstoff im Hinblick auf die spätere Nutzung für SAF-Lieferungen und -Lagerungen.

Kapitel 4 baut auf der Beschreibung und Bewertung der Lager- und Infrastrukturkapazitäten auf und untersucht mögliche Standorte und Potenziale für die Produktion von biogenem SAF und eSAF. Ziel ist es, die wirtschaftliche und technische Machbarkeit einer lokalen SAF-Produktion in Hamburg und der Metropolregion zu ermitteln.

Kapitel 5 entwickelt aus den bisher gesammelten Informationen die Hemmnisse und Hürden, die für die generelle SAF-Produktion und die SAF-Produktion im Raum Hamburg auftreten. Es werden dabei sowohl regulatorische, ökonomische, technische, logistische als auch infrastrukturelle Hürden erfasst.

Kapitel 6 entwickelt die mögliche strategische Positionierung Hamburgs im SAF-Markt auf Grundlage der Ergebnisse aus den vorherigen Arbeitspaketen. Es stellt die regionalen Produktionspotenziale, die strategische Rolle Hamburgs im nationalen und europäischen SAF-System sowie die Auswirkungen des SAF-Marktes auf Hamburg dar.

Kapitel 7 nutzt dann die gesammelten Informationen, um Aktionsfelder für einen Markthochlauf in der Metropolregion Hamburg zu beschreiben. Dabei wird auf die bereits im Bau befindliche Produktionsanlage von Holborn und mögliche regulatorische Anpassungen eingegangen. Es werden ebenfalls die Themen Genehmigungsverfahren und Fördermaßnahmen beschrieben, die dazu führen können, die Umsetzungswahrscheinlichkeit von inländischen Produktionsanlagen zu erhöhen.

Zur besseren Verständlichkeit der folgenden Kapitel werden die Inhalte der ReFuelEU-Verordnung sowie die möglichen Produktionsprozesse für SAF bereits jetzt kurz eingeführt.

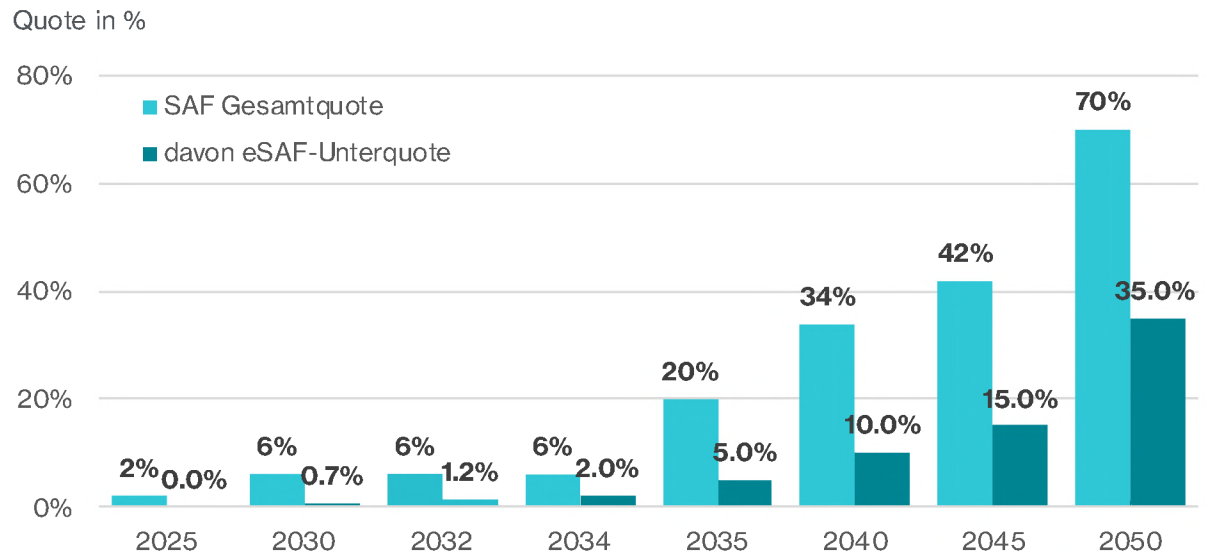
1.1 Inhalt der ReFuelEU-Verordnung

Zur Dekarbonisierung des Luftverkehrssektors hat die Europäische Union mit der ReFuelEU Aviation Verordnung (Verordnung (EU) 2023/2405) verbindliche Quoten für nachhaltige Flugkraftstoffe (Sustainable Aviation Fuel, SAF) eingeführt[1]. Diese Regulatorik verpflichtet Kraftstofflieferanten, sogenannte Unionsflughäfen mit entsprechenden SAF-Anteilen beim Flugturbinenkraftstoff zu beliefern.

Die Gesamtquote umfasst einen allgemeinen SAF-Mindestanteil am Flugkraftstoffgemisch und innerhalb dieses Mindestanteils eine spezifische Unterquote für synthetische Flugkraftstoffe. Die regulatorischen Vorgaben sehen einen stufenweisen Hochlauf vor, der bis zum Jahr 2050 einen SAF-Gesamtanteil von 70 % vorschreibt. Davon müssen mindestens 35 Prozentpunkte auf synthetische Flugkraftstoffe entfallen (siehe Abbildung 1-1).[2]

[1] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2023, Verordnung (EU) 2023/2405
[2] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2023, Verordnung (EU) 2023/2405

Abbildung 1-1: Entwicklung der SAF-Mindestquote bis 2050



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

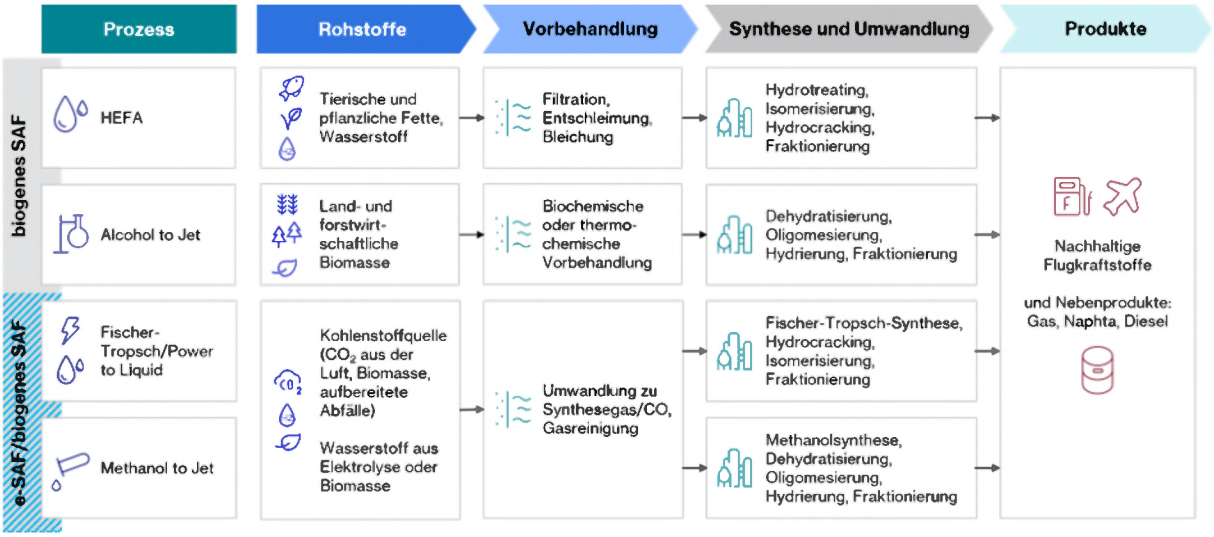
1.2 Relevante Produktionsverfahren von biogenem SAF und eSAF

Bei den nachhaltigen Flugkraftstoffen wird grundsätzlich in biogenes SAF und synthetisches SAF (eSAF) unterschieden. Biogenes SAF beschreibt Biokraftstoffe für die Luftfahrt, die Biomasse für die Herstellung des Kraftstoffs nutzt. Hierfür kommen unter anderem landwirtschaftliche Abfälle, Ölsaaten oder Algen in Betracht. eSAF oder auch synthetische Flugkraftstoffe werden durch die Synthese von Wasserstoff und CO_2 hergestellt. Damit eSAF auch klimafreundlich ist, muss der Wasserstoff klimaneutral erzeugt werden und das verwendete CO_2 der Atmosphäre vorab entzogen werden, zum Beispiel durch Direct Air Capture.

Die derzeit relevantesten Verfahren teilen sich wie folgt auf (siehe Abbildung 1-2):

- **HEFA-Verfahren (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids):** Ein biogener Pfad, der auf dem Einsatz von gebrauchten Speiseölen oder tierischen Fetten basiert.
- **Alcohol-to-Jet-Verfahren (AtJ):** Ein biogener Pfad, bei dem die eingesetzte Biomasse zunächst in Alkohol umgewandelt und folgend zu SAF synthetisiert wird.
- **Fischer-Tropsch-Verfahren (FT):** Dieses Verfahren kann je nach bereitgestellten Ausgangsstoffen sowohl für biogenes SAF als auch für eSAF genutzt werden. Unabhängig vom Rohstoff wird zunächst ein Synthesegas erzeugt, das mittels der Fischer-Tropsch-Synthese in flüssige Kohlenwasserstoffe umgewandelt wird.
- **Methanol-to-Jet-Verfahren (MtJ):** Dieses eSAF-Produktionsverfahren wird in Zukunft voraussichtlich eine bedeutende Rolle einnehmen. Im Gegensatz zu den vorgenannten Pfaden befindet sich das MtJ-Verfahren, bei dem aus eMethanol kurzkettige, ungesättigte Kohlenwasserstoffe generiert und in weiteren Stufen zu SAF verarbeitet werden, aktuell noch im Zertifizierungsprozess und besitzt noch keine finale Marktzulassung. Wird das eingesetzte Methanol über biogene Rohstoffe hergestellt, kann mit diesem Verfahren ebenfalls biogenes SAF produziert werden.

Abbildung 1-2: Überblick ausgewählter Produktionsverfahren für biogenes SAF und eSAF



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Bei der Herstellung von SAF lässt es sich chemisch nicht vermeiden, dass neben den gewünschten Molekülen auch kürzere und längere Kohlenwasserstoffketten entstehen. Die häufigsten entstehenden Nebenprodukte sind dabei Flüssiggas, Naphta und Diesel (HVO). Da die Produktionsanlagen unterschiedlich eingestellt werden können, können sie in gewissen Grenzen die Produktionsanteile verschieben. Die maximalen Anteile an produziertem SAF unterscheiden sich dabei nach Produktionsverfahren und nach Ausrüstung der spezifischen Anlagen, weswegen hier Abweichungen für den maximalen Produktionsanteil SAF auftreten können. Beim HEFA-Prozess kann ca. 50-60 % SAF produziert werden. Bei Alcohol-to-Jet ca. 70 %, beim biogenen FT-Pfad ca. 60 %, beim synthetischen FT-Pfad bis zu knapp über 80 % und beim Methanol-to-Jet-Verfahren bis zu 90 %. Bei den Nebenprodukten haben meistens Diesel und Naphta die größten Anteile.

2 Markt- und Rechtsrahmenanalyse SAF / JET A-1

In diesem Abschnitt findet eine Einordnung von SAF im bestehenden Flugkraftstoffmarkt (insb. JET A-1) sowie eine Analyse von Markttrends sowie rechtlicher Rahmenbedingungen statt. Ziel ist es, Transparenz über Marktgrößen, Produktionsstandorte, regulatorische Entwicklungen und bestehende Importstrukturen zu schaffen, um das Marktpotenzial für SAF realistisch zu bewerten. Darauffolgend wird eine Marktanalyse der aktuellen Produktströme und der vorhandenen Versorgungslogistik und eine Wettbewerbsanalyse durchgeführt, in der Hamburg den europäischen Häfen Rotterdam und Le Havre gegenübergestellt wird. Abgeschlossen wird das Kapitel von einer Einführung in die gesetzlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen der SAF-Arten und der verschiedenen SAF-Herstellungsprozesse.

2.1 Marktanalyse zu Status Quo und Entwicklung der Versorgung

Im ersten Schritt wird die weltweite und regionale (Europa, Amerika, Asien usw.) Produktion sowie der Verbrauch von Kerosin für den Flugverkehr (JET A-1) dargestellt, um eine Supply-Demand-Bilanz im Status quo aufzuzeigen. Der Verbrauch von JET A-1 in Deutschland, Tschechien, Polen und Österreich wird dabei detailliert dargestellt. Anschließend wird die mögliche Entwicklung dieser Bilanz bis zum Jahr 2045 aufgezeigt.

In dieser Bilanz wird anschließend dargestellt, welche Mengen SAF laut den Prognosen zu erwarten sind. Dabei werden auch gesetzliche Vorgaben wie die Quotenregelung der EU und der darin enthaltene SAF-Flexibilitätsmechanismus für die Allokation der Mengen im Hochlauf berücksichtigt. Der Fokus liegt hierbei wiederum auf den eben erwähnten Ländern.

Zusätzlich stellen wir die bestehenden und geplanten SAF-Produktionsstandorte mit den jeweiligen Kapazitäten für SAF zusammen.

2.1.1 Aktuelle Verbrauchsanalyse und Versorgungsstrukturen im Status Quo

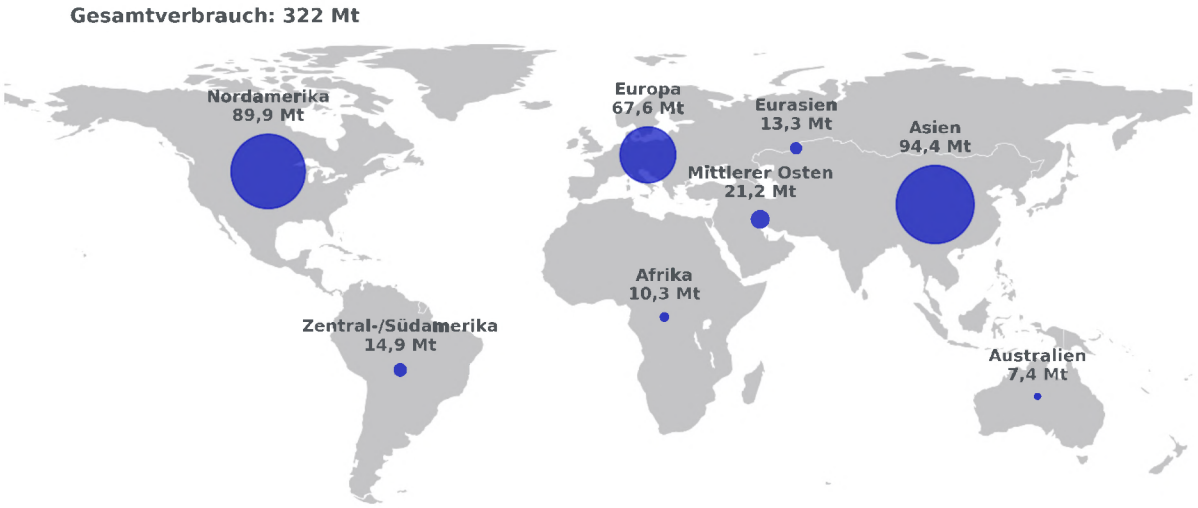
Globale und europäische Nachfrage

Im Jahr 2024 hat der globale Gesamtverbrauch von Flugkraftstoff mit 322 Mt erstmals wieder das Niveau von 2019 vor Ausbruch der Corona-Pandemie überschritten (siehe Abbildung 2-1). Die weltweit größte Einzelnachfrage verzeichneten die USA mit 78,5 Mt, gefolgt von China, das mit rund 35 Mt den größten Bedarf auf dem asiatischen Kontinent aufweist.[3]

[3] US Energy Information Administration, zuletzt aufgerufen 16.06.2026

Abbildung 2-1: Weltweite JET A-1 Nachfrage

eigene Darstellung, basierend auf Daten von US Energy Information Administration[4]



Quelle: eigene Darstellung basierend auf EIA

© Prognos AG

Innerhalb der Europäischen Union (EU27) erreichte die Nachfrage nach JET A-1 im Jahr 2024 fast wieder das Vorkrisenniveau und lag mit ca. 46,3 Mt nur noch 1 Mt unter dem Wert von 2019. Deutschland hat in der EU den größten JET A-1 Verbrauch mit ca. 9 Mt, liegt aber 2024 noch 1 Mt hinter dem Vor-Corona-Verbrauch (siehe Abbildung 2-2). Frankreich und Spanien stellen nach Deutschland mit jeweils rund 7,3 Mt die größten Verbraucher dar. Die drei tiefergehend betrachteten Nachbarländer Deutschlands zeigen im Jahr 2024 eine Dynamik, die das Niveau von 2019 bereits überstiegen hat: Polen verzeichnete einen Verbrauch von 1,3 Mt, Österreich von 0,94 Mt und Tschechien von 0,45 Mt[5].

Produktions- und Importbilanz

Die globalen Produktionskapazitäten spiegeln die Schwerpunkte der Nachfrage wider. Die USA weisen für das Jahr 2024 mit rund 83 Mt die weltweit größte Produktion auf, gefolgt von China (48,6 Mt), Südkorea (18,3 Mt) und Indien (17,1 Mt). Innerhalb Europas verfügen die Niederlande mit 7,2 Mt über das größte Produktionsvolumen, gefolgt von Deutschland mit 4,8 Mt[6].

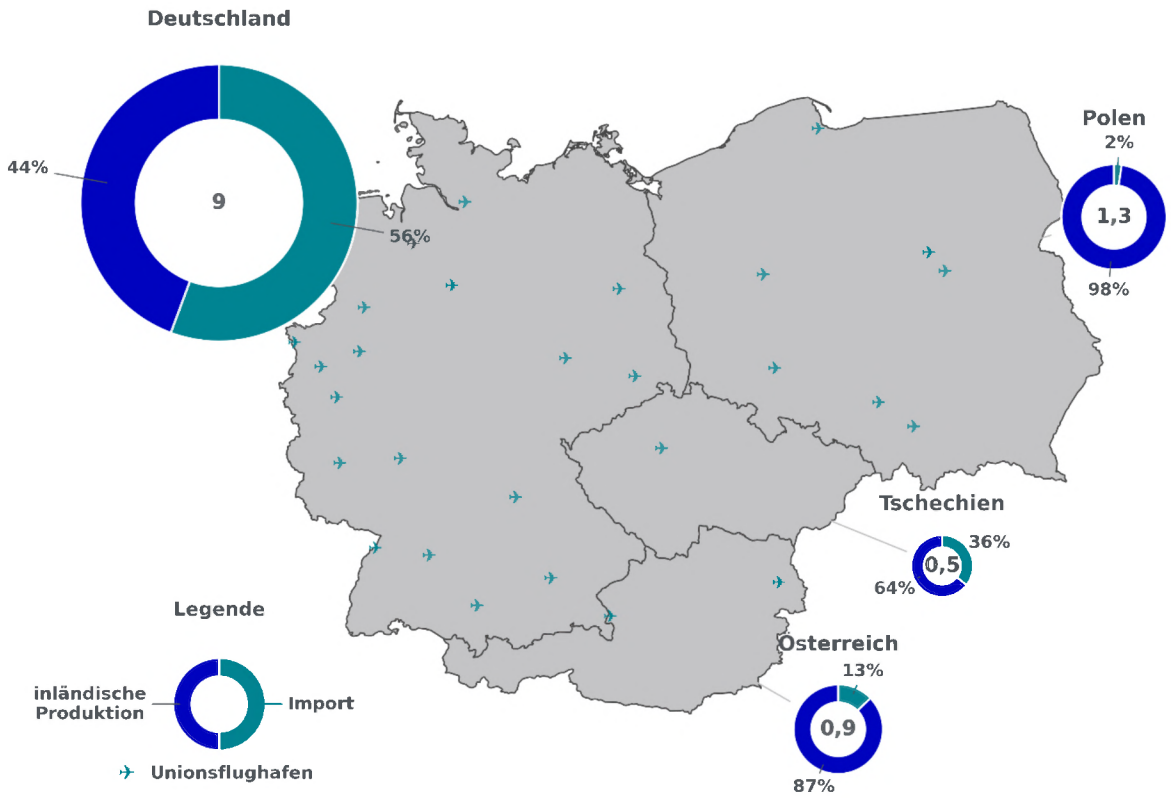
Hinsichtlich der Versorgungsstruktur ist die EU stark auf Außenhandelsströme angewiesen; die durchschnittliche Importquote liegt bei rund 60 %. Am deutschen Markt wird diese Importabhängigkeit beispielhaft deutlich: Während der inländische Verbrauch bei 9 Mt liegt, wurden in den deutschen Raffinerien lediglich 4,8 Mt JET A-1 produziert. Diesem Defizit steht ein Importvolumen von 5,9 Mt gegenüber[7]. Die rechnerische Differenz zum tatsächlichen Inlandsverbrauch wird durch Exporte ausgeglichen. Deutschland deckt seinen Importbedarf dabei

[4] US Energy Information Administration, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[5] Eurostat, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[6] US Energy Information Administration, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[7] en2x, 2024

zu einem signifikanten Teil aus einer einzigen Quelle: 5,0 Mt der insgesamt 5,9 Mt importierten Mengen stammen aus den Niederlanden. Die Niederlande wiederum fungieren als internationaler Hub und beziehen ihre Mengen aus verschiedenen Herkunftsländern weltweit, darunter 1,6 Mt aus Kuwait, 1,0 Mt aus Indien und 0,49 Mt aus den Vereinigten Arabischen Emiraten (VAE).[8]

Abbildung 2-2: JET A-1 Bedarf und Importquote in Mt

eigene Darstellung, basierend auf Daten von Eurostat[9]



Quelle: eigene Darstellung basierend auf Eurostat

© Prognos AG

Ein Blick auf die betrachteten Nachbarländer zeigt teils deutlich geringere Abhängigkeiten vom internationalen Außenhandel. In Polen findet die Flugkraftstoffproduktion fast zu 100 % in inländischen Raffinerien statt. Die Importquote liegt bei lediglich 2 %. Österreich weist mit einer Quote von 13 % eine ebenfalls geringe Importabhängigkeit auf. Die Importmengen werden zu jeweils etwa 50 % aus Deutschland und Slowenien bezogen. In Tschechien liegt die Importquote mit ca. 36 % deutlich über der österreichischen und polnischen Quote, verbleibt jedoch signifikant unter dem deutschen Niveau. Tschechien erhält den größten Teil seiner Importe aus Deutschland (ca. 115 kt).[10]

[8] Eurostat, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[9] Eurostat, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[10] Eurostat, zuletzt aufgerufen 16.06.2026

2.1.2 Zukünftige Entwicklung der Versorgungs- und Verbrauchsbilanz bis 2050

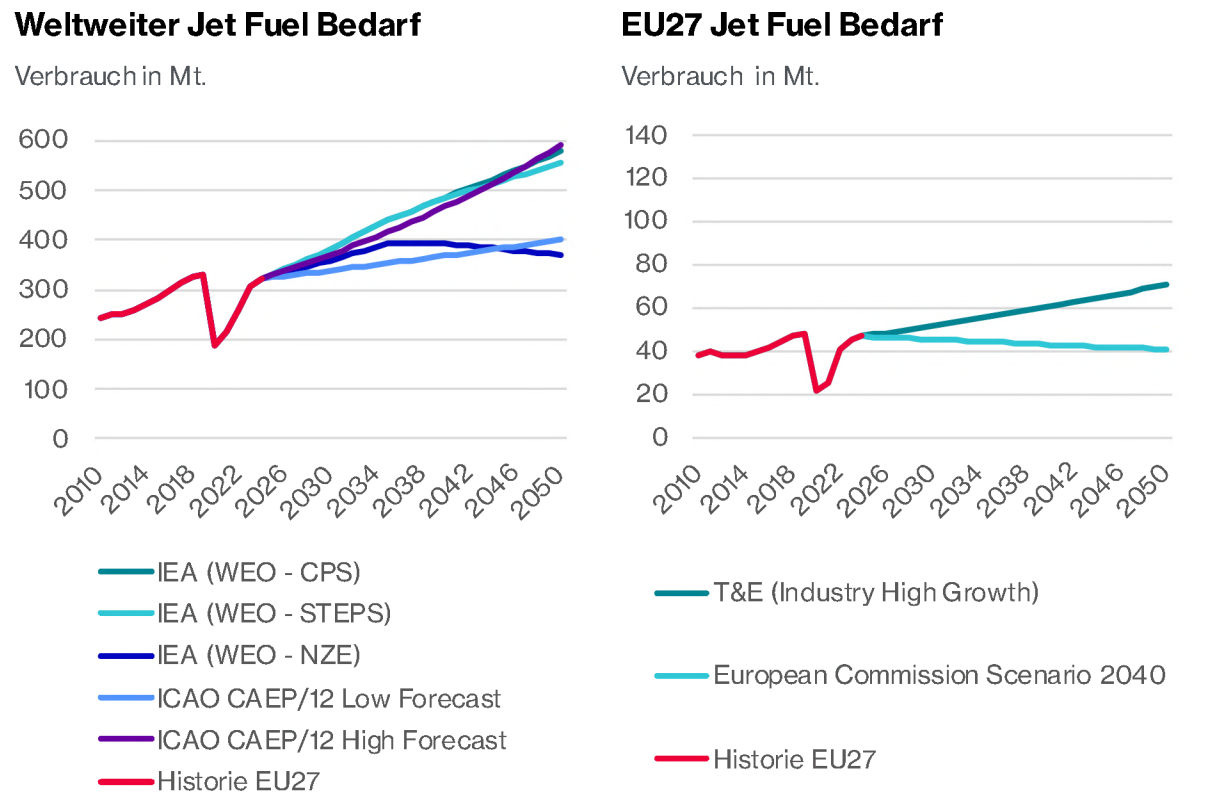
Für die zukünftige Entwicklung des JET A-1-Bedarfs existieren in der Fachliteratur große Spannweiten. Während die globalen Wachstumsannahmen meist zwischen 1,5 % und 4 % pro Jahr liegen, wird für den europäischen Markt eine moderatere Entwicklung prognostiziert. Dies begründet sich im Sättigungsgrad des europäischen Marktes sowie in kontinuierlichen Effizienzgewinnen bei Flugzeugen, welche die physischen Mengenanstiege ausgleichen oder sogar übersteigen können, sodass teilweise von einem sinkenden absoluten Bedarf ausgegangen wird[11][12][13]. Um die zukünftigen SAF-Mengen adäquat abschätzen zu können, führt diese Studie weltweite und europäische Szenarien zusammen.

Für die globale Projektion werden etablierte Szenarien aus der Literatur gegenübergestellt (siehe Abbildung 2-3, linke Seite). Aus dem *World Energy Outlook 2025* der Internationalen Energieagentur (IEA) fließen das *Current Policies Scenario*, das *Stated Policies Scenario* und das *Net Zero Emissions Scenario* ein. Diese werden mit dem *Low Forecast* und *High Forecast* des *Committee on Aviation Environmental Protection* (CAEP) der ICAO verglichen. In der Gesamtheit bilden diese globalen Szenarien eine Spannweite von durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten zwischen 0,5 % und circa 2,4 % ab[14][15].

Für den europäischen Raum (EU27) wird das *Industry High Growth Scenario* von *Transport and Environment* (T&E) mit dem *EC 2040 modelling scenario* der Europäischen Kommission verglichen (siehe Abbildung 2-3, rechte Seite). Das T&E-Szenario unterstellt eine Steigerung der reinen Flugaktivität um jährlich 3,3 %. Nach Abzug von Effizienzgewinnen resultiert daraus eine durchschnittliche jährliche Kraftstoff-Wachstumsrate von 1,6 %. Das EC 2040 Szenario der EU geht von einem Aktivitätswachstum von 1,4 % aus. Durch die Kompensation mittels Effizienzgewinnen führt dieses Szenario zu einer Netto-Reduktion des JET A-1-Fuel-Bedarfs von durchschnittlich -0,5 % pro Jahr[16].

[11] IATA, 2025
[12] energycomment Hamburg, 2025, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[13] UBA, 2019
[14] IEA, 2025
[15] Fleming, de Lépinay, Schaufele
[16] T&E, 2025

Abbildung 2-3: Zukünftige Entwicklung des Flugkraftstoffbedarfs
eigene Darstellung, basierend auf Daten der IEA, Fleming et. al und T&E[17][18][19]



Quelle: eigene Darstellung basierend auf IEA, Fleming et. al. T&E

© Prognos AG

Da die rechtlichen Vorgaben der europäischen Verordnung „ReFuelEU Aviation“ (Verordnung (EU) 2023/2405) als prozentuale Quoten an den Gesamtabsatz des Flugkraftstoffs gekoppelt sind, ergeben sich in Abhängigkeit von den oben skizzierten Verbrauchsszenarien unterschiedliche absolute SAF-Mengenbedarfe. Unter der Annahme eines Netto-Wachstums von 1,6 % pro Jahr steigt der Flugkraftstoffbedarf in der EU27 bis zum Zielhorizont auf 70,7 Mt an; für Deutschland bedeutet dies einen Anstieg des Gesamtkerosinbedarfs auf 13,7 Mt. Daraus leiten sich folgende absolute SAF-Bedarfe ab:

- **EU27:** 3,1 Mt im Jahr 2030, ansteigend auf 49,5 Mt im Jahr 2050.
- **Deutschland:** 0,6 Mt im Jahr 2030, ansteigend auf 9,6 Mt im Jahr 2050.

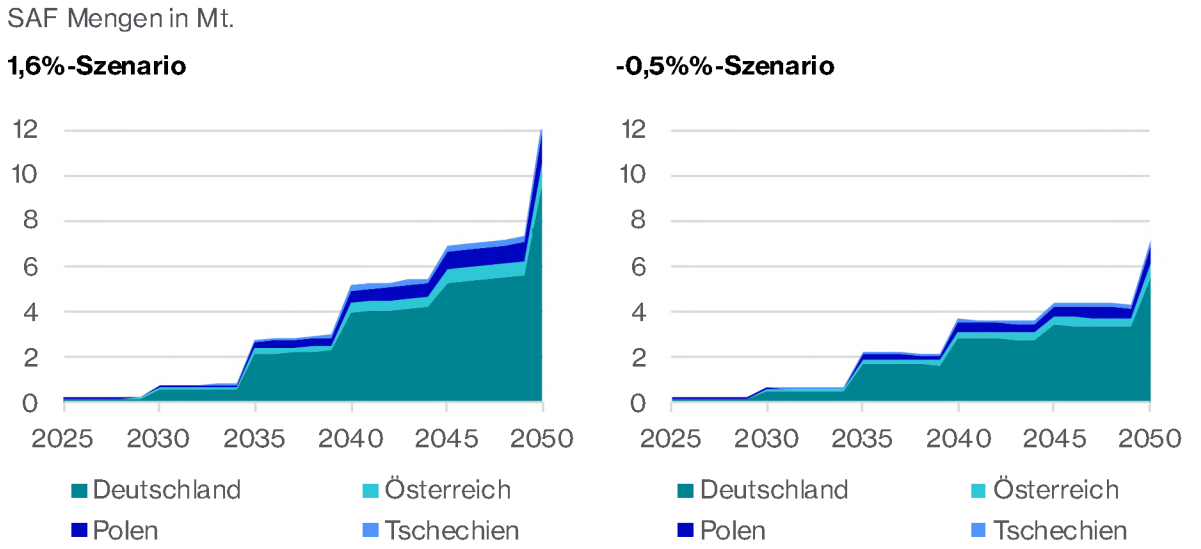
Unter der Annahme einer verbrauchsseitigen Reduktion von 0,5 % pro Jahr sinkt der Gesamtbedarf an Flugkraftstoff in der EU27 auf 41,1 Mt und in Deutschland auf 7,9 Mt. Daraus ergeben sich reduzierte absolute SAF-Bedarfe:

[17] IEA, 2025
[18] Fleming, de Lépinay, Schaufele
[19] T&E, 2025

- **EU27:** 2,7 Mt im Jahr 2030, ansteigend auf 28,8 Mt im Jahr 2050.
- **Deutschland:** 0,5 Mt im Jahr 2030, ansteigend auf 5,6 Mt im Jahr 2050.

Für die kumulierte Betrachtung der Länder Deutschland, Polen, Österreich und Tschechien ergeben sich signifikante Mengenunterschiede im Zeitverlauf (siehe Abbildung 2-4). Im Wachstumsszenario (+1,6 % p.a.) steigt der gemeinsame SAF-Bedarf dieser vier Länder von 0,77 Mt im Jahr 2030 auf 12,41 Mt im Jahr 2050. Im Reduktionsszenario (-0,5 % p.a.) liegt der Bedarf im Jahr 2030 bei 0,68 Mt und erreicht 7,21 Mt im Jahr 2050. Der relative Beitrag zum SAF-Gesamtbedarf durch Polen, Österreich und Tschechien ist im Vergleich zu Deutschland gering. Je nach gewähltem Szenario beläuft sich der addierte Anteil dieser drei Nachbarländer im Jahr 2030 auf lediglich rund 0,16 Mt bis 0,18 Mt.

Abbildung 2-4: Kumulierter SAF-Bedarf in den Ländern Deutschland, Polen, Österreich und Tschechien



Quelle: eigene Darstellung, basierend auf eigenen Berechnungen

© Prognos AG

2.1.3 Analyse bestehender und geplanter SAF-Produktionsstandorte

Der Markt für nachhaltige Flugkraftstoffe ist durch eine hohe Dynamik und erhebliche Unsicherheiten in der Kapazitätsprognose gekennzeichnet. Grund hierfür ist eine ausgeprägte Projektfluktuation, bei der angekündigte Projekte gestoppt oder abgebrochen werden, Mengen angepasst oder neue Vorhaben initiiert werden. Zudem basiert die Datenlage oft auf unvollständigen Informationen der Projektierer oder aus Pressemitteilungen. Zur Harmonisierung und Abbildung von Entwicklungsspannweiten werden für diesen Bericht Daten aus dem *CENA SAF-Outlook 2025-2030*[20], dem *SAF Market Outlook 2025*[21], dem *ReFuelEU Aviation Annual*

[20] CENA Hessen, 2025
[21] SkyNRG & ICF, 2025

Technical Report 2025[22] sowie dem *e-Kerosene Report*[23] aggregiert. Da diese Berichte bis Mitte 2025 veröffentlicht wurden, bildet der Datenstand das Ende des Jahres 2024 ab.

Globaler und europäischer Projektstatus

Die weltweiten SAF-Produktionsmengen für das Jahr 2030 werden aktuell auf eine Spannweite von 18 bis 35 Mt geschätzt. Per Ende 2024 wurden global 265 Projekte in 45 Ländern identifiziert. Dabei zeigt sich eine starke geografische Konzentration. Die USA und Deutschland vereinen rund ein Drittel aller weltweiten Projekte auf sich, während sich in 20 Ländern lediglich jeweils ein einziges Vorhaben in der Entwicklung befindet. Von diesen 265 Projekten befanden sich 49 bereits in Betrieb, darunter 31 industrielle Produktionsstätten (13 in Europa, 10 in Asien, 8 in Nordamerika), ergänzt durch 12 Pilot- und 6 Forschungsanlagen.[24]

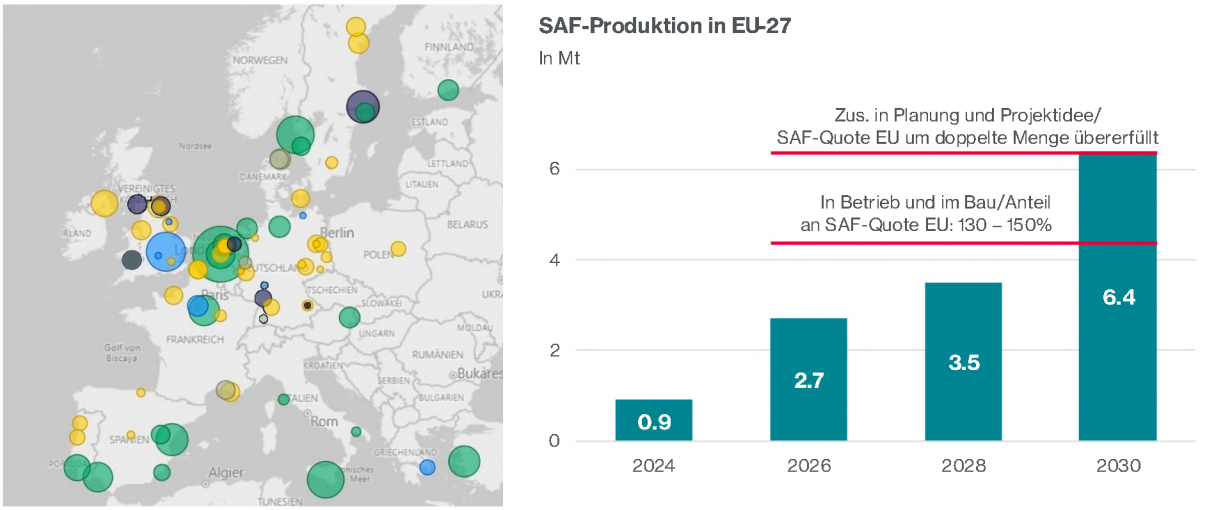
Innerhalb der EU weisen 17 Mitgliedstaaten aktive Produktionsaktivitäten auf. Unter der konservativen Annahme, dass nur jene Projekte realisiert werden, die sich Ende 2024 bereits in Betrieb oder im Bau befanden, kann für das Jahr 2030 eine europäische Kapazität von ca. 3,5 Mt erwartet werden (siehe Abbildung 2-5). In diesem Szenario wäre jedoch noch keine eSAF-Anlage im kommerziellen Betrieb. Unter der optimistischen Annahme, dass auch fortgeschrittene Planungsstadien ohne finalen Investitionsentscheid (Final Investment Decision, FID) realisiert werden, ist eine Gesamtkapazität von 5,6 Mt (davon 1,6 Mt eSAF) in der EU denkbar.[25][26][27] Es ist bei den Kapazitäten jedoch zu berücksichtigen, dass Produktionsanlagen eine Hochlaufphase durchlaufen und die Nennkapazität meist nicht im ersten Produktionsjahr erreichen. Somit könnten die hier genannten Mengen zu Produktionsstart noch niedriger liegen.

Besonders der Hochlauf von synthetischem eSAF ist mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Zwar liegen mit 41 angekündigten Vorhaben in Europa mehr als die Hälfte aller weltweiten eSAF-Projekte auf dem europäischen Kontinent, jedoch existiert derzeit noch keine kommerzielle eSAF-Anlage mit einer finalen Investitionsentscheidung. Da im Gegensatz dazu die im Bau und Betrieb befindlichen biogenen SAF-Anlagen die regulatorischen Quoten für 2030 voraussichtlich decken können, wird für eSAF-Projekte erwartet, dass die FID spätestens im Jahr 2026 getroffen werden muss, um einen Produktionsstart bis 2030 realistisch zu halten.[28]

[22] EASA, 2025
[23] T&E, 2025
[24] CENA Hessen, 2025
[25] EASA, 2025
[26] SkyNRG & ICF, 2025
[27] NOW GmbH, 2024
[28] T&E, 2025

Abbildung 2-5: SAF-Produktionsstandorte Europa*[29]

*Einige der auf der Karte dargestellten Produktionsstandorte haben mittlerweile das Projekt pausiert oder abgebrochen



Quelle: links Karte vom SAF-Monitor der CENA, rechts basierend auf eigenen Berechnungen

© Prognos AG

Nationale Kapazitäten

Mit 31 identifizierten Projekten (Stand: 31.12.2024), aufgeteilt in 13 Industrieanlagen und 18 Forschungs- bzw. Pilotanlagen, verfügt Deutschland über die zahlenmäßig meisten Projektstandorte in Europa (siehe Abbildung 2-6). Trotz dieser hohen Projektanzahl wird prognostiziert, dass im Jahr 2030 die Niederlande, das Vereinigte Königreich (UK) und Schweden aufgrund von Großprojekten rund die Hälfte der europäischen Gesamtkapazität stellen werden.[30] In der reinen eSAF-Spezialisierung nimmt derweil Frankreich mit 11 Projekten und einer erwarteten Kapazität von 0,8 Mt die europäische Vorreiterrolle ein.[31]

Für Deutschland wird ein Anstieg der inländischen SAF-Mengen von 56 kt im Jahr 2026 über 0,35 Mt im Jahr 2028 auf 0,42 Mt im Jahr 2030 erwartet. Das größte Einzelprojekt im deutschen Raum ist das Vorhaben von Holborn in Hamburg mit einer projektierten Kapazität von 0,11 Mt im Jahr 2030, was die strategische Bedeutung des Standorts Hamburg unterstreicht. Ein ursprünglich größeres Vorhaben der Firma Sasol in Schkeuditz, welches die geplante deutsche Gesamtkapazität verdoppelt hätte, wurde infolge der Insolvenz des vorgesehenen Wasserstofflieferanten ausgesetzt.[32]

Österreich verfügt über eine eigene nationale SAF-Roadmap. Realisiert ist derzeit ein SAF-Co-Processing in einer Raffinerie der OMV, zudem existiert eine Pilotanlage zur Erzeugung von synthetischem SAF. Obwohl die OMV plant, ihre Produktionskapazitäten bis 2030 deutlich zu

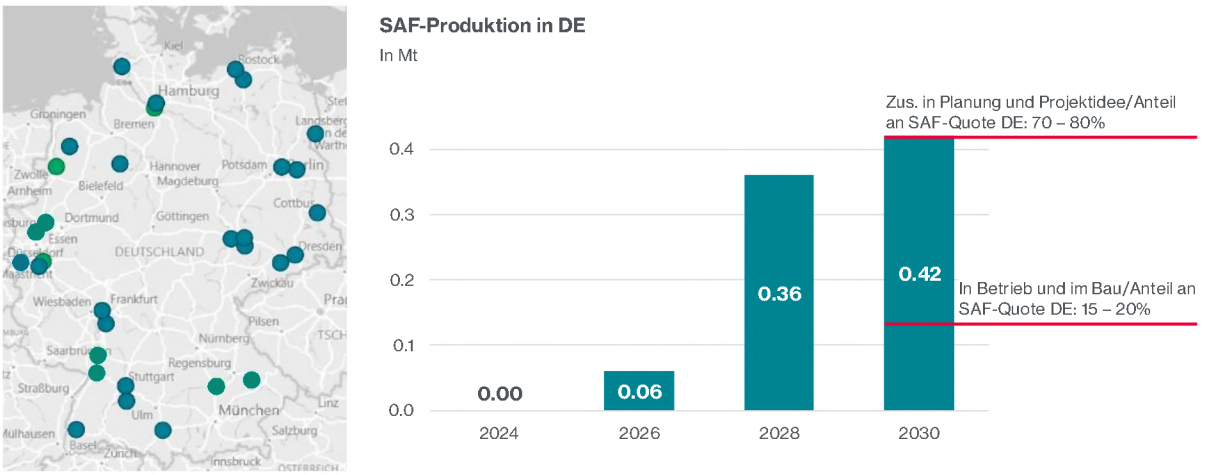
[29] NOW GmbH, SAF-Monitor, 2024, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[30] CENA Hessen, 2025
[31] T&E, 2025
[32] CENA Hessen, 2025

erweitern, bezieht sich diese Erweiterung nicht ausschließlich auf österreichische Standorte. Das Land wird daher zumindest mittelfristig von Kraftstoffimporten abhängig bleiben.[33]

Am Flughafen Prag erfolgt bereits eine Versorgung mit biogenem SAF durch den Konzern Orlen (Stand 2025). Die polnische Fluggesellschaft LOT Polish Airlines hat ebenfalls einen verbindlichen Abnahmevertrag mit dem polnischen Mineralölkonzern Orlen unterzeichnet.[34] ORLEN baut sein Produktionsportfolio aktuell aus. In Płock entsteht eine Anlage, die neben Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) auch biogenes SAF im HEFA-Verfahren produzieren soll. Die kommunizierte Gesamtkapazität für HVO und SAF beträgt rund 0,3 Mt (biofuels international, 2022). Zusätzlich projektiert der Konzern eine eSAF-Anlage in Warschau mit einer Kapazität von 70 kt e-Fuels[35]. Im Gegensatz dazu sind in Tschechien zum aktuellen Betrachtungszeitpunkt noch keine eigenen inländischen SAF-Produktionsaktivitäten bekannt.

Abbildung 2-6: SAF-Produktionsstandorte Deutschland*[36]

*Einige der auf der Karte dargestellten Produktionsstandorte haben mittlerweile das Projekt pausiert oder abgebrochen



Quelle: links Karte vom SAF-Monitor der CENA, rechts basierend auf eigenen Berechnungen

© Prognos AG

Insgesamt zeigt sich, dass die aktuelle Versorgung mit Flugkraftstoff stark durch etablierte globale Handelsstrukturen und eine hohe Importabhängigkeit, insbesondere in Europa und Deutschland, geprägt ist. Gleichzeitig verdeutlichen die Szenarien zur zukünftigen Entwicklung, dass der Bedarf an nachhaltigen Flugkraftstoffen infolge regulatorischer Vorgaben deutlich ansteigen wird, wobei die Höhe der benötigten Mengen stark von der Entwicklung des Luftverkehrs abhängt. Demgegenüber steht eine noch unsichere und nur begrenzt skalierte Produktionslandschaft, in der insbesondere eSAF weiterhin ein hohes Entwicklungsrisiko aufweist. Daraus ergibt sich eine strukturelle Lücke zwischen steigender Nachfrage und

[33] BMIMI, 2025
[34] ORLEN, 2025, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[35] ORLEN, 2024, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[36] NOW GmbH, SAF-Monitor, 2024, zuletzt aufgerufen 16.06.2026

verfügbaren Produktionskapazitäten, wodurch Importstrukturen und internationale Handelsbeziehungen für die zukünftige Versorgung eine zentrale Rolle einnehmen werden.

2.2 Marktanalyse zu Produktströmen und Versorgungslogistik

JET A-1, der standardisierte Flugkraftstoff für den kommerziellen Luftverkehr, wird in Europa überwiegend in konventionellen Raffinerien hergestellt oder im Rahmen von Co-Processing- und Blending-Prozessen in raffinerienahen Terminals aufbereitet.[37] Die anschließende Verteilung zu den Flughäfen erfolgt über ein multimodales Logistiksystem, das je nach regionaler Infrastruktur Pipelines,[38] See- und Binnenschifffahrt, Eisenbahn sowie Straßentransport kombiniert.[39]

2.2.1 NATO Pipeline System

In Westeuropa ist mit dem NATO Pipeline System (NPS) ein dichtes Versorgungsnetz für Kerosin vorhanden. Insgesamt gab es zehn Systeme, zwei multinationale und acht nationale, die 13 Länder mit mehr als 10.000 Kilometer Pipeline versorgen.[40] Dieses Netz wurde im Verlauf des Kalten Kriegs in den NATO-Staaten aufgebaut, um im Krisenfall eine sichere Treibstoffversorgung der Streitkräfte in Europa gewährleisten zu können. Das erste Pipelinesystem war das 1958 fertiggestellte Central European Pipeline System (CEPS), welches sich über mehr als 5.000 Kilometer über Spanien, Frankreich, Deutschland, Luxemburg, Belgien und die Niederlande erstreckt und damit das größte Element des NPS ist.[41] Das North European Pipeline System (NEPS) ist die zweite multinationale Verbindung und verläuft zwischen Deutschland und Dänemark. Weitere nationale Elemente befinden sich in Island, Norwegen, Portugal, Norditalien, Griechenland und zwei in der Türkei.[42] Eine weitere Pipeline des NPS verlief im Vereinigten Königreich, diese wurde allerdings im Jahr 2015 an ein spanisches Unternehmen verkauft. Mit dem Ende des Kalten Kriegs veränderten sich die militärischen Anforderungen und die NATO verlagerte ihre Aufmerksamkeit verstärkt auf Krisengebiete im Nahen Osten. Auch um Kosten zu sparen, kam es so zu einem verstärkten Rückbau des Pipelinesystems.[43]

Das NATO Pipeline System dient nicht nur militärischen Zwecken. Auch zivile Flughäfen sind zum Teil angebunden. Der Anteil ziviler Nutzungen am CEPS beträgt mittlerweile 90 Prozent. Unter anderem die Flughäfen Amsterdam, Brüssel, Frankfurt am Main und Köln/Bonn sind direkt an die Pipeline angeschlossen[44] und die Flughäfen in München, Berlin-Schönefeld (mittlerweile BER), Stuttgart und Leipzig werden durch CEPS mitversorgt, sind aber nicht an das System angeschlossen (siehe Abbildung 2-7).[45]

[37] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, Verordnung (EU) 2023/2405, 2023
[38] OMV, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[39] Fruhstorfer, Bienefeld, & Schenke, 2024
[40] OSW, 2025, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[41] NATO Defense College, 2020
[42] OSW, 2025, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[43] NATO Defense College, 2020
[44] NATO OTAN, 2012, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[45] Bundeswehr, 2021, zuletzt aufgerufen 16.06.2026

Abbildung 2-7: Anbindung von Flughäfen an CEPS und NEPS in Mitteleuropa



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Der Osten Europas ist noch nicht durch Pipelines der NATO erschlossen, allerdings gibt es seit dem russischen Angriffskrieg auf die Ukraine Bestrebungen, ein osteuropäisches Pipelinesystem zu errichten und an bestehende Elemente des NPS anzubinden.[46] Neben dem NATO Pipeline System gibt es weitere lokale Pipelines zur Distribution des Rohöls. Die NWO-Pipeline führt beispielsweise von Wilhelmshaven etwa 400 Kilometer Richtung Süden nach Köln und versorgt mehrere Raffinerien im Ruhrgebiet und in Niedersachsen mit Rohöl,[47] welches zu JET A-1 weiterverarbeitet wird.

Etwa 75 Prozent des Kerosinbedarfs in Europa wird, in Form von Rohöl oder fertigem JET A-1, importiert. Deshalb sind besonders die Seehäfen Amsterdam-Rotterdam-Antwerpen (ARA) sowie Le Havre in Frankreich als Eintrittspunkte für die Verteilung von JET A-1 relevant.[48] Von diesen

[46] OSW, 2025, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[47] bp Deutschland, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[48] Fruhstorfer, Bienefeld, & Schenke, 2024

Standorten wird der Kraftstoff nicht nur in Pipelines in Europa verteilt, sondern auch mit Binnenschiffen über den Rhein. Die Flughäfen in Zürich, Amsterdam und Frankfurt erhalten so beispielsweise einen Teil ihres Treibstoffbedarfs.[49] Die letzte Meile vom Binnenhafen zum Flughafen erfolgt dann wieder per Pipeline oder aber durch LKW-Transporte.[50] Der Hamburger Flughafen wird ausschließlich über die Straße mit JET A-1 beliefert. Er bezieht den Kraftstoff aus der etwa 100 Kilometer entfernten Raffinerie Heide.[51] Diese besitzt in Brunsbüttel ein Tanklager, welches Rohöl aus dem Förderbetrieb Mittelplate sowie aus dem Rest der Welt per Seeschifffahrt bezieht.[52] Auch der Düsseldorfer Flughafen wird per Lkw beliefert. Das Kerosin stammt aus den Raffinerien in Gelsenkirchen und Wesseling, welche über die NWO-Pipeline mit Rohöl versorgt werden.[53] Die Anbindung des Stuttgarter Flughafens an CEPS wurde aufgrund von Anwohnerbedenken vorerst zurückgestellt. Auch hier erfolgt die Belieferung auf der letzten Meile per Lkw vom Tanklager Plochingen aus.[54] Das Tanklager kann per Straße, Bahn oder Schiff beliefert werden.

Die Metropolregion Hamburg ist durch die Elbe direkt an die Nordsee angebunden. In südöstliche Richtung sind Berlin, Halle und Dresden sowie Polen und Tschechien direkt auf dem Wasserweg zu erreichen. Über den Elbe-Seitenkanal, Mittelland- und Dortmund-Ems-Kanal ist auch das Ruhrgebiet und der Rhein angebunden.[55] Dies bietet in Zukunft das Potenzial, SAF per Binnenschiff in diese Regionen zu verteilen. Doch gerade der Transport auf der Wasserstraße hat in den letzten Jahren mit vielen Herausforderungen zu kämpfen, da die Pegelstände der Flüsse - Rhein, Donau und Elbe - durch Hitzephasen sinken und ein Transport mit dem Binnenschiff nicht oder nur eingeschränkt möglich ist.[56] Der schnellere und verlässlichere Weg Richtung Süden und Osten ist aktuell über die Straße oder Schiene.

Insgesamt basiert die Versorgung der Flughäfen in Europa mit JET A-1 auf einem Zusammenspiel verschiedener Verkehrsträger. Das Rohöl kommt zu großen Teilen an den europäischen Tiefseehäfen an und wird dort direkt veredelt oder mit Kesselwagen auf der Straße, Schiene, per Binnenschiff oder Pipeline zu Raffinerien transportiert. Dort erfolgen die Aufbereitung und der Weitertransport zu den Abnehmern, erneut per LKW, Bahn oder Pipeline.[57]

Während für JET A-1 bereits eine ausgereifte Logistik existiert, steht die Versorgung mit SAF und besonders seinen Vorprodukten noch am Anfang. Zu den wichtigsten Rohstoffen zur biogenen SAF-Herstellung gehören Biomasse, wie z. B. Altfette und Öle, Wasserstoff und CO_2. Die größte Menge an SAF basiert aktuell auf der Verarbeitung von Fetten und Ölen.[58] Diese kommen zu 69 Prozent aus Nicht-EU-Ländern. Auch regional verfügbare Abfallstoffe werden in Raffinerien verarbeitet und dann an die Abnehmer geliefert, allerdings sind diese Mengen begrenzt.[59] Der Bremer Flughafen wird bereits seit 2022 mit biogenem SAF beliefert. Dieses wird von Neste in

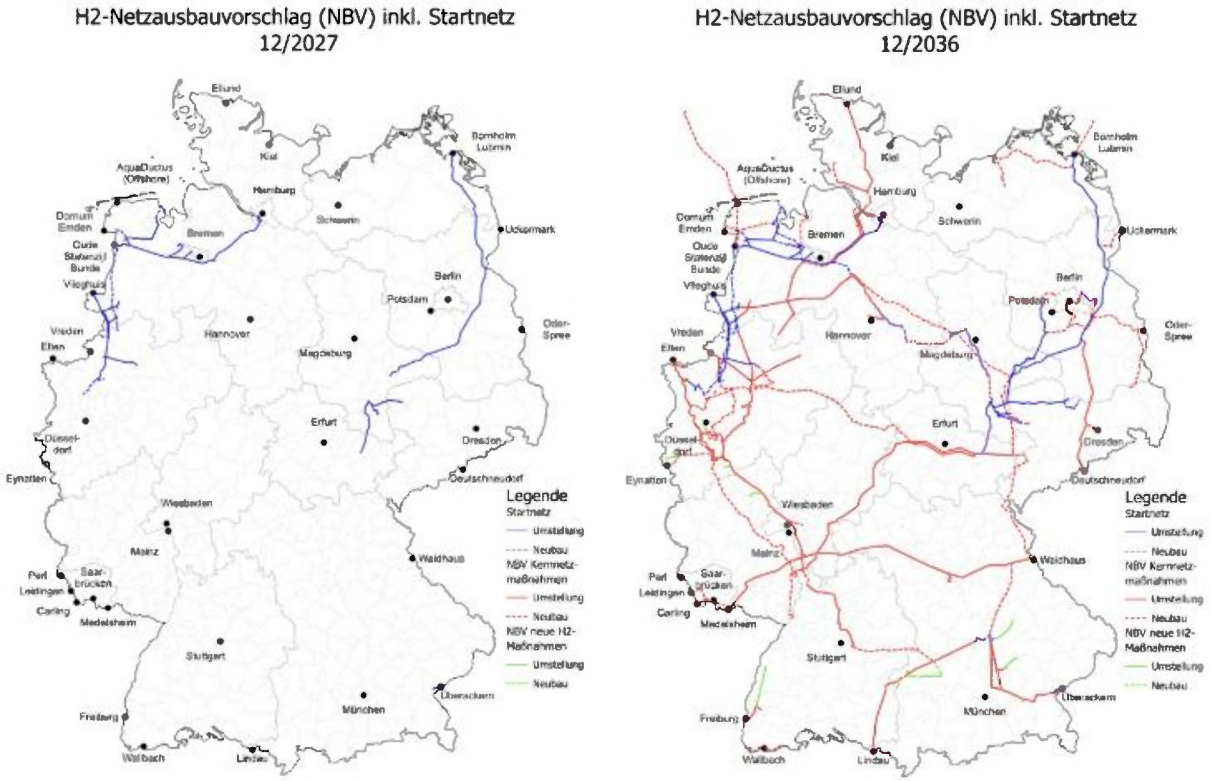
[49] argus, 2022, zuletzt aufgerufen 16.06.2022
[50] Fruhstorfer, Bienefeld, & Schenke, 2024
[51] Europäische Kommission, 2014
[52] Raffinerie Heide, Fakten und Historie, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[53] Fruhstorfer, Bienefeld, & Schenke, 2024
[54] Stuttgarter Zeitung, 2019, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[55] DWSV, 2019, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[56] argus, 2022, zuletzt aufgerufen 16.06.2022
[57] Fruhstorfer, Bienefeld, & Schenke, 2024
[58] CENA Hessen, SAF-Arten und Produktionsrouten, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[59] EASA, 2025

Gent hergestellt. Ende 2023 betrug der Anteil von SAF am Kerosinabsatz des Flughafens etwa 2,5 Prozent, was die höchste Quote aller deutschen Flughäfen war.[60] Über eine lokale Produktion wird hingegen der Wiener Flughafen durch die Raffinerie Schwechat mit SAF aus Altfetten per Pipeline beliefert.[61]

2.2.2 H_2-Netz

Als weiteres wichtiges Vorprodukt zählt Wasserstoff. Für den Transport dieses Stoffes soll bis 2032 in Deutschland das Wasserstoffkernnetz entstehen. Dieses umfasst mehr als 9.000 Kilometer Pipelines und besteht zu etwa 60 Prozent aus umfunktionierten Erdgasleitungen. 40 Prozent des Netzes sollen neu errichtet werden. Die Region Hamburg ist direkt an dieses Netz angeschlossen mit Pipelines von und nach Dänemark, ins Ruhrgebiet, an die ARA-Häfen.[62]

Abbildung 2-8: Ausbaustufen des Wasserstoffkernnetzes[63]



Quelle: FNB Gas

© Prognos AG

Das Wasserstoffkernnetz steht noch am Anfang seiner Ausbaustufen. Ende 2025 wurde das erste größere Teilstück in Betrieb genommen. Von der Ostsee bis nach Sachsen-Anhalt wurde eine 400 Kilometer lange, bestehende Erdgasleitung umfunktioniert. Hinzu kommen vereinzelte,

[60] Rathaus Bremen, 2023, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[61] S&P Global, 2022, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[62] FNB Gas, Wasserstoff-Kernnetz, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[63] FNB Gas, Pressematerial, zuletzt aufgerufen 16.06.2026

kurze Abschnitte in Sachsen-Anhalt und Nordrhein-Westfalen.[64] Die Region Hamburg wird in der ersten Ausbaustufe bis 2027 an das Kernnetz angeschlossen (siehe Abbildung 2-8). Das deutsche Wasserstoffkernnetz soll Teil eines europäischen Netzes sein, welches bis 2040 errichtet werden soll. Die meisten Teilprojekte sind bisher noch in der Planungsphase. Neben den deutschen Projekten stehen nur in Belgien und den Niederlanden Teilnetze vor der Inbetriebnahme.[65]

2.2.3 CO_2-Netz

Das CO_2-Netz für die Herstellung von eSAF steht noch mehr als das Wasserstoffnetz am Anfang seiner Entwicklung. In Brandenburg entsteht eine der ersten Power-to-Liquid (PtL)-Anlagen der EU. Mit 350 Millionen Euro Förderung des Bundes wird sie künftig eSAF unter Nutzung von Wasserstoff und CO_2 des benachbarten Zementwerks herstellen.[66] Solche CO_2-Kopplungen sind technologisch noch in der Aufbauphase. Mit DACMA und Airbus befinden sich in Hamburg zwei Pionierunternehmen in der Direct-Air-Capture Technologie, die eigene Technologien zur Abscheidung von CO_2 entwickeln. Für den Transport gibt es bisher in der EU keine großmaßstäbigen, kommerziellen CO_2-Liefernetze für eSAF, sondern eher standortbezogene Konzepte. Zwar gibt es CO_2-Transporte schon seit mehreren Jahrzehnten – der Transport kleinerer Mengen per Schiff oder LKW hat sich etabliert – für große Industriecluster reichen diese Kapazitäten aber nicht aus. Hier sind ebenfalls wie beim Transport von Wasserstoff und JET A-1 Pipelines am effizientesten.[67] Im Gegensatz zum Transport von Wasserstoff können für den CO_2-Transport jedoch nicht immer alte Erdgasleitungen verwendet werden, da diese den technischen Anforderungen an den Druck nicht gerecht werden. Ein CO_2-Pipelinenetz mit Inbetriebnahme in den 2030er Jahren müsste neu errichtet werden.[68]

2.3 Maritime Konkurrenzanalyse

Neben Hamburg gilt es weitere maritime Standorte hinsichtlich ihrer Ambitionen im SAF-Markt einer Konkurrenzanalyse zu unterziehen. Dies dient vornehmlich dazu festzustellen, welche Stärken die Konkurrenten haben und welche Implikationen sich für die strategische Positionierung Hamburgs ergeben.

2.3.1 Hafenstandorte in Deutschland

Große deutsche Hafenstandorte außerhalb Hamburgs verfolgen kaum direkte Aktivitäten im Bereich SAF- oder JET A-1-Logistik. Wilhelmshaven verfügt jedoch über Energie- und Flüssigumschlaginfrastruktur, die für den künftigen Transport nachhaltiger Flugkraftstoffe geeignet wäre. Schon jetzt besitzt der Standort als Deutschlands einziger Tiefwasserhafen eine herausragende Stellung im nationalen Energiesystem und der Distribution von Kohle, Strom, Gas und Öl und soll sich verstärkt zu einem „Energy Hub“ wandeln. Ein zentraler Aspekt dabei sind verschiedene Wasserstoffprojekte der beteiligten Unternehmen. Durch den Import von

[64] H_2 News, 2025, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[65] ehb, 2023
[66] H_2 News, 2024, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[67] GW Wirtschaft, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[68] OGE, zuletzt aufgerufen 16.06.2026

Wasserstoffderivaten könnte sich Wilhelmshaven bis 2030 zum größten deutschen Importhub mit einer geplanten Umschlagskapazität von rund 3,6 Mio. t Ammoniak pro Jahr, entsprechend etwa 0,4 bis 0,5 Mio. t Wasserstoff entwickeln. Auch hier gilt die Voraussetzung, dass alle dort geplanten Projekte tatsächlich umgesetzt werden. Diese dann in Norddeutschland verfügbaren Mengen Wasserstoff könnten eine gute Grundlage für eine wirtschaftlich konkurrenzfähige Produktion von e-SAF in Hamburg bieten.

Auch in Bremerhaven spielt das Thema Wasserstoff eine Rolle. Die Projekte befinden sich allerdings zum Großteil noch in Test- und Pilotphasen und sind vergleichsweise klein skaliert.[69] Im Umkreis des Rostocker Hafens sind ebenfalls mehrere Wasserstoffprojekte geplant. Das größte ist das Projekt „HyTechHafen“, bei dem bis 2027 ein Elektrolyseur mit einer Leistung von 100 MW errichtet werden soll. Bis 2035 kann die Leistung auf bis zu 1.000 MW erhöht werden.[70] Sowohl Rostock als auch Wilhelmshaven sind zukünftig, im Gegensatz zu Bremerhaven, an das Wasserstoffkernnetz angeschlossen.

In größerer Entfernung, aber dennoch wesentlich für die nationale Rolle Deutschlands im e-Fuel-Sektor, liegen mehrere Standorte, die zum Teil bereits in der Umsetzung von Power-to-Liquid-Vorhaben sind. Am Standort Frankfurt hat das Unternehmen INERATEC Europas die erste kommerzielle Pionieranlage für e-Fuels in Betrieb genommen. Dort wird CO_2 aus der Biogasanlage des benachbarten Chemparks genutzt, während der benötigte Wasserstoff als Nebenprodukt der Chlorproduktion vor Ort anfällt. So werden bis zu 2.500 Tonnen e-Fuels und eSAF hergestellt.[71] Das Projekt zeigt exemplarisch, dass industrielle Symbiosen entscheidend für wirtschaftlich tragfähige SAF- und e-Fuel-Herstellung in Deutschland sein können. Im brandenburgischen Schwedt entsteht zudem eine große eSAF-Produktionseinheit, die ab 2030 jährlich rund 30.000 Tonnen synthetisches Kerosin bereitstellen und damit der größte Produzent in Deutschland werden soll. Die „Final Investment Decision“ steht hier noch aus und die Inbetriebnahme ist für das Jahr 2030 vorgesehen. Der staatliche Förderanteil von etwa 70 Prozent zeigt, dass die Bundesregierung eSAF als strategisch wichtiges Zukunftssegment betrachtet, verdeutlicht aber gleichzeitig, dass ohne massive staatliche Unterstützung derzeit kaum ein PtL-Projekt wirtschaftlich realisierbar ist.[72]

Insgesamt ist Deutschland im internationalen Vergleich trotz einzelner Leuchtturmprojekte nicht führend in der SAF-Produktion. Zwar verfügt es mit Projekten wie „Solarbelt“ über die erste kommerzielle e-Fuel-Herstellung in Europa mit einer Kapazität von rund 300 Tonnen jährlich, doch hindern hohe Stromkosten, uneinheitliche regulatorische Signale und die Rücknahme politischer Förderzusagen eine breitere Skalierung.[73] Der Blick ins benachbarte Ausland zeigt ambitionierte Projekte im SAF-Bereich.

2.3.2 Rotterdam

Die Niederlande, insbesondere der Hafen Rotterdam, entwickeln sich zunehmend zu einem der zentralen europäischen Knotenpunkte für die Produktion, Lagerung und Distribution nachhaltiger

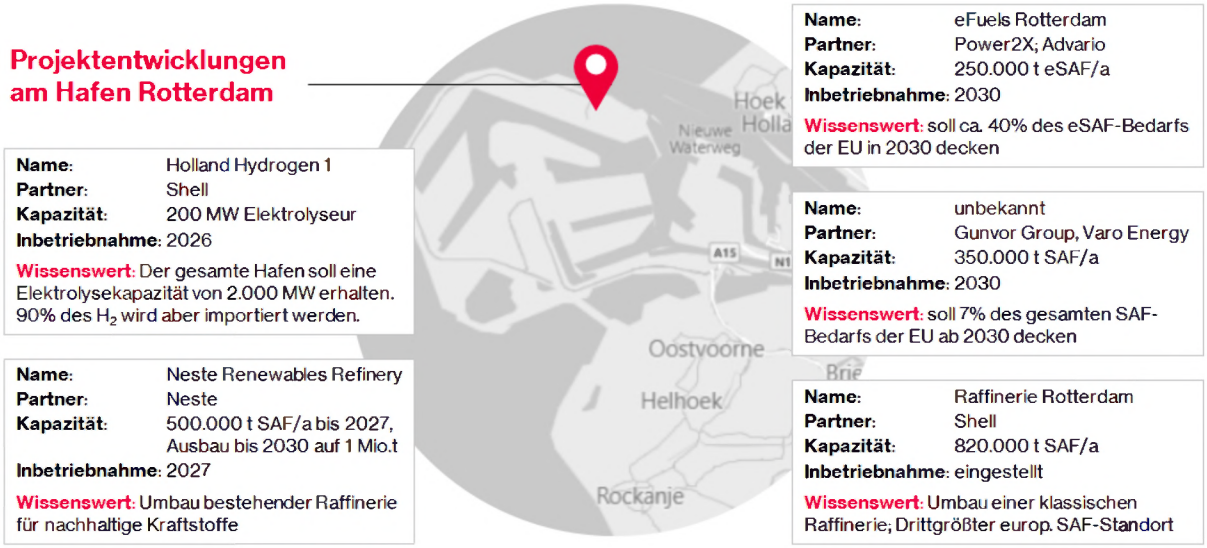
[69] bis bremerhaven, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[70] cruh21, 2025
[71] ineratec, 2025, ERA ONE, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[72] FCW, 2026, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[73] T&E, 2025

Flugkraftstoffe. Rotterdam will seine bisherige Position im Import und in der Weiterverarbeitung fossiler Energieträger auf grüne Energieträger ausweiten. Dabei entsteht eine integrierte Logistik für die Herstellung und den Import grüner Moleküle wie Wasserstoff und Ammoniak sowie deren Weiterverarbeitung vor Ort. Zudem wurden strategische Partnerschaften unter anderem mit Indien und Brasilien für den Import grüner Moleküle geschlossen.

Ein wesentliches Beispiel hierfür ist die geplante Produktionsanlage „eFuels Rotterdam“, die von den Unternehmen Power2X und Advario als gemeinsames Projekt realisiert wird (siehe Abbildung 2-9). Die Anlage soll künftig jährlich rund 250.000 Tonnen eSAF aus grünem Wasserstoff erzeugen und über eine Lager- und Logistikinfrastruktur von 230.000 m³ verfügen. Der Anlagenbau wird u. a. von der niederländischen Regierung unterstützt. Damit stellt sie eines der größten synthetischen Kraftstoffprojekte Europas dar.[74] Für die Herstellung sollen sowohl lokal produzierter grüner Wasserstoff als auch importiertes grünes Methanol genutzt werden. Aufgrund ihrer Dimensionierung soll die Anlage nach der Inbetriebnahme etwa 40 Prozent des ab 2030 erwarteten europäischen eSAF-Bedarfs abdecken und damit einen bedeutenden Beitrag zur Versorgungssicherheit im Rahmen der EU-Vorgaben leisten.[75] Parallel dazu planen die Gunvor Group und Varo Energy eine weitere SAF-Produktionsanlage in Rotterdam, die nach Fertigstellung rund sieben Prozent des gesamten EU-Bedarfs, also auch des biogenen SAF, für das Jahr 2030 abdecken soll.[76] Der Energiekonzern Neste produziert seit 2025 SAF in seiner Raffinerie im Rotterdamer Hafen. Die bestehende Infrastruktur wurde so umgestaltet, dass dort zukünftig 500.000 Tonnen SAF pro Jahr produziert werden können.[77] Bereits heute entfallen 24 Prozent der biogenen SAF-Erzeugung in Europa auf den Standort Rotterdam, was den Hafen als etabliertes Zentrum für nachhaltige Molekülströme ausweist und seine Wettbewerbsposition gegenüber anderen europäischen Drehscheiben weiter stärkt.[78] Neben der Produktion von SAF gibt es auch im Wasserstoffbereich die Ambitionen, ein wichtiges europäisches Drehkreuz zu werden. Shell entwickelt mit dem Projekt Holland Hydrogen 1 die erste große Anlage zur Wasserstoffproduktion in Europa. Ab 2026 soll ein Elektrolyseur mit einer Kapazität von 200 MW Wasserstoff erzeugen.[79] Dies entspricht zehn Prozent der geplanten Elektrolysekapazität des Hafens.[80] Neben eSAF-Produzenten spielt insbesondere die Verarbeitung zu SAF eine Rolle; unter anderem bietet Chane die Verarbeitung von Syncrude (Fischer-Tropsch-Produkt) zu SAF an.

[74] Port of Rotterdam, 2024, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[75] Port of Rotterdam, 2024, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[76] Molekülwende inside, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[77] Neste 2025, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[78] dnhk, 2025, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[79] Port of Rotterdam, Erste große Wasserstoffanlage am Hochspannungsnetz, 2024, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[80] Welt, Das Zentrum der Energiewirtschaft, 2024, zuletzt aufgerufen 16.06.2026

Abbildung 2-9: Projektentwicklungen am Hafen Rotterdam



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Gleichzeitig zeigt sich aber auch in Rotterdam die herausfordernde Marktsituation. Der Energiekonzern Shell hatte ursprünglich den großangelegten Umbau einer bestehenden Raffinerie angekündigt, die jährlich etwa 800.000 Tonnen SAF produzieren sollte. Dieses Vorhaben wurde jedoch gestoppt, da der Konzern die Wirtschaftlichkeit unter den aktuellen Marktbedingungen nicht mehr gegeben sah.[81] Der Abbruch dieses Projekts verdeutlicht, dass trotz politisch vorgegebener Quoten und wachsender Nachfrage die ökonomischen Rahmenbedingungen für SAF-Großanlagen weiterhin kritisch bleiben.

2.3.3 Le Havre

Neben Rotterdam gibt es mit Le Havre in der Normandie einen weiteren europäischen Standort mit herausragender Bedeutung und Ambitionen im SAF-Markt. Der französische Hafenstandort gilt bereits heute als zweitgrößtes Flugkraftstoff-Terminal Europas und verfügt damit über eine zentrale logistische Rolle innerhalb des kontinentalen Versorgungsnetzes für die Luftfahrt.[82] Nach Einschätzung des französischen Logistikunternehmens Compagnie Industrielle Maritime (CIM) soll der Standort perspektivisch zum größten regionalen SAF-Terminal ausgebaut werden, mit Schwerpunkt auf Import, Mischung und Verteilung nachhaltiger Flugkraftstoffe. Erste operative Schritte sind bereits erfolgt. Bereits im Jahr 2022 wurden dort erstmals reine synthetische SAF-Komponenten angeliefert und vor Ort für den Weitertransport aufbereitet.[83]

Parallel entsteht in Le Havre ein industrielles Umfeld, das zunehmend auf grüne Moleküle ausgerichtet ist (siehe Abbildung 2-10). Eine geplante Kooperation zwischen dem kanadischen SAF-Hersteller SAF+ und dem französischen Wasserstoffunternehmen Lhyfe sieht den Aufbau einer integrierten Wertschöpfungskette auf Basis grünen Wasserstoffs vor. Hierfür soll ein

[81] Aero Buzz, 2025, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[82] Energy Intelligence, 2023, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[83] Energy Intelligence, 2023, zuletzt aufgerufen 16.06.2026

Wasserstoffproduktionsstandort mit einer Kapazität von über 100 Tonnen H_2 pro Tag errichtet werden, der künftig die Grundlage für die Produktion von eSAF in der Region bildet. Dies entspricht einer Elektrolysekapazität von 300 MW.[84] Die hier produzierten Mengen sollen ab 2030 zu den Pariser Flughäfen sowie nach Nord- und Ostfrankreich geliefert werden. Das Projekt KerEAUzen von Engie und der Hafengesellschaft HAROPA produziert ab 2027 ebenfalls SAF in Le Havre. Auf dem Gelände eines ehemaligen Zementwerks werden bis zu 70.000 Tonnen SAF pro Jahr unter Nutzung des CO_2 der umliegenden Hafenbetriebe hergestellt.[85] Dem Energiekonzern Qair wurde im Rahmen einer Projektausschreibung ein 60 Hektar großes Gebiet ebenfalls im Hafenumfeld zugesprochen. Gemeinsam mit der Hafengesellschaft Haropa Port entwickelt Qair eine Anlage zur Herstellung grüner Moleküle. In der finalen Phase, die ab 2035 starten soll, sollen hier 40.000 Tonnen Wasserstoff und 200.000 Tonnen e-Methanol pro Jahr hergestellt werden.[86] Beides gilt als Vorprodukt für eSAF. Im europäischen Vergleich gehört Frankreich zu den Ländern mit der größten erwarteten eSAF-Produktionskapazität. Nach einer Analyse der Organisation Transport & Environment ist Frankreich in der Lage, die europäischen eSAF-Quoten für das Jahr 2030 theoretisch allein abzudecken.[87] Wie der Rotterdamer Hafen ist auch der Standort Le Havre über das Pipelinesystem CEPS an Westeuropa angeschlossen.

Abbildung 2-10: Projektentwicklungen am Hafen Le Havre



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

2.3.4 Zwischenfazit zur maritimen Konkurrenzanalyse

Insgesamt zeigt sich, dass Rotterdam und Le Havre zunehmend bedeutende Standorte im europäischen SAF-System werden. Beide Standorte verfügen über einen Zugang zum CEPS-System, was einen erheblichen Vorteil darstellt. Zudem sind beide Standorte äußerst ambitioniert hinsichtlich des Aufbaus der SAF- Wertschöpfungsketten inklusive SAF-Produktionsanlagen. In

[84] Green Air News, 2024, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[85] France Kereauzen, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[86] Qair, 2025
[87] T&E, 2025

Rotterdam werden bereits heute SAF-Mengen in die Flugkraftstofflieferung über die CEPS-Pipeline beigemischt. Aus Sicht von Hamburg ist insbesondere Rotterdam als der Hauptkonkurrent für den SAF-Markt anzusehen.

2.4 Gesetzliche und regulatorische Rahmenbedingungen

2.4.1 Die europäische Quotenregelung und der Allokationsmechanismus

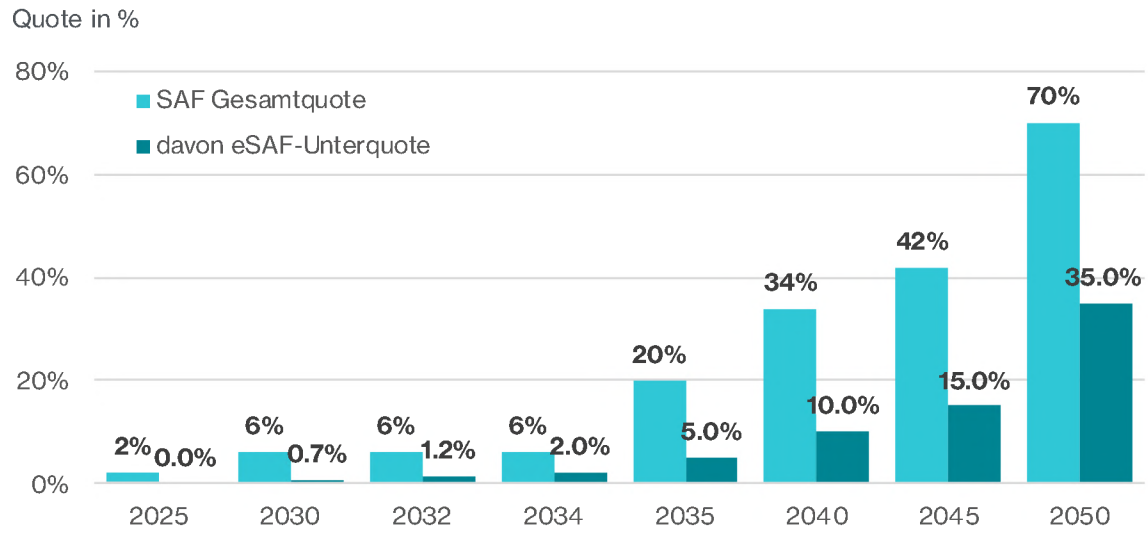
Zur Dekarbonisierung des Luftverkehrssektors hat die Europäische Union mit der ReFuelEU Aviation Verordnung (Verordnung (EU) 2023/2405) verbindliche Quoten für nachhaltige Flugkraftstoffe eingeführt.[88] Diese Regulatorik verpflichtet Kraftstofflieferanten, sogenannte Unionsflughäfen mit entsprechenden SAF-Anteilen beim Flugturbinenkraftstoff zu beliefern. Als Unionsflughäfen sind dabei alle Flugstandorte definiert, die mehr als 800.000 Passagiere oder 100.000 Tonnen Fracht pro Jahr verzeichnen.

Grundsätzlich schreibt die Verordnung vor, dass die Quote an jedem einzelnen dieser qualifizierten Flughäfen physisch erfüllt werden muss. Um den logistischen Hochlauf in der Anfangsphase zu erleichtern, sieht die Verordnung jedoch für den Zeitraum vom 1. Januar 2025 bis zum 31. Dezember 2034 einen Flexibilitätsmechanismus vor. Dieser erlaubt es Lieferanten, den geforderten Mindestanteil nicht an jedem einzelnen Standort, sondern als gewichteten Durchschnittswert über alle von ihnen belieferten Unionsflughäfen innerhalb eines Berichtszeitraums zu erreichen.[89]

Die Gesamtquote setzt sich additiv aus einem allgemeinen SAF-Mindestanteil am Flugkraftstoffgemisch und einer spezifischen Unterquote für synthetische Flugkraftstoffe zusammen. Die regulatorischen Vorgaben sehen einen stufenweisen Hochlauf vor, der bis zum Jahr 2050 einen SAF-Gesamtanteil von 70 % vorschreibt, worauf ein eSAF-Mindestanteil von 35 % entfallen muss (siehe Abbildung 2-11).[90]

[88] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2023, Verordnung (EU) 2023/2405
[89] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2023, Verordnung (EU) 2023/2405
[90] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2023, Verordnung (EU) 2023/2405

Abbildung 2-11: Entwicklung der SAF-Mindestquote bis 2050



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Zur administrativen Durchsetzung dieser Vorgaben sind alle EU-Mitgliedstaaten gesetzlich verpflichtet, eine zuständige nationale Behörde zu benennen, welche die Einhaltung überwacht und bei Verstößen Bußgelder verhängt. Um auf Marktveränderungen reagieren zu können, ist zudem ein Überprüfungsmechanismus verankert. Ab dem Jahr 2027 muss die Europäische Kommission alle vier Jahre einen Bericht zur generellen Machbarkeit der Verordnung vorlegen und gegebenenfalls regulatorische Anpassungen treffen.[91]

2.4.2 Unterscheidung und regulatorische Anforderungen der SAF-Arten

Innerhalb der ReFuelEU-Aviation-Verordnung wird eine präzise Klassifizierung der anrechenbaren nachhaltigen Kraftstoffe vorgenommen. Als Sustainable Aviation Fuels werden biogenes SAF, synthetisches SAF (eSAF), Wasserstoff für die Luftfahrt sowie wiederverwertete kohlenstoffhaltige Flugkraftstoffe definiert, wobei Wasserstoff für die direkte Nutzung in der Luftfahrt aktuell noch eine untergeordnete Rolle einnimmt.[92]

Biogene Flugkraftstoffe

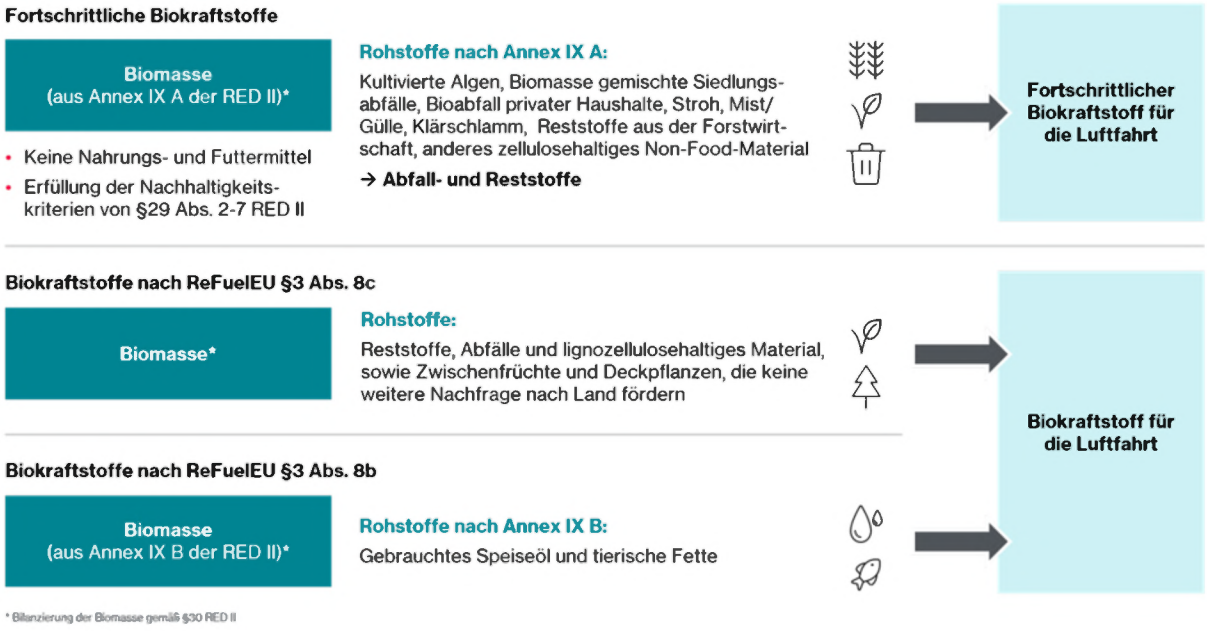
Biokraftstoffe für die Luftfahrt werden regulatorisch in drei Unterkategorien unterteilt: fortschrittliche Biokraftstoffe, Biokraftstoffe und konventionelle Biokraftstoffe.

Fortschrittliche Biokraftstoffe umfassen Kraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden, die in Teil A des Anhangs IX der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) gelistet sind (siehe Abbildung 2-12).[93] Für fortschrittliche Biokraftstoffe sind dies unter anderem spezifische Abfälle, Reststoffe aus der Forstwirtschaft sowie bestimmte Algen. Alle eingesetzten Rohstoffe müssen strenge

[91] NOW GmbH, 2024
[92] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2023, Verordnung (EU) 2023/2405
[93] Europäisches Parlament und Europäischer Rat, 2018, Richtlinie (EU) 2018/2001

Nachhaltigkeitsrichtlinien erfüllen. Einfache **Biokraftstoffe** umfassen Kraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden, die in Teil B des Anhangs IX der Erneuerbare-Energien-Richtlinie gelistet ist. Als primärer Rohstoff dient hier gebrauchtes Speiseöl (Used Cooking Oil, UCO). Aufgrund begrenzter Ressourcenverfügbarkeit ist der Einsatz von Rohstoffen aus Teil B des Anhangs IX zur Erreichung der Quotenziele explizit auf maximal 1,7 % gedeckelt. Rohstoffe aus Anbaubiomasse sowie Palmölprodukte sind generell komplett von der Anrechnung ausgeschlossen. **Konventionelle Biokraftstoffe** decken den Einsatz sämtlicher Biomasse ab, die nicht in den Teilen A und B des Anhangs IX der RED II gelistet ist, sofern sie alle in der RED II festgehaltenen Nachhaltigkeitskriterien einhält. Hierzu zählen beispielsweise Abfälle, lignozellulosehaltiges Material sowie Zwischenfrüchte und Deckpflanzen, deren Anbau keine zusätzliche Landnachfrage generiert. Der Einsatz von konventionellen Biokraftstoffen zur Erfüllung der SAF-Quote ist dabei auf 3 % gedeckelt.[9495]

Abbildung 2-12: Voraussetzungen für die eingesetzten Rohstoffe für Biokraftstoffe in der Luftfahrt



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Synthetische Flugkraftstoffe (eSAF)

Synthetische Flugkraftstoffe umfassen Kerosin, das entweder aus erneuerbarem Wasserstoff (Renewable Fuels of Non-Biological Origin, RFNBOs gemäß RED-Definition) oder aus kohlenstoffarmem Wasserstoff hergestellt wird (siehe Abbildung 2-13). Letzterer wird aus nicht-fossiler, kohlenstoffarmer Energie – wie beispielsweise Atomstrom – gewonnen. Entsprechend erfolgt eine juristische Unterscheidung in *synthetische Flugkraftstoffe* und *synthetische kohlenstoffarme Flugkraftstoffe*. Hierbei gilt die regulatorische Besonderheit, dass synthetische

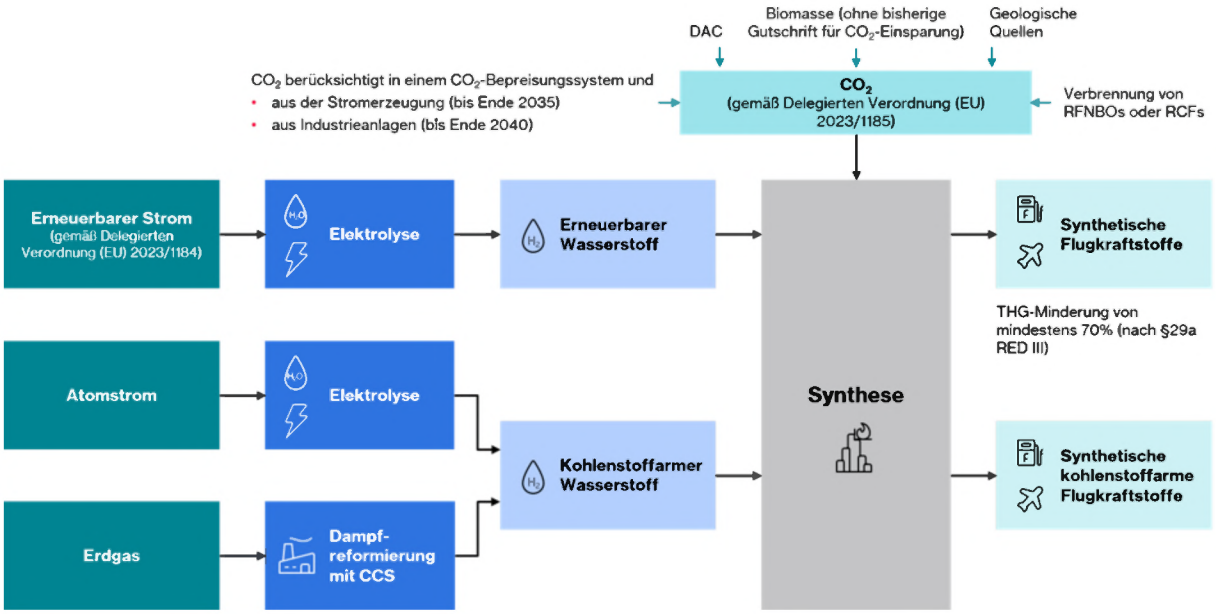
[94] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2023, Verordnung (EU) 2023/2405
[95] Europäisches Parlament und Europäischer Rat, 2018, Richtlinie (EU) 2018/2001

kohlenstoffarme Flugkraftstoffe lediglich auf die allgemeine SAF-Quote, nicht jedoch auf die spezifische eSAF-Unterquote angerechnet werden dürfen.[96]

Für die Anrechnung müssen synthetische Kraftstoffe eine Treibhausgaseinsparung von mindestens 70 % im Vergleich zu einem fossilen Vergleichswert von 94 g CO_2-Äq./MJ erreichen. Für die chemische Synthese mit Wasserstoff sind ausschließlich folgende CO_2-Quellen zulässig:[97]

- CO_2 aus industriellen Punktquellen der Stromerzeugung (zulässig bis Ende 2035).
- CO_2 aus sonstigen Industrieanlagen (zulässig bis Ende 2040), sofern es in einem CO_2-Bepreisungssystem berücksichtigt wird.
- CO_2 aus Direct Air Capture (DAC).
- CO_2 aus Biomasse, für die bislang keine CO_2-Gutschrift geltend gemacht wurde.
- CO_2 aus geologischen Quellen.
- CO_2 aus der Verbrennung von RFNBOs oder wiederverwerteten kohlenstoffhaltigen Kraftstoffen (Recycled Carbon Fuels, RCFs).

Abbildung 2-13: Voraussetzungen für die eingesetzten Rohstoffe für synthetische Flugkraftstoffe



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Wiederverwertete kohlenstoffhaltige Flugkraftstoffe

Diese Kategorie beschreibt Kraftstoffe, die aus Abfallströmen nicht-erneuerbaren Ursprungs produziert werden. Zulässige Rohstoffe sind stark verschmutzte Mischkunststoffe (Verbundkunststoffe), Gummireste (Altreifen), nicht recyclebare Textilfasern sowie zwangsläufig und unbeabsichtigt entstehende Gase wie Hüttengas (siehe Abbildung 2-14). Voraussetzung für

[96] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2023, Verordnung (EU) 2023/2405
[97] Europäische Kommission, 2023, Delegierte Verordnung (EU) 2023/1185

die Nutzung ist, dass für diese Stoffe keine stoffliche Verwertung mehr möglich ist und der resultierende Kraftstoff eine Treibhausgasminderung von mindestens 70 % erzielt. Kohlenstoff, der ohnehin bei der thermischen Verwertung oder Verbrennung des Abfalls bzw. Abgases angefallen wäre, wird dem Verfahren als Einsparung angerechnet.[9899]

Abbildung 2-14: Voraussetzungen für die eingesetzten Rohstoffe für wiederverwertete kohlenstoffhaltige Flugkraftstoffe



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

2.4.3 Technische Zertifizierungsprozesse und Beimischungsregelungen

Damit ein nachhaltig hergestellter Kraftstoff in der kommerziellen Luftfahrt eingesetzt werden darf, muss er ein standardisiertes Zertifizierungsverfahren durchlaufen.

Internationale Normung und Blending

In der Europäischen Union wird konventionelles Kerosin (JET A-1) nach den Kriterien der Kraftstoffqualitätsnorm *DefStan 91-091* zertifiziert. In den USA und auf internationaler Ebene gilt die Spezifikation nach *ASTM D1655*. Da beide Normen nahezu identische technische Standards vorschreiben, werden sie in der Praxis oft parallel angewendet. Die Zulassung der verschiedenen SAF-Produktionspfade erfolgt primär über die Kraftstoffqualitätsnorm *ASTM D7566* und wird nach erfolgreichem Abschluss in die *DefStan 91-091* übernommen. Aktuell sind über diesen Pfad acht bis zehn spezifische Produktionsverfahren für die Luftfahrt zugelassen.[100]

In seiner reinen Form (als sogenanntes „Neat SAF“) erfüllt der nachhaltige Kraftstoff bereits die meisten Anforderungen der Flugkraftstoffspezifikationen. Ausnahmen bilden in der Regel der Gehalt an Aromaten sowie in Einzelfällen physikalische Parameter wie Viskosität und Dichte. Aus diesem Grund ist ein physikalisches Mischen („Blending“) mit konventionellem fossilem Kerosin zwingend erforderlich. Das reine SAF wird mit konventionellem Flugkraftstoff bis zu dem in der *ASTM D7566* jeweils zugelassenen maximalen Mischverhältnis versetzt, welches meist bei 50 %

[98] Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2023, Verordnung (EU) 2023/2405
[99] Europäisches Parlament und Europäischer Rat, 2018, Richtlinie (EU) 2018/2001
[100] IATA, 2024, SAF Handbook

liegt. Dieses finale Flugkraftstoffgemisch wird anschließend erneut getestet, um die vollumfängliche Einhaltung der *ASTM D1655* formal nachzuweisen.[101][102]

Die ASTM-Zertifizierung ist ein zeit- und kostenintensiver Prozess, an dem neben den Kraftstoffentwicklern insbesondere die Hersteller von Triebwerken und Flugzeugzellen (Original Equipment Manufacturers, OEMs) direkt beteiligt sind. Die OEMs testen neue Kraftstoffe über Wochen oder Monate hinweg in zahlreichen Test- und Komponentenanlagen, um die uneingeschränkte Kompatibilität mit der bestehenden Infrastruktur und den Triebwerkssystemen zu garantieren.[103]

Co-Processing in bestehenden Raffinerien

Neben der separaten Herstellung und dem anschließenden Blending ist das sogenannte Co-Processing als alternativer Pfad zertifiziert. Hierbei werden nachhaltige Rohstoffe zusammen mit fossilem Rohöl direkt in den bestehenden Prozessen konventioneller Raffinerien aufbereitet. Die Zertifizierung dieses Verfahrens erfolgt direkt nach *ASTM D1655*, wobei die erlaubte Beimischung nachhaltiger Rohkomponenten derzeit auf maximal 5 % begrenzt ist. Höhere Mischverhältnisse befinden sich aktuell in der Testphase.[104]

Das Co-Processing bietet erhebliche logistische Vorteile, da das resultierende Endprodukt durch die gemeinsame Aufbereitung chemisch nicht von fossilem Kerosin zu unterscheiden ist, alle Anforderungen der *ASTM D1655* erfüllt und ohne separaten Blending-Prozess direkt in die vorhandene Infrastruktur integriert werden kann. Raffinerien können nachhaltige Komponenten somit ohne eigene, anlagenspezifische Kraftstoffzertifizierung nutzen. Diese Nicht-Unterscheidbarkeit bedingt jedoch eine administrative Herausforderung. Da das SAF im Endprodukt chemisch nicht mehr nachweisbar ist, müssen lückenlose, zertifizierte Nachhaltigkeitsnachweise über die Massenbilanz geführt werden.[105][106]

Relevante Produktionsverfahren

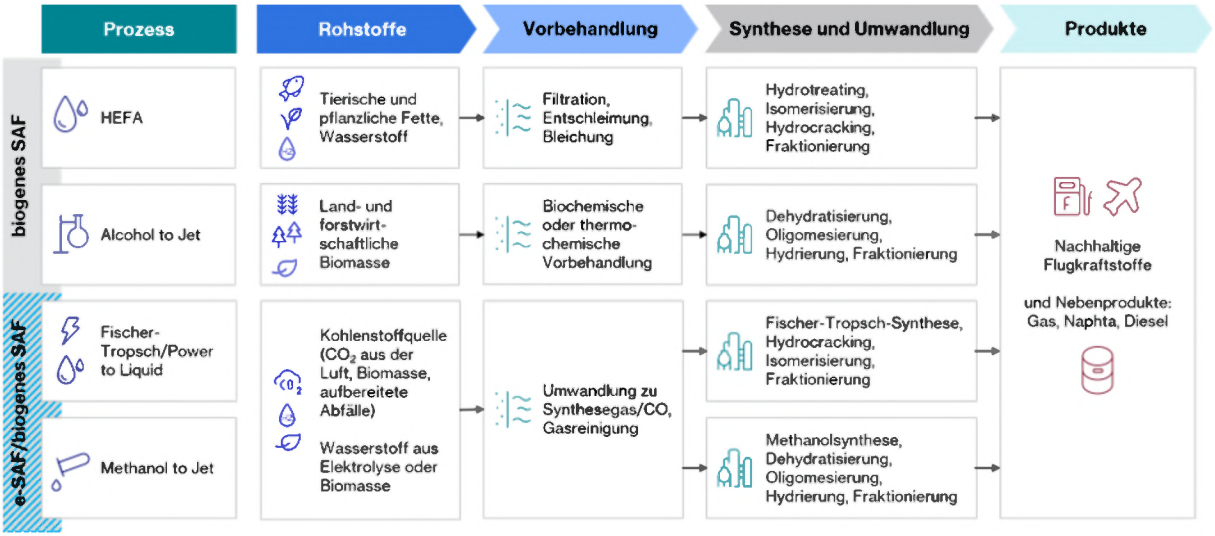
Die derzeit relevantesten Verfahren teilen sich wie folgt auf (siehe Abbildung 2-15):

- **HEFA-Verfahren (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids):** Ein biogener Pfad, der auf dem Einsatz von gebrauchten Speiseölen oder tierischen Fetten basiert.
- **Alcohol-to-Jet-Verfahren (AtJ):** Ein biogener Pfad, bei dem die eingesetzte Biomasse zunächst in Alkohol umgewandelt und folglich zu SAF synthetisiert wird.
- **Fischer-Tropsch-Verfahren (FT):** Dieses Verfahren kann je nach bereitgestellten Ausgangsstoffen sowohl für biogenes SAF als auch für eSAF genutzt werden. Unabhängig vom Rohstoff wird zunächst ein Synthesegas erzeugt, das mittels der Fischer-Tropsch-Synthese in flüssige Kohlenwasserstoffe umgewandelt wird.
- **Methanol-to-Jet-Verfahren (MtJ):** Dieses eSAF-Produktionsverfahren wird in Zukunft voraussichtlich eine bedeutende Rolle einnehmen. Im Gegensatz zu den vorgenannten

[101] CENA Hessen, Der Weg zur Zulassung für Sustainable Aviation Fuels, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[102] IATA, 2024, SAF Handbook
[103] IATA, 2024, SAF Handbook
[104] CENA Hessen, Der Weg zur Zulassung für Sustainable Aviation Fuels, zuletzt aufgerufen 16.06.2026
[105] IATA, 2024, SAF Handbook
[106] CENA Hessen, Der Weg zur Zulassung für Sustainable Aviation Fuels, zuletzt aufgerufen 16.06.2026

Pfaden befindet sich das MtJ-Verfahren, bei dem aus eMethanol kurzkettige, ungesättigte Kohlenwasserstoffe generiert und in weiteren Stufen zu SAF verarbeitet werden, aktuell noch im Zertifizierungsprozess und besitzt noch keine finale Marktzulassung. Wird das eingesetzte Methanol über biogene Rohstoffe hergestellt, kann mit diesem Verfahren ebenfalls biogenes SAF produziert werden.

Abbildung 2-15: Überblick ausgewählter Produktionsverfahren für biogenes SAF und eSAF



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

3 Analyse der Infrastruktur und Logistik für SAF/JET A-1

Die nachfolgenden Kapitel 3 und 4 beziehen sich auf die Situation und Perspektiven in Hamburg und basieren unter anderem auf im Februar und März 2026 durchgeführten 17 Interviews mit Vertretern der regionalen SAF-Community. Dabei wurden Repräsentantinnen und Repräsentanten von Infrastrukturanbietern, SAF-Produzenten, Behörden, Verbänden, Logistikdienstleistern und Verbrauchern befragt. Diese insgesamt 17 Interviews lieferten wertvolle aktuelle Informationen und Einschätzungen zum Thema biogenes SAF und eSAF in Hamburg. Wesentliche Aussagen aus den Gesprächen fließen in die Potenzialbetrachtung ein und werden im Nachfolgenden entsprechend kenntlich gemacht.

3.1 Bewertung Kapazitäten und Infrastruktur im Raum Hamburg

Ausgangslage und Rahmenbedingungen für SAF-Logistik in Hamburg

Die Metropolregion Hamburg verfügt über eine historisch gewachsene, leistungsfähige Energie- und Logistikinfrastruktur, die grundsätzlich günstige Voraussetzungen für den Transport, Umschlag und die Lagerung von Sustainable Aviation Fuels (SAF) bietet. Gleichzeitig steht diese Infrastruktur vor erheblichen Anpassungserfordernissen, die sich aus neuen regulatorischen Vorgaben, veränderten Stoffströmen und steigenden Mengenbedarfen ergeben.

Regulatorisch sind die Anforderungen an SAF weltweit sehr unterschiedlich, was zu einer gewissen Komplexität und Schwierigkeit führt.[107] Auf die EU bzw. Deutschland bezogen ist der SAF-Markt jedoch vergleichsweise gut reguliert. SAF unterliegt dabei denselben hohen Sicherheits- und Qualitätsanforderungen wie konventioneller Flugkraftstoff (JET A-1).[108] Die Zertifizierung nach ASTM-Standards, die Einhaltung luftfahrtspezifischer Qualitätskontrollen sowie die Nachverfolgbarkeit der biogenen oder synthetischen Herkunft stellen hohe Anforderungen an Logistik und Lagerhaltung.[109] Für eSAF kommen zusätzliche regulatorische Ebenen hinzu, etwa aus dem Strommarktrecht, der Wasserstoffregulierung sowie der Nachhaltigkeitszertifizierung erneuerbarer Energien.

Technisch ist SAF aufgrund der Regularien weitgehend kompatibel mit der bestehenden Flugkraftstoff-Infrastruktur („drop-in"-Eigenschaft).[110] Dennoch erfordern die Lagerung und der Umschlag – insbesondere bei hohen Beimischungsquoten oder reinem SAF – vermutlich separate

[107] Gespräch Airbus, 6. März 2026.
[108] ASTM D7566. Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Kohlenwasserstoff.
[109] BP, 2022.
[110] Gespräch HPA, 9. Februar 2026.

Tanks, dedizierte Leitungen und angepasste Qualitätsmanagementsysteme, um eine Kontamination oder die Vermischung mit Vorprodukten zu vermeiden.[111]

Politisch ist Hamburg durch seine Rolle als Luftfahrtstandort, Hafenmetropole und Industriecluster direkt von der Transformation des Flugkraftstoffmarktes betroffen. Der Flughafen Hamburg zählt – gemessen an der jährlichen Anzahl der Flugbewegungen und Anzahl der Fluggäste – zu den größeren Verkehrsflughäfen Deutschlands, während der Hamburger Hafen einer der zentralen Energieumschlagpunkte Nordeuropas ist. Die Landespolitik hat sich im Rahmen der Klimastrategie ambitionierte Ziele zur Dekarbonisierung gesetzt, wobei SAF und insbesondere eSAF als Schlüsseltechnologien für den schwer elektrifizierbaren Luftverkehr gelten. Diese politische Zielsetzung erzeugt Planungssicherheit, erhöht aber zugleich den Druck auf die bestehende Infrastruktur.

Der Flughafen Hamburg selbst nimmt zur Erreichung dieser Ziele eine aktive Rolle ein. In Bezug auf Umwelt- und Klimaschutzfragen sieht sich der Flughafen in einer Vorreiterrolle und möchte sich auch in Zukunft verstärkt für diese Themen einsetzen. Um für die Nutzung von SAF weitere Anreize zu schaffen, hat der Flughafen ein Programm ins Leben gerufen, das Airlines einen Teil der Kosten für das SAF erstattet. Als Voraussetzung hierbei gilt, dass das SAF physisch genutzt werden muss und die Produktion oder das Blending im Umkreis von 150 km um Hamburg erfolgt.[112] Über diesen Weg möchte der Flughafen die regionale Wertschöpfung stärken und durch Kommunikation und Anreize für Airlines den lokalen SAF-Markt fördern.

Da aktuell SAF auch in dieser Region aus internationalen Importen ankommt, würden zusätzliche Logistikkosten anfallen, um das SAF nach Hamburg zu transportieren.[113] An dieses Problem knüpft das Programm des Flughafen Hamburgs an, wodurch die lokale SAF-Produktion oder das Blending an Relevanz gewinnt.

Zusammenfassend ist die Ausgangslage Hamburgs durch eine grundsätzlich starke Infrastruktur geprägt, die jedoch noch primär auf fossile Energieträger ausgerichtet ist. Die Transformation hin zu SAF erfordert gezielte Investitionen, regulatorische Klarheit und eine enge Verzahnung von Hafen, Flughafen und industriellen Akteuren.

Tank- und Lagerkapazitäten für JET A-1 und SAF

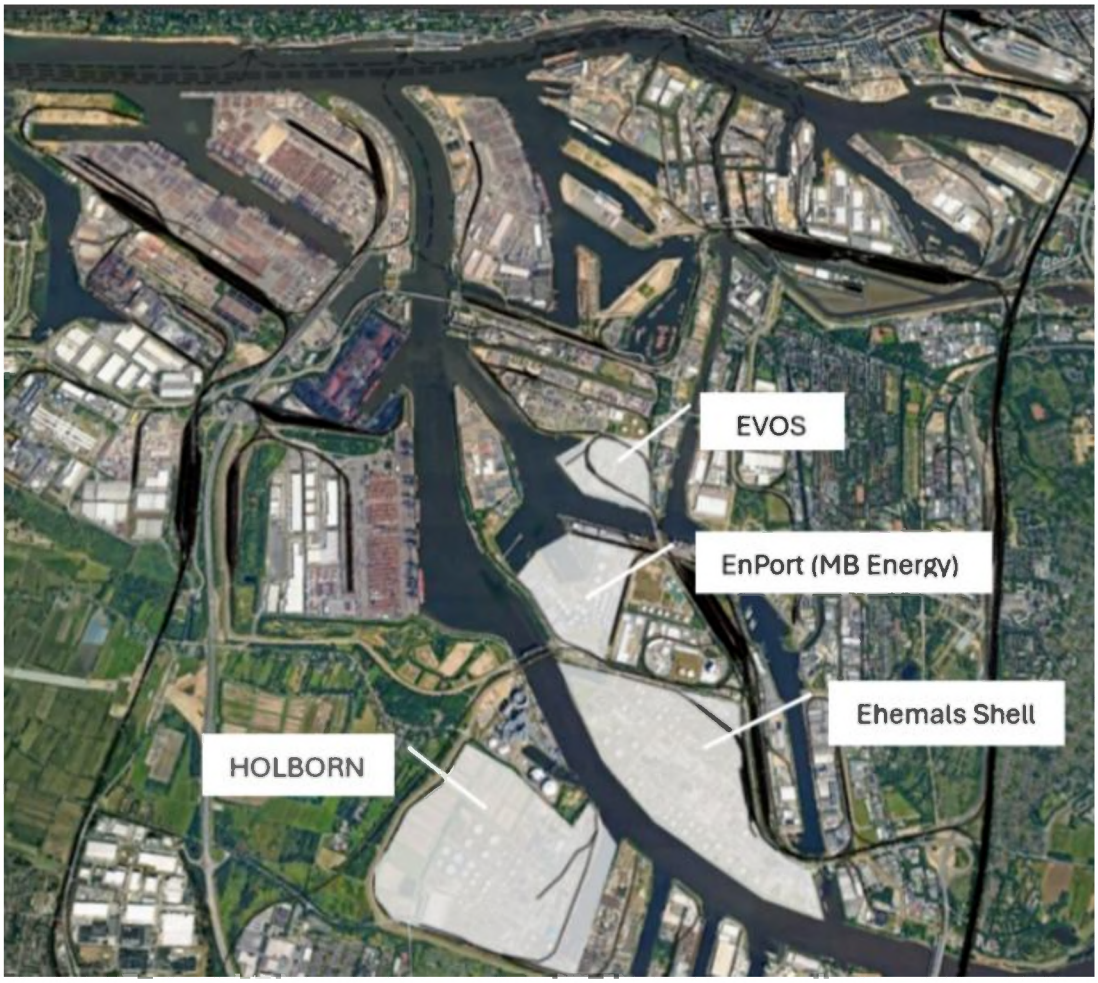
Hamburg verfügt über umfangreiche Tank- und Lagerkapazitäten für Mineralölprodukte, die historisch auf den Import, die Verarbeitung und den Weitertransport fossiler Energieträger ausgelegt sind. Für SAF selbst besteht aktuell keine großskalige Lagerinfrastruktur in Hamburg. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass SAF noch nicht in relevanten Mengen produziert oder importiert werden. Die bestehende Infrastruktur für Mineralölprodukte bildet jedoch den Ausgangspunkt für die Integration von SAF. Es ist noch im Detail zu prüfen, welche Elemente der heute vorhandenen Infrastruktur, aufgrund der physikalisch-chemischen Ähnlichkeit von SAF, zu Mineralölprodukten die Mitnutzung grundsätzlich ermöglichen. In der Praxis sind jedoch getrennte Tanks oder zumindest klar definierte Umschlag- und Qualitätssicherungsprozesse erforderlich,

[111] Gespräch Tanklagerverband UTV, 18. Februar 2026
[112] Gespräch Flughafen Hamburg, 24. Februar 2026.
[113] Gespräch EVOS, 17. Februar 2026.

um die strengen Qualitätsanforderungen der Luftfahrt zu erfüllen und eine Kontamination oder Mischverluste zu vermeiden.[114]

Es gibt im Hamburger Raum bereits mehrere zentrale Tanklager- und Infrastrukturakteure, welche insbesondere im Hamburger Hafen angesiedelt sind (siehe Abbildung 3-1). Zu nennen sind hier unter anderem MB Energy, EVOS, HOLBORN und das ehemalige Shell-Gelände, wie aus der folgenden Abbildung hervorgeht.[115] Am Beispiel von EVOS können diese Kapazitäten und damit einhergehende Chancen und Herausforderungen dargestellt werden.

Abbildung 3-1: Übersichtskarte großer Tanklager im Hamburger Hafen



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

EVOS ist einer der größten, unabhängigen Tanklagerbetreiber in Hamburg. Sie bieten umfassende Leistungen von der Annahme der per Schiffstransport erfolgten Lieferungen, Lagerung, Qualitäts-Handling und Auslagerung auf Straße oder Kesselwaggon an. Relevante Erfahrungen aus diesem Geschäft bringt EVOS zudem auch aus Amsterdam und Gent mit, wo

[114] Gespräch EVOS, 17. Februar 2026.
[115] Gespräch HPA, 9. Februar 2026.

primär Jet A-1 aber teilweise auch SAF umgeschlagen wird. Mit einer Tanklagerkapazität von insgesamt etwa 683.000 m³ muss EVOS definitiv als zentraler Akteur in den Ausbau Hamburgs zu einem wichtigen SAF-Hub angesehen werden.[116]

Bei steigendem Bedarf, welcher durch das generelle Wachstum im Luftverkehr und den vorgegebenen SAF-Quoten angetrieben wird, könnte vergleichsweise einfach nach- bzw. umgerüstet werden. Ein Hebel stellt hier beispielsweise die Umwidmung von Tanks dar, wenn andere Produkte weniger hergestellt bzw. vertrieben werden.[117] Zwar wäre in diesem Fall eine Umrüstung des Tanks entsprechend den Anforderungen an SAF notwendig, jedoch in einem zeitlich überschaubaren Horizont zu realisieren. Eine weitere Möglichkeit wäre eine Re-Allokation von Flächen innerhalb bestehender Betriebsgelände und der Aufbau neuer oder Austausch alter Tanks.[118] Hier wäre jedoch eine größere Vorlaufzeit durch Planung, Genehmigungen und eigentlichen Bau erforderlich. Der Zeitbedarf könnte sich auf eine Projektlaufzeit von 5 Jahren aufsummieren. Zudem wäre hier besonders für unabhängige Betreiber ohne eigenes Produkt eine sichere Nachfrage durch Kunden notwendig.

Erweiterungspotenziale bestehen insbesondere in bestehenden Raffineriestandorten, Tanklagern entlang der Elbe sowie auf ausgewiesenen Hafenflächen. Stillgelegte oder unterausgelastete Mineralölkapazitäten könnten perspektivisch für SAF-Logistik umgewidmet werden. Voraussetzung hierfür sind jedoch Investitionen in Anlagentechnik, Genehmigungsverfahren sowie die Anpassung an Nachhaltigkeits- und Zertifizierungsanforderungen.

Das größere Problem bei der Umstellung auf die Lagerung von SAF ist jedoch, dass die meisten Tanks relativ groß und daher möglicherweise zu Beginn bei noch niedrigen Bedarfen weniger geeignet sind. Zum aktuellen Zeitpunkt sind die SAF-Mengen sehr überschaubar, was eine wirtschaftlich sinnvolle Zuordnung von Tankraum erschwert.[119]

Insgesamt zeigt sich, dass Hamburg über eine fundierte Basis an Tank- und Lagerinfrastruktur verfügt. Dennoch sind gezielte Weiterentwicklungen erforderlich, um die zukünftigen Bedürfnisse für die SAF-Logistik zu decken. Grundsätzlich bestehen hierfür geeignete Voraussetzungen. Die lokalen Akteure MB Energy, EVOS sowie die Raffinerie Holborn verfügen sowohl über umfangreiche technische und operative Expertise als auch über Erfahrungen im Umgang mit flüssigen Energieträgern. Gleichzeitig wird deutlich, dass Investitionsentscheidungen derzeit noch durch bestehende Unsicherheiten hinsichtlich der zukünftigen Marktentwicklung und langfristiger Rahmenbedingungen gehemmt werden. Eine verlässliche Absicherung von Abnahmemengen sowie geeignete politische und wirtschaftliche Anreizmechanismen könnten dazu beitragen, die notwendige Planungssicherheit zu schaffen und Investitionen in zusätzliche Tanklagerkapazitäten sowie eine bedarfsgerechte Erweiterung der Infrastruktur zu ermöglichen.

[116] Gespräch EVOS, 17. Februar 2026.
[117] Gespräch EVOS, 17. Februar 2026.
[118] Gespräch HPA, 9. Februar 2026.
[119] Gespräch EVOS, 17. Februar 2026.

3.2 Untersuchung der Verkehrswege und vorhandener Logistik

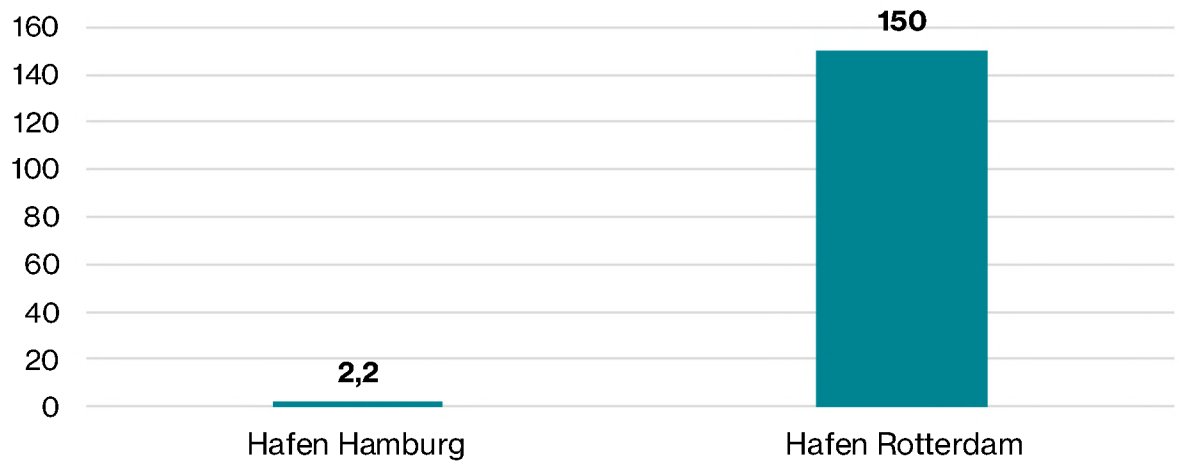
3.2.1 Importstruktur und Blendingprozesse

Die Importstruktur und die damit verbundenen Blendingprozesse stellen zentrale Elemente der Wertschöpfungskette von Sustainable Aviation Fuels dar. Während konventionelles JET A-1 als standardisiertes Endprodukt gehandelt und genutzt wird, erfordert SAF aufgrund seiner chemischen Eigenschaften sowie regulatorischer Vorgaben eine spezifische Integration in bestehende Versorgungssysteme. Diese Besonderheiten prägen sowohl die globalen Handelsstrukturen als auch die logistischen Prozesse auf regionaler Ebene, etwa im Kontext des Standorts Hamburg.

3.2.2 Importstruktur von SAF im europäischen Kontext

Die aktuelle Importstruktur von SAF ist eng mit der bestehenden Infrastruktur für fossile Flugkraftstoffe verknüpft, da die Transportlogistik von SAF technisch weitgehend identisch mit der von JET A-1 ist.[120] In Europa erfolgt der überwiegende Import von Flugkraftstoffen über große Hubs, insbesondere die ARA-Region (Antwerpen–Rotterdam–Amsterdam). Die Standorte verfügen über geeignete Hafeninfrastruktur mit sehr großen Fahrwassertiefen für die größten Tankschiffe, großskalige Tanklagerkapazitäten sowie etablierte Handelsnetzwerke. Entsprechend werden JET A-1- bzw. SAF-Mengen häufig zunächst in diesen Hubs gesammelt und von dort aus weiter verteilt. Dies wird verdeutlicht durch den Vergleich der umgeschlagenen Rohöl- und Mineralölproduktmengen in Hamburg und Rotterdam. Während in Rotterdam im Jahr 2025 rund 150 Mio. Tonnen umgeschlagen wurden, beträgt der Wert für Hamburg nur gut 2 Mio. Tonnen (siehe Abbildung 3-2).

Abbildung 3-2: Umschlagsvolumen Rohöl und Mineralölprodukte nach Hafen 2025[121]



Quelle: eigene Darstellung basierend auf Hafen Hamburg Marketing e.V

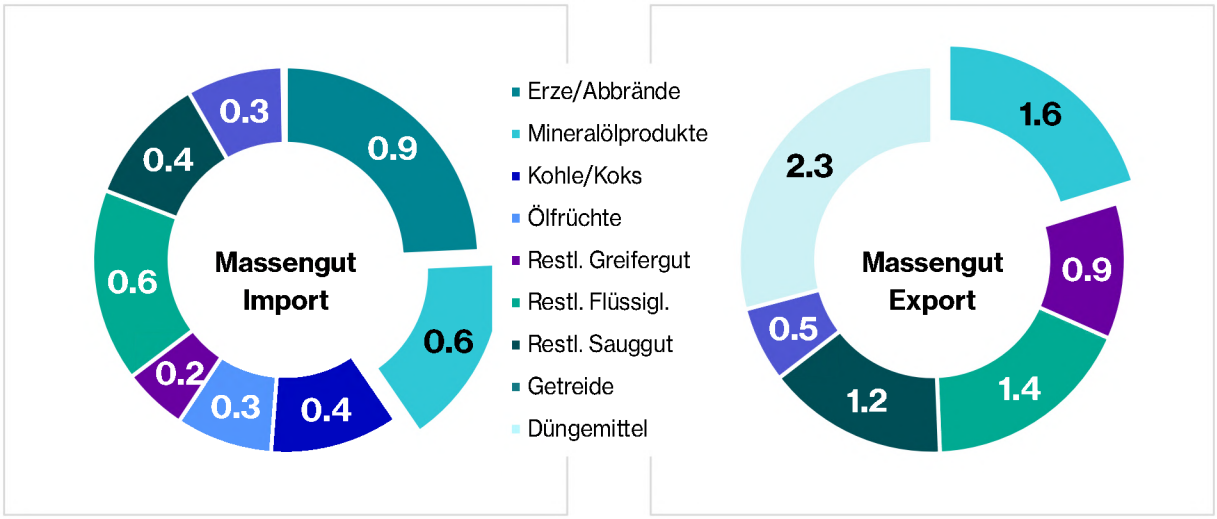
© Prognos AG

[120] Gespräch Johs Martens, 18. Februar 2026.
[121] Hafen Hamburg Marketing e.V. (HHM)

Wie in Abbildung 3-3 zu erkennen, ist die Exportmenge an Mineralölprodukten mit 1,6 Millionen Tonnen größer als die Menge der Importe. Dies ist auf die Anbindung des Hamburger Hafens an die Rohölpipeline in Wilhelmshaven zurückzuführen.

Abbildung 3-3: Massengutumschlag im Hamburger Hafen 2025, Anteil Mineralölprodukte*

In Mio. Tonnen



*Grafiken geben nicht alle Umschlagsmengen vollständig wieder
Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten von Hafen Hamburg Marketing e.V

© Prognos AG

Mit 0,6 Millionen Tonnen machen Mineralölprodukte ebenfalls nur einen geringen Teil der Importe aus. SAF hat dabei einen kaum nennenswerten Anteil.

Interviews mit relevanten Stakeholdern bestätigen diese Struktur für den deutschen Markt: SAF wird vielfach nicht physisch an jedem Standort bereitgestellt, sondern über überregionale Logistiksysteme bilanziell angerechnet. Grund hierfür ist unter anderem der zulässige Flexibilitätsmechanismus, den Kraftstofflieferanten nutzen können. Sie dürfen den geforderten SAF-Mindestanteil bis Ende 2034 als gewichteten Durchschnitt über alle von ihnen belieferten Unionsflughäfen erfüllen. Dadurch muss die vorgegebene SAF-Menge nicht an jedem einzelnen Flughafen physisch bereitgestellt werden. Für Flüge ab Hamburg kann dies dazu führen, dass die physische SAF-Bereitstellung stärker an anderen Standorten konzentriert wird. Auf diese Weise werden die physische Verteilung und die regulatorische Quotenerfüllung vorübergehend teilweise entkoppelt.[122]

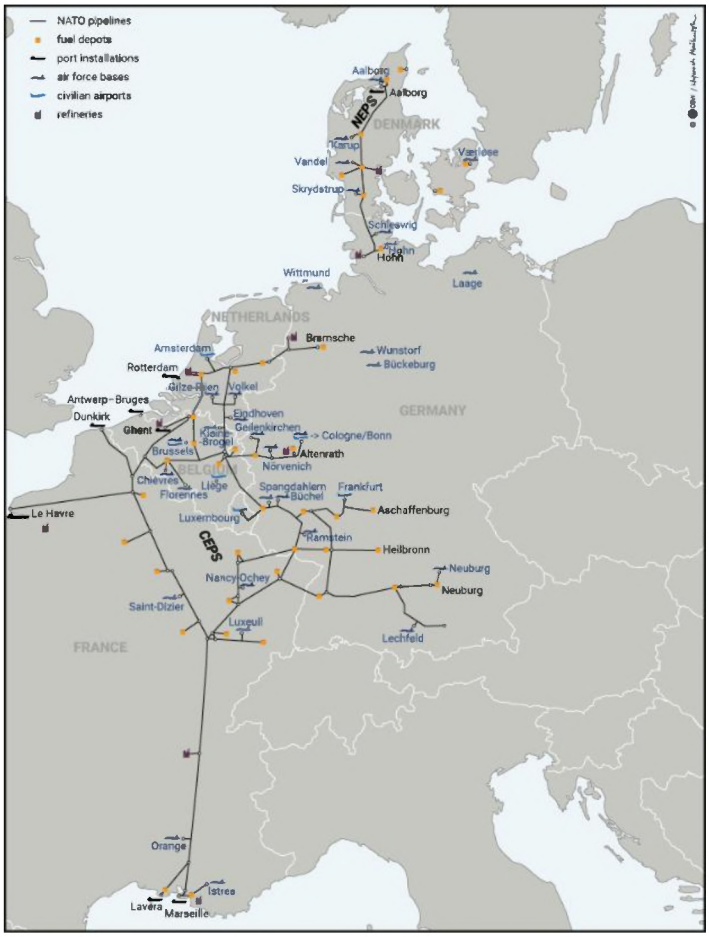
Auch die wissenschaftliche Literatur unterstreicht diese Entwicklung. SAF wird derzeit nur in begrenzten Mengen produziert und ist global ungleich verteilt, weshalb internationale Lieferketten und zentrale Importhubs eine entscheidende Rolle spielen.[123] Gleichzeitig zeigt sich, dass

[122] Gespräche EVOS und Tanklagerverband UTV, 17. und 18. Februar 2026.
[123] NREL, 2024.

bestehende Flugkraftstoff-Logistiksysteme weiterhin dominieren und neue SAF-Ströme häufig in diese integriert werden, anstatt separate Lieferketten aufzubauen.

Zum aktuellen Zeitpunkt erfolgt der Import von JET A-1 zu einem großen Teil über Pipeline-Systeme. Bei einem deutschlandweiten Netto-Bedarf von etwa 9,0 Mio. Tonnen pro Jahr werden aktuell etwa 5,9 Mio. Tonnen importiert. Volumentechnisch wäre diese Infrastruktur also bereits für die bislang vergleichsweise geringe Menge SAF ausreichend. Vorwiegend wird hier das Central European Pipeline System (CEPS) der NATO genutzt, ergänzt unter anderem durch die Rhein-Main-Rohrleitung (RMR). Wie in Abbildung 3-4 zu erkennen, ist Hamburg jedoch weder an das CEPS noch an andere Leitungen wie das Northern European Pipeline System (NEPS) angeschlossen (siehe auch Kapitel 2.2).

Abbildung 3-4: Übersichtskarte CEPS und NEPS[124]



Quelle: OSW Centre for Eastern Studies

Demgegenüber spielen deutsche Seehäfen, darunter Hamburg, beim Import von JET A-1 derzeit kaum eine Rolle. Mehrere Standorte, wie Wilhelmshaven oder Bremen, verzeichneten zwar zeitweise nennenswerte Umschlagmengen, diese sind jedoch mittlerweile stark

[124] OSW Centre for Eastern Studies, 2025

zurückgegangen.[125] Die Versorgung mit Hilfe der genannten Pipelines hat eine deutlich größere Bedeutung als der Umschlag in deutschen Häfen.

Für Hamburg ergibt sich daraus ein struktureller Nachteil im direkten Wettbewerb mit den ARA-Häfen. Einschränkungen bei der Schiffsgröße sowie fehlende großskalige Importströme von JET A-1 erschweren eine eigenständige Positionierung als primärer Importhub zusätzlich.[126] Dieser Punkt wird in Kapitel 2.3 zur maritimen Konkurrenzanalyse und der Bedeutung der Elbe aufgegriffen und genauer dargestellt. Gleichzeitig eröffnet die bestehende Infrastruktur jedoch Potenziale für alternative Rollen, insbesondere als Distributions- oder Veredelungsstandort.

3.2.3 Blending als zentraler Prozess der SAF-Nutzung

Ein wesentliches Merkmal von SAF ist, dass es in der Regel nicht als reiner Kraftstoff eingesetzt wird. Vielmehr handelt es sich um sogenannte „drop-in fuels“, die vor ihrer Nutzung mit fossilem Kerosin gemischt werden müssen. Aktuell liegt die zulässige Beimischungsquote je nach Produktionspfad bei bis zu 50 %, wodurch das Endprodukt den internationalen Spezifikationen für JET A-1 entspricht.

Die Notwendigkeit des Blendings ergibt sich aus technischen und regulatorischen Anforderungen. Reine SAF-Komponenten (Synthetic Blend Components, SBC) erfüllen zunächst nicht alle Spezifikationen für Flugturbinenkraftstoffe. Erst durch den Mischprozess wird ein zertifizierter Treibstoff erzeugt, der den sicherheitsrelevanten Normen entspricht. Dieser Prozess wird daher nicht als einfache Mischung, sondern als Teil der Kraftstoffherstellung betrachtet.

Blending erfolgt typischerweise an Standorten, die über geeignete Infrastruktur verfügen, insbesondere an Tankterminals. Diese bieten die notwendige technische Ausstattung, Qualitätskontrollen sowie logistische Anbindung und gelten daher als effizienteste Orte für die Mischung von SAF und JET A-1.

Auch in den Interviews wird deutlich, dass Blendingprozesse bereits heute vielfach upstream, also vor der Anlieferung an Flughäfen, stattfinden. In vielen Fällen wird SAF bereits in gemischter Form (Blend) transportiert, sodass am Zielort keine separate Lagerung oder Verarbeitung erforderlich ist.[127] Dies reduziert die Komplexität der Flughafeninfrastruktur und ermöglicht eine Integration in bestehende Systeme.

Insgesamt prägen technische Anforderungen, regulatorische Vorgaben und bestehende Logistikstrukturen die Import- und Blendingprozesse von SAF. Zwar ist eine Einbindung in bestehende JET A-1-Systeme grundsätzlich möglich, doch Blendinganforderungen und die geringe Verfügbarkeit erhöhen die Komplexität.

Für Hamburg ergibt sich daraus ein gemischtes Bild: Gegenüber etablierten Importhubs wie der ARA-Region bestehen Wettbewerbsnachteile, zugleich eröffnen sich Chancen als Distributions- oder Veredelungsstandort. Entscheidend wird sein, vorhandene Infrastruktur gezielt mit den

[125] Gespräch Tanklagerverband UTV, 18. Februar 2026.
[126] Gespräch Tanklagerverband UTV, 18. Februar 2026.
[127] Gespräche AFS und Johs Martens, 18. und 19. Februar 2026.

Anforderungen der SAF-Logistik zu verknüpfen und neue regulatorische sowie marktliche Entwicklungen zu nutzen.

3.2.4 Verkehrswege und multimodale Anbindung

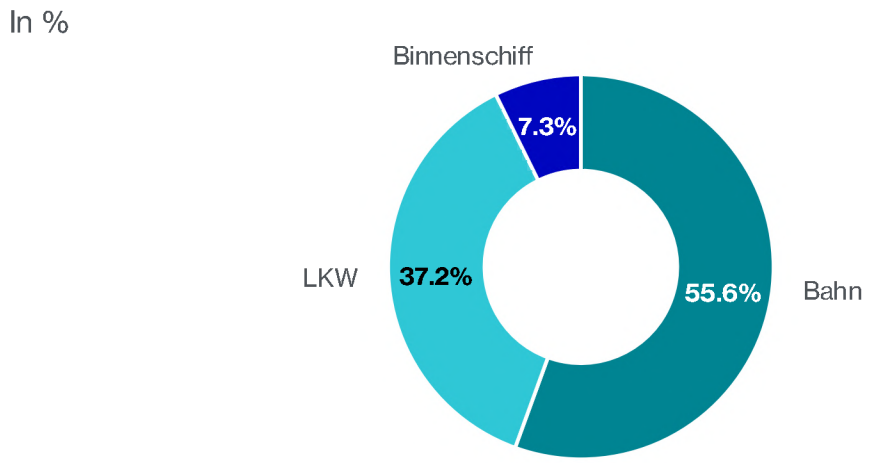
Die Leistungsfähigkeit eines Standorts im Kontext der SAF-Logistik hängt maßgeblich von seiner verkehrlichen Anbindung und der Integration in multimodale Transportnetzwerke ab. Insbesondere für energieintensive und volumenstarke Güter wie Flugkraftstoffe ist eine effiziente Kombination aus maritimen, schienengebundenen, straßenseitigen und pipelinebasierten Transportwegen von zentraler Bedeutung. Der Standort Hamburg verfügt grundsätzlich über eine ausgeprägte multimodale Infrastruktur, deren tatsächliche Nutzung und Wettbewerbsfähigkeit jedoch differenziert zu bewerten ist.

Hamburg zeichnet sich durch eine hohe Dichte und Qualität an Verkehrsinfrastruktur aus. Der Hafen bietet Zugang zu See- und Binnenschifffahrt, während gleichzeitig leistungsfähige Bahn- und Straßenanbindungen bestehen. Diese Kombination ermöglicht grundsätzlich eine flexible und diversifizierte Logistik für flüssige Energieträger.[128] Insbesondere die Bahnlogistik spielt im Kontext von SAF eine wichtige Rolle. Hamburg verfügt über etablierte Kesselwagenverladeinfrastruktur sowie eine gute Anbindung an das nationale und europäische Schienennetz. Dies ermöglicht die Verteilung von Kraftstoffen in verschiedene Regionen Deutschlands, etwa nach Berlin, Leipzig oder in süddeutsche Märkte sowie in die östlichen und südlichen Nachbarstaaten.[129] Auch aus strategischer Perspektive wird die Schiene als zentraler Baustein für eine mögliche Distributionsrolle Hamburgs hervorgehoben.[130]

Die Straßeninfrastruktur ergänzt diese Optionen, insbesondere für die Feinverteilung und die Anbindung von Flughäfen in geringerer Distanz. Trotz punktueller Engpässe wird die grundsätzliche Anbindung als leistungsfähig bewertet.[131] Besonders der Verkehrsträger Bahn, der für die logistischen Prozesse der SAF-Wertschöpfungskette eine zentrale Rolle einnehmen kann, hat einen großen Anteil am Transportaufkommen des Hinterlandverkehrs des Hafens Hamburg. Der Modal split-Anteil des Schienenverkehrs beträgt gut 55 % (siehe Abbildung 3-5).

[128] Gespräch HPA, 9. Februar 2026.
[129] Gespräch EVOS, 17. Februar 2026.
[130] Gespräch MB Energy, 3. März 2026.
[131] Gespräch HPA, 9. Februar 2026.

Abbildung 3-5: Anteil der Verkehrsträger im Hafen Hamburg auf Basis Tonnen



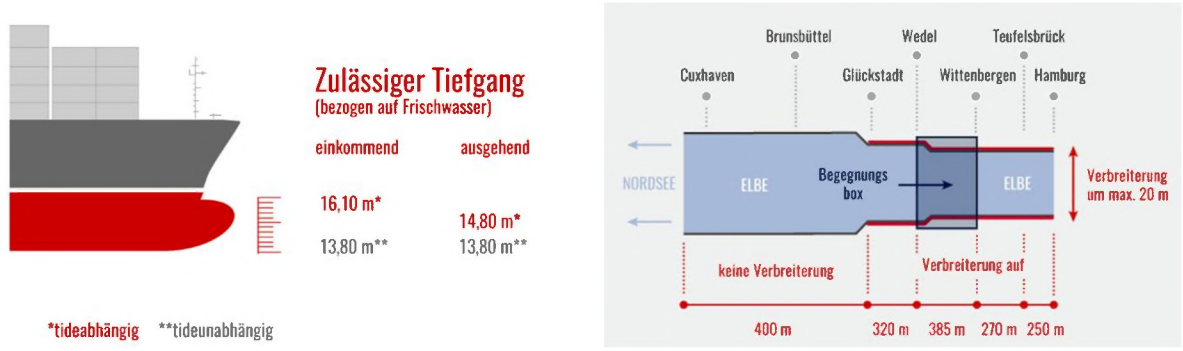
Quelle: eigene Darstellung basierend auf Daten von Hafen Hamburg Marketing e.V

© Prognos AG

Als Seehafen bietet Hamburg grundsätzlich die Möglichkeit, SAF und dessen Vorprodukte per Schiff zu importieren. Die vorhandene Tanker-Infrastruktur sowie mehrere geeignete Liegeplätze ermöglichen den Umschlag flüssiger Energieträger.[132] Allerdings bestehen im internationalen Vergleich strukturelle Einschränkungen. Insbesondere die begrenzte Wassertiefe der Elbe führt dazu, dass große und sehr große Produkttanker Hamburg nicht anlaufen können. Die Fahrrinne der Elbe lässt nach den letzten Anpassungen einen tideabhängigen Tiefgang von 16,10 Metern bei einkommenden Schiffen und 14,80 Metern bei ausgehenden Schiffen zu. Zwischen der Stadt Wedel und dem Hamburger Stadtteil Blankenese wurde zudem eine acht Kilometer lange Begegnungsbox mit einer Breite von 385 Metern geschaffen, wodurch eine nautische Restriktion bei der Begegnung von Großschiffen abgemildert werden konnte (siehe Abbildung 3-6).

[132] Gespräch HPA, 9. Februar 2026.

Abbildung 3-6: Befahrbarkeit der Elbe zwischen Mündung und Hafen Hamburg[133]



Quelle: Hafen Hamburg Marketing e.V.

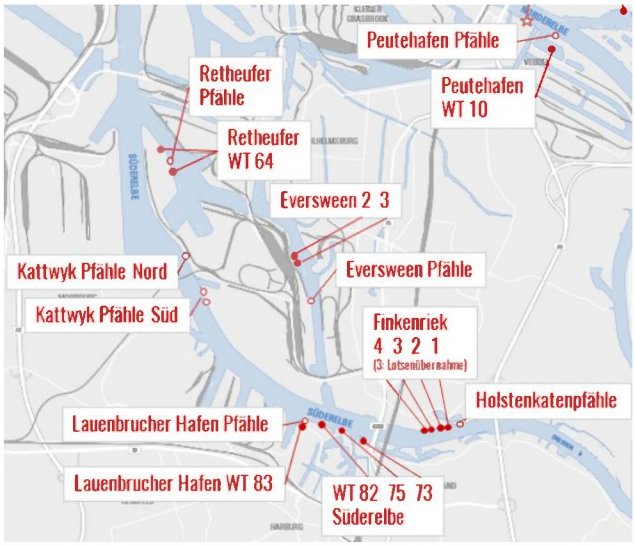
Der Tiefgang moderner Öltanker variiert stark. So haben voll beladene VLCC-Supertanker (Very Large Crude Carriers) einen Tiefgang zwischen 18 und 23 Meter. Diese Schiffe werden daher bevorzugt in den ARA-Häfen abgefertigt, da diese über einen geeigneteren nautischen Zugang und Hafenanlagen mit größerem zulässigem Tiefgang verfügen.[134] Infolgedessen spielt Hamburg im aktuellen JET A-1-Import eine untergeordnete Rolle, während Rotterdam und Antwerpen als dominante Umschlagplätze fungieren. Diese strukturelle Position wirkt sich auch auf die potenzielle Rolle Hamburgs im SAF-Markt aus, da bestehende Handelsstrukturen und Lieferketten weiterhin stark auf diese Hubs ausgerichtet sein werden.[135]

Binnenschiff

Die Binnenschifffahrt hat mit rund 7 % nur eine untergeordnete Bedeutung für die Hafenhinterlandverkehre. Über die Elbe und die angeschlossenen Binnenwasserstraßen, wie dem Nord-Ostsee-Kanal, dem Elbe-Seitenkanal und dem Elbe-Havel-Kanal, ist der Hamburger Hafen jedoch mit relevanten Regionen im In- und Ausland verbunden. Da die eingangs genannten Industrieflächen zudem über einige der 106 Binnenschiffsliegeplätze des Hamburger Hafens verfügen, bestehen grundsätzlich infrastrukturelle Voraussetzungen für den Transport von SAF zu Raffinerien für nachgelagerte Blending-Prozesse (siehe Abbildung 3-7).

[133] Hafen Hamburg Marketing e.V. (HHM)
[134] Gespräch Tanklagerverband UTV, 18. Februar 2026.
[135] Gespräch Tanklagerverband UTV, 18. Februar 2026.

Abbildung 3-7: Liegeplätze für Binnenschiffe im Hamburger Hafen[136]



Quelle: Hafen Hamburg Marketing e.V.

Pipeline

Pipelines stellen im klassischen Flugkraftstoffmarkt eine bedeutende Transportinfrastruktur dar. Wie bereits erläutert, erfolgt in Deutschland ein nennenswerter Anteil der Versorgung über pipelinebasierte Systeme, insbesondere über das Central European Pipeline System (CEPS). Dieses System dominiert die Versorgung mehrerer west- und süddeutscher Flughäfen wie Frankfurt oder Köln/Bonn und reduziert die Bedeutung alternativer Verkehrsträger.[137] Im Hamburger Kontext ist die Pipeline-Infrastruktur hingegen fragmentiert und nicht für JET A-1-Transporte nutzbar. Es existieren einzelne Verbindungen zwischen Unternehmen sowie spezifische Produktleitungen, jedoch kein umfassendes, flexibel nutzbares Netzwerk für verschiedene Energieträger.[138] Zudem gelten neue Pipelineprojekte als wirtschaftlich herausfordernd. Sie sind mit hohen Investitionskosten verbunden und rechnen sich nur bei sehr großen und langfristig gesicherten Durchsatzmengen.[139] Die Realisierung neuer Pipelines gerade im dicht besiedelten Stadtgebiet stellt eine große Herausforderung dar. Bislang wurde daher beispielsweise noch keine Pipeline vom Hamburger Hafen zum Flughafen Hamburg realisiert.

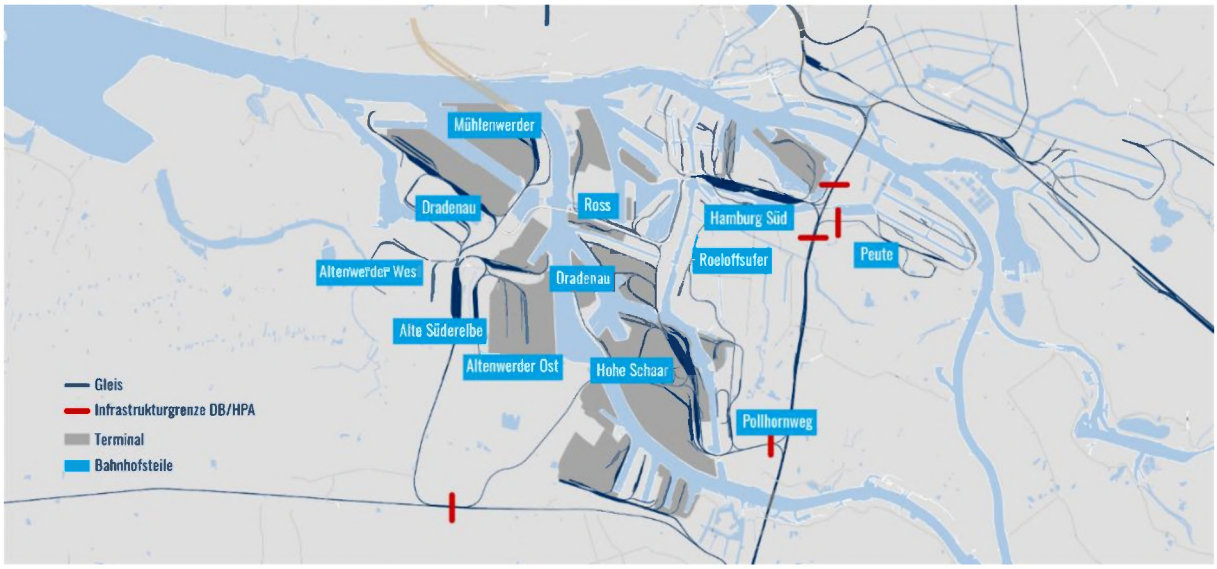
Schienentransport

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Einschränkungen gewinnt die Bahnlogistik zunehmend an Bedeutung. Sie ermöglicht eine flexible Verteilung von Kraftstoffen unabhängig von Pipelinestrukturen und kann insbesondere für mittlere und größere Distanzen wirtschaftlich sinnvoll sein. Dies gilt insbesondere für den Ganzzugverkehr. Doch auch unmittelbar im Hafengebiet können Güter über ein Schienennetz entweder innerhalb des Hafens oder darüber

[136] Hafen Hamburg Marketing e.V. (HHM)
[137] Gespräch Tanklagerverband UTV, 18. Februar 2026.
[138] Gespräch EVOS, 17. Februar 2026
[139] Gespräche HPA und AFS, 9. und 19. Februar 2026.

hinaus transportiert werden. Das Schienennetz erschließt die meisten Terminals und verbindet diese zusätzlich auch mit dem allgemeinen Schienenverkehr (siehe Abbildung 3-8 und Abbildung 3-9).

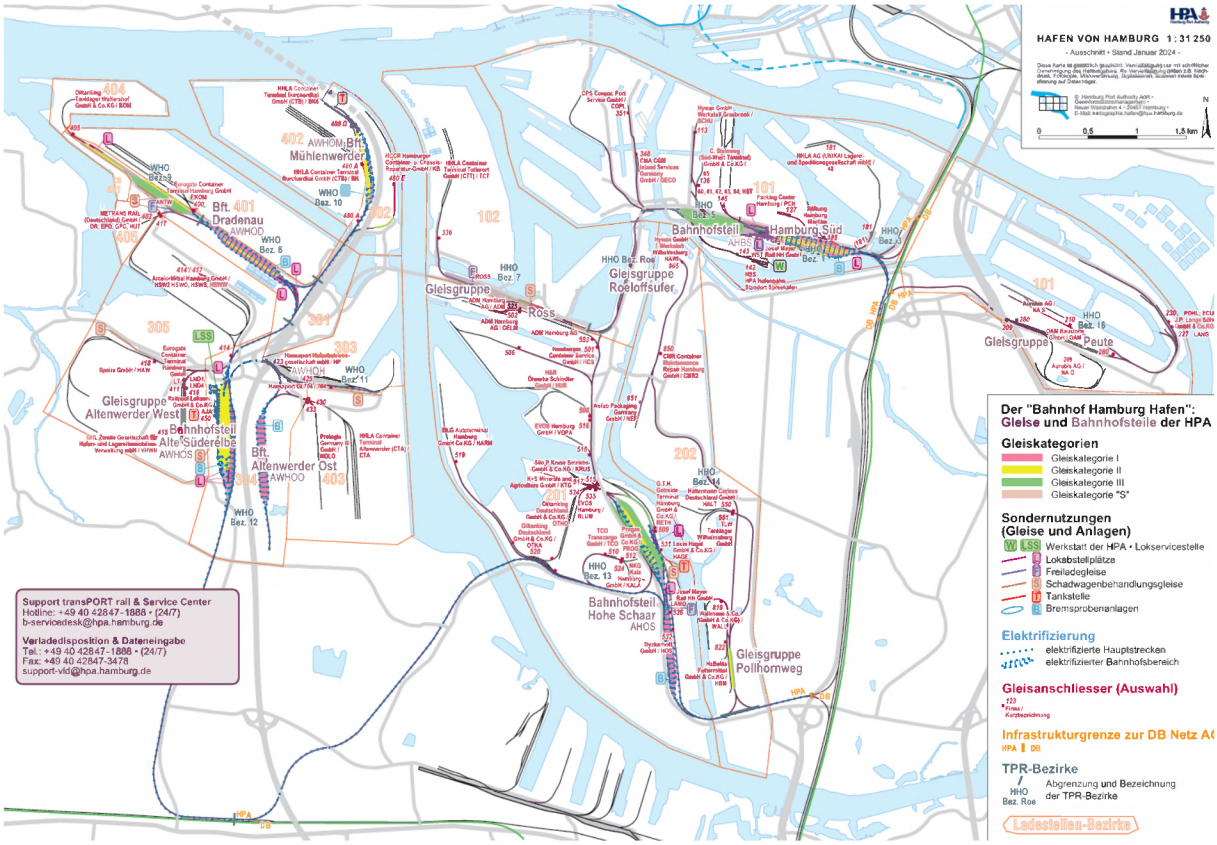
Abbildung 3-8: Bahnanschlüsse im Hamburger Hafen[140]



Quelle: Hafen Hamburg Marketing e.V.

[140] Hafen Hamburg Marketing e.V. (HHM)

Abbildung 3-9: Detailkarte der Schienenstrecken 2024[141]



Quelle: HPA Hamburg Port Authority

Der Hafen Hamburg bietet mit seiner ausgebauten Infrastruktur ein vielversprechendes Fundament für eine Rolle als Distributionsstandort über die Schiene. Mit 300 Kilometern Gleisnetz verbindet die Hafenbahn alle potenziellen Produktionsstandorte mit dem Hinterland, wie aus Abbildung 3-9 hervorgeht. Insbesondere Regionen ohne direkte Pipelineanbindung oder mit wachsendem Bedarf wie östliche und südliche Bundes- und Nachbarländer, darunter Polen und Österreich, könnten mit Hilfe eines Schienentransports versorgt werden.[142] Die Bahnlogistik öffnet damit die Möglichkeit, eine wichtige Rolle im Kontext zukünftiger SAF-Ströme einzunehmen.

3.2.5 Aktuelle Kerosin-Logistik

Flughafen Hamburg

Aktuell erfolgt die JET A-1-Versorgung des Flughafens Hamburg fast ausschließlich von der etwa 100 Kilometer entfernten Raffinerie Heide aus. LKWs beliefern den Flughafen von der Raffinerie in etwa eineinhalb Stunden über die Autobahnen A7 und A23 sowie der direkten Flughafenumgebung über die Bundesstraße B433 zum Tanklager des Flughafens in der Südostecke des Flughafengeländes.

[141] HPA Hamburg Port Authority
[142] Gespräche EVOS und MB Energy, 17. Februar und 3. März 2026.

Für weitere Veredelungsprozesse wie das Blending, also die Mischung von Sustainable Aviation Fuels und JET A-1, besteht am Flughafen keine Möglichkeit. Die Flughafengesellschaft stellt zwar das Grundstück der Tanklager, ist jedoch nicht weiter in die Tanklogistik involviert. Beteiligungsgesellschaften und die Aviation Fuel Services GmbH absolvieren die weiteren Betankungsabläufe. Auch der Hafen Hamburg ist in diesen Prozessschritten derweil nicht involviert.

Alternative Versorgungsrouten über den Hamburger Hafen wären mit zusätzlichen logistischen Herausforderungen verbunden, etwa durch längere Transportwege, städtische Durchfahrten oder infrastrukturelle Einschränkungen, z.B. bei der Nutzung des Elbtunnels.[143] Dies führt dazu, dass Hamburg trotz seiner Hafenlage nicht automatisch ein zentraler Versorgungsstandort für den eigenen Flughafen ist. Vielmehr ist die bestehende Infrastruktur stark auf etablierte Lieferketten ausgerichtet, was die Integration neuer Logistikpfade erschwert. Gleichzeitig wird die fehlende Redundanz in der Versorgung als potenzielles Risiko identifiziert. Die starke Abhängigkeit von einzelnen Versorgungswegen kann im Störungsfall zu erheblichen Einschränkungen führen, was die Bedeutung alternativer Transportoptionen erhöht.[144]

Andere Unionsflughäfen

Eine Straßenanbindung der Tanklager anderer Unionsflughäfen besteht an allen Standorten. An mehreren Flughäfen erfolgt die Kerosinlogistik auch mit Hilfe von Pipeline-, Schienen- und Binnenschifftransporten (Tabelle 1).

In Deutschland haben heute nur wenige Flughäfen einen direkten Schienenanschluss der Tanklager. In Polen hat ein wesentlich größerer Anteil an Flughäfen einen Schienenanschluss. Dank der starken Schienenanbindung des Hamburger Hafens an Produktions- und Lagerstandorte sowie der vorhandenen Liquid-Bulk-Terminals für Binnen- und Seeschiff kann Hamburg eine zentrale Rolle in der Versorgung dieser Flughäfen übernehmen.

[143] Gespräch EVOS, 17. Februar 2026.
[144] Gespräch Tanklagerverband, 18. Februar 2026.

Tabelle 1: Vergleich von Anbindungen der Verkehrsträger an Unionsflughäfen

Land	Flughafen	IATA -Code	Schiene	Pipeline	Binnenschiff-Nähe
DE	Hamburg	HAM	-	-	-
	Bremen	BRE	-	-	-
	Hannover	HAJ	Anbindung mit geringem Aufwand	-	-
	Münster/Osnabrück	FMO	-	-	-
	Düsseldorf	DUS	Anbindung mit geringem Aufwand	(✓)	-
	Berlin	BER	✓	-	-
	Dortmund	DTM	-	-	-
	Leipzig/Halle	LEJ	Anbindung mit geringem Aufwand / Anbindung zu DHL-Tanklager vorhanden	-	-
	Weeze/Niederrhein	NRN	-	-	-
	Köln/Bonn	CGN	-	✓	-
	Dresden	DRS	Anbindung mit geringem Aufwand	-	-
	Frankfurt	FRA	-	✓	✓
	Hahn	HHN	Anbindung mit geringem Aufwand	-	-
	Nürnberg	NUE	-	-	-
	Karlsruhe/Baden-Baden	FKB	-	-	-
	Stuttgart	STR	Anbindung mit geringem Aufwand	-	-
	München	MUC	✓	✓	-
	Memmingen	FMM	-	-	-
AT	Salzburg	SZG	-	-	-
	Innsbruck*	INN	-	-	-
	Wien	VIE	Anbindung mit geringem Aufwand	-	-
	Graz*	GRZ	Anbindung mit geringem Aufwand	-	-
PL	Warsaw-Modlin	WMI	✓	-	-
	Poznań-Ławica	POZ	-	-	-
	Wrocław	WRO	-	-	-
	Gdańsk	GDN	✓	-	-
	Katowice	KTW	✓	-	-
	Warsaw (Chopin)	WAW	✓	-	-
	Kraków	KRK	✓	-	-

	Rzeszów*	RZE	✓	-	-
CZ	Praha	PRG	-	-	-

(✓) – Infrastruktur in der Nähe des Flughafens vorhanden
*bisher keine Unionsflughäfen, perspektivisch ist eine Nutzung von SAF möglich
Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

In Deutschland wurden zuletzt an den Flughäfen Berlin und Leipzig/Halle (DHL-Hub) Schienenanschlüsse von Tanklagern neu realisiert. Seit Eröffnung des neuen Flughafens in München im Jahr 1992 besteht dort ebenfalls eine Schienenanbindung des Flughafens (siehe Abbildung 3-10).

Abbildung 3-10: Beispiele Kerosin-Transport zu Flughäfen



Leipzig/Halle, DHL-Tanklager, Länge Ladegleise: ca. 250 m.



Berlin. Länge Ladegleise: ca. 280 m



München. Länge Ladegleise: ca. 280 m.

Quelle: eigene Darstellung

Integration der Verkehrsträger und Systemeffizienz

Die Stärke multimodaler Standorte liegt in der effizienten Verknüpfung verschiedener Verkehrsträger. Für Hamburg schafft das Zusammenspiel von Schiff, Bahn, Straße und begrenzter Pipelineinfrastruktur grundsätzlich hohe Flexibilität. Gleichzeitig hängt die tatsächliche Nutzung dieser Potenziale stark von wirtschaftlichen und strukturellen Rahmenbedingungen ab. Bestehende Handelsstrukturen – insbesondere die Dominanz der ARA-Region und pipelinebasierter Versorgungssysteme – begrenzen Hamburgs Rolle im aktuellen Markt. Die Integration neuer Energieträger wie SAF erfordert daher neben technischen Anpassungen vor allem eine strategische Neuausrichtung der Logistiksysteme. Entscheidend wird sein, welche Verkehrsträger künftig dominieren und wie bestehende Infrastrukturen effizient genutzt oder gezielt ergänzt werden können.

Für Hamburg bestehen strukturelle Einschränkungen, insbesondere im maritimen Bereich sowie durch die Dominanz bestehender Pipeline- und Importstrukturen. Diese limitieren die Rolle Hamburgs als primärer Importstandort und verweisen eher auf eine zukünftige Funktion als Distributions- oder Ergänzungsstandort.[145] Die weitere Entwicklung wird maßgeblich davon abhängen, inwieweit es gelingt, die vorhandene multimodale Infrastruktur strategisch zu nutzen und in neue Wertschöpfungsketten zu integrieren. Dabei spielt insbesondere die Bahnlogistik eine zentrale Rolle als flexibler und ausbaufähiger Transportkanal.

Bedeutung der Elbe für Hamburgs maritime Wettbewerbsposition

Im europäischen Vergleich steht Hamburg in direkter Konkurrenz zu etablierten Energie- und Chemiehäfen wie Rotterdam und Antwerpen. Diese Häfen verfügen über sehr große Tanklagerkapazitäten, tiefere Fahrrinnen und eine hohe Dichte an petrochemischer Industrie, was ihnen Vorteile bei der Ansiedlung neuer SAF-Import- und Produktionskapazitäten verschafft.

Rotterdam gilt bereits heute als führender SAF-Hub in Europa, mit mehreren geplanten Produktionsanlagen und umfangreicher Import- und Blending-Infrastruktur.[146] Ein Beispiel ist hier das Projekt von Power2X und Advario, welche eine Anlage mit einer Produktionskapazität von 250.000 t eSAF pro Jahr errichten wollen.[147] Außerdem wird im Rahmen des Projektes auch eine Importinfrastruktur zur Lagerung und zum weiteren Transport per Schiene und Schiff von bis zu 230.000 Kubikmetern errichtet.[148] Der Hafen von Rotterdam möchte so seine Position als wichtiger Hub für eSAF in Europa weiter stärken. Antwerpen profitiert von ähnlichen Standortvorteilen und einer starken industriellen Basis. Beide Häfen verfügen zudem über sehr tiefe Zufahrten und können somit große Tankschiffe unabhängig von tidebedingten Einschränkungen abfertigen.

Hamburg profitiert mit seiner Lage an der Elbe zwar auch von den generellen infrastrukturellen Vorteilen, jedoch stellt die Elbe auch einen begrenzenden Faktor dar. Da Hamburg tideabhängig an der Unterelbe und rund 100 km von der offenen Nordsee entfernt liegt, sind die nautischen

[145] Gespräche EVOS und Tanklagerverband UTV, 17. und 18. Februar 2026.
[146] CENA, 2024.
[147] Power 2x, 2024.
[148] Port of Rotterdam, 2024.

Bedingungen anspruchsvoller als in den Rhein-Schelde-Häfen. Es besteht insgesamt eine eingeschränktere Flexibilität, was den schiffsgebundenen Transport betrifft.

Hamburg profitiert jedoch im Gegensatz zu anderen Nordrange-Häfen von seiner Nähe zum deutschen Markt, seiner Rolle als Luftfahrtstandort und seiner starken Logistikkompetenz.

Neben der Konkurrenz zwischen Hafenstandorten existiert eine sektorale Konkurrenz um maritime Rohstoffströme. Biogene Reststoffe, die als Feedstock für HEFA-SAF dienen, werden global gehandelt. Hafenstandorte konkurrieren somit nicht nur um Produktionsanlagen, sondern auch um Zugang zu nachhaltigen Inputmengen. Rotterdam etwa verfügt über eine starke Position im globalen Handel mit Pflanzenölen und biogenen Rohstoffen, was Skalenvorteile schafft.

Hamburg kann durch seine Rolle im Ostseeraum und seine Anbindung an mittel- und osteuropäische Märkte eigene Versorgungsnetzwerke entwickeln. Gleichwohl bleibt die Preisbildung auf internationalen Märkten entscheidend. Eine maritime Konkurrenzanalyse zeigt daher, dass die physische Erreichbarkeit über die Elbe notwendig, aber nicht hinreichend für Wettbewerbsvorteile ist. Entscheidender sind langfristige Lieferverträge, Zertifizierungsstrukturen und politische Stabilität.

Mit Blick auf strombasierte SAF-Pfade verschiebt sich die maritime Wettbewerbsdimension zunehmend in Richtung Energieimporte. Sollte Europa in erheblichem Umfang grünen Wasserstoff oder dessen Derivate importieren, wird die Fähigkeit eines Hafens, entsprechende Umschlags- und Umwandlungsinfrastruktur bereitzustellen, zum strategischen Differenzierungsmerkmal. Die Elbe könnte hierbei als Zugangsweg sowohl für Ammoniak- als auch für Methanolimporte dienen, die anschließend in regionalen Clustern weiterverarbeitet werden.

Im Vergleich zu direkt an der Nordsee gelegenen Häfen hat Hamburg zwar längere Anfahrtswege, verfügt jedoch über etablierte Energieumschlagsstrukturen und eine enge Verknüpfung von Hafen und industrieller Nachfrage. Die Wettbewerbsfähigkeit hängt künftig weniger allein von nautischen Parametern ab, sondern stärker von der Integration in nationale Wasserstoffnetze und von regulatorischer Planungssicherheit.

Die maritime Konkurrenzanalyse verdeutlicht, dass die Bedeutung der Elbe für SAF-Produktionsstandorte in Hamburg weit über die Rolle eines bloßen Transportweges hinausgeht. Sie ist integraler Bestandteil eines industriellen Ökosystems, das Rohstoffimporte, Energieversorgung, Raffinerieintegration und Produktdistribution miteinander verknüpft. Im Wettbewerb mit anderen Nordrange-Häfen verfügt Hamburg über solide infrastrukturelle Voraussetzungen, steht jedoch unter strukturellem Konkurrenzdruck durch größere, teilweise nautisch begünstigte Standorte.

Für die Bewertung der Zukunftsfähigkeit von SAF-Produktionsstandorten in der Region Hamburg ist daher entscheidend, ob es gelingt, die logistischen Vorteile der Elbe mit energiepolitischer Strategie, Wasserstoffinfrastruktur und industrieller Clusterbildung zu verbinden. Gelingt diese Integration, kann die Elbe als strategischer Wettbewerbsvorteil wirken. Bleiben jedoch infrastrukturelle Engpässe oder Investitionsunsicherheiten bestehen, droht eine Verlagerung großskaliger SAF-Wertschöpfung in andere europäische Hafencluster.

Insgesamt zeigt sich: Die maritime Dimension ist kein Randaspekt, sondern eine zentrale Determinante der Standortqualität Hamburgs im entstehenden europäischen SAF-Markt.

3.3 Kommerzielle Fragestellungen

Die Marktentwicklung für SAF wird maßgeblich durch regulatorische Vorgaben auf europäischer Ebene geprägt, insbesondere die ReFuelEU-Aviation-Verordnung. Diese EU-Verordnung bildet den politischen Willen ab, auch auf Seiten des Luftverkehrs den Ausstoß von klimaschädlichem CO_2 zu reduzieren, um somit das EU-Ziel einer CO_2- Neutralität im Jahre 2050 zu unterstützen. Dieser politische Grundsatz wird auf Bundesebene durch das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) gesetzlich verankert, das dieses Ziel für 2045 festlegt. Auf Landesebene gibt es das Hamburgische Klimaschutzgesetz (HmbKliSchG), das durch den Volksentscheid „Hamburger Zukunftsentscheid“ das Ziel der Klimaneutralität auf 2040 vorgezogen hat.

Diese Vorgaben bzw. Direktiven schaffen einen verbindlichen Nachfragepfad und erhöhen damit die Investitionssicherheit für private Akteure.

Diese grundsätzlich positive unternehmerische Ausgangslage basiert aber auch auf der Annahme, dass die zeitlichen Vorgaben zur Umsetzung nicht durch die intensive Lobbyarbeit der europäischen Fluggesellschaften verwässert werden. Eine Änderung der Umsetzungsfristen oder der SAF-Mischungsverhältnisse würde die Wirtschaftlichkeit neuer Projekte weiter reduzieren, sowie die bereits geplanten oder in der Planung befindlichen Produktionsanlagen in Frage stellen. Das jetzige Rahmenwerk sollte auf jeden Fall beibehalten werden, bzw. behutsam an die betriebliche Realität etwaiger Produzenten oder Händler angepasst werden.

In Hamburg zeigen verschiedene privatwirtschaftlich agierende Unternehmen aus der Produktion und auch aus der Logistik ein großes Interesse an einem Engagement hinsichtlich der Sustainable Aviation Fuels.

Da sie privatwirtschaftlich organisiert sind und hier immer eine befriedigende Amortisation angestrebt wird, agieren sie jedoch zurückhaltend aufgrund (siehe Abbildung 3-11):

- regulatorischer Unsicherheiten,
- genehmigungsrechtlicher Vorgaben,
- langer Planungsvorläufe,
- fehlender Sicherheit hinsichtlich einer stabilen Marktnachfrage.

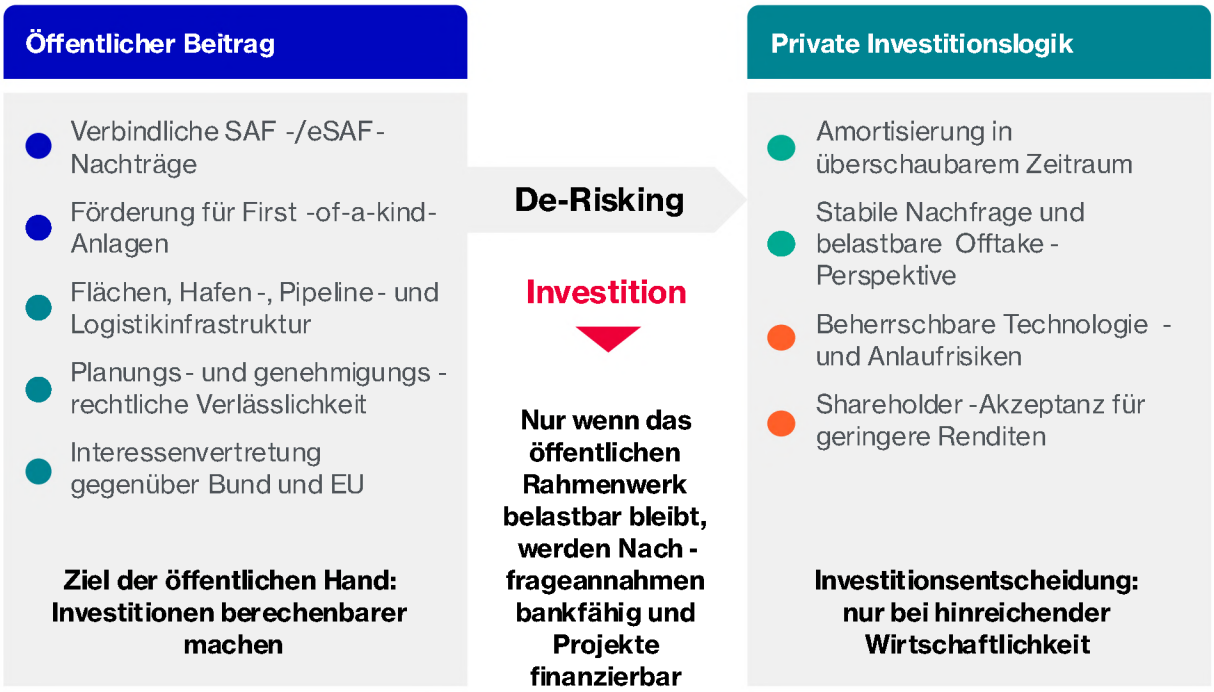
Diese Unsicherheiten wiegen umso schwerer, als dass das Engagement in diesem neuen Marktsektor auch noch konfrontiert wird durch:

- anspruchsvolle technische Herausforderungen mit all den daraus folgenden Vorlaufkosten und Anlaufschwierigkeiten,
- einen hohen Investitionsbedarf und
- eine gegenwärtig geringe Marktnachfrage und damit limitierte Absatzmöglichkeiten, die bei den hohen Investitionen gegenwärtig noch zu hohen Stückkosten führen.

Grundsätzlich wird jedes betriebswirtschaftlich ausgerichtete Unternehmen bestrebt sein, mit mehr oder weniger Risikobereitschaft innerhalb eines überschaubaren Zeitraums die eigene

Investition amortisiert zu bekommen. Dabei spielen Nachhaltigkeitsgrundsätze nur insoweit eine Rolle, als dass die Eigentümer (private oder öffentliche) dieses Ziel unterstützen und dabei auch bereit sind, während eines gewissen Zeitraums eine geringere Rendite zu akzeptieren. Die Produktions- und Logistikkosten von SAF sind derzeit noch deutlich höher als von fossilem Kerosin, was die Wirtschaftlichkeit der neuen SAF-Projekte nicht erleichtert.

Abbildung 3-11: Einflussnahme öffentlicher Beiträge auf privatwirtschaftliche Investitionslogik



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Es bleibt der Grundsatz, dass unternehmerische Aktivitäten im Bereich SAF in Hamburg nur dann von Seiten der Hamburger Wirtschaftspolitik erwartet werden können, wenn von Seiten der Politik / Verwaltung / Gesetzgebung ein Rahmen geschaffen wird, der das unternehmerische Interesse weckt und das Wagnis einer Investition einigermaßen berechenbar erscheinen lässt.

Hier kann die öffentliche Hand, bzw. die zuständigen Fachbehörden eine koordinierende und unterstützende Rolle übernehmen, um

- strategische Verkehrs- oder Infrastrukturflächen bereitzustellen,
- hohe Investitionen für neuartige Produktionsanlagen mit Hilfe von Förderprogrammen zumindest teilweise zu kompensieren,
- planungs- und genehmigungsrechtlich verlässliche und leistungsfähige behördliche Ansprechstellen zu schaffen,
- die SAF-Projekte landesweit in der Öffentlichkeit zu vertreten und auch gegenüber dem Bund und der EU die Interessen der Unternehmen mit wahrzunehmen.

Die bisherigen politischen Vorgaben auf regionaler, nationaler und EU-Ebene zur Reduzierung von CO_2 und Blending mit SAF sind anzuerkennen und stellen grundsätzlich einen wachsenden Absatzmarkt dar. Solange privatwirtschaftliche Unternehmen mit den gegebenen kommerziellen, planerischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen bei der Produktion und der Logistik von biogenem SAF oder eSAF keine Wirtschaftlichkeit erwarten, wird es nur sehr wenige unternehmerische Aktivitäten in Hamburg oder anderen deutschen und europäischen Standorten geben.

4 Regionale Produktionspotenziale

4.1 SAF-Produktion

4.1.1 Geplante biogene SAF-Produktion in Hamburg

Der derzeit einzige und am stärksten konkretisierte SAF-bezogene Produktionshochlauf im Hamburger Stadtgebiet wird durch die HOLBORN Europa Raffinerie (Hamburg-Harburg) dargestellt. HOLBORN ist ein lokal produzierendes Raffinerieunternehmen mit über 450 Beschäftigten und mehr als 35 Jahren Erfahrung. Als Tochterfirma der HOLBORN Investment Company verfügt das Unternehmen über eine große finanzielle Sicherheit, um Projekte größeren Maßstabs zu realisieren. Die Planung zur Produktion von biogenem SAF (und zeitgleich HVO) begann im Jahre 2021 bei einem geplanten Investitionsvolumen von rund 130 Mio. Euro. Die Produktion soll nunmehr im Jahre 2027 aufgenommen werden, gegenwärtig wird mit einem Investitionsvolumen von 475 Mio. Euro gerechnet[149]. Dies stellt ebenfalls ein klares Bekenntnis zum Standort Hamburg dar.

Abbildung 4-1: HOLBORN-Betriebsgelände im Süden des Hafengebiets[150]



Quelle: Holborn

HOLBORN kommuniziert den Bau eines „GDP-Komplexes“ (Green Diesel Production) auf dem Raffineriegelände, der ab 2027 CO_2-arme Kraftstoffe in industrieller Größenordnung herstellen soll. Die bestehende Anlage basiert auf einem Hydrierungsprozess mit anschließender

[149] HOLBORN 2024: Baustart für Deutschlands ersten GDP-Komplex in einer Raffinerie
[150] HOLBORN 2024: Baustart für Deutschlands ersten GDP-Komplex in einer Raffinerie

Isomerisierung, bei dem biogene Rest- und Abfallöle verarbeitet werden. Daraus entsteht HVO, aus dem wiederum ein Teil als SAF genutzt werden kann.

Ein zentraler Punkt ist die begrenzte SAF-Ausbeute innerhalb der Gesamtproduktion. Von insgesamt rund 220.000 Tonnen Produktionskapazität entfallen etwa 110.000 Tonnen auf SAF-geeignete Fraktionen. Diese Aufteilung ist technisch bedingt und nur marginal optimierbar. Mit zusätzlichen Maßnahmen ließe sich die SAF-Ausbeute steigern – allerdings zu deutlich höheren Kosten.

Der HOLBORN-Standort ist ein typisches Beispiel für „Brownfield"-Konversion bzw. -Erweiterung. Bestehende Raffinerie- und Hafeninfrastruktur, Tanklager- und Umschlagsmöglichkeiten sowie industrienahe Versorgungssysteme reduzieren Transaktionskosten (Logistik, Genehmigungspfade, Betriebspersonal, Anschluss an bestehende Anlagen). In der Standorttheorie wird dies häufig als Vorteil gegenüber Greenfield-Projekten interpretiert, weil die Implementierungskomplexität geringer und die Schnittstellen zu bestehenden Wertschöpfungsketten erprobter sind. Für Hamburg kommt hinzu, dass eine im Hafen- und Raffinerieumfeld verortete Produktion prinzipiell eine effiziente Distribution in die Region und über diese hinaus ermöglicht.

HOLBORN positioniert sich mit der Herstellung von HVO/SAF unter Nutzung von Abfall- und Reststoffen sowie kohlenstoffarmem Wasserstoff in einem kurzfristig marktnahen Segment, das derzeit als wichtigster Brückenpfad zur Quotenerfüllung gilt: Drop-in-fähige paraffinische Kraftstoffe (HVO/SAF) können in bestehende Infrastruktur integriert werden und sind schneller skalierbar als rein strombasierte eSAF-Anlagen. Gleichzeitig bleibt dieser Pfad von der nachhaltigen Verfügbarkeit geeigneter Reststoff-Feedstocks abhängig, die europaweit in Konkurrenz zu Straßen- und Schiffsverkehr sowie zur chemischen Industrie stehen.

Die Raffinerie Holborn sieht sich der Herausforderung ausgesetzt, dass die Produktion technisch durchgeführt werden kann, aber strukturell begrenzt und kostenintensiv ist. Gleichzeitig steht dieser vergleichsweise geringe Output in einem starken Missverhältnis zum notwendigen Investitionsvolumen[151].

Der gegenwärtige Produktionsstandort von Holborn ist vorteilhaft und kann Beschaffungsvorteile schaffen, löst aber nicht die strukturelle Knappheit nachhaltiger Rohstoffe und ergänzender Standortfaktoren. Der Produktionsstandort von Holborn ist damit nicht isoliert als Anlage zu verstehen, sondern als Knotenpunkt einer internationalen Rohstofflieferkette.

4.1.2 Eingestelltes Projekt eSAF-Anlage „Green Fuels Hamburg" (Billbrook/Rothenburgsort)

Als bedeutendstes öffentlich wahrgenommenes Planungsprojekt für eSAF in Hamburg galt das Konsortiumsvorhaben „Green Fuels Hamburg", das im Industriegebiet Billbrook/Rothenburgsort angesiedelt werden sollte. Die Freie und Hansestadt Hamburg kommunizierte das Vorhaben 2022 als Großprojekt, in dessen Rahmen u. a. eine Elektrolyse-Großanlage zur Erzeugung von grünem Wasserstoff aus Offshore-Windstrom beabsichtigt war – als Basis für „Green Fuels" und damit für

[151] Gespräch Holborn am 27.03.2026

nachhaltige Flugkraftstoffe.[152] Bis 2026 sollte eine industrielle Produktion nachhaltiger Flugkraftstoffe am Standort Hamburg realisiert werden, unter Beteiligung von Uniper, Siemens Energy, Sasol EcoFT und Airbus. Mit einem eSAF-Verfahren sollten in der ersten Ausbaustufe 10.000 Tonnen grünes Kerosin hergestellt werden.[153]

Für die wissenschaftliche Bewertung war dieses Projekt deshalb zentral, weil es eine andere Transformationslogik verkörperte als die HOLBORN-Erweiterung: Während Raffinerie-nahe HVO/SAF-Projekte primär einen biogen/reststoffbasierten Brückenpfad adressieren, zielte „Green Fuels Hamburg" auf einen stärker strom- und wasserstoffbasierten Pfad (PtL/eSAF) mit langfristig größerer theoretischer Skalierbarkeit, aber auch höheren Investitions- und Systemrisiken, die primär durch Strompreis, H_2-Verfügbarkeit, CO_2-Quelle, Investitionskosten sowie Offtake-Unsicherheiten getrieben waren.

Das Konsortium (u. a. Uniper, Siemens Energy, Airbus, Sasol) hat das Projekt 2024 eingestellt. Die verfügbaren Stellungnahmen deuten auf strukturelle wirtschaftliche, technische und politische Hürden hin, insbesondere im Zusammenhang mit unsicheren Marktbedingungen sowie unzureichenden Förderrahmenbedingungen.

Aus Sicht einer Standort- und Transformationsanalyse ist der Abbruch nicht primär als „technologisches Scheitern" zu deuten, sondern als Hinweis auf damals noch fehlende Rahmenbedingungen.

4.1.3 Eingestelltes Projekt: eSAF-Versuchsanlage der Raffinerie Heide (Projekt KEROSyN100)

Obwohl die Raffinerie Heide in Schleswig-Holstein liegt, ist sie für die Versorgungsperspektive der Region Hamburg analytisch relevant, da sie in Norddeutschland als Industrie- und Raffineriestandort in räumlicher Reichweite zu Hamburger Logistik- und Absatzknoten liegt. Der Betrieb mit einer Kapazität von 4,5 Mio. Tonnen Rohöl pro Jahr, welches hauptsächlich zu Diesel, Heizöl und Flugkraftstoff verarbeitet wird, ist ein zentraler Akteur in der Energieversorgung Norddeutschlands und unter anderem der Hauptlieferant der Betankungsgesellschaften des Hamburger Flughafens und des Sylter Flughafens.[154]

In diesem Kontext ist das Forschungs- und Entwicklungsprojekt KEROSyN100 von Bedeutung. In Phase 1, welche eine Laufzeit von 4 Jahren (07/2018-06/2022) hatte, wurde die Entwicklung einer Power-to-Liquid-Anlage zur Herstellung synthetischen Kerosins über die Methanol-Route untersucht. Das Projekt wurde gemeinsam mit Partnern wie der Universität Bremen, der TU Freiberg, der IKEM, dem DLR und CAC durchgeführt und durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz gefördert (KEROSyN100 2022). In Phase 2 sollte anschließend die großtechnische Anlage errichtet werden, im Forschungsbetrieb laufen und der Herstellungspfad zertifiziert werden.

---

[152] www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bwai/aktuelles/pressemeldungen/2022-06-23-bwi-green-fuels-hamburg-521004
[153] Uniper 2022: „Green Fuels Hamburg" plant industrielle Produktion nachhaltiger Flugkraftstoffe für eine klimaneutrale Luftfahrt
[154] Heide Refinery: Kunden & Partner: Regionaler Fokus der Raffinerie Heide

Das Forschungsprojekt wurde erfolgreich abgeschlossen und lieferte die konzeptionellen und technologischen Grundlagen für die strombasierte Herstellung von synthetischem Kerosin über die Methanol-Route. Eine in Phase 2 vorgesehene großtechnische Demonstrationsanlage wurde jedoch bislang nicht realisiert. Entsprechend verbleibt KEROSyN100 auf der Ebene eines Grundlagen- und Konzeptprojekts, dessen Ergebnisse in nachfolgende Entwicklungen einfließen, ohne selbst in eine industrielle Umsetzung überführt worden zu sein.

4.1.4 Bewertung von biogener und eSAF-Produktion in Hamburg

Mit der HOLBORN-Erweiterung ist ein konkreter, finanziell und baulich unterlegter Kapazitätsaufbau identifizierbar, der ab 2027 relevante Mengen HVO/SAF aus Abfall- und Reststoffen bereitstellen soll. Dieses Projekt ist für den mittelfristigen Quotenumsetzungsdruck besonders relevant, weil es vergleichsweise nahe an bestehender Infrastruktur operiert und damit tendenziell schneller in Betrieb gehen kann als PtL-Großanlagen.

Das „Green Fuels Hamburg"-Vorhaben, aber auch das Projekt KEROSyN100 der Raffinerie Heide zeigen, dass wasserstoffbasierte eSAF-Ansätze in der Region zwar industriepolitisch attraktiv erscheinen und in offiziellen Verlautbarungen als umsetzbar kommuniziert wurden, aber unter realen Markt-, Kosten- und Finanzierungsbedingungen scheitern können.

Für die Standortbewertung ist diese Erfahrung wichtig, weil sie die Notwendigkeit einer systemischen Perspektive belegt: Produktionsstandorte sind nicht nur Flächen und Anlagen, sondern Knotenpunkte eines Energie- und Molekül-Ökosystems (erneuerbarer Strom, Wasserstoff, CO_2, Logistik, Zertifizierung, Offtake).

4.2 Standortfaktoren für eine SAF-Produktion

4.2.1 Standortfaktor Rohstoff- und Energieversorgung

Die Rohstoff- und Energieversorgung stellt einen zentralen Produktionsfaktor für SAF dar und beeinflusst maßgeblich die Standortentscheidungen, die Investitionsrisiken und Skalierungspotenziale sowie die langfristige Wettbewerbsfähigkeit.

Insbesondere in der Region Hamburg, die durch ihre Hafeninfrastruktur, bestehende Raffineriestandorte und energieintensive Industrie geprägt ist, entscheiden

a) **eine ausreichende Rohstoffbasis für biogene SAF-Pfade,**
b) **verfügbare und bezahlbare ‚grüne' Energie für strombasierte SAF-Produktion und**
c) **die Verfügbarkeit nachhaltiger Kohlenstoffquellen für eSAF**

darüber, ob SAF-Projekte wirtschaftlich realisierbar sind. Die Analyse der Rohstoff- und Energieversorgung muss dabei differenziert nach Technologiepfaden erfolgen, da biogene SAF-Routen (z. B. HEFA) grundlegend andere Inputstrukturen aufweisen als strombasierte Power-to-Liquid-(PtL)-Kraftstoffe.

a) **Rohstoffbasis für biogene SAF-Pfade**

Der gegenwärtig marktdominierende SAF-Pfad in Europa ist der HEFA-Prozess (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids), der auf biogenen Ölen und Fetten basiert, insbesondere gebrauchten Speiseölen (UCO), tierischen Fetten sowie bestimmten Rest- und Abfallstoffen. Für Standorte wie Hamburg, die über Raffinerieinfrastruktur verfügen, ist dieser Pfad technisch vergleichsweise gut integrierbar, da bestehende Hydrieranlagen angepasst oder erweitert werden können.

Aus rohstoffökonomischer Perspektive ist jedoch die begrenzte Verfügbarkeit nachhaltiger Lipid-Rohstoffe ein strukturelles Engpasskriterium. Das nachhaltig erschließbare UCO-Potenzial in Europa ist limitiert und unterliegt bereits intensiver Konkurrenz durch den Straßenverkehr (HVO-Diesel), die chemische Industrie und internationale Nachfrage. Hamburg als Hafenstandort verfügt zwar über logistische Vorteile im Import solcher Rohstoffe, doch verlagert sich damit das Versorgungsrisiko auf globale Märkte. Preisvolatilitäten und Nachhaltigkeitszertifizierungen (z. B. RED II/III-Konformität, ISCC-Zertifizierung) werden zu entscheidenden Einflussgrößen der Produktionskosten.

Zudem verschärfen regulatorische Anforderungen die Rohstoffauswahl. Die EU-Richtlinien schließen Nahrungs- und Futtermittelpflanzen zunehmend aus oder begrenzen deren Anrechenbarkeit.[155] Damit steigt der Druck, ausschließlich Rest- und Abfallstoffe zu verwenden.

Für Hamburg bedeutet dies: Die regionale Verfügbarkeit biogener Reststoffe (z. B. aus der Lebensmittelverarbeitung oder kommunalen Abfallströmen) kann einen Beitrag leisten, reicht jedoch für industrielle Großanlagen nicht aus. Eine SAF-Produktion auf HEFA-Basis bleibt somit stark importabhängig – ein Faktor, der die Standortattraktivität nur dann erhöht, wenn stabile Lieferketten etabliert sind.

b) Grüne Energie für strombasierte SAF-Produktion

Begrenzte Flächen für erneuerbare Energien, hohe Strompreise und regulatorische Einschränkungen machen die eSAF-Produktion im internationalen Wettbewerb häufig unattraktiv. Für wirtschaftliche Prozesse ist ein kontinuierlicher und kostengünstiger Zugang zu Strom und anderen Inputfaktoren – idealerweise über Pipelineinfrastruktur – entscheidend; Standorte ohne entsprechende Anbindung sind klar benachteiligt.

In der Folge erwarten viele Akteure eine Verlagerung energieintensiver Produktionsschritte in Regionen mit günstigeren natürlichen Rahmenbedingungen, während Standorte wie Hamburg eher für nachgelagerte Prozessschritte oder die Integration in bestehende Wertschöpfungsketten geeignet sind.[156]

Insbesondere die Stromkosten stellen den größten Kostenblock dar, wodurch Länder mit preiswerter erneuerbarer Energie strukturelle Vorteile besitzen. Deutschland – und damit auch Hamburg – weist im internationalen Vergleich deutliche Standortnachteile auf.

Im Gegensatz zu biogenen Pfaden basiert die PtL-Produktion von synthetischem Kerosin auf drei zentralen Inputfaktoren: erneuerbarer Strom, grüner Wasserstoff und eine geeignete

[155] Delegierte Verordnung - 2019/807 - DE - EUR-Lex
[156] Gespräch MB Energy 03.03.20226

Kohlenstoffquelle (biogen oder CO_2 aus Industrie/Direktluftabscheidung). Von diesen ist der Strombedarf mit Abstand der mengen- und kostenintensivste Faktor.

Der Strombedarf zur Herstellung von eSAF liegt typischerweise in der Größenordnung von etwa 15–25 kWh pro Liter Kraftstoff, wobei der größte Anteil auf die elektrolytische Wasserstofferzeugung entfällt und die Gesamtwerte maßgeblich vom Wirkungsgrad der Power-to-Liquid-Prozesskette abhängen. Für einen Standort wie Hamburg bedeutet dies, dass die Wettbewerbsfähigkeit von PtL-Anlagen direkt von der regionalen Verfügbarkeit kostengünstiger erneuerbarer Elektrizität abhängt.

Die Metropolregion Hamburg profitiert grundsätzlich von ihrer Nähe zu norddeutschen Windkraftkapazitäten, insbesondere Offshore-Wind in der Nordsee. Langfristig geplante Netzausbauten und Wasserstoffkernnetze sowie die in Moorburg geplante Produktion von grünem Wasserstoff könnten eine stabile Versorgung gewährleisten. Der Hamburg Green Hydrogen Hub in Moorburg soll bei einer Elektrolyseleistung von 100 MW jährlich rund 10.000 Tonnen grünen Wasserstoff produzieren[157]; je nach Auslastung wird die maximale Kapazität mit etwa 10.000 Tonnen pro Jahr angegeben.[158]

Die hier erzeugten Wasserstoffmengen sollen über das regionale Verteilnetz HH-WIN insbesondere an industrielle Großverbraucher im Hafen, darunter Stahl- und Chemieunternehmen, sowie an Logistik- und Verkehrsakteure geliefert werden. Welcher Anteil der Jahresproduktionsmengen von grünem H_2 letztendlich für eine etwaige eSAF-Produktion in Hamburg verfügbar wären bzw. welche Preise dafür aufgerufen werden, sind noch nicht bekannt. Die geplante Skalierung auf bis zu 800 MW böte hier weiteres Potenzial.

Für eSAF-Produktionsanlagen ergibt sich daraus ein zentrales Standortkriterium: Die reine Nähe zu Windparks reicht nicht aus; entscheidend ist der Zugang zu langfristigen Stromlieferverträgen (Power Purchase Agreements, PPAs) mit planbaren Preisen. Ohne diese Absicherung steigt das Investitionsrisiko erheblich, was in der Vergangenheit zur Verschiebung oder Aufgabe von Projekten beigetragen hat.

c) Verfügbarkeit nachhaltiger Kohlenstoffquellen für eSAF

Ein weiterer Produktionsfaktor ist die Bereitstellung einer geeigneten Kohlenstoffquelle für synthetische Kraftstoffe. In der PtL-Produktion wird CO_2 benötigt, das entweder aus biogenen Quellen, industriellen Abgasströmen oder durch Direct Air Capture (DAC) gewonnen wird.

Die Region Hamburg verfügt über relevante industrielle Emissionsquellen, insbesondere aus Raffinerien, der chemischen Industrie, Energieerzeugung und Müllverbrennung. Kurz- bis mittelfristig können solche Punktquellen als CO_2-Lieferanten dienen und ermöglichen eine Form industrieller Symbiose. Langfristig jedoch führt die Dekarbonisierung dieser Industrien zu sinkenden CO_2-Emissionen, wodurch die Verfügbarkeit konzentrierter Abgasströme abnimmt.

---

[157] www.hafen-hamburg.de/en/press1/news/hamburg-green-hydrogen-hub-celebrates-laying-of-foundation-stone-for-100-mw-electrolyzer/
[158] https://ipcei.observatory.clean-hydrogen.europa.eu/hy2infra/ws1-large-scale-electrolysis/hghh-hamburg-green-hydrogen-hub-de45

Dies verschiebt die Perspektive hin zu biogenen Quellen oder DAC-Technologien, die jedoch kostenintensiv sind.

Für die Standortbewertung bedeutet dies, dass während Hamburg heute prinzipiell Zugang zu CO_2-Quellen hat, die langfristige Versorgung nicht gesichert ist. Die ökonomische Tragfähigkeit von eSAF-Anlagen hängt daher auch von der Entwicklung der CO_2-Abscheidungs- und Bereitstellungskosten ab. Hier etabliert sich u. a. die Firma DACMA als Produzent für modeluare Direct Air Capture Anlagen (siehe auch 2.2.3).

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Rohstoff- und Energieversorgung in der Region Hamburg sowohl Potenziale als auch strukturelle Limitierungen aufweist. Biogene SAF-Pfade profitieren von bestehender Raffinerie- und Importinfrastruktur, sind jedoch durch globale Rohstoffverfügbarkeit begrenzt. Strombasierte Pfade bieten langfristig höhere Skalierungsperspektiven, sind jedoch hochgradig abhängig von kostengünstigem erneuerbarem Strom, verlässlicher Wasserstoffversorgung und geeigneten CO_2-Quellen (siehe Abbildung 4-2).

Abbildung 4-2: Gegenüberstellung wesentlicher Produktions-Charakteristika von biogenen SAF und eSAF

Biogener Pfad | HEFA

Kurz- bis mittelfristig integrierbar

- **Input:** UCO, tierische Fette sowie Rest- und Abfallstoffe
- **Pluspunkte Hamburg:** Raffinerie-, Hafen- und Importinfrastruktur bereits vorhanden
- **Hemmnisse:** nachhaltige Lipid-Rohstoffe sind in Europa knapp und stehen im Wettbewerb mit HVO, Chemie und internationalen Nachfragern.
- Wirtschaftlichkeit hängt stark an globalen Lieferketten, Zertifizierungen und Preisvolatilität.

Strombasiert | PtL/eSAF

Langfristig skalierbar, heute kostenkritisch

- **Input:** erneuerbarer Strom, H2 und CO2, Strom ist dominanter Kostenfaktor
- **Pluspunkte Hamburg:** Moorburg, norddeutsche Windnähe ist ein Vorteil, reicht aber ohne günstige, langfristig kontrahierbare Strommengen nicht aus.
- **Hemmnisse:** Netzengpässe, Netzentgelte und unsichere PPA erhöhen das Investitionsrisiko
- Standortqualität entsteht erst durch integrierte Versorgung mit Strom, H2, CO2 und Genehmigungssicherheit.

Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Für die Wettbewerbsfähigkeit des Standorts Hamburg ergibt sich daraus ein hybrides Bild:

a) Kurz- bis mittelfristig erscheint eine SAF-Produktion auf Basis importierter biogener Reststoffe realistisch integrierbar.

b) Langfristig kann die Region ihre Rolle nur dann ausbauen, wenn der Ausbau erneuerbarer Energien, Wasserstoffinfrastruktur und CO_2-Management systematisch vorangetrieben wird. Die Rohstoff- und Energieversorgung ist damit nicht nur ein technischer Inputfaktor, sondern ein strategischer Strukturindikator für die industrielle Transformation des Luftfahrtsektors.

In einer gesamtheitlichen Betrachtung wird deutlich, dass Produktionsentscheidungen für SAF weniger isoliert auf Anlagenebene getroffen werden, sondern das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels aus Energiepolitik, Rohstoffmärkten, Infrastrukturentwicklung und regulatorischer Stabilität sind. Für Hamburg bedeutet dies, dass die Sicherstellung nachhaltiger Energie- und Rohstoffströme eine zentrale Voraussetzung darstellt, um sich langfristig als wettbewerbsfähiger SAF-Produktionsstandort im europäischen Kontext zu etablieren.

4.2.2 Standortfaktor Flächenverfügbarkeit

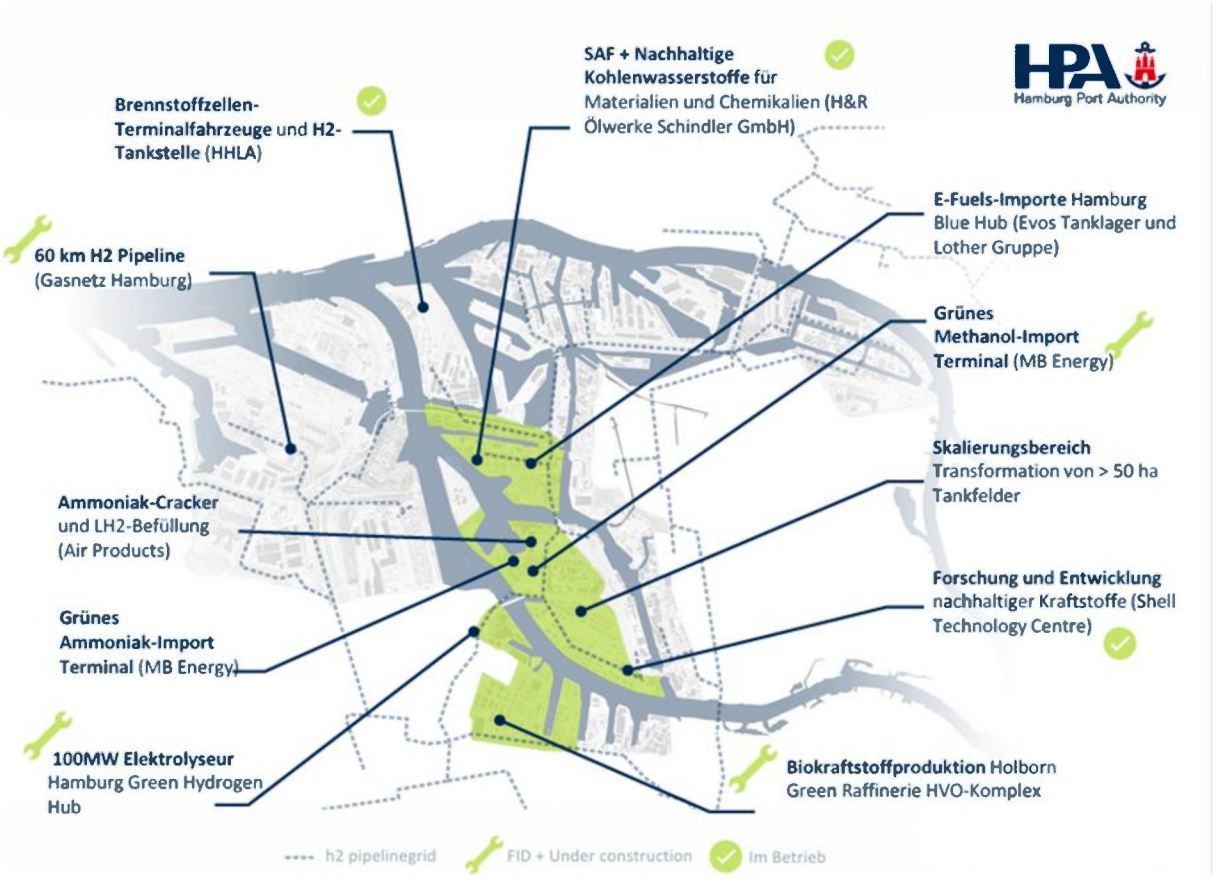
Die Standortanforderungen für die Produktion und Logistik von Sustainable Aviation Fuels und insbesondere von synthetischem SAF resultieren aus dem Zusammenspiel technologischer, logistischer, energetischer und regulatorischer Faktoren. Die Verfügbarkeit geeigneter Flächen stellt dabei eine notwendige, jedoch nicht hinreichende Bedingung für die Realisierung entsprechender Projekte dar.

Im Kontext des Standorts Hamburg zeigt sich, dass Flächen grundsätzlich nicht als primärer Engpass zu bewerten sind. Vielmehr verfügen bestehende Industrie- und Tanklagerstandorte über interne Anpassungspotenziale, etwa durch Umnutzung, Modernisierung oder Verdichtung bestehender Anlagen. Übliche Maßnahmen umfassen beispielsweise den Austausch älterer Tanks oder die Reallokation von Flächen innerhalb bestehender Betriebsgelände. Darüber hinaus bestehen zusätzliche Entwicklungspotenziale durch kleinere Arrondierungsflächen (siehe Abbildung 4-3: Skalierungsbereich Transformation von > 50 ha Tankfelder). Diese Flächen – typischerweise im Bereich von wenigen Hektar – können bereits eine erhebliche Bedeutung für Erweiterungsprojekte im Tanklager- oder Energieinfrastrukturbereich haben.[159]

Langfristig steht mit dem südlichen Teil der grün unterlegten Fläche (siehe Abbildung 4-3) ein größerer Entwicklungsraum zur Verfügung, der als „Sustainable Energy Hub“ vorgesehen ist. Dieser Bereich umfasst eine geschätzte Fläche von etwa 80 bis 110 Hektar und soll perspektivisch für verschiedene Formen der Energie- und Rohstoffwirtschaft genutzt werden, darunter SAF, Wasserstoffderivate und andere Power-to-X-Produkte.[160]

[159] Gespräch HPA, 09.02.2026
[160] Gespräch HPA, 09.02.2026

Abbildung 4-3: Sustainable Energy Hub im Hamburger Hafen[161]



Quelle: Hamburg Port Authority

Spezifische Flächenanforderungen von SAF-Anlagen

Während die Flächenverfügbarkeit in Hamburg grundsätzlich gegeben ist, unterscheiden sich die Anforderungen an Standorte für biogenes SAF- und eSAF-Projekte erheblich. Biogenes SAF kann vergleichsweise einfach in bestehende Raffineriestrukturen integriert werden und erfordert daher häufig nur begrenzte zusätzliche Flächen. Demgegenüber sind eSAF-Anlagen deutlich komplexer und flächenintensiver. Industrielle eSAF-Anlagen erreichen wirtschaftlich relevante Größenordnungen erst bei Kapazitäten von deutlich über 30.000 Tonnen pro Jahr und erfordern Investitionen im hohen dreistelligen Millionenbereich.[162] Daraus resultiert ein signifikanter Flächenbedarf, insbesondere für Prozessanlagen, Speicherinfrastruktur sowie Anbindungssysteme für Wasserstoff und CO_2. Zudem sind großskalige Anlagen häufig auf die Integration mehrerer Prozessschritte angewiesen, etwa Elektrolyse, CO_2-Aufbereitung und Fischer-Tropsch-Synthese. Dies erhöht sowohl den Flächenbedarf als auch die Anforderungen an die räumliche Nähe zwischen den einzelnen Komponenten. Die Flächenfrage ist daher eng mit der Frage der Systemintegration verknüpft.

[161] HPA 2023
[162] Gespräch SASOL, 10.02.2026

Infrastrukturintegration und industrielle Einbindung

Ein weiterer zentraler Standortfaktor ist die Einbindung in bestehende industrielle Strukturen. Hamburg bietet hier grundsätzlich günstige Voraussetzungen, da eine etablierte Infrastruktur für Tanklager, Logistik und Energieversorgung vorhanden ist. Insbesondere die Nähe zu bestehenden Raffinerien, Tanklagern und industriellen Verbrauchern kann Synergien ermöglichen und Investitionskosten reduzieren. Gleichzeitig zeigt sich jedoch, dass neue Projekte häufig erhebliche Anpassungen oder Erweiterungen der bestehenden Infrastruktur erfordern. Dazu zählen beispielsweise neue Tanks, Leitungen oder Verladeeinrichtungen, die im Rahmen von Genehmigungsverfahren realisiert werden müssten.[163] Die Integration in bestehende Systeme kann somit sowohl ein Vorteil als auch eine Herausforderung darstellen. Einerseits ermöglicht sie die Nutzung vorhandener Strukturen, andererseits erhöht sie die Komplexität von Planungs- und Genehmigungsprozessen.

Flächenkonkurrenz und Priorisierung innerhalb der Energiewirtschaft

Ein wichtiger Aspekt der Flächenanalyse ist die Konkurrenz zwischen verschiedenen Nutzungsoptionen innerhalb des Energiesektors. Im Hafen Hamburg besteht keine direkte Konkurrenz zwischen Energieprojekten und klassischen Hafennutzungen wie Containerumschlag, da entsprechende Flächen politisch als Industrie- und Energieflächen gesichert sind (Green Energy Hub). Jedoch existiert grundsätzlich eine Konkurrenz zwischen verschiedenen Formen der Energienutzung, etwa zwischen SAF, Wasserstoffderivaten, Ammoniak oder Methanol. Die Priorisierung bei der Flächenvergabe erfolgt dabei nach Kriterien wie Wertschöpfung, Arbeitsplatzdichte und Flächeneffizienz.[164] Insbesondere flächenintensive Projekte mit geringer wirtschaftlicher Wertschöpfung oder Beschäftigungswirkung werden kritisch bewertet. Dies kann dazu führen, dass bestimmte Produktionspfade – trotz technischer Machbarkeit – im Standortwettbewerb zurückgestellt werden.

Genehmigungsprozesse als indirekter Flächenfaktor

Obwohl Flächen physisch verfügbar sein können, stellen Genehmigungsverfahren einen entscheidenden limitierenden Faktor für deren tatsächliche Nutzung dar. Die Interviews mit den SAF-bezogenen Unternehmen und Verbänden in Hamburg bestätigen, dass bisherige Genehmigungsprozesse häufig langwierig, komplex und mit Unsicherheiten verbunden waren.[165] Dies erschwert insbesondere für kapitalintensive Projekte die Investitionsentscheidung, da die zeitliche Realisierung nicht zuverlässig kalkuliert werden kann. Damit wird deutlich, dass Flächenverfügbarkeit nicht isoliert betrachtet werden kann, sondern immer im Zusammenhang mit regulatorischen Rahmenbedingungen und administrativen Prozessen zu bewerten ist.

4.2.3 Standortfaktor Sektorenkopplung und industrielle Synergien

Die SAF-Produktion bietet vielfältige Synergien mit bestehenden Industrien, etwa durch die Nutzung von Abwärme, die Integration in Wasserstoff-Cluster oder das Recycling von CO_2. Die

[163] Gespräch EVOS, 17.02.2026
[164] Gespräch HPA, 09.02.2026
[165] Gespräch MB Energy, 03.03.2026

Kopplung mit der Abfall- und Bioabfallwirtschaft kann zusätzliche Effizienzgewinne schaffen. Wie weiter oben bereits hervorgehoben, besteht zudem das Potenzial, Verfahren zur Herstellung oder Weiterverarbeitung von SAF in bestehende Produktionsanlagen von fossilen Rohölprodukten zu integrieren. Insgesamt verfügt Hamburg über eine hohe Industriedichte, die solche Co-Standorte begünstigt und die Wirtschaftlichkeit von SAF-Projekten verbessern kann.

Grüner Wasserstoff beispielsweise bildet die Schnittstelle zwischen Energie- und Rohstoffdimension. Sowohl in HEFA-Prozessen (zur Hydrierung) als auch in PtL-Anlagen (als Synthesegrundlage) ist Wasserstoff erforderlich.

Für Hamburg ist die Integration in die nationale Wasserstoffstrategie und in geplante Wasserstoffkernnetze von besonderer Bedeutung. Der Hafen fungiert als potenzieller Importknotenpunkt für Wasserstoff oder wasserstoffbasierte Energieträger wie beispielsweise Ammoniak oder Methanol. Gleichzeitig existieren industrielle Großverbraucher in unmittelbarer Nähe, sodass sich Synergiepotenziale ergeben, aber auch Konkurrenzsituationen um begrenzte Mengen grünen Wasserstoffs entstehen können.

Ein strukturelles Risiko ergibt sich aus der zeitlichen Asynchronität von Infrastrukturaufbau und SAF-Investitionsentscheidungen. Während Produktionsanlagen langfristige Planungssicherheit benötigen, unterliegt der Wasserstoffhochlauf politischen, regulatorischen und fördertechnischen Unsicherheiten. Verzögerungen im Elektrolyseausbau oder im Pipelinebau können unmittelbar auf die Realisierbarkeit von SAF-Projekten durchschlagen.

4.2.4 Bewertung aller Standortfaktoren

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Standortanforderungen für SAF-Projekte weit über die reine Verfügbarkeit von Flächen hinausgehen. Während Hamburg grundsätzlich über ausreichende Flächenpotenziale verfügt, insbesondere im Bereich bestehender Industrieareale und geplanter Entwicklungsflächen, ist insbesondere der Zugang zu günstiger erneuerbarer Energie, die Verfügbarkeit von Wasserstoff und CO_2 sowie die Einbindung in bestehende industrielle Strukturen bestimmend für die Wettbewerbsfähigkeit eines Standorts. Hier wird die im Bau befindliche Wasserstoffproduktionsanlage Hamburg Green Hydrogen Hub (HGHH) in Hamburg-Moorburg bei entsprechenden Produktionsmengen einen positiven Impuls liefern ebenso, wie der geplante Anschluss Hamburgs an das Wasserstoffkernnetz. Ergänzend hierzu können regulatorische Rahmenbedingungen, insbesondere die Ausgestaltung und Dauer von Genehmigungsprozessen, die tatsächliche Nutzbarkeit verfügbarer Flächen maßgeblich beeinflussen.

Abbildung 4-4: Gegenüberstellung Pro und Contra des SAF Standorts Hamburg

Was für Hamburg spricht

- Starke Hafen- und Hinterlandlogistik
- Bestehende Raffinerie-, Tanklager- und Importstrukturen
- Option auf Brownfield-Entwicklung statt Greenfield-Aufbau
- geeignet für Distribution Richtung Berlin, Leipzig und osteuropäische Zielmärkte

Was die Rolle begrenzt

- Hohe Stromkosten und unsichere PPA-Verfügbarkeit
- Abhängigkeit von importieren Reststoffen bzw. Molekülen
- Internationaler Wettbewerb in der SAF-Produktion
- Lange und schwer planbare Genehmigungsprozesse

Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Für Hamburg ergibt sich daraus eine differenzierte Perspektive: Während die Voraussetzungen für Logistik, Import und Veredelung vergleichsweise günstig sind, bestehen für die großskalige Produktion – insbesondere von eSAF – strukturelle Herausforderungen im internationalen Wettbewerb. Die zukünftige Rolle des Standorts wird daher maßgeblich davon abhängen, inwieweit es gelingt, diese Rahmenbedingungen strategisch zu adressieren und mit den vorhandenen Stärken zu verbinden. Das Flächenangebot mit dem Green Energy Hub ist attraktiv und umfangreich, grundsätzlich wird aber immer die mit der Ansiedlung verbundene Wertschöpfung für die Stadt Hamburg bewertet.

Der Hafen Hamburg verfügt bereits über eine gute multimodale Infrastrukturanbindung, was den Weitertransport von SAF-Produkten begünstigen würde. Besonders plausibel wäre hier die Belieferung von Standorten wie Berlin oder Leipzig, und darüber hinaus Flughäfen oder Raffinerien in Polen, Tschechien und Österreich, die weiter östlich gelegen sind und potenzielle Zielmärkte darstellen könnten.

4.3 Wirtschaftlichkeitsbewertung

Die Ansiedlung und der wirtschaftlich tragfähige Betrieb von Produktionsstätten für nachhaltige Flugkraftstoffe im Raum Hamburg hängen maßgeblich von der betriebswirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit des Standorts ab. Hamburg steht hierbei in direktem Wettbewerb mit alternativen nationalen wie internationalen Produktionsstandorten sowie mit dem direkten Import von fertigem SAF aus dem außereuropäischen Ausland. Um diese Wettbewerbssituation systematisch zu erfassen und fundierte Aussagen über potenzielle Marktpreise und Standortvorteile zu treffen, wird in diesem Kapitel eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsbewertung durchgeführt.

Ziel dieser Analyse ist es, die spezifischen Gestehungskosten für verschiedene technologische Pfade und Wertschöpfungstiefen zu ermitteln. Durch den Vergleich der lokalen Produktion in Hamburg mit einer repräsentativen Produktion im außereuropäischen Ausland unter

Berücksichtigung der anfallenden Transportkosten werden die ökonomischen Rahmenbedingungen für den Hamburger Markt transparent gemacht.

4.3.1 Systematik der untersuchten Wertschöpfungsoptionen

Für die Integration des Standorts Hamburg in die weltweite SAF-Wertschöpfungskette werden drei grundlegende strategische Optionen differenziert, die sich in ihrer technologischen und logistischen Wertschöpfungstiefe unterscheiden:

- **Option 1: Reiner Kraftstoffimport (Umschlag im Hafen)** Bei dieser Variante wird das fertige SAF vollständig im außereuropäischen Ausland produziert und per Seeschiff über den Hamburger Hafen importiert. Am Standort Hamburg findet in diesem Szenario ein reiner Logistikumschlag (Lagerung, gegebenenfalls Blending und Verteilung) statt. Die Gesamtkosten dieser Option setzen sich primär aus den ausländischen Produktionskosten und den interkontinentalen Transportkosten zusammen.
- **Option 2: Import von Vorprodukten und lokale Veredelung (Upgrading)** Diese Option betrachtet eine geteilte Wertschöpfungskette. Das jeweilige SAF-Vorprodukt (Syncrude oder eMethanol) wird kostengünstig im außereuropäischen Ausland hergestellt und nach Hamburg transportiert. In Hamburg erfolgt anschließend die chemische Veredelung (das sogenannte „Upgrading“) des Vorprodukts zum einsatzbereiten Flugkraftstoff. Dieser Ansatz erlaubt es, die spezifischen Kosten der einzelnen Prozessschritte isoliert zu betrachten und zu bewerten, ob eine Ansiedlung von Teilprozessen in Hamburg wirtschaftlich vorteilhaft ist.
- **Option 3: Vollständige lokale Produktion am Standort Hamburg** Dieses Szenario impliziert die vollständige Abbildung der gesamten Wertschöpfungskette am Standort Hamburg. Von der Bereitstellung der primären Rohstoffe und Energieträger (wie Strom, Biomasse, Wasserstoff und CO_2) über die Synthesestufen bis hin zur finalen Fraktionierung des Kraftstoffs erfolgen alle Prozessschritte in lokalen Industrieanlagen im Hamburger Wirtschaftsraum.

Was ist Syncrude

Als „Syncrude“ (synthetisches Rohöl) wird ein flüssiges Gemisch aus Kohlenwasserstoffen bezeichnet, das als Zwischenprodukt in synthetischen Herstellungsverfahren (insbesondere der Fischer-Tropsch-Synthese) anfällt. Es dient als direkter, Ersatz für fossiles Rohöl und muss in einem nachgelagerten Veredelungsschritt (Hydroprocessing/Fraktionierung) in standardisierte Kraftstoffkomponenten wie SAF gespalten und gereinigt werden.

Um die Kostenstrukturen und die Verteilung von Investitionskosten (CAPEX) und Betriebskosten (OPEX) präzise zu analysieren, werden die untersuchten Herstellungsverfahren in ihre Kernprozessschritte zerlegt. Die wirtschaftliche Bewertung differenziert dabei vier technologische Hauptpfade:

1. HEFA-Route (biogenes SAF)
2. Gasifizierung Fischer-Tropsch-Route (G-FT, Fischer-Tropsch zur Herstellung von biogenem SAF)
3. Synthetische Fischer-Tropsch-Route (FT, Herstellung von eSAF)
4. Methanol-to-Jet-Route (MtJ, Herstellung von eSAF)

4.3.2 Datenbasis und ökonomische Annahmen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen basieren auf einer standardisierten und harmonisierten Datenbasis, um eine direkte Vergleichbarkeit der Pfade und Standorte zu gewährleisten. Für alle Berechnungen wurden folgende Rahmenparameter und Annahmen definiert:

- **Anlagenkapazität:** Alle Berechnungen sind einheitlich auf eine normative Großanlage mit einer jährlichen Outputkapazität von **50 kt reinem SAF** skaliert.
- **Kostenkomponenten:** Für jeden einzelnen Prozessschritt wurden die spezifischen Investitionsausgaben (CAPEX) sowie die fixen und variablen Betriebskosten (OPEX) aus Fachliteratur recherchiert.
- **Input- und Konversionsfaktoren:** Die Berechnungen berücksichtigen die verfahrensspezifischen Energie- und Stoffbilanzen für die Ausbeute an SAF pro Kilogramm eingesetztem Kohlenwasserstoff.
- **Rohstoff- und Transportkosten:** Die Kostenstrukturen beinhalten länderspezifische Preise für die primären Inputströme (Strom, Wärme, Biomasse, CO_2 und Wasserstoff) sowie differenzierte Transportkosten für den interkontinentalen Seetransport von fertigem Kraftstoff bzw. von den Zwischenprodukten Syncrude und eMethanol (Detaillierte Kostensätze siehe Anhang).

4.3.3 Ergebnisse und vergleichende Kostenanalyse

Die ökonomische Evaluation der einzelnen Produktionsverfahren wird im ersten Schritt nur für die Produktion am Standort Hamburg durchgeführt. Hier zeigt sich im zeitlichen Horizont bis 2045 eine stark divergierende Kostenstruktur. Im zweiten Schritt werden die verschiedenen Wertschöpfungsoptionen gegenübergestellt, um im späteren Verlauf Aussagen über die strategische Positionierung des Hamburger Wirtschaftsraums treffen zu können.

Modellergebnisse für die Produktion am Standort Hamburg

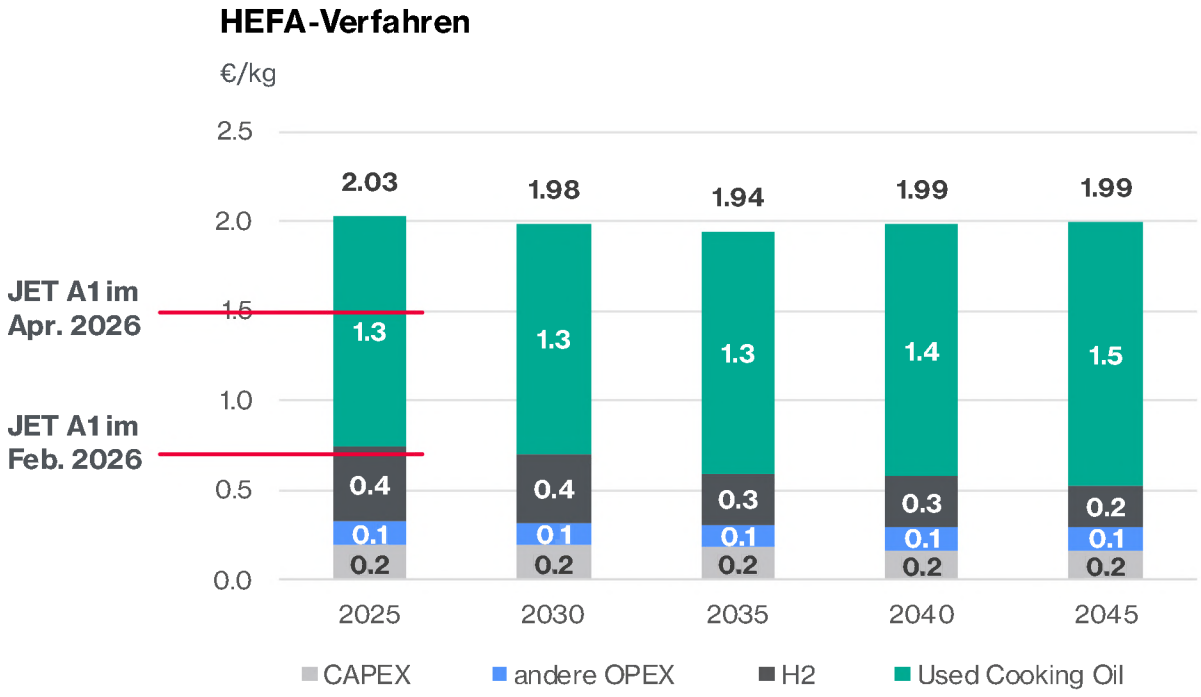
HEFA-Verfahren (Hydroprocessed Esters and Fatty Acids)

Das HEFA-Verfahren stellt das technisch und kommerziell ausgereifteste Produktionsverfahren im Status quo dar. Die quantitative Kostenanalyse verdeutlicht jedoch eine signifikante Sensitivität gegenüber den Rohstoffkosten: Über 50 % der gesamten Gestehungskosten entfallen direkt auf den Bezug von Altspeiseölen (*Used Cooking Oil*, UCO). Da UCO als global gehandelte Ware volatilen Marktschwankungen unterliegt, begrenzten Restriktionen in der physischen Verfügbarkeit unterliegt und zudem in starker Konkurrenz zur landseitigen Biodieselproduktion steht, wird im Modell ab 2035 von real steigenden Rohstoffpreisen ausgegangen.

Diese Dynamik bedingt, dass die Gestehungskosten nach einem anfänglichen technologischen Rückgang (von 2,03 €/kg im Jahr 2025 auf 1,94 €/kg im Jahr 2035) bis zum Jahr 2045 wieder

leicht auf 1,99 €/kg ansteigen. Für die anlagenspezifischen Investitionskosten (CAPEX) wird aufgrund des bereits erreichten Reifegrades über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg nur eine geringe Kostensenkung angenommen (siehe Abbildung 4-5).

Abbildung 4-5: Zeitliche Entwicklung der HEFA-Produktionskosten



Quelle: eigene Darstellung

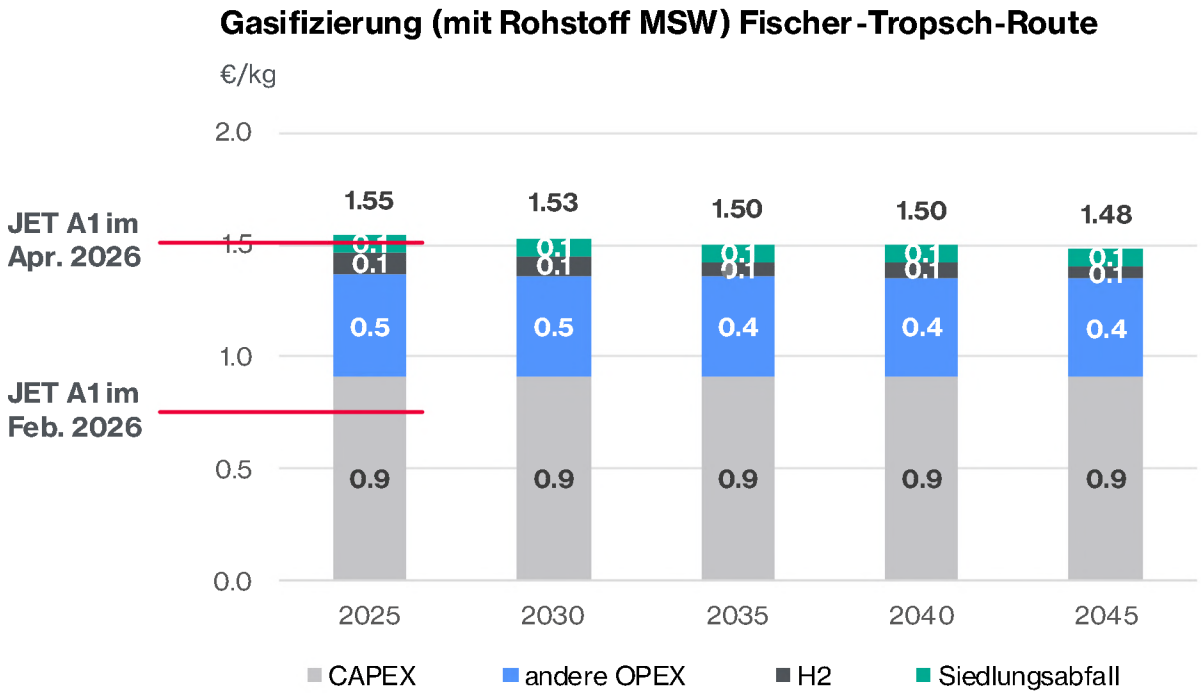
© Prognos AG

Gasifizierung mit anschließender Fischer-Tropsch-Route (G-FT)

Die thermochemische Gasifizierung von Biomasse mit nachgeschalteter Fischer-Tropsch-Synthese weist bei der energetischen Verwertung von Siedlungsabfällen (*Municipal Solid Waste*, MSW) die niedrigsten Gestehungskosten unter allen betrachteten Optionen auf. Mit Gestehungskosten von 1,55 €/kg im Jahr 2025 und einer prognostizierten Reduktion auf 1,48 €/kg bis zum Jahr 2045 wäre dieses Verfahren im oberen Preissegment bereits im aktuellen Marktumfeld mit fossilem JET A-1 konkurrenzfähig (siehe Abbildung 4-6). Demgegenüber steht die strukturelle Hürde, dass sich entsprechende großkommerzielle Anlagen in Europa derzeit ausschließlich in der Planungsphase befinden.

Die Kostenstruktur der G-FT-Route wird mit einem Anteil von deutlich über 50 % massiv durch die Kapitalkosten (CAPEX) dominiert. Im Gegensatz dazu fallen die reinen Rohstoffkosten für den Siedlungsabfall kaum ins Gewicht. Es ist jedoch zu bilanzieren, dass auch diese nachhaltigen Kohlenstoffträger limitiert sind und in einer direkten stofflichen und energetischen Allokationskonkurrenz beispielsweise zur klassischen Müllverbrennung stehen.

Abbildung 4-6: Zeitliche Entwicklung der Produktionskosten der Gasifizierung mit anschließender Fischer-Tropsch-Synthese



Quelle: eigene Darstellung

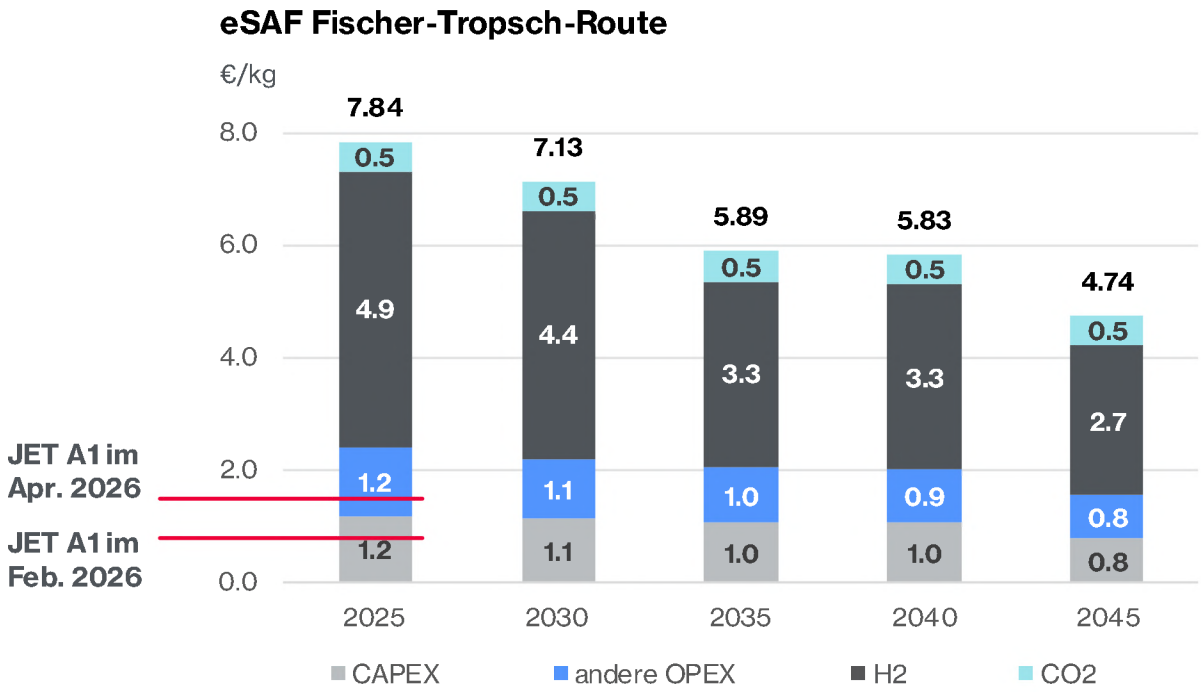
© Prognos AG

Synthetische Fischer-Tropsch Route (eSAF FT)

Die strombasierte eSAF FT-Route befindet sich im Raum Europa in einem frühen, noch nicht kommerziell skalierten Entwicklungsstadium. Dies spiegelt sich in sehr hohen initialen Produktionskosten von knapp unter 8 €/kg wider. Die Kostenstruktur wird dabei nahezu vollständig von den Bereitstellungskosten für grünen Wasserstoff H_2 beherrscht (siehe Abbildung 4-7).

Das Modell attestiert dieser Route durch die erwartete Skalierung der Elektrolysekapazitäten ein erhebliches Kostensenkungspotenzial bis ins Jahr 2045, wenngleich diese Projektion mit hohen Marktunsicherheiten behaftet ist. Trotz dieser Degression wird eSAF auf reiner Kostenseite absehbar nicht mit fossilem Kerosin oder biogenen SAF-Alternativen konkurrieren können. Die absoluten CAPEX-Kosten liegen bei der eSAF-FT-Route zwar über denen der biogenen Pfade, spielen relativ zu den Gesamtkosten jedoch eine untergeordnete Rolle. Zudem besteht ein Kostenrisiko bei der CO_2-Bereitstellung. In der vorliegenden Berechnung wurde eine CO_2-Bereitstellung durch industrielle Punktquellen angenommen. Da die Nutzung fossiler Punktquellen regulatorisch bis Ende 2040 zulässig ist, wird die zukünftige ökonomische Entwicklung industrieller DAC-Anlagen und von biogenem CO_2 einen relevanten Einfluss auf die Entwicklung der eSAF-Kosten haben.

Abbildung 4-7: Zeitliche Entwicklung der Produktionskosten der synthetischen Fischer-Tropsch-Route



Quelle: eigene Darstellung

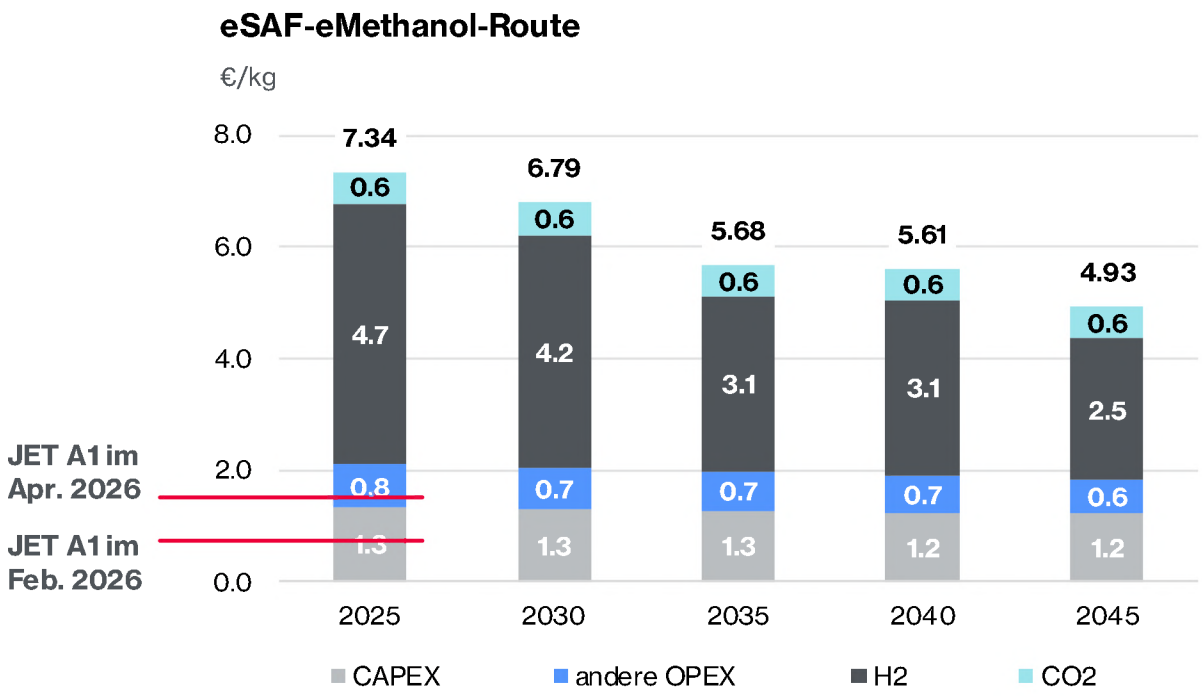
© Prognos AG

Methanol-to-Jet-Route (eSAF MtJ)

Die eMethanol-Route bewegt sich in einem ähnlichen ökonomischen Korridor wie der FT-Pfad, positioniert sich im Jahr 2025 mit berechneten Gestehungskosten von 7,34 €/kg jedoch zunächst leicht vorteilhafter. Auch hier agiert der Kostenfaktor für grünen Wasserstoff als primärer Treiber. Die anlagentechnischen Investitionskosten (CAPEX) bewegen sich auf einem vergleichbaren Niveau wie bei der FT-Synthese.

Für das MtJ-Verfahren wird im Modellverlauf bis 2045 jedoch eine geringere relative Kostendegression bei den Anlagenkomponenten angesetzt als beim FT-Pendant. Dies führt dazu, dass die Gestehungskosten für die MtJ-Route im Jahr 2045 mit 4,93 €/kg geringfügig über denen der FT-Route liegen (siehe Abbildung 4-8). Synthetisches Methanol besitzt darüber hinaus den strategischen Vorteil einer direkten stofflichen Multi-Verwendbarkeit. Zum Beispiel in der chemischen Industrie oder als Treibstoffvariante in der Seeschifffahrt, weshalb dieser Pfad von einigen Akteuren vielversprechend eingestuft wird.

Abbildung 4-8: Zeitliche Entwicklung der Produktionskosten der Methanol to Jet-Route



Quelle: eigene Darstellung

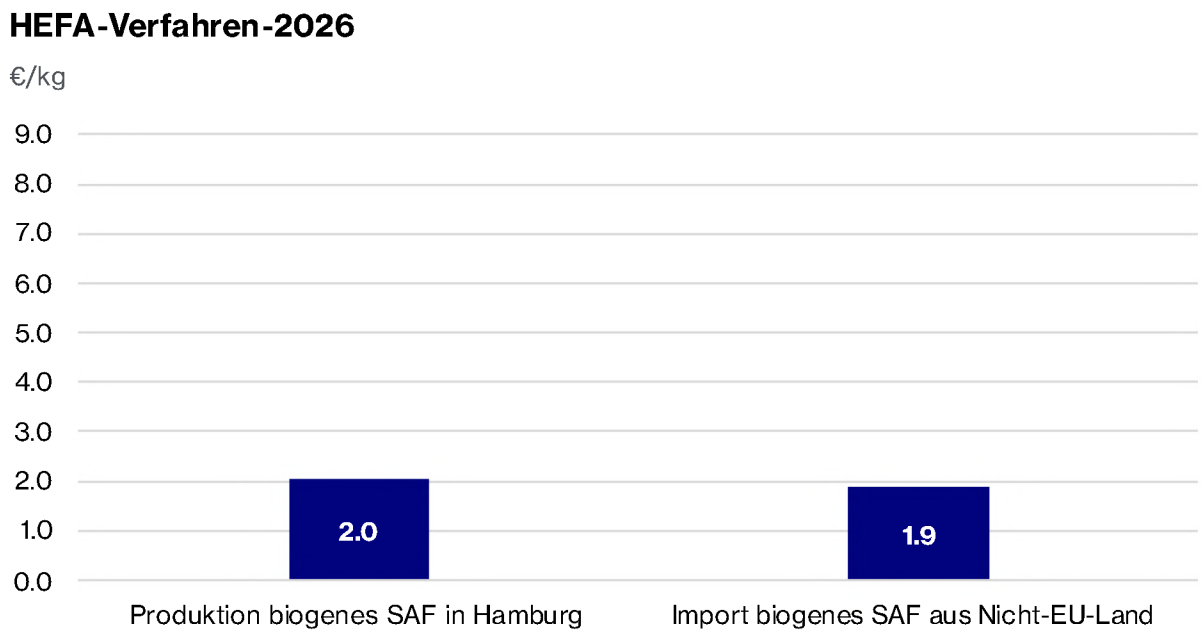
© Prognos AG

Ökonomische Bewertung der Wertschöpfungsoptionen für den Standort Hamburg

HEFA-Verfahren:

Für das HEFA-Verfahren zeigt die Modellierung für das Jahr 2026 eine sehr geringe ökonomische Disparität zwischen den primären Bereitstellungspfaden. Die vollständige Produktion von biogenem SAF am Standort Hamburg schlägt mit Gestehungskosten von **2,0 €/kg** zu Buche, während der reine Import des fertigen Kraftstoffs aus einem außereuropäischen Nicht-EU-Land mit **1,9 €/kg** nur geringfügig kostengünstiger kalkuliert wird (siehe Abbildung 4-9). Da in den vorliegenden Berechnungen einheitliche Weltmarktpreise für das primäre Altspeiseöl (*Used Cooking Oil*, UCO) unterstellt wurden, resultiert der minimale Kostenvorteil des Auslandsimports primär aus potenziell niedrigeren lokalen Arbeits- und Wasserstoffgestehungskosten im Erzeugerland. Dieser Vorteil wird jedoch durch die anfallenden interkontinentalen Transport- und Logistikkosten sowie durch höhere länderspezifische Risikoaufschläge bei den Investitionskosten (CAPEX) im außereuropäischen Ausland nahezu vollständig kompensiert. Ein geteilter Wertschöpfungspfad (Option 2), der den Import eines unvollständig raffinierten Vorprodukts mit anschließendem finalen Upgrading in Hamburg vorsieht, erweist sich beim HEFA-Verfahren als technisch und ökonomisch nicht sinnvoll. Aufgrund der verfahrensspezifischen Charakteristika der HEFA-Prozesskette bietet sich eine vorgelagerte Teilsynthese im Ausland mit separater Veredelung in Hamburg nicht an.

Abbildung 4-9: Vergleich der Wertschöpfungsoptionen: HEFA-Verfahren



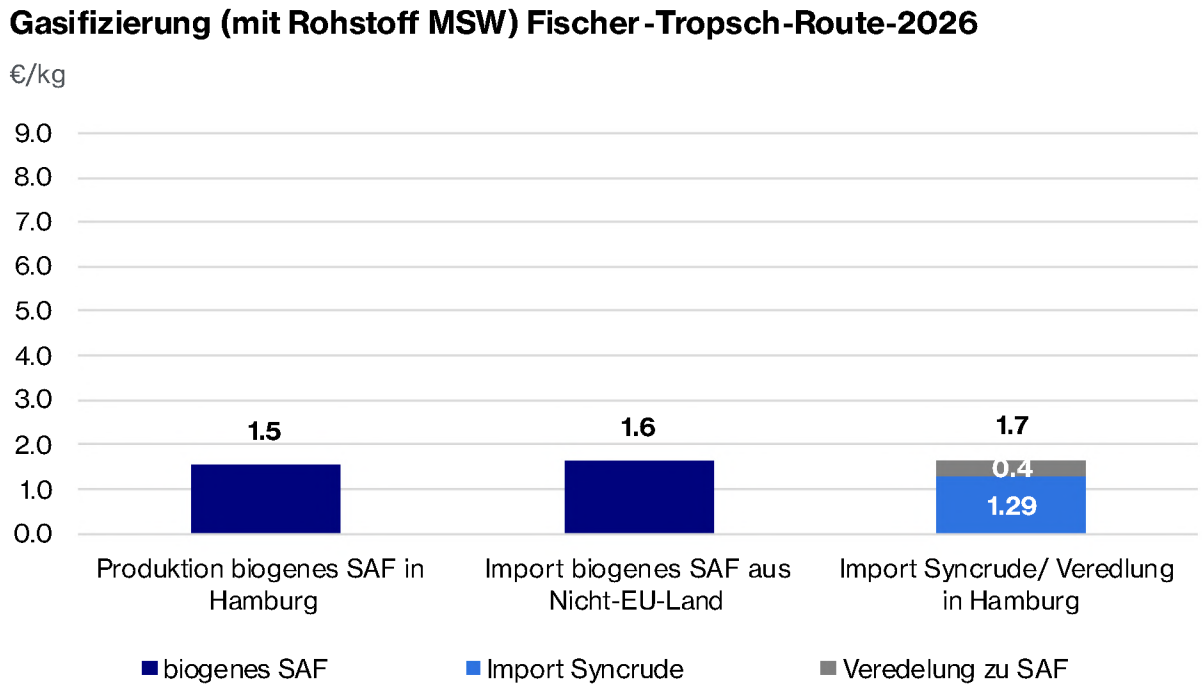
Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Gasifizierung Fischer-Tropsch-Route:

Bei der thermochemischen Gasifizierung von Siedlungsabfällen (MSW) kehrt sich das ökonomische Gefälle im Jahr 2026 leicht zugunsten des Standorts Hamburg um. Die vollständige heimische Produktion ist mit **1,5 €/kg** die kostengünstigste Variante, wohingegen der Umschlag von importiertem G-FT-Kraftstoff aus dem Nicht-EU-Ausland nominal **1,6 €/kg** erfordert (siehe Abbildung 4-10). Als dritte strategische Option rückt bei der G-FT-Route die partielle Wertschöpfung über den Import des Vorprodukts *Syncrude* (synthetisches Rohöl) mit anschließender lokaler Veredelung in Hamburg in den Fokus. Die Gesamtkosten dieses Pfades belaufen sich im Modell auf **1,7 €/kg**, wobei sie sich additiv aus den Importkosten für das Syncrude (**1,29 €/kg**) und den spezifischen Kosten für das Hamburger Upgrading (**0,4 €/kg**) zusammensetzen. Obwohl die Option 2 im reinen Kostenvergleich um 0,2 €/kg über der lokalen Vollproduktion liegt, birgt sie ein erhebliches industriepolitisches Potenzial für den Raum Hamburg. Die notwendigen nachgelagerten Prozessschritte, das Hydroprocessing und die finale Fraktionierung des Syncrudes, können voraussichtlich direkt in die bestehende, hochentwickelte Infrastruktur lokaler Raffinerien integriert werden (*Co-Processing* oder direkte Anlagenadaption). Alternativ mindert die Errichtung einer spezialisierten Veredelungsanlage das technologische Risiko, da die Gasifizierungsstufe der Biomasse ins Ausland verlagert wird.

Abbildung 4-10: Vergleich der Wertschöpfungsoptionen: Gasifizierung mit anschließender Fischer-Tropsch-Synthese



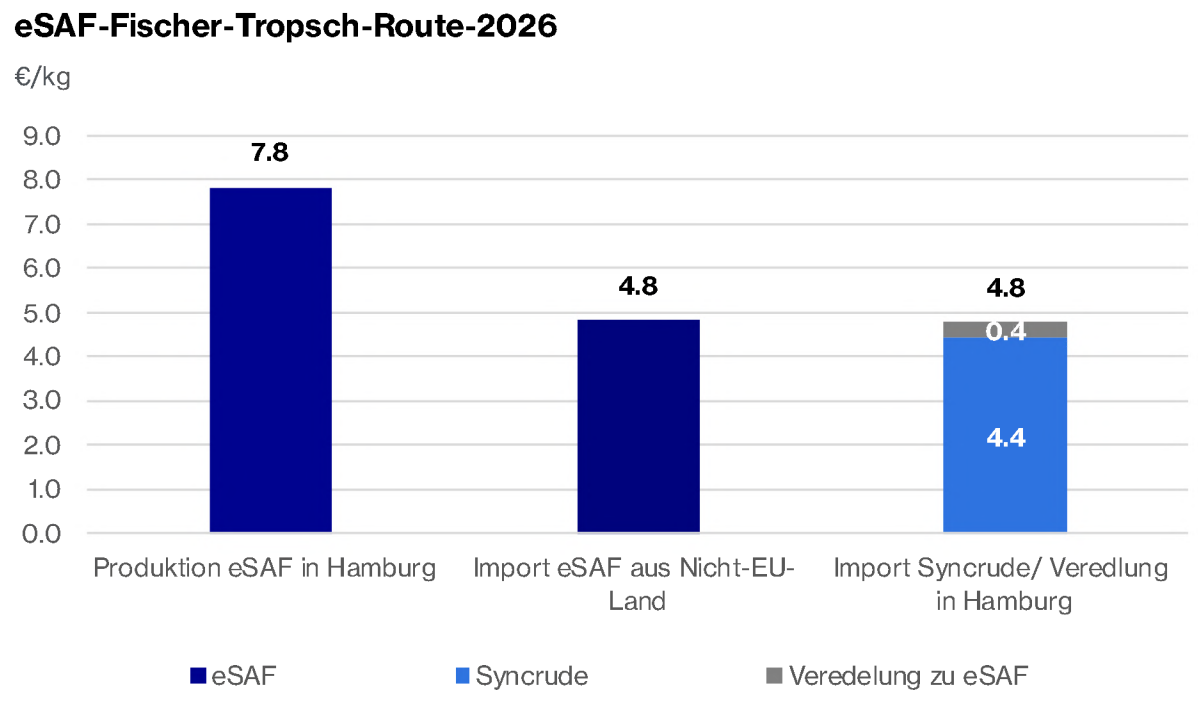
Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Synthetische Fischer-Tropsch-Route:

Bei den strombasierten eSAF-Technologien zeigt sich im Jahr 2026 eine fundamentale Verschiebung der ökonomischen Vorteilhaftigkeit zugunsten des internationalen Imports. Während eine vollständige, autarke Produktion von eSAF FT am Standort Hamburg aufgrund der lokalen Strom- und Wasserstoffkostenstruktur mit **7,8 €/kg** kalkuliert wird, lässt sich der reine Import des fertigen eSAF aus dem Nicht-EU-Ausland für **4,8 €/kg** realisieren (siehe Abbildung 4-11). Dieser massive Kostenvorteil von rund 3,0 €/kg zugunsten des Imports resultiert direkt aus den signifikant niedrigeren Gestehungskosten für erneuerbaren Strom und grünen Wasserstoff an begünstigten globalen Standorten (z. B. Regionen mit komplementär hohen Solar- und Windvolllaststunden). Analog zur biogenen FT-Route stellt auch hier der Import von strombasiertem Syncrude mit nachfolgender Veredelung in Hamburg eine valide Option dar. Die kumulierten Kosten dieses Pfades entsprechen mit **4,8 €/kg** in etwa den Kosten des reinen Fertigkraftstoffimports. Sie teilen sich auf in **4,4 €/kg** für die Bereitstellung und den Transport des Syncrudes sowie **0,4 €/kg** für die verbleibenden verfahrenstechnischen Schritte (Hydroprocessing und Fraktionierung) im Hamburger Hafenraum. Diese Option kombiniert die Ausnutzung günstiger ausländischer Primärenergiequellen mit dem Erhalt industrieller Veredelungskompetenz vor Ort.

Abbildung 4-11: Vergleich der Wertschöpfungsoptionen: synthetische Fischer-Tropsch-Route



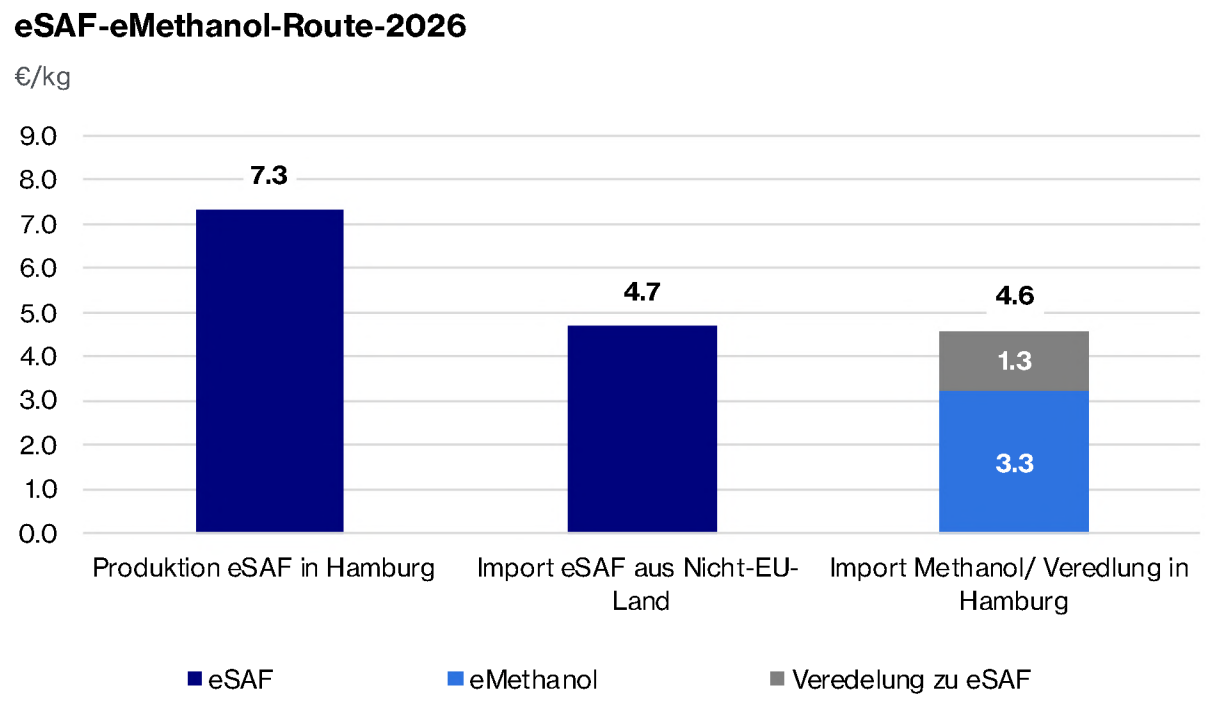
Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Methanol-to-Jet (eSAF MtJ):

Die eMethanol-Route spiegelt die ökonomischen Gesetzmäßigkeiten des FT-eSAF-Pfades wider, zeigt jedoch im Detail spezifische verfahrenstechnische und logistische Abweichungen. Die vollständige Erzeugung von eSAF via MtJ in Hamburg erfordert im Jahr 2026 spezifische Kosten von **7,3 €/kg**. Demgegenüber steht ein reiner Importpreis für fertiges eSAF aus dem Nicht-EU-Ausland von **4,7 €/kg** (siehe Abbildung 4-12). Auch bei dieser Route sind die erheblichen Kostendifferenzen primär auf die Verfügbarkeit von günstigem grünem Wasserstoff im außereuropäischen Ausland zurückzuführen, welche die dortige eMethanolsynthese ökonomisch begünstigt. Der geteilte Wertschöpfungspfad (Option 2) über den Import von eMethanol und dessen anschließende lokale Synthese zu eSAF führt zu Gesamtkosten von **4,6 €/kg**. Dieser Wert setzt sich zusammen aus dem eMethanol-Importanteil von **3,3 €/kg** und den lokalen Konversions- und Veredelungskosten von **1,3 €/kg** in Hamburg. Das MtJ-Upgrading besitzt für den Standort Hamburg eine hohe strategische Relevanz. Nachhaltiges Methanol wird global bereits in größerem kommerziellen Maßstab hergestellt und als standardisiertes Gut transportiert. Zudem fungiert Methanol als flexibler Energieträger mit direkten alternativen Absatzmärkten im Hamburger Hafen – sei es als Dekarbonisierungsoption für die internationale Seeschifffahrt oder als Basischemikalie für die lokale chemische Industrie. Die Ansiedlung einer MtJ-Veredelungsplattform in Hamburg bietet somit eine hohe Synergie- und Flexibilitätsdichte.

Abbildung 4-12: Vergleich der Wertschöpfungsoptionen: Methanol to Jet-Route



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

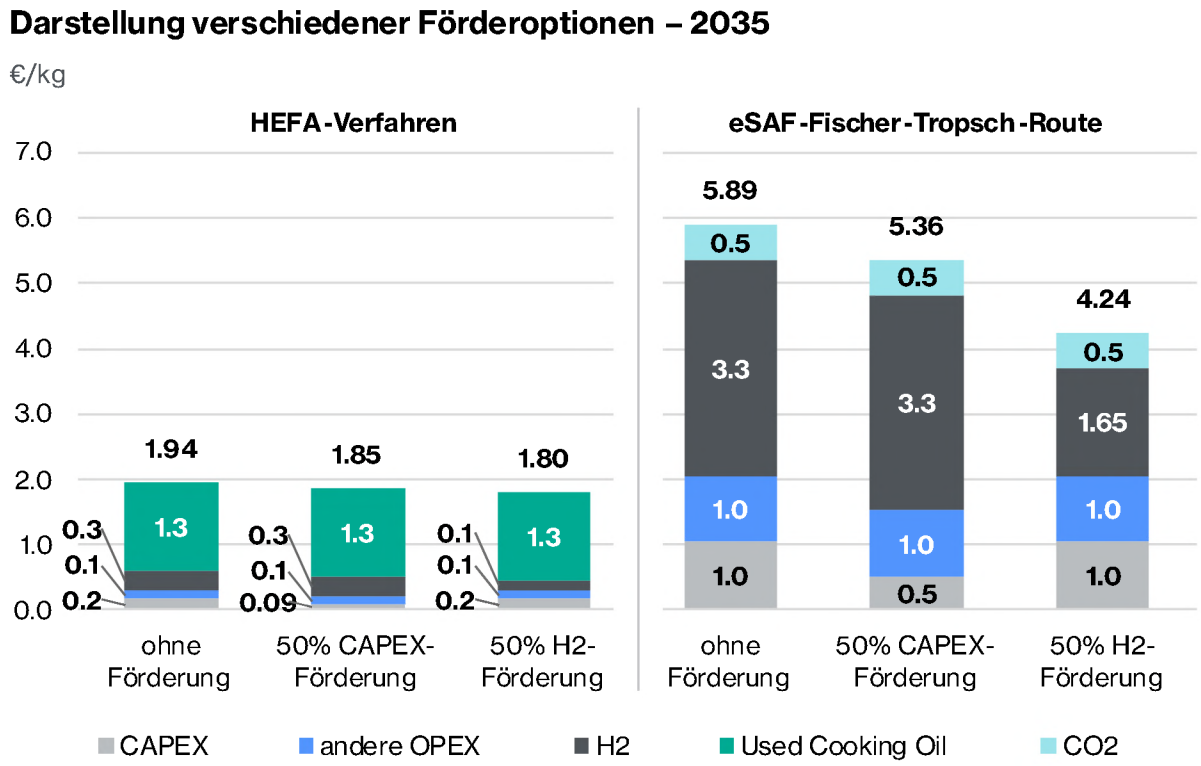
Ermittlung von Förderbedarfen und Instrumentenanalyse für den Markthochlauf

Um die in den vorangegangenen Abschnitten identifizierten Produktionspotenziale im Hamburger Wirtschaftsraum effektiv zu erschließen, kann eine Förderoption als hilfreiches Mittel dienen. Die reinen ordnungsrechtlichen Verpflichtungen der *ReFuelEU Aviation*-Quote sorgen zwar für einen verpflichtenden Mengenabsatz, darüber hinaus sind die nachhaltigen Flugkraftstoffe ökonomisch jedoch noch nicht konkurrenzfähig. Zur quantitativen Bewertung potenzieller staatlicher Unterstützungsmechanismen wurde für das Zieljahr 2035 eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Dabei wurden exemplarisch die Auswirkungen einer 50 %igen Investitionskostenförderung (CAPEX-Zuschuss) sowie einer 50 %igen Betriebskostenförderung auf den Wasserstoffbezug (H_2-Subvention) für das HEFA-Verfahren und die eSAF Fischer-Tropsch-Route modelliert (siehe Abbildung 4-13).

HEFA-Verfahren:

Für den etablierten HEFA-Pfad belaufen sich die Gestehungskosten ohne Subventionen im Jahr 2035 auf **1,95 €/kg.** Ein hälftiger Zuschuss zu den Investitionsausgaben reduziert die Gestehungskosten lediglich geringfügig um 0,09 €/kg auf 1,86 €/kg. Dies liegt an der rohstoffdominierten Kostenstruktur des Verfahrens, bei der die anlagenspezifischen Abschreibungen eine untergeordnete Rolle spielen. Eine Halbierung der spezifischen Wasserstoffkosten führt zu einer Reduktion auf **1,80 €/kg** (eine Ersparnis von 0,15 €/kg). Obwohl Wasserstoff beim HEFA-Verfahren nur für das *Hydrotreatment* benötigt wird, ist der absolute Kosteneffekt hier bereits höher als bei einer reinen Investitionsförderung.

Abbildung 4-13: Gegenüberstellung ausgewählter Produktionskosten mit und ohne Förderung im Jahr 2035



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

eSAF Fischer-Tropsch-Route:

Bei der strombasierten FT-Route treten die Wirkungen der Förderinstrumente aufgrund der unterschiedlichen Kostenstruktur deutlicher hervor. Die Reduktion der anlagenspezifischen Kapitalkosten halbiert den CAPEX-Anteil von 1,0 €/kg auf 0,5 €/kg und senkt die totalen Gestehungskosten damit auf **5,36 €/kg**. Der mit Abstand größte Hebel zur Kostensenkung liegt in der Subventionierung des Vorprodukts Wasserstoff. Eine 50 %ige Reduktion des H_2-Kostenblocks von 3,3 €/kg auf 1,65 €/kg drückt die eSAF-Gestehungskosten massiv auf **4,24 €/kg**.

4.3.4 Zusammenfassung zur Wirtschaftlichkeitsbewertung

Die quantitative Analyse zeigt, dass investitionsseitige Zuschüsse (CAPEX-Förderung) die Produktionskosten für die betrachteten Technologien nur moderat senken können. Eine Ausnahme kann hier die Gasifizierung-FT-Route sein, bei der die CAPEX den größten Anteil der Kosten ausmachen. Der entscheidende ökonomische Hebel zur Erreichung der Marktfähigkeit liegt in der Reduktion der variablen Betriebskosten, spezifisch bei den Rohstoff- und Energieträgerkosten. Da die eSAF-Technologien direkt von den Erzeugungskosten für grünen Wasserstoff abhängen, besitzen Maßnahmen zur Vergünstigung der H_2-Bereitstellung (z. B. über

den Aufbau großskaliger, lokaler Elektrolyseure im Hamburger Hafen oder günstige Importkorridore) die höchste Effektivität, um die Kostenkurve strombasierten Kerosins zu senken.

Obwohl CAPEX-Zuschüsse in der hier betrachteten Rechnung mit Annuitätenmethode eine geringere Wirkung auf den finalen Marktpreis pro Kilogramm SAF entfalten, erfüllen sie eine kritische Funktion im Innovationszyklus. Sie reduzieren das initiale finanzielle Risiko für Anlagenbetreiber und Konsortien in der kapitalintensiven Planungs- und Bauphase drastisch. Ein staatlicher Investitionszuschuss erhöht somit die fundamentale Realisierungswahrscheinlichkeit von *First-of-a-Kind*-Anlagen am Standort Hamburg, indem er das private Investitionsrisiko abfedert.

Insgesamt zeigt die wirtschaftliche Analyse, dass die verschiedenen SAF-Produktionspfade erhebliche Kostenunterschiede aufweisen und insbesondere synthetische Kraftstoffe derzeit deutlich höhere Produktionskosten als fossiles Kerosin und biogene Alternativen verursachen. Während biogene Verfahren kurzfristig vergleichsweise wettbewerbsfähig erscheinen, bleibt die Wirtschaftlichkeit von eSAF stark von günstigen Energiepreisen, der Verfügbarkeit von Wasserstoff und CO_2 sowie von geeigneten Förder- und Marktanreizmechanismen abhängig. Dabei kommt neben regionalen Unterstützungsmaßnahmen insbesondere Förderinstrumenten und regulatorischen Rahmenbedingungen auf Bundes- und EU-Ebene eine zentrale Bedeutung zu, beispielsweise der geplanten Förderung von erneuerbarem Flugkraftstoff durch das Bundesministerium für Verkehr sowie den europäischen Vorgaben und Anreizsystemen zum Markthochlauf nachhaltiger Flugkraftstoffe. Für den Standort Hamburg ergibt sich daraus, dass insbesondere Import- und Veredelungspfade wirtschaftliche Vorteile bieten können, während eine lokal großskalige eSAF-Produktion unter den aktuellen Rahmenbedingungen nur eingeschränkt realisierbar ist. Insgesamt unterstreicht die Bewertung, dass politische und finanzielle Rahmenbedingungen eine entscheidende Voraussetzung für die wirtschaftliche Umsetzung von SAF-Projekten darstellen.

5 Zusammenfassung der Hemmnisse und Hürden bei der Markteinführung von SAF

Der großskalige Markthochlauf von SAF steht vor einer Reihe interdependenter Hürden, die im Rahmen von Experteninterviews für den Wirtschaftsraum Hamburg sowie durch Literaturanalysen konkretisiert werden konnten. Die Barrieren lassen sich in regulatorische, ökonomische sowie in technische und infrastrukturelle Aspekte unterteilen.

Regulatorische Hürden

- **Unsichere Regulierung & Zertifizierung:** Die langwierigen Zertifizierungsprozesse für neue Verfahren (wie Methanol-to-JET) hemmen frühzeitige Investitionen. Zudem erzeugt die angekündigte Überprüfung des Quoten-Mechanismus durch die EU-Kommission ab 2027 ökonomische Unsicherheiten bezüglich der langfristigen Absatz- und Preissicherheiten.
- **Strikte Erzeugungsvorgaben für RFNBOs:** Die Herstellung von grünem Wasserstoff für eSAF unterliegt den strengen Kriterien der Delegierten Verordnung (EU) 2023/1184. Die darin geforderten Nachweise zur Zusätzlichkeit der erneuerbaren Stromerzeugung sowie zur zeitlichen und geografischen Gleichzeitigkeit von Strombezug und Wasserstoffproduktion limitieren die Produktionsflexibilität.
- **Markt-Attentismus („Henne-Ei-Problem"):** Luftfahrtunternehmen argumentieren mit einer mangelnden physischen Verfügbarkeit von SAF, während Produzenten für den kapitalintensiven Bau von Produktionsanlagen verbindliche Abnahmeverträge (Offtake-Agreements) und Rechtssicherheit fordern. Solange Airlines aufgrund hoher Preise und Unsicherheiten im Markt zögern, langfristige Verträge zu zeichnen, werden finale Investitionsentscheidungen (FIDs) ausgesetzt.
- **Lokale Genehmigungsprozesse:** Rückmeldungen aus Interviews im Raum Hamburg verdeutlichen, dass die lokalen Genehmigungsprozesse für Produktions- und Importanlagen als hochgradig aufwendig, teuer in der Vorbereitung und unsicher in ihrer zeitlichen Dauer wahrgenommen werden. Dies führt zu Projektverzögerungen und mangelnder Planungssicherheit für Investoren.
- **Kehrseite des Flexibilitätsmechanismus:** Ein weiteres Hemmnis ergibt sich aus der derzeitigen Entkopplung von physischer Versorgung und bilanzieller Anrechnung im SAF-Markt. Durch den Flexibilitätsmechanismus der ReFuelEU-Verordnung können SAF-Mengen standortunabhängig angerechnet werden, wodurch lokale Nachfrageimpulse und Investitionsanreize für physische Infrastruktur abgeschwächt werden.

Ökonomische Hürden

- **Signifikante Preisparitäten:** Die Herstellungskosten für nachhaltige Kraftstoffe übersteigen jene von fossilem Kerosin erheblich. Biogenes SAF ist derzeit um den Faktor 3 bis 4 teurer, während synthetisches eSAF etwa die zehnfachen Kosten von konventionellem JET A-1 aufweist.
- **Rohstoff- und Energiekosten:** Die Kostenstruktur von eSAF wird maßgeblich durch die hohen Preise für die Vorprodukte dominiert. Hierzu zählen insbesondere grüner Wasserstoff,

erneuerbare Elektrizität sowie nachhaltige Kohlenstoffquellen. Gleichzeitig verstärken bestehende Preisunsicherheiten für diese Rohstoffe zögerliche Investitionsentscheidungen.

- **Standort- und Logistiknachteile in Hamburg:** Im Raum Hamburg begrenzen die lokalen Energiepreise sowie die limitierte Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff und CO_2 die Wirtschaftlichkeit einer lokalen Produktion. Zudem steht Hamburg im direkten Standortwettbewerb mit anderen großen europäischen Importhäfen wie Rotterdam oder Antwerpen. Wirtschaftlich erschwerend kommt hinzu, dass für den derzeit noch geringen SAF-Bedarf sehr große Tankkapazitäten vorgehalten werden müssen, was eine sinnvolle Zuordnung von Fixkosten erschwert.

Technische, logistische und infrastrukturelle Hürden

- **Mangelnde Technologieskalierung:** Die technologischen Pfade für eSAF sind industriell noch nicht ausgereift und befinden sich größtenteils noch nicht im großtechnisch skalierten Maßstab. Zudem ist die Verfügbarkeit von grünem Kohlenstoff aus Direct Air Capture (DAC) oder nachhaltiger Biomasse technisch noch nicht in den benötigten Mengen ausgereift.
- **Infrastrukturelle Restriktionen:** Aufgrund des geltenden Beimischungslimits von maximal 50 % nach ASTM D7566 erfordern höhere SAF-Anteile oder der Einsatz von reinem SAF zukünftige technische Anpassungen an den Flugzeugen und Triebwerken.
- **Betriebliche Logistik im Hafen:** Für die Distribution und Lagerung im Hamburger Hafen sind teilweise separate Leitungs- und Tanksysteme notwendig. Bei einer gemeinsamen Mitnutzung der bestehenden Kerosininfrastruktur stellen das präzise Blending sowie die Vermeidung von Kontaminationen im gemeinsamen System komplexe operative Hürden dar.
- **Mangelnde Planungskoordination:** Ein relevantes Hemmnis stellt die fehlende sektorübergreifende Infrastrukturkoordination dar. Insbesondere die parallele Entwicklung von Wasserstoff-, CO_2-, Methanol- und SAF-Infrastrukturen führt zu Nutzungskonflikten und Planungsunsicherheiten bei Flächen, Netzen und Investitionsentscheidungen.

Insgesamt wird deutlich, dass der SAF-Markt maßgeblich durch einen umfassenden und zugleich komplexen regulatorischen Rahmen geprägt ist, der insbesondere durch die ReFuelEU-Aviation-Verordnung den Markthochlauf verbindlich vorgibt. Die differenzierten Anforderungen an verschiedene SAF-Arten, die strengen Vorgaben für Rohstoffe und Produktionsprozesse sowie die aufwendigen Zertifizierungsverfahren schaffen klare Leitplanken für die Entwicklung des Marktes. Gleichzeitig führen diese Regelungen jedoch zu erheblichen Anforderungen an Produzenten und Investoren und tragen gemeinsam mit bestehenden Unsicherheiten hinsichtlich zukünftiger Anpassungen zu erhöhten Markteintrittsbarrieren bei. Der regulatorische Rahmen wirkt damit zugleich als zentraler Treiber und als begrenzender Faktor für die Skalierung von SAF.

6 Rolle Hamburgs im nationalen und europäischen SAF-System

6.1 Strategische Positionierung Hamburgs im SAF-Markt

In dem nachfolgenden Kapitel wird auf Grundlage der erarbeiteten Erkenntnisse eine strategische Positionierung entwickelt, aus der heraus eine Partizipation der Stadt und des Hafens Hamburg am SAF-Markt möglich ist. Das Konzept baut auf den drei wesentlichen identifizierten Kompetenzfeldern „Logistik“, „Veredelung“ und - langfristig – „integrierte Produktion“ auf (siehe Abbildung 6-1).

Abbildung 6-1: Übersicht wesentlicher SAF Kompetenzfelder Hamburgs



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

6.1.1 Flugkraftstofflogistik in Deutschland

Grundsätzlich gibt es bereits eine sehr etablierte Produktions- und Verteillogistik von JET A-1 in Europa und Deutschland, ohne dass die Stadt bzw. der Hafen Hamburg dabei bisher eine große Rolle gespielt hat. Der zukünftige Gesamtmengenbedarf an Flugzeugtreibstoff wird für die EU-27 – je nach Szenario - in einer Größenordnung von leicht sinkender Entwicklung mit 0,5 % Rückgang pro Jahr bis zu einem Wachstum von 1,6 % pro Jahr erwartet. Daraus folgt, dass aus der Marktnachfrage heraus nicht notwendigerweise neue Produktions- bzw. Lager- und Distributionskapazitäten in Hamburg aufgebaut werden müssten. Die bisherigen JET A-1 Mengen werden gemäß den Vorgaben der EU ReFuel Aviation Verordnung schrittweise durch SAF nur ersetzt – eine erhöhte Nachfrage nach Umschlagskapazitäten ergibt sich daraus nicht.

Daneben gibt es in Nordeuropa im Flüssiggutumschlag sehr leistungsfähige Häfen. Der Hafen Rotterdam hat sich hier als Importhafen für Kerosin etablieren können. Im Jahre 2024 sind von den rund 9 Mio. Tonnen in Deutschland abgesetzten Kerosins rund 5,9 Mio. Tonnen importiert

worden, davon 5 Mio. Tonnen über Rotterdam. In deutschen Raffinerien sind rund 4,8 Millionen Tonnen Kerosin hergestellt worden, von denen dann wieder 1,6 Millionen Tonnen exportiert worden sind.[166]

Über das CEPS, das u. a. mit Raffinerien und Terminals im Raum Rotterdam/Europoort-Botlek verbunden ist, werden auch zivile Flughäfen wie Frankfurt am Main und Köln/Bonn mit Kerosin versorgt.

Der Hafen Rotterdam nimmt in der niederländischen maritimen Logistik eine klar strategische Rolle ein. Dies zeigt sich sowohl an seiner Einstufung als größter niederländischer „Mainport" von nationalem Interesse als auch an der direkten Beteiligung und Förderung des niederländischen Staates am Hafenbetreiber. Rotterdam wird zudem durch konkrete nationale Infrastrukturpolitik gestützt – etwa Maasvlakte 2, Hinterlandanbindungen, Wasserstoff- und CO_2-Pipelines sowie Dekarbonisierungsprojekte wie Porthos. Damit schafft Rotterdam aktiv Flächen, Kapazitäten und regulatorisch-infrastrukturelle Rahmenbedingungen, um seine Position als führender europäischer Import- und Umschlaghafen für Flüssiggüter, Energie- und Chemieprodukte langfristig abzusichern.

Das schließt insbesondere auch die Entwicklung zum Produktions- und Verarbeitungsstandort für SAF mit ein. Das Unternehmen Neste hat an seiner Renewable Products Refinery im Hafen Rotterdam die Produktion von Sustainable Aviation Fuel (SAF) aufgenommen. Durch Umrüstungen kann die Anlage laut Neste bis zu 500.000 Tonnen SAF pro Jahr produzieren; damit steigt Nestes globale SAF-Produktionskapazität auf rund 1,5 Mio. Tonnen pro Jahr.

Im Vergleich dazu ist die deutsche Hafenfinanzierung für Hamburg stärker föderal geprägt; trotz strategischer Planungen und hoher Investitionsbedarfe wird die Bundesunterstützung für deutsche Seehäfen von der Hafenwirtschaft als deutlich unzureichend bewertet und stellt im Hinblick auf die Produktion von erneuerbaren Energien einen Wettbewerbsnachteil dar.

6.1.2 Produktion und Logistik von JET A-1 und SAF für den europäischen Markt

Gemäß der in Kapitel 2 durchgeführten Analyse werden die in Europa produzierten Mengen von biogenem SAF für die europäische Marktnachfrage gemäß der ReFuelEU Aviation Regulation bis 2030 ausreichen.

In Hamburg ist die Produktion von biogenem SAF durch das Unternehmen Holborn vorgesehen, und zwar bereits ab dem Jahre 2027 mit einer Menge von rund 110.000 t SAF pro Jahr. Dieser Umfang entspricht rund 60 % des Bedarfs an biogenem SAF in Deutschland im Jahre 2027.

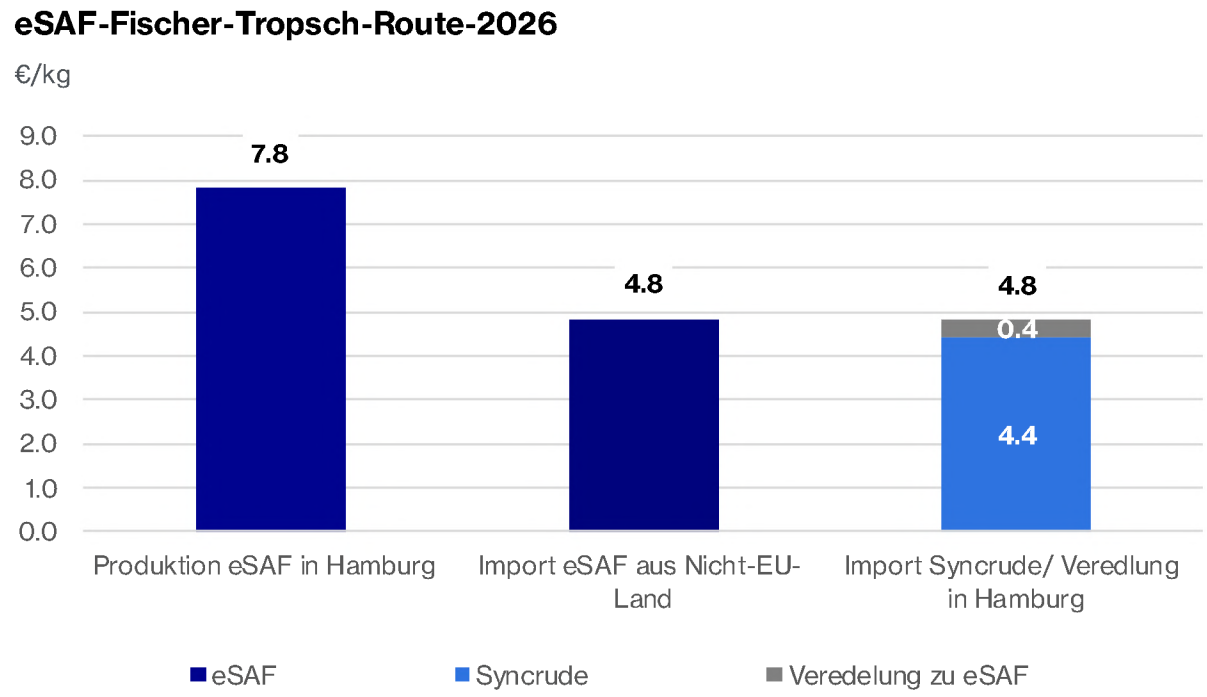
Unter Berücksichtigung der qualitativen und regulatorischen Anforderungen ist die Produktion von biogenem SAF in Europa und Deutschland bei den Produktionskosten unter den getroffenen Annahmen der Studie konkurrenzfähig. Hier wäre ein schnelles Etablieren der Produktion gefragt, da für die Biomasse eine hohe Konkurrenz vorherrscht und es hilfreich wäre, sich früh Rohstoffquellen zu sichern.

[166] en2x, 2024

Hinsichtlich des eSAF sind Standorte außerhalb der EU aufgrund der vorteilhafteren klimatischen Bedingungen in der Lage, zu geringeren Kosten zu produzieren, insbesondere bedingt durch die günstigeren Produktionskosten von grünem Wasserstoff. Hier wäre eine Erhöhung der nationalen Elektrolyseleistung hilfreich.

Der Import von mit der Fischer-Tropsch-Route produziertem eSAF ist im Vergleich zur heimischen Produktion deutlich kostengünstiger. Der Vergleich der Produktion im Inland mit der Produktion im Ausland zeigt erhebliche Produktionskostenunterschiede (siehe Abbildung 6-2).

Abbildung 6-2: Produktionskosten pro kg in Abhängigkeit zu dem Produktionsstandort



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Ein Grund neben den höheren Strom- und Kapitalkosten liegt darin, dass die Herstellung von Wasserstoff für nachhaltige synthetische Kraftstoffe in der EU anspruchsvollen RFNBO-Vorgaben unterliegt. Neben der Nutzung erneuerbarer Elektrizität müssen Produzenten insbesondere folgende Voraussetzungen nachweisen:

Zusätzlichkeit	der Strom muss aus zusätzlichen neuen erneuerbaren Anlagen stammen, nicht nur bilanziell „grün“ sein,
Gleichzeitigkeit	die grüne Wasserstoffproduktion muss zeitlich zur erneuerbaren Stromerzeugung passen; ab 2030 grundsätzlich stündlich,
Räumlichkeit	die Stromerzeugung und der Elektrolyseur für die H_2 Produktion müssen in derselben oder zulässigen verbundenen Gebotszone liegen,

sowie Treibhausgasbilanzierung und Zertifizierung. Diese Anforderungen machen eSAF-Projekte regulatorisch deutlich komplexer und teurer als klassische Raffinerie- oder Biokraftstoffprozesse. Der vorgezogene Review der EU-Kommission in Bezug auf die RFNBO-Kriterien ist eine Chance, die Nachteile abzumildern oder aufzuheben.

Es wird erwartet, dass trotz regulatorischer Vorgaben zukünftig Importe von eSAF in die EU bzw. nach Deutschland stattfinden werden. Europäische wie auch deutsche Produzenten von biogenem SAF und eSAF, aber auch Händler werden diesen internationalen Wettbewerb in ihren unternehmerischen Entscheidungen berücksichtigen. Jede Investition in eine neue SAF-Produktionsanlage in der EU, in Deutschland oder in Hamburg wird gegenüber den zu erwartenden Importmengen und -preisen betriebswirtschaftlich bewertet werden, um dann eine Entscheidung für oder gegen einen Standort in Hamburg bzw. Deutschland zu treffen.

Vor diesem Hintergrund wird in den nächsten Jahren die Produktion von bislang noch geringen Mengen biogenem SAF und eSAF in Hamburg und Deutschland betriebswirtschaftlich anspruchsvoll bleiben. Die oben genannten EU-Regularien zur Wasserstoff- bzw. eSAF-Produktion werden diese Situation kurzfristig nicht vereinfachen, sollten sich aber im Laufe der Jahre in Richtung einer umsetzungsnahen Realität bewegen. Die EU-Kommission plant mittlerweile einen Kurswechsel bei der Regulierung des Wasserstoffhochlaufs. Sie wird bis Ende Juni 2026 eine gezielte Überarbeitung der Produktionskriterien Zusätzlichkeit, zeitliche und geografische Korrelation für Wasserstoff vorschlagen, vor allem, um die Hochlaufphase zu verlängern.[167]

6.1.3 Mittelfristige Entwicklungspotenziale - Logistik und Produktion von SAF in Hamburg

Ab 2035 wird es einen Stufenanstieg in Form einer wesentlich höheren SAF-Beimischungsquote von bislang 6 % auf 20 % geben, der schlagartig größere SAF-Mengen erforderlich macht. Gleichzeitig endet der Flexibilitätsmechanismus mit Ablauf des Jahres 2034. Ab diesem Zeitpunkt muss der vorgeschriebene SAF-Mindestanteil grundsätzlich an jedem einzelnen Unionsflughafen physisch erfüllt werden.

Diese zusätzlichen Mengen könnten einerseits durch erhöhte Importe ausgeglichen werden, andererseits könnte dadurch eine Produktion von SAF in Hamburg bzw. in Deutschland stimuliert werden. Durch die dann größeren Nachfragemengen von SAF könnten attraktivere „economies of scale“ erreicht werden. Die zukünftig zu erwartenden Weiterentwicklungen der Produktionstechnologie und die damit erhöhte Effizienz könnten eine nationale SAF-Produktion dann auch in Hamburg zu wettbewerbsfähigen Preisen am Markt ermöglichen.

Planungen, Genehmigungen und Bauarbeiten nehmen in Deutschland einen langen Zeitraum ein. Die Fertigstellung einer SAF-Produktionsanlage zum Jahre 2035 würde trotz der langen Planungs- und Genehmigungszeiträume eine rechtzeitige Produktionsaufnahme realistisch erscheinen lassen. Dieser lange Vorlauf könnte außerdem genutzt werden, um die notwendigen

[167] Handelsblatt, 12.05.2026.

öffentlichen Rahmenbedingungen für die Investitionen anzupassen (öffentliche Förderung, Abnahmegarantien, beschleunigte Prüfungs- und Genehmigungsverfahren).

Sind diese günstigen Voraussetzungen gegeben, sollte sich die Stadt Hamburg damit auseinandersetzen, den Bau einer eSAF-Produktionsanlage zu ermöglichen, die die eMethanol-Route durchläuft. Als Orientierung für die Größe der Anlage könnte die geplante e-SAF-Anlage in Rotterdam dienen. Geeignete Standorte könnten auf dem Sustainable Energy Hub vorhanden sein. Es müssten jedoch zudem frühzeitig Investoren gewonnen werden. In Frage kommen bereits in Europa tätige Firmen wie Advario oder Power2X. Auch Holborn hat Interesse an der Produktion von eSAF gezeigt. Als Alternative zu einer eSAF-Produktionsanlage könnte eine eSAF-Veredelungsanlage gebaut werden, bei der die Vorprodukte importiert und in Hamburg zu eSAF veredelt werden (siehe dazu 6.1.4). Zudem könnte die HEFA-Produktion erweitert werden, da ab 2035 auch der Bedarf für biogenes SAF steigt.

Eine weitere Chance ergibt sich durch die erwarteten Umwälzungen bei den deutschen Raffinerien. Die deutsche Raffinerielandschaft ist räumlich klar auf wenige Industriecluster konzentriert. Diese Verteilung folgt historisch der Rohöl- und Produktionslogistik über Rhein, Nordsee, Pipelines und große Verbrauchszentren. Insgesamt ist der Sektor heute deutlich stärker konzentriert als früher; zahlreiche kleinere oder weniger wettbewerbsfähige Raffinerien wurden bereits stillgelegt.

Viele deutsche Raffinerien sind alt hinsichtlich des Gründungsdatums, wurden jedoch mehrfach modernisiert und gehören bei der Prozesstiefe zu den anspruchsvolleren europäischen Anlagen.

Bei den Produktionskosten stehen deutsche Raffinerien eher unter Druck. Kostennachteile entstehen vor allem durch hohe Energie-, Arbeits- und CO_2-Kosten sowie durch strengere Regulierung; hinzu kommt der Wettbewerbsdruck durch große Importhubs wie in Rotterdam sowie durch außereuropäische Standorte mit günstigerer Energie- und Rohstoffbasis. Dass dieser Druck real ist, zeigen laufende Restrukturierungen: Shell stellt die Rohölverarbeitung in Wesseling um, und BP hat die Raffinerie Gelsenkirchen erst verkleinert und inzwischen an den amerikanischen Raffineriebetreiber Klesch-Gruppe verkauft, der gleichzeitig auch die Raffinerie in Heide sowie eine Anlage in Kalundburg besitzt.[168]

Die Zukunftsfähigkeit deutscher Raffinerien hängt deshalb weniger von der Frage „alt oder neu“ als von ihrer Transformationsfähigkeit ab. Standorte mit guter Logistik, hoher Komplexität, petrochemischer Einbindung und Anschluss an neue Wertschöpfungen wie HVO, SAF, Wasserstoff oder Kreislaufrohstoffe haben weiterhin Perspektiven. Gefährdet sind eher Standorte mit unklarer Eigentümerlage, sinkender Auslastung oder schwacher Einbindung in neue Produktpfade; Schwedt ist dafür ein Beispiel mit zugleich hoher strategischer Bedeutung und politischem Risiko (Druschba-Pipeline) [169]. Insgesamt dürfte Deutschland mittelfristig weniger, aber stärker umgebaute Raffineriekapazität haben – mit tendenziell wachsender

[168] Die EU hat dem Verkauf durch den Mineralölkonzern BP im Mai 2026 zugestimmt (Handelsblatt, 27.05.2026). Es gäbe keine wettbewerbsrechtlichen Bedenken gegen einen Zusammenschluss, teilte die EU-Kommission mit. Die Raffinerien hätten nur eine begrenzte gemeinsame Marktstellung (wohingegen die Themen Resilienz und Abhängigkeiten bei amerikanischen Eigentümern wohl nicht geprüft wurden...).
[169] https://denkstrom.org/artikel/russland-kasachstan-druschba-schwedt-oel/

Importabhängigkeit bei klassischen Kraftstoffen, sofern der Umbau schneller verläuft als der Aufbau neuer heimischer Produktionspfade.

In den nächsten Jahren kann mit strukturellen Veränderungen im nationalen Raffineriesektor gerechnet werden. Folgende Herausforderungen werden zusammenfassend gegenwärtig gesehen:

- strukturell sinkende Nachfrage nach fossilen Hauptprodukten wie Benzin und Diesel,
- standortspezifische Transformations- und Eigentumsrisiken,
- gezielte Umwidmung einzelner Raffineriestandorte, obwohl der Bedarf an Flugkraftstoff selbst nicht zwingend sinkt.
- Raffinerieschließungen und Umbauten, die Versorgungsketten verengen und volatiler machen können.

Aus dieser Entwicklung lässt sich ableiten, dass die deutsche Produktion von JET A-1 mittelfristig eine Veränderung erfahren kann. Die nationale Produktion von Jet-Fuel lag bisher bei 44 %, vor dem Hintergrund der obigen Entwicklung wird eher mit einem Anstieg der Importe gerechnet, sofern klassische Raffineriekapazitäten reduziert oder umgewidmet werden und der Aufbau neuer SAF-Kapazitäten langsamer verläuft als der Rückbau fossiler Produktionsstrukturen. Tendenziell kann hieraus eine höhere Importabhängigkeit bzw. -nachfrage bei dem Verbrauch von JET A-1 – und damit auch von SAF in Deutschland – abgeleitet werden.

Die Region Hamburg ist ein etablierter maritimer Logistikstandort und hätte aufgrund des Standorts und der exzellenten Hinterlandanbindung das Potenzial, sich als zentrales SAF-Import- und Verteilzentrum für die östlich und südlich (außerhalb der CEPS- und NEPS-Pipelines) gelegenen Flughäfen in Deutschland, aber auch in Polen, Tschechien und Österreich zu etablieren.

6.1.4 Importe als Lösung – zentrale Perspektive für Hamburg

Die Wirtschaftlichkeit ist eine zentrale Voraussetzung für die Produktion und Logistik neuer Energieträger durch private Marktteilnehmer. Auch wenn die EU ReFuel Aviation Regulation vorgibt, immer größere Mengen SAF dem regulären JET A-1 beizumischen und damit eine Nachfrage gesichert erscheint, werden die Treibstoffversorger an den Flughäfen - im Sinne der Fluggesellschaften und unter Wahrung der qualitativen Anforderungen - den günstigsten Preis bevorzugen.

Die tatsächlichen Produktionskosten bzw. der Verkaufspreis von in Deutschland hergestelltem SAF ist gegenwärtig noch nicht exakt zu bestimmen. Es wird aber einen intensiven Wettbewerb mit im Ausland hergestelltem und dann nach Deutschland / Europa importiertem SAF geben.

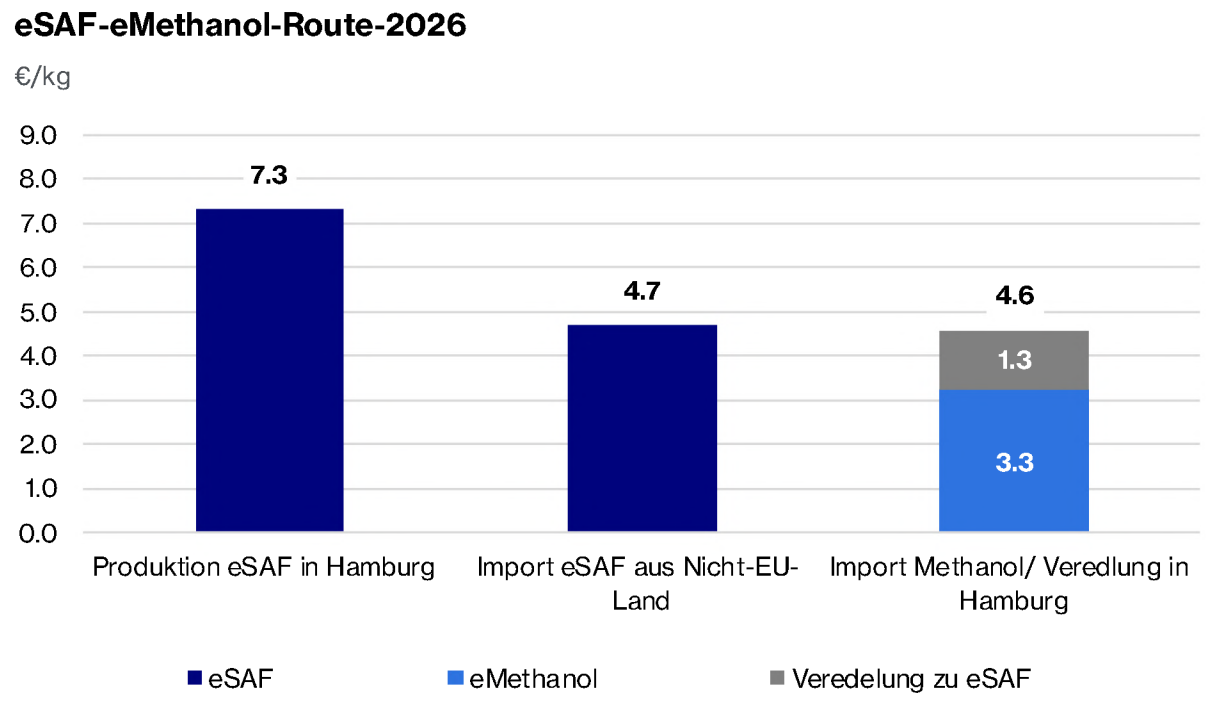
Unter Umständen bietet der Import und die Verarbeitung von günstig zu transportierenden Vorprodukten für die SAF-Produktion für den Hamburger Hafen eine attraktive Entwicklungsoption. Abhängig von Zertifizierungsvorgaben und den Kostenstrukturen ist der Import von SAF-Vorprodukten, wie

- Methanol (grün)
- Syncrude (Fischer-Tropsch-Produkt)

denkbar, die dann in Hamburg weiterverarbeitet bzw. veredelt werden könnten (Methanol-to-Jet: Olefinierung, Oligomerisierung, Hydrierung und Fraktionierung; Fischer-Tropsch: Hydroprocessing, Fraktionierung). Diese Vorprodukte lassen sich relativ gut über weite Strecken über See transportieren und könnten mit Hilfe der vorhandenen regionalen Verarbeitungskompetenz in Hamburg wertschöpfend zum Endprodukt eSAF verarbeitet werden.

Der Vergleich bei der eSAF-eMethanol-Route mit dem Ausland zeigt erhebliche Produktionskostenunterschiede. Der Import von grünem Methanol mit anschließender Veredlung zu eSAF in Hamburg kann mit einem eSAF-Import aus Nicht-EU-Ländern kostenmäßig konkurrieren (siehe Abbildung 6-3). Hier bestünde für Hamburger Unternehmen eine große Chance, eine konkurrenzfähige Produktion von eSAF in Hamburg aufzunehmen.

Abbildung 6-3: Produktionskosten pro kg eSAF in Abhängigkeit von grünen Methanol-Importen und Veredlung in Hamburg



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Im Hafen Rotterdam wird die Verarbeitung von grünem Methanol zu eSAF bereits konkret vorbereitet. Power2X und Advario entwickeln dort das Projekt „eFuels Rotterdam“ als großskaligen Produktions- und Speicherhub für synthetischen nachhaltigen Flugkraftstoff. Die Anlage soll mithilfe von Honeywell UOPs Methanol-to-Jet-Technologie grünes Methanol in eSAF umwandeln und eine Produktionskapazität von mehr als 250.000 Tonnen eSAF pro Jahr erreichen. Ergänzend plant Advario eine umfangreiche Tank- und Logistikinfrastruktur mit rund 230.000 m³ Speicherkapazität sowie See- und Bahnanschlüssen. Neben Power2X/Advario gibt es auch das Projekt Metafuels / Evos. Metafuels plant im Hafen Rotterdam eine eSAF-Anlage mit seiner eigenen „aerobrew“ Methanol-to-Jet-Technologie; Evos bringt dafür den Terminalstandort

und bestehende Methanol-Infrastruktur ein. Es ist vorgesehen, dass beide Anlagen von 2028 bis 2030 die Produktion aufnehmen und dann schrittweise erweitert werden.

Diese Planungen bestätigen einerseits die Sinnhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit eines solchen Importverfahrens Der vorhandene Wettbewerb wird selbstverständlich die unternehmerischen Entscheidungen in Hamburg prägen.

6.1.5 Hamburg als nationaler und europäischer SAF-Distributionsknoten

Hamburg verfügt als Standort über leistungsfähige Tanklagerkapazitäten, qualifizierte Hinterlandlogistik und gute Verkehrsverbindungen. Vor dem Hintergrund begrenzter nationaler Raffineriekapazitäten, erwartbar zunehmender Importe von JET A-1 und SAF sowie der geplanten SAF-Produktion in Hamburg kann sich Hamburg jedoch als ergänzender Logistik- und Verteilstandort positionieren. Für die weitere Entwicklung lassen sich zwei Grundoptionen unterscheiden (siehe Abbildung 6-4):

Option 1: Blending in Hamburg und Verteilung des fertigen Produkts

Bei dieser Option wird SAF in Hamburg mit fossilem JET A-1 geblendet, sodass bereits im Hafen ein spezifikationskonformer Flugkraftstoff entsteht. Das fertige Produkt könnte anschließend von Hamburg aus an Flughäfen in Ostdeutschland sowie perspektivisch nach Polen, Tschechien und Österreich verteilt werden. Der Vorteil dieser Lösung liegt in einer höheren lokalen Wertschöpfung: Hamburg würde nicht nur als Umschlagplatz, sondern auch als Standort für Blending, Lagerung und Qualitätsmanagement auftreten. Zugleich würde die geplante Holborn-Produktion die Rolle Hamburgs als Verteilerstandort stützen. Voraussetzung sind jedoch geeignete Tank- und Blendingkapazitäten, belastbare Absatzmengen sowie eine wettbewerbsfähige Logistik gegenüber etablierten Importdrehscheiben wie Rotterdam.

Option 2: Transport von reinem SAF zu Raffinerien im Hinterland und Blending vor Ort

Bei dieser Option wird in Hamburg nur das reine SAF angenommen, zwischengelagert und per Bahn oder Schiff zu Raffinerien in Polen, Tschechien oder Österreich transportiert. Das eigentliche Blending mit JET A-1 erfolgt erst dort, also näher an bestehenden Raffineriestrukturen oder Endmärkten. Diese Variante reduziert die technischen Anforderungen an Hamburg, da nicht zwingend sofort umfassende Blendingkapazitäten aufgebaut werden müssen. Hamburg würde sich hier vor allem als Import-, Zwischenlager- und Verteilknoten für SAF positionieren. Gleichzeitig könnte diese Option wirtschaftlich attraktiv sein, wenn vorhandene Raffinerien im Zielmarkt günstiger blenden können und die vorhandenen Raffinerien auch weiterhin genutzt werden.

Bei beiden Optionen könnte der Verkehrsträger Schiene eine besondere Bedeutung erlangen. Während Raffinerien oft einen Bahnanschluss besitzen, ist das bei Flughäfen zumindest in Deutschland, Tschechien und Österreich weniger der Fall.

Es ließen sich jedoch mit vergleichsweise geringem Aufwand neue Bahnanschlüsse der Tanklager mehrerer Unionsflughäfen realisieren. In Düsseldorf gibt es dazu bereits konkrete Planungen. In Hannover, Leipzig/Halle (Tanklager zwischen oder neben den Start- und Landebahnen, Nähe Fluggastterminal), Dresden, Stuttgart, Graz und Wien befinden sich die Tanklager in unmittelbarer

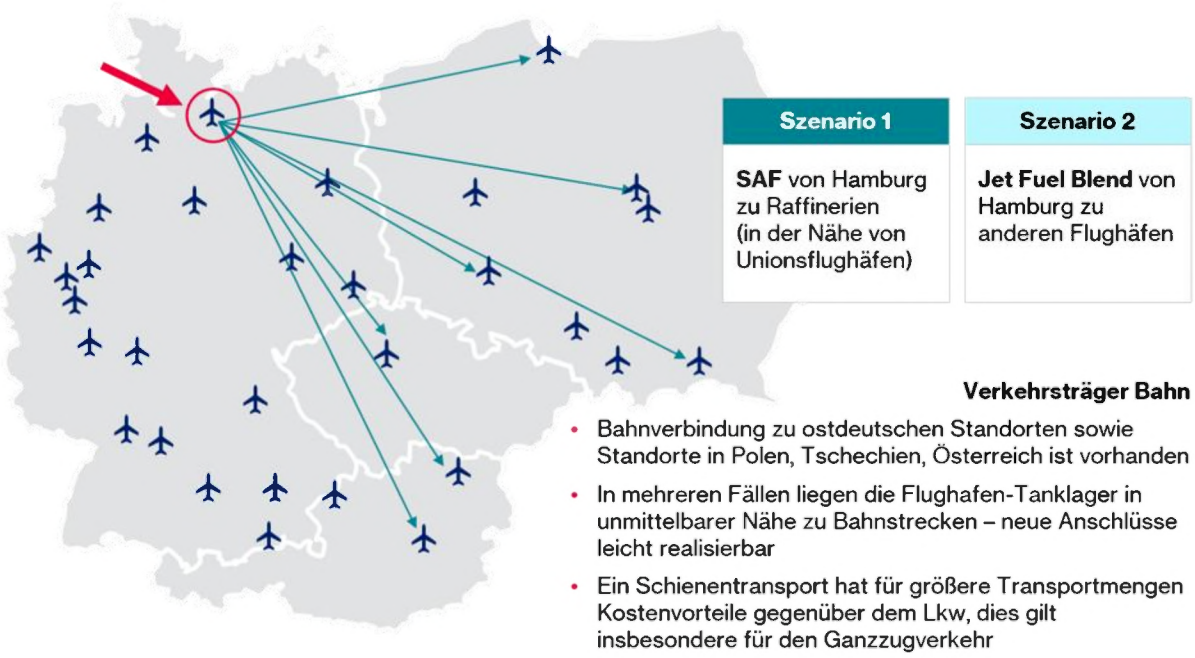
Nähe zu Bahnstrecken. Es müssten nur entsprechende Umschlaggleise und deren Anbindung an die Schienenstrecken sowie die Infrastruktur zur Entladung von Kesselwagen realisiert werden.

In Tschechien hat das Tanklager des Nicht-Unions-Flughafens in Brno bereits einen Bahnanschluss. An weiteren Nicht-Unions-Flughäfen, beispielsweise Linz, Lübeck und Szczecin sind Bahnanschlüsse ebenfalls aufgrund der unmittelbaren Nähe zu Schienenstrecken denkbar.

Die Nutzung von Binnenschiffen ist für den Transport von SAF zu Raffinerien, die an Binnenwasserstraßen liegen, denkbar. Für den Transport von Blend zu Unionsflughäfen ist der Binnenschifftransport voraussichtlich wenig relevant, da die Flughäfen nicht direkt an den Wasserstraßen liegen. Denkbar ist allenfalls die Anlieferung von Blend zu den Flughäfen Düsseldorf, Köln/Bonn und Frankfurt, wobei ein anderer Verkehrsträger für die „letzte Meile" genutzt werden muss. Zudem fehlen Entladestellen am Rhein in unmittelbarer Nähe zu den Flughäfen. Zuverlässige Logistiklösungen werden durch die Schiffbarkeit der Flüsse eingeschränkt (gilt insbesondere für die Elbe, Moldau, Oder und Warthe).

Eine Pipeline-Anbindung Hamburgs an die CEPS oder NEPS zur weiteren Verteilung gemäß der Optionen 1 und 2 erscheint hingegen unwahrscheinlich, da die Anbindung voraussichtlich sehr teuer wäre. Zudem wäre aufgrund der Flussrichtung eine Belieferung von westdeutschen oder Flughäfen in BeNeLux von Hamburg aus nicht realistisch.

Abbildung 6-4: Potenzial Hamburgs als SAF-Distributionszentrum für europäische Nachbarn



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Bewertung: Kurz- bis mittelfristig erscheint Option 2 als pragmatischer Einstieg, weil Hamburg seine bestehenden Logistikstärken nutzen kann, ohne sofort die gesamte Wertschöpfungskette abzubilden. Wünschenswert wäre Option 1 mit dem größeren strategischen Potenzial, da damit

zusätzliche industrielle Wertschöpfung, eine stärkere Sichtbarkeit Hamburgs als SAF-Standort und eine engere Anbindung an regionale Nachfrage entstehen. Mit dem erwarteten Nachfrageanstieg nach SAF ab 2035, einer möglichen Zunahme der Importabhängigkeit Deutschlands sowie neuen Anforderungen an Sicherheit und Resilienz könnte sich Hamburg schrittweise von einem reinen Distributionsstandort zu einem kombinierten Import-, Blending- und Versorgungsknoten entwickeln. Es bleibt aber die Frage, inwieweit die bisher in den genannten Ländern produzierenden Raffinerien sich aus der Produktion von Flugkraftstoff aus dem Markt drängen lassen werden.

6.1.6 Hamburg als strategischer Energiereserve-Standort

Die aktuellen Vorgaben und Debatten zu militärischer Sicherheit, ziviler Resilienz und Energiereserven eröffnen dem Hafen Hamburg eine strategische Chance, künftig mehr JET A-1 sowie perspektivisch auch SAF zu lagern und umzuschlagen. Resilienz wird heute nicht mehr nur als klassische Krisenvorsorge verstanden, sondern als Fähigkeit, kritische Infrastrukturen und verteidigungsrelevante Lieferketten auch unter Störungen oder geopolitischen Spannungen funktionsfähig zu halten. Damit gewinnt die Verfügbarkeit von Flugkraftstoffen sicherheitspolitisch an Bedeutung.

Für Hamburg ist dies besonders relevant, weil der Hafen bereits heute Teil der deutschen Energie- und Bevorratungsarchitektur ist. Deutschland hält Pflichtnotstandsreserven im Umfang von 90 Tagen der Nettoimporte, die auch Flugkraftstoffe umfassen können. Mit dem Erdölbevorratungsverband in Hamburg und vorhandenen Lager- und Umschlagsstrukturen bestehen somit bereits institutionelle und logistische Voraussetzungen. Hamburg startet also nicht bei null, sondern kann auf vorhandene Infrastruktur und Erfahrung aufbauen.

Daraus ergibt sich zunächst ein Chancenpfad für die zu erweiternde Lagerung von JET A-1. Wenn Bund oder EU im Zuge wachsender Sicherheitsanforderungen stärker auf regionale Verfügbarkeit, Diversifizierung und schnell aktivierbare Produktreserven setzen, ist Hamburg aufgrund seiner Tanklager, Importmöglichkeiten und Hinterlandanbindungen ein naheliegender Standort. Die Funktion als großer Logistik- und Flüssiggutknoten spricht klar für eine Ausweitung dieser Rolle.

Für SAF ist die Perspektive ebenfalls positiv. Durch die Vorgaben von ReFuelEU Aviation steigt der Bedarf an nachhaltigen Flugkraftstoffen schrittweise. Da zertifiziertes SAF nach der Beimischung grundsätzlich in bestehende JET A-1-Infrastrukturen integriert werden kann, lässt sich zusätzliche Lagerkapazität für JET A-1 auch als Flexibilität für SAF nutzen. Für Hamburg eröffnet dies die Möglichkeit, konventionellen Flugkraftstoff und SAF in einer gemeinsamen Versorgungslogik zu denken: als robuster Lagerstandort für Jet Fuel und zugleich als früher Hub für Beimischung, Lagerung und Verteilung nachhaltiger Kraftstoffe.

Bei eSAF liegt die Chance eher mittel- bis langfristig. Zwar kann auch eSAF als Endprodukt in bestehende Infrastruktur eingebunden werden, die entscheidenden Herausforderungen liegen jedoch bei erneuerbarem Strom, Wasserstoff, CO_2-Quellen und der Umwandlung in marktfähige Produkte. Hier verbessert sich Hamburgs Ausgangslage durch den Aufbau von Wasserstoff- und Importinfrastruktur. Damit kann sich der Hafen als Standort entwickeln, an dem künftig nicht nur Flugkraftstoffe, sondern auch die notwendigen Energieträger und Vorprodukte zusammenlaufen.

Gleichzeitig sind die Grenzen klar zu benennen: Die bestehenden gesetzlichen Pflichtreserven beziehen sich bislang auf Erdöl- und Mineralölprodukte, nicht ausdrücklich auf SAF als eigenständige Reservekategorien. Daraus folgt, dass sich derzeit noch keine unmittelbare Verpflichtung zur strategischen Lagerung größerer SAF-Mengen ableiten lässt, was sich mittelfristig sicher ändern wird. Die Chance für Hamburg ist daher aktuell vor allem indirekt: durch die wachsende sicherheitspolitische Bedeutung resilienter Flugkraftstofflogistik und durch den regulatorisch forcierten SAF-Hochlauf.

6.1.7 Airbus Hamburg als SAF-Versorgungsknoten

Hamburg ist der drittgrößte Luftverkehrs-Technologiestandort der Welt, das Airbus Werk auf Finkenwerder übergibt jährlich rund 300 Verkehrsflugzeuge an die internationalen Kunden. Airbus bietet Kunden bei der Auslieferung neuer Flugzeuge aus Hamburg-Finkenwerder seit 2023 die Betankung mit einem SAF-Anteil im Auslieferungskraftstoff an. Eine standortspezifische Jahresmenge für Hamburg veröffentlicht Airbus nicht. Die benötigten SAF-Mengen werden in den nächsten Jahren voraussichtlich steigern, aber sicherlich keinen wichtigen Nachfrageimpuls darstellen.

6.1.8 Zusammenfassung der strategischen Positionierung

Hamburg nimmt im SAF-Markt aktuell keine führende Rolle in der europäischen Flugkraftstofflogistik ein. Der Markt für Flugkraftstoffe in Europa bleibt insgesamt stabil, da SAF JET A-1 überwiegend ersetzt, ohne zusätzliche Mengenbedarfe zu erzeugen. Etablierte Import- und Logistikdrehscheiben wie Rotterdam dominieren den Markt durch gezielte Infrastrukturpolitik, staatliche Unterstützung und bestehende Produktionskapazitäten, während Hamburg im Vergleich strukturelle Nachteile, insbesondere bei Finanzierung und energiebezogenen Standortbedingungen, aufweist.

Im Bereich der Produktion ergeben sich unterschiedliche Perspektiven: Die Herstellung von biogenem SAF in Europa ist grundsätzlich wettbewerbsfähig, was sich auch mit dem Projekt von Holborn in Hamburg zeigt. Dagegen ist die Produktion von eSAF aufgrund hoher Stromkosten und komplexer Regulierung (RFNBO-Kriterien) gegenüber einer außereuropäischen Produktion deutlich herausfordernder.

Ab etwa 2035 steigen durch höhere Beimischungsquoten die SAF-Bedarfe deutlich an, was sowohl neue Produktionsanreize als auch erhöhte Importmengen erwarten lässt. Parallel führen strukturelle Veränderungen im Raffineriesektor – sinkende fossilbasierte Nachfrage, Umbauten und Stilllegungen – zu einer steigenden Importabhängigkeit bei JET A-1 und SAF in Deutschland.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich für Hamburg insbesondere Chancen im Import, der Verarbeitung und Distribution. Der Hafen kann sich als wichtiger Logistik- und Verteilknoten für Nord- und Osteuropa positionieren, gestützt durch seine Infrastruktur und Hinterlandanbindung. Attraktiv ist insbesondere der Import von Vorprodukten wie grünem Methanol oder Ammoniak mit anschließender lokaler Weiterverarbeitung zu eSAF.

Strategisch bestehen zwei Entwicklungsoptionen: kurzfristig die Positionierung als Import- und Distributionshub (mit Transport von SAF zu anderen Raffineriestandorten) und langfristig der Ausbau zu einem umfassenderen Blending- und Veredelungsstandort mit höherer

Wertschöpfung. Ergänzend bietet sich Hamburg als Standort für Energiereserven und resiliente Versorgungsstrukturen an, da bestehende Lager- und Bevorratungsinfrastruktur genutzt werden kann (siehe Abbildung 6-5).

Abbildung 6-5: SAF-Entwicklungspfad für Hamburg 2026 – 2035



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Insgesamt zeigt sich: Hamburgs größte Chancen liegen nicht primär in der großskaligen SAF-Produktion, sondern in der Kombination aus Import, Weiterverarbeitung, Logistik und Integration in bestehende industrielle Wertschöpfungsketten, mit langfristigem Potenzial zur schrittweisen Erweiterung der Rolle im europäischen SAF-System.

6.2 Entwicklung potenzieller Import- und Produktionsmengen in Hamburg auf Basis der Strategie

Ausgehend von der oben beschriebenen Strategie werden die potenziellen Import- und Produktionsmengen in Hamburg dargestellt. Die wesentlichen Annahmen für den SAF-Hochlauf sind folgende:

Der SAF-Bedarf in Deutschland, Polen, Österreich und Tschechien steigt entsprechend der Quote im Zeitverlauf an.

Eine weitere wesentliche Annahme ist, dass die bislang importierten Mengen weiterhin überwiegend über die CEPS-Pipeline nach Deutschland gelangen und diesen Mengen SAF beigemischt wird. Dieses Potenzial kann auch langfristig weder durch Import noch durch Produktion in Hamburg erschlossen werden. Als Substitutionspotenzial verbleiben daher die JET A-1-Mengen, die derzeit in Deutschland in Raffinerien produziert werden (ca. 35 % des JET A-1 Bedarfs). Es wird angenommen, dass diese Mengen im Zeitverlauf nach und nach durch SAF ersetzt werden und dieses Potenzial vom Standort Hamburg erschlossen werden kann.

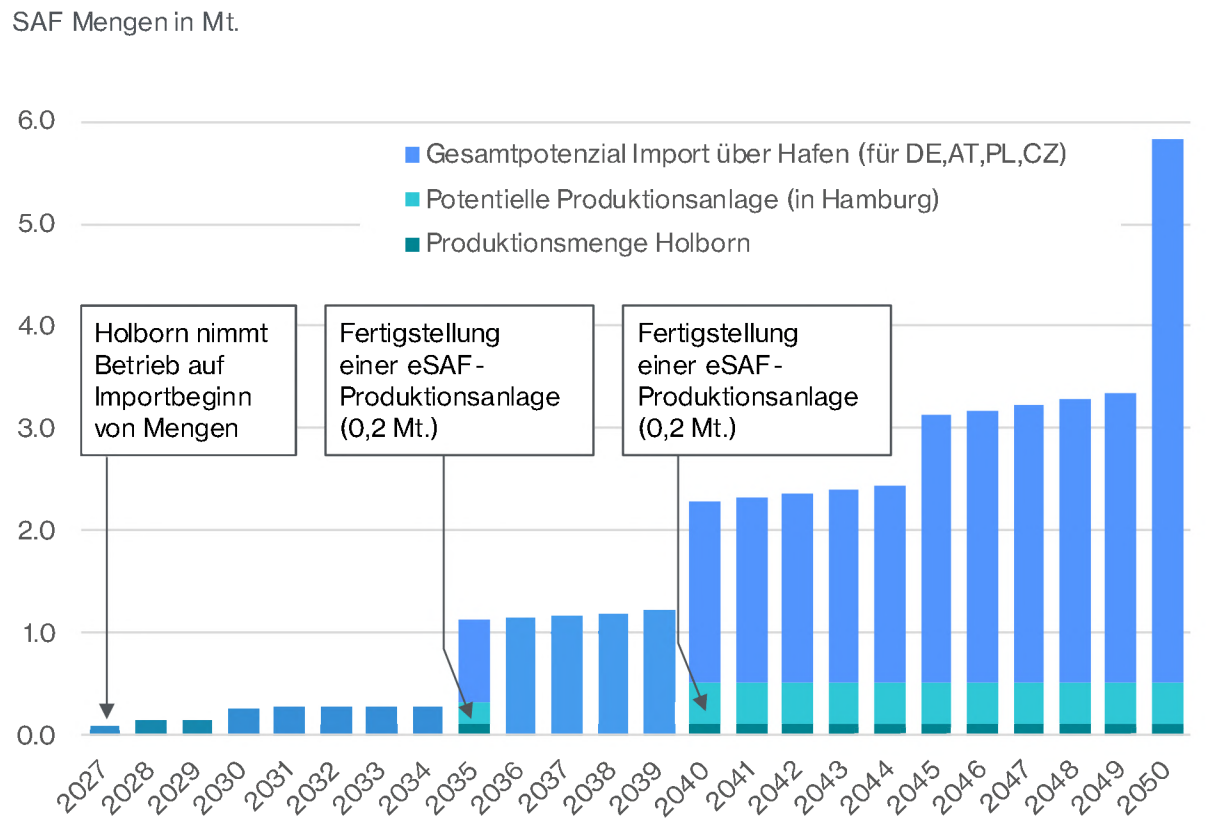
Zusätzlich werden die Standorte in Polen, Österreich und Tschechien entsprechend diesem Vorgehen beliefert. Dabei orientiert sich die Betrachtung an der jeweiligen Importquote. Da diese

Standorte einen höheren Anteil an Eigenproduktion aufweisen, fällt auch das anteilige Potenzial dort entsprechend höher aus.

Eine weitere Annahme, die sich aus der vorgeschlagenen Strategie ergibt, ist, dass Hamburg sich zunächst auf den Import und die Verteilung von SAF konzentriert. Ab etwa 2035 könnte unter sehr günstigen Voraussetzungen eine erste eSAF-Produktionsanlage mit 200.000 t Kapazität gebaut werden. Dies gilt insbesondere, da die SAF-Quote in 2035 noch einmal drastisch erhöht wird. Der Bau einer weiteren Anlage könnte ab 2040 folgen. Als Investoren bieten sich bereits jetzt tätige Unternehmen wie Advario, Power2X oder auch Holborn an. Als Alternative zu einer eSAF-Produktionsanlage könnte eine eSAF-Veredelungsanlage gebaut werden, bei der die Vorprodukte importiert und in Hamburg zu eSAF veredelt werden (siehe dazu 6.1.4). Zudem könnte die HEFA-Produktion erweitert werden, da ab 2035 auch der Bedarf für biogenes SAF steigt.

In dem Wachstumsszenario 1,6 % wird im Ergebnis im Zeitraum von 2025 bis 2035 die SAF-Nachfrage im für Hamburg zugänglichen Markt hauptsächlich durch Holborn und einen stetig steigenden Importanteil gedeckt. Ab 2035 werden deutlich größere Mengen benötigt, die durch zusätzliche Importe und neue Produktionsstätten erschlossen werden können. In diesem Szenario steigen die SAF-Mengen auf fast 6 Mio. t. (siehe Abbildung 6-6).

Abbildung 6-6: Potenzieller Entwicklungspfad am Standort Hamburg im 1,6 % Wachstumsszenario

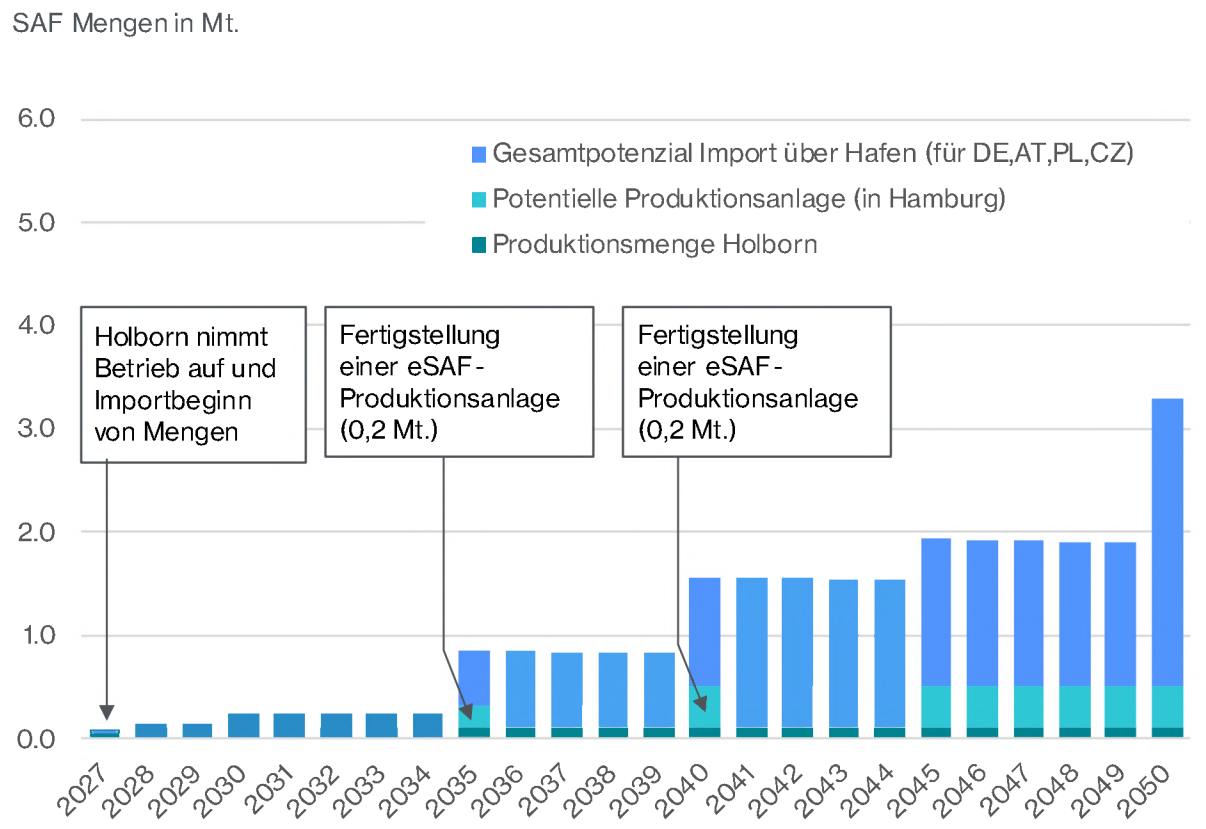


Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

In dem Reduktionsszenario -0,5 % ist ein ähnlicher Hochlauf der SAF-Mengen in den ersten Jahren zwischen 2027 und 2035 zu beobachten. In diesem Szenario steigen die SAF-Mengen, die über Hamburg importiert oder produziert werden können, auf 3,2 Mio. t an (siehe Abbildung 6-7).

Abbildung 6-7: Potenzieller Entwicklungspfad am Standort Hamburg im -0,5 % Reduktionsszenario



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

6.3 Auswirkungsanalyse des SAF-Marktes in Hamburg

Neben den direkten kommerziellen Effekten wird der Import und die Produktion von SAF weitere ökologische Effekte wie die Einsparung von CO_2 sowie ökonomische Effekte wie lokale Wertschöpfung und neue Arbeitsplätze heben. Die Kommunikation dieser Effekte kann die Akzeptanz neuer Technologien erhöhen und als Begründung für Förderabsichten dienen.

Zunächst werden im Folgenden die CO_2-Einsparungen, die durch die Erfüllung der ReFuelEU-Quoten an deutschen Flughäfen und am Flughafen Hamburg zu erwarten sind, aufgezeigt. Ausgehend von den Ergebnissen der möglichen strategischen Positionierung sowie der möglichen Entwicklung der SAF-Mengen werden anschließend mögliche Bruttowertschöpfung und die Schaffung bzw. Sicherung von neuen Arbeitsplätzen dargestellt.

6.3.1 Einsparung der Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bei Erfüllung der ReFuelEU-Quoten an deutschen Flughäfen und am Flughafen Hamburg

In diesem Abschnitt wird auf Grundlage von Kennwerten zur spezifischen CO_2-Einsparung durch SAF die gesamte CO_2-Einsparung dargestellt, die sich aus dem Einsatz von biogenem SAF und eSAF an den Unionsflughäfen in Deutschland und am Flughafen Hamburg ergibt. Zur Veranschaulichung werden diese Einsparungen ins Verhältnis zu den CO_2-Emissionen gesetzt, die derzeit durch fossiles JET A-1 entstehen.

Im Anhang A ist zusätzlich der Effekt von SAF im Vergleich zu fossilem JET A-1 auf die Bildung von Kondensationsstreifen und NOx sowie auf die Treibhausgasbilanz dargestellt.

Für die Ermittlung der Einsparpotenziale ist die regulatorische Systematik zur Anrechnung und Allokation von Luftverkehrsemissionen maßgeblich. Grundsätzlich werden Treibhausgasemissionen im internationalen und nationalen Klimaschutzrecht unterschiedlichen Akteuren und Systemen zugewiesen. Emissionen aus nationalen Flügen fallen unter die nationalen Treibhausgasinventare des jeweiligen Staates und werden weder dem Abflug- oder Zielort zugerechnet. Die Minderungsleistungen, die durch das Tanken von SAF auf Inlandsflügen erzielt werden, schreiben sich somit direkt der nationalen Klimabilanz und dem dortigen Verkehrssektor gut. Emissionen aus grenzüberschreitenden Flügen (sowohl innerhalb der EU als auch interkontinental) werden gemäß den Vorgaben des UN-Klimasekretariats (UNFCCC) nicht den nationalen Klimabilanzen der einzelnen Start- oder Zielländer zugerechnet, sondern separat als internationale Luftverkehrsemissionen erfasst und den einzelnen Fluggesellschaften zugeschrieben.

Auch bei dem Einsatz von biogenem SAF und eSAF entstehen CO_2-Emissionen. Dies liegt unter anderem an den Vorkettenemissionen, die bei der Bereitstellung der Rohstoffe und Materialien für die SAF-Herstellung anfallen.

Die Abbildung 6-8 zeigt den CO_2-Ausstoß, der mithilfe eines Life Cycle Assessment (LCA) für JET A-1 sowie für die relevanten biogenen und eSAF-Varianten ermittelt wurde. Die LCA-Bilanz bildet die gesamten CO_2-Emissionen einschließlich Vorkette und Verbrennung ab. Die Vorkettenemissionen umfassen je nach eingesetztem Rohstoff unter anderem jene Emissionen, die bei der Bereitstellung der Eingangsrohstoffe entstehen, etwa bei Used Cooking Oil für den HEFA-Prozess. Auch beim Transport und bei der Verarbeitung dieser Rohstoffe fallen durch den Einsatz fossiler Energieträger Emissionen an. Die detaillierte Bilanzierung dieser Vorkettenemissionen ist für die ökologische Bewertung von SAF von zentraler Bedeutung. Zwar werden die CO_2-Emissionen, die während der eigentlichen Verbrennung im Triebwerk entstehen, im Rahmen der regulatorischen Anrechnungssysteme als treibhausgasneutral gewertet, stofflich betrachtet emittiert die Verbrennung von SAF jedoch dieselbe Menge an CO_2 pro Energieeinheit wie konventionelles Kerosin. Der entscheidende Unterschied liegt hierbei in der Kohlenstoffquelle. Während biogenes SAF den Kohlenstoff nutzt, der zuvor durch das Pflanzenwachstum der Atmosphäre entzogen wurde, greift synthetisches eSAF auf Kohlenstoff zurück, der beispielsweise mittels technischer Verfahren wie Direct Air Capture oder aus Punktquellen abgeschieden wurde. Diese Netto-Betrachtung verdeutlicht die Notwendigkeit, den gesamten Lebenszyklus lückenlos zu analysieren. Würden die Lebenszyklusemissionen vernachlässigt, bestünde das Risiko, dass Kraftstoffe regulatorisch als nachhaltig angerechnet werden, ohne

dass eine reale THG-Minderung erzielt wird. Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn der Anbau biogener Rohstoffe zu indirekten Landnutzungsänderungen führt und dadurch Kohlenstoffsenken vernichtet werden oder wenn der hohe Strombedarf einer DAC-Anlage für eSAF durch fossilen Kohlestrom gedeckt wird. Wird JET A-1 durch SAF ersetzt, wird zur Berechnung der THG-Emissionen der jeweilige LCA-Wert des Produktionsprozesses herangezogen. Beispielsweise hat der Einsatz von SAF, das mittels des HEFA-Verfahrens aus Used Cooking Oil hergestellt wurde, immer noch Emissionen in Höhe von 13,9 g CO_2e/MJ.

Die LCA-Emissionswerte werden innerhalb der CORSIA-Regulierung verwendet und gelten daher als belastbar. Langfristig ist zu erwarten, dass die Vorkettenemissionen der SAF-Produktionsverfahren sinken könnten, wenn in den Vorkettenprozessen CO_2-freie Energieträger eingesetzt werden. Da dies insbesondere im Ausland noch mit hohen Unsicherheiten verbunden ist, werden die derzeit gültigen Emissionswerte verwendet (siehe Abbildung 6-8).

Abbildung 6-8: Kennwerte der CO_2-Einsparung

eigene Darstellung[170]

	LCA-Bilanz (CORSIA-konform)		
Verfahren/Feedback	**Vorkette + Prozess** (g CO2e/MJ)	**Verbrennung** (g CO2e/MJ)	**LCA Total** (g CO2e/MJ)
Fossil Jet A-1 (Referenz)	**17,8**	**71,2**	**89,0**
HEFA FOG – Used Cooking Oil (UCO)	13,9	0,0	13,9
FT – MSW	18,9	0,0	18,9
FT – waste CO2 + grünes H2 (Wind/PV-Hybrid)	10,0	0,0	10,0
Methanol-to-Jet (Wind/PV-Hybrid)	10,0	0,0	10,0

Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

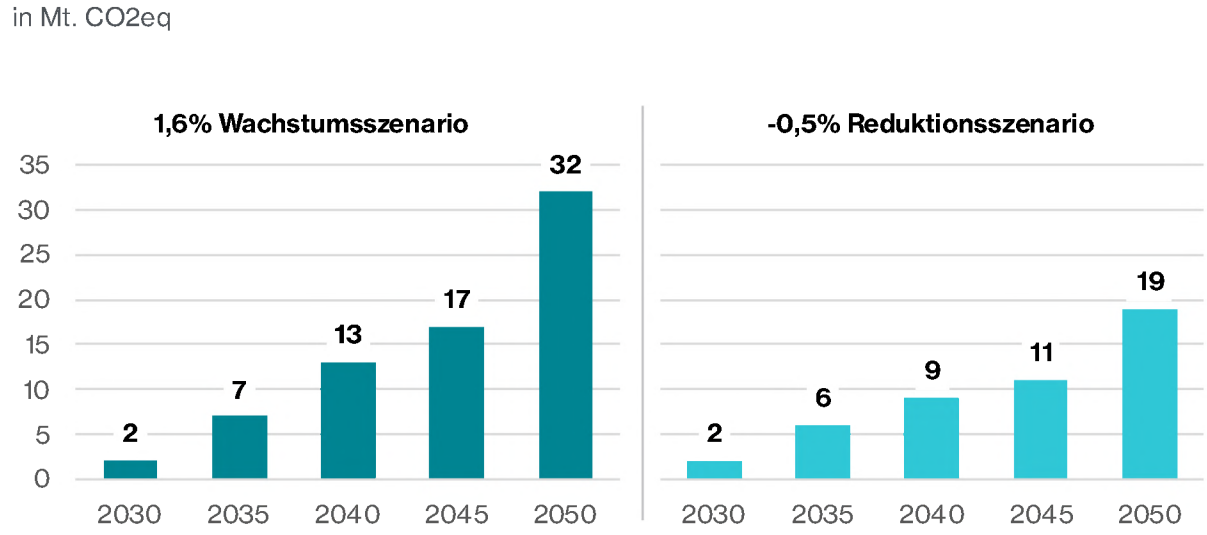
Einsparung von CO_2-Emissionen an deutschen Flughäfen aufgrund der Erfüllung der ReFuelEU-Quote

Zunächst werden die THG-Einsparungen dargestellt, die sich aus der Erfüllung der Quoten der ReFuelEU-Verordnung an deutschen Flughäfen ergeben. Derzeit entstehen durch die in Deutschland vertankten Mengen Flugkraftstoff jährlich etwa 34 Mio. t THG. In einem Wachstumsszenario würden die CO_2-Emissionen ohne zusätzliche emissionsmindernde Maßnahmen im Zeitverlauf steigen, da auch der Flugkraftstoffbedarf zunimmt. Im Reduktionsszenario würde dagegen bereits die sinkende Nachfrage zu einer Emissionsminderung führen.

[170] ICAO, CORSIA Default Life Cycle Emissions for CORSIA Eligible Fuels, 2022

Die SAF-Mengen ersetzen im Zeitverlauf den Kraftstoff JET A-1 und führen damit zu den in der Abbildung 6-9 und Abbildung 6-10 dargestellten THG-Minderungen. Insgesamt belaufen sich die THG-Einsparungen je nach Szenario bis zum Jahr 2050 auf 19 bis 32 Mio. t CO_2eq.

Abbildung 6-9: Eingesparte CO_2-Emissionen in Deutschland 1,6 % Wachstumsszenario und -0,5 % Reduktionsszenario



Quelle: eigene Darstellung

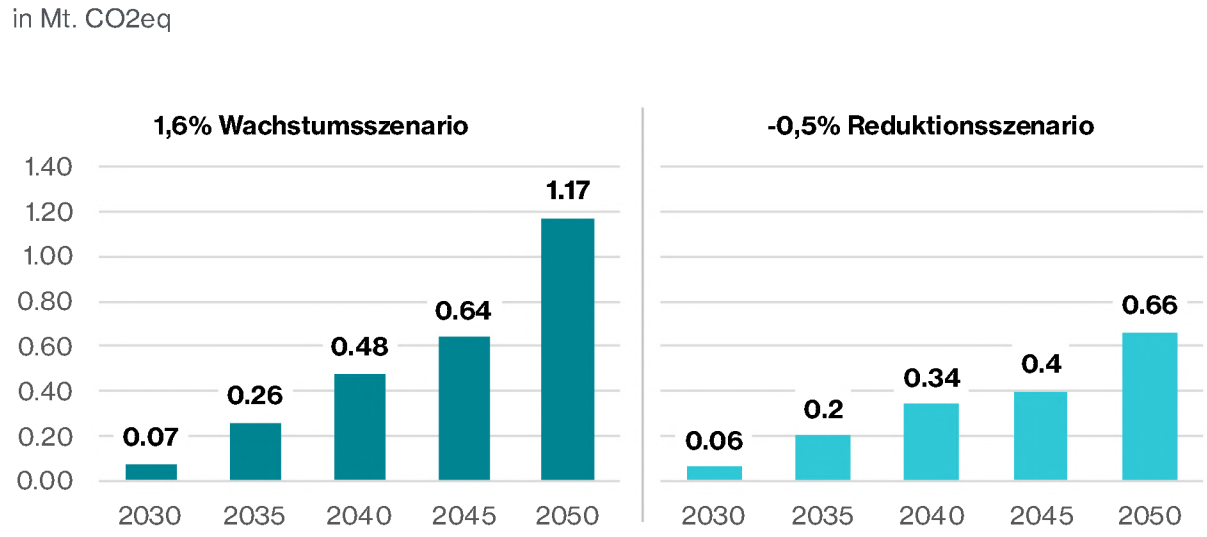
© Prognos AG

THG-Einsparungen am Flughafen Hamburg

Am Flughafen Hamburg wurden im Jahr 2023 etwa 0,3 Mio. t JET A-1 vertankt. Auch hier würden in einem Wachstumsszenario die CO_2-Emissionen ohne zusätzliche emissionsmindernde Maßnahmen im Zeitverlauf steigen, da auch der Flugkraftstoffbedarf zunimmt. Im Reduktionsszenario würde dagegen bereits die sinkende Nachfrage zu einer Emissionsminderung führen.

Da ab 2035 der Flexibilitätsmechanismus nicht mehr möglich ist, muss die Quotenerfüllung mit SAF am Hamburger Flughafen in gleichem Maße wie an anderen Unionsflughäfen erfolgen. Daher kann der gleiche proportionale Verlauf wie in Deutschland unterstellt werden. Unter diesen Annahmen belaufen sich die THG-Emissionseinsparungen am Flughafen Hamburg im Jahr 2050 auf 0,7 bis 1,2 Mio. t (siehe Abbildung 6-10).

Abbildung 6-10: Eingesparte CO_2-Emissionen am Flughafen Hamburg 1,6 % Wachstumsszenario und -0,5 % Reduktionsszenario



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

6.3.2 Bruttowertschöpfung (BWS) und Arbeitsplätze

Der Hochlauf des SAF-Marktes bewirkt neben den THG-Einsparungen auch ökonomische Effekte, die sich insbesondere in zusätzlicher Bruttowertschöpfung sowie in neuen beziehungsweise gesicherten Arbeitsplätzen widerspiegeln. Unter Bruttowertschöpfung wird dabei der wirtschaftliche Mehrwert verstanden, der durch Produktion, Logistik, Handel und damit verbundene Dienstleistungen innerhalb einer Region entsteht. Für die Einordnung dieser Wirkungen ist zwischen direkten Effekten, die unmittelbar bei den beteiligten Unternehmen anfallen, und indirekten Effekten, die entlang der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsketten ausgelöst werden, zu unterscheiden. Da der SAF-Markt noch jung ist und bislang nur begrenzt belastbare empirische Kenngrößen vorliegen, orientiert sich die Abschätzung an etablierten Strukturen aus dem Raffineriegeschäft sowie aus Lagerung, Transport und Handel von JET A-1. Die methodischen Grundlagen und Annahmen für die Berechnung dieser regionalwirtschaftlichen Effekte werden ausführlich im Anhang B dargestellt.

Sowohl bei der Bruttowertschöpfung als auch bei den Beschäftigungseffekten ist zwischen der einmaligen Investitions- und Bauphase sowie der langfristigen Betriebsphase zu unterscheiden.

Investitions-/Bauphase

Während der Investitions- und Bauphase einer Produktionsanlage entsteht ein einmaliger wirtschaftlicher Impuls für das Baugewerbe, den Anlagenbau und Ingenieurdienstleistungen. Im Kontext des entstehenden SAF-Marktes betrachten wir dabei insbesondere Investitionen in neue SAF-Produktionsanlagen. Der Effekt entsteht nur temporär während der gesamten Bauphase. Obwohl die Impulse, die durch solche Investitionen ausgelöst werden, nur temporär sind, sind sie dennoch wichtig, damit Arbeitnehmer in den eben genannten Branchen langfristig beschäftigt sind.

Dieser Effekt beschränkt sich nicht auf Hamburg, sondern entfaltet sich überregional entlang der beteiligten Liefer- und Wertschöpfungsketten. Da je nach Projektstruktur einzelne Leistungen oder Vorprodukte aus dem Ausland bezogen werden können, tritt ein Teil der wirtschaftlichen Effekte außerhalb Deutschlands ein. In der vorliegenden Betrachtung wurden Ergebnisse um diese ausländischen Effekte bereinigt, sodass ausschließlich die innerhalb Deutschlands entstehenden Wirkungen berücksichtigt werden.

Eine ausschließliche Zuordnung dieser Effekte auf Hamburg ist nicht möglich, da Investitions- und Bauaufträge in der Regel bundes- oder europaweit vergeben werden.

Betriebsphase

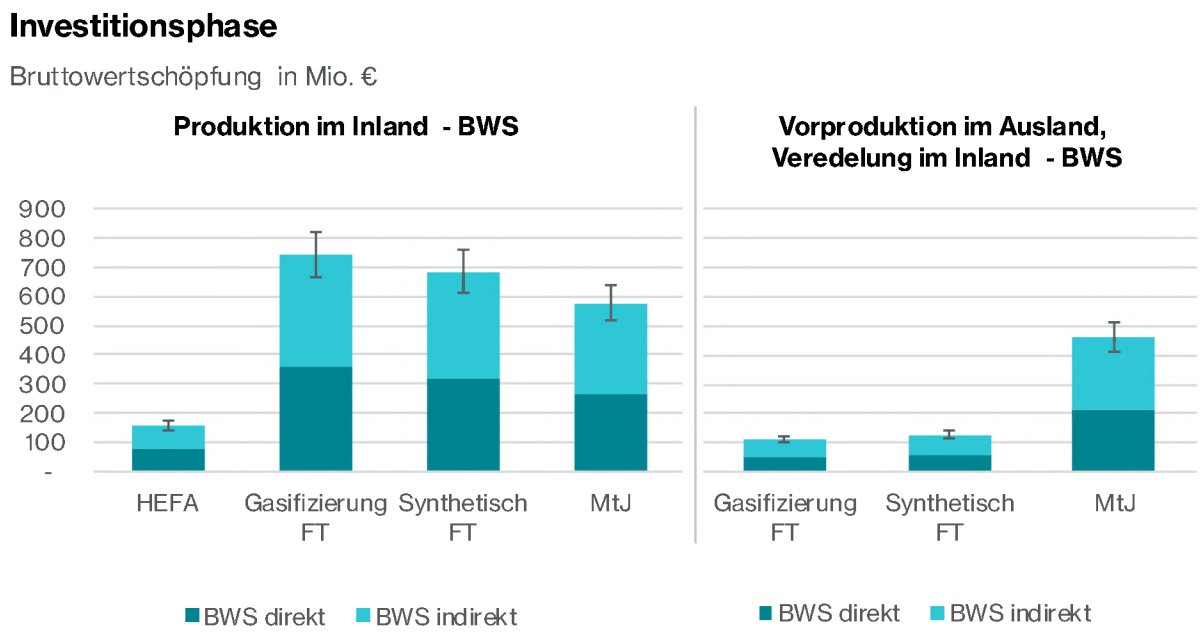
Neben dem einmaligen Impuls in der Investitionsphase entstehen durch den Hochlauf von SAF auch langfristige Beschäftigungseffekte während des Betriebs von Produktionsanlagen sowie entlang der Wertschöpfungskette für Import, Weitertransport und Lagerung. Darüber hinaus ergeben sich dauerhafte Beiträge zur Bruttowertschöpfung sowie zusätzliche steuerliche Effekte für die Stadt Hamburg.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Teil dieser Entwicklung mit der Substitution bestehender, fossil geprägter Arbeitsplätze einhergehen kann. Der genaue Effekt hierzu kann nicht beziffert werden.

Bruttowertschöpfung (BWS) und Arbeitsplätze bei einer Investition in eine Anlage mit einer Verarbeitungskapazität von 100.000 t

In dem Fall, dass SAF-Produktionsanlagen in Hamburg errichtet werden, entstehen bereits in der Investitionsphase je nach Technologie erhebliche regionalwirtschaftliche Effekte. Für eine Anlage mit einer Verarbeitungskapazität von 100.000 Tonnen kann die Bruttowertschöpfung je nach Technologie, die zur Anwendung kommt, rund 200 bis 750 Mio. Euro betragen. Auch die Veredelung weist mit einer Bruttowertschöpfung von etwa 100 bis 450 Mio. Euro je nach Technologie ein beachtliches wirtschaftliches Potenzial auf, wobei insbesondere das Methanol-to-Jet-Verfahren die höchsten Effekte erzielt (Abbildung 6-11).

Abbildung 6-11: Vergleich der Bruttowertschöpfung bei Produktion und Veredelung im Inland

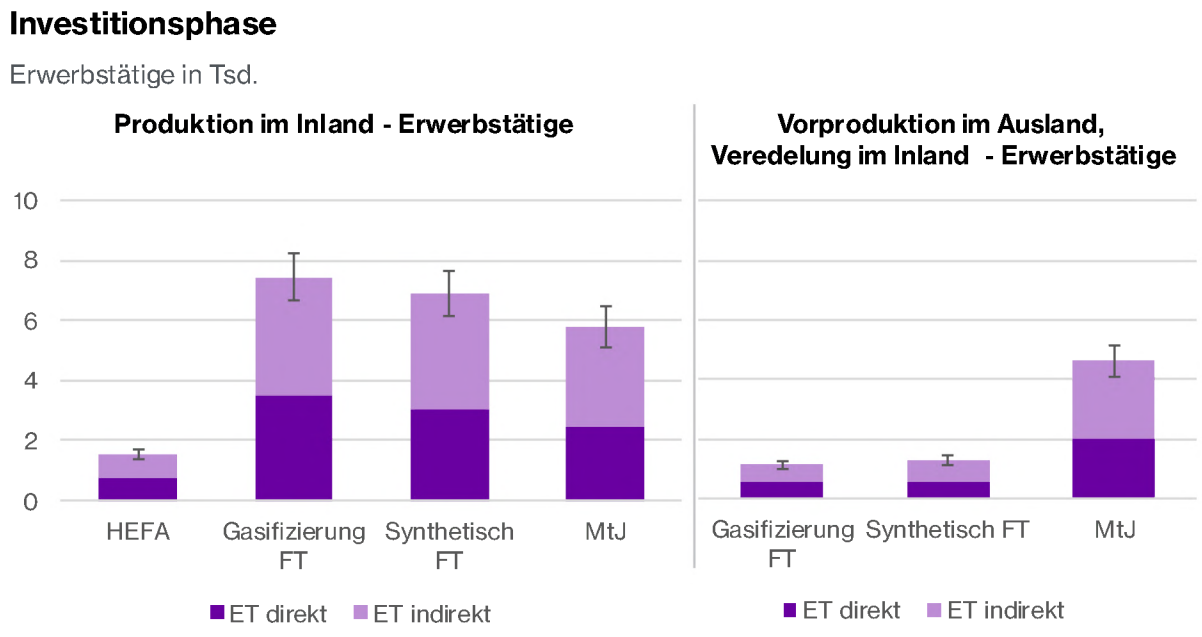


Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Parallel dazu entstehen in der Bauphase deutliche Beschäftigungsimpulse. Je nach Anlagentyp sind für Produktionsanlagen rund 2.000 bis 8.000 Arbeitsplätze und für Veredelungsanlagen etwa 1.000 bis 4.500 Arbeitsplätze zu erwarten (siehe Abbildung 6-12).

Abbildung 6-12: Vergleich der Erwerbstätigen bei Produktion und Veredelung im Inland



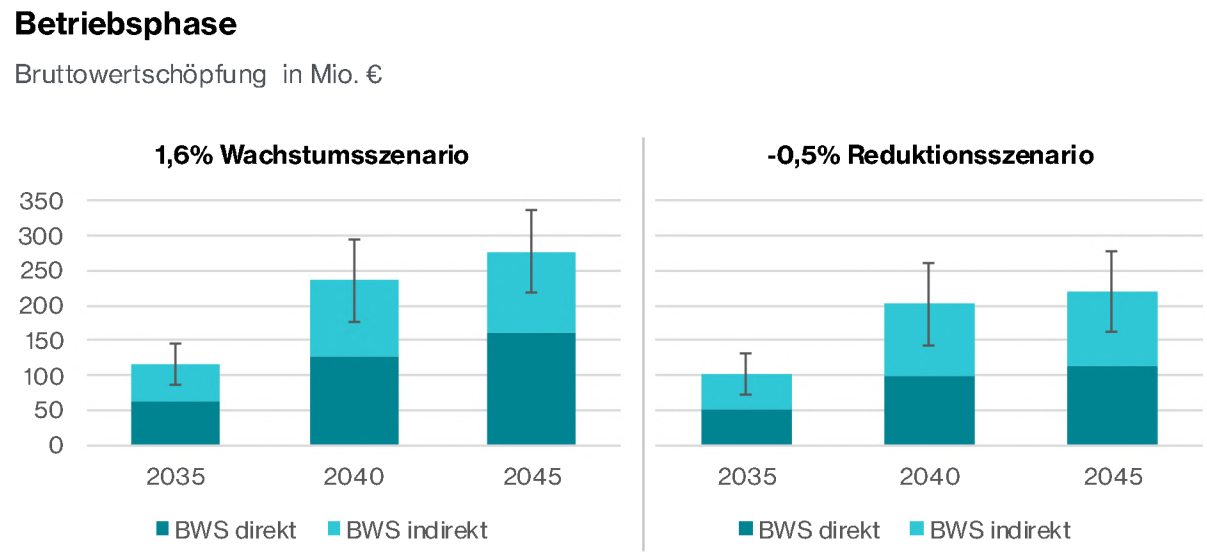
Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Bruttowertschöpfung (BWS) und Arbeitsplätze in der Betriebsphase

In den SAF-Hochlaufszenarien in Hamburg könnte sich die Bruttowertschöpfung auf jährlich bis zu 300 Mio. € belaufen (siehe Abbildung 6-13). Gleichzeitig könnten dauerhaft bis zu 1.500 Arbeitsplätze entstehen oder gesichert werden (siehe Abbildung 6-14).

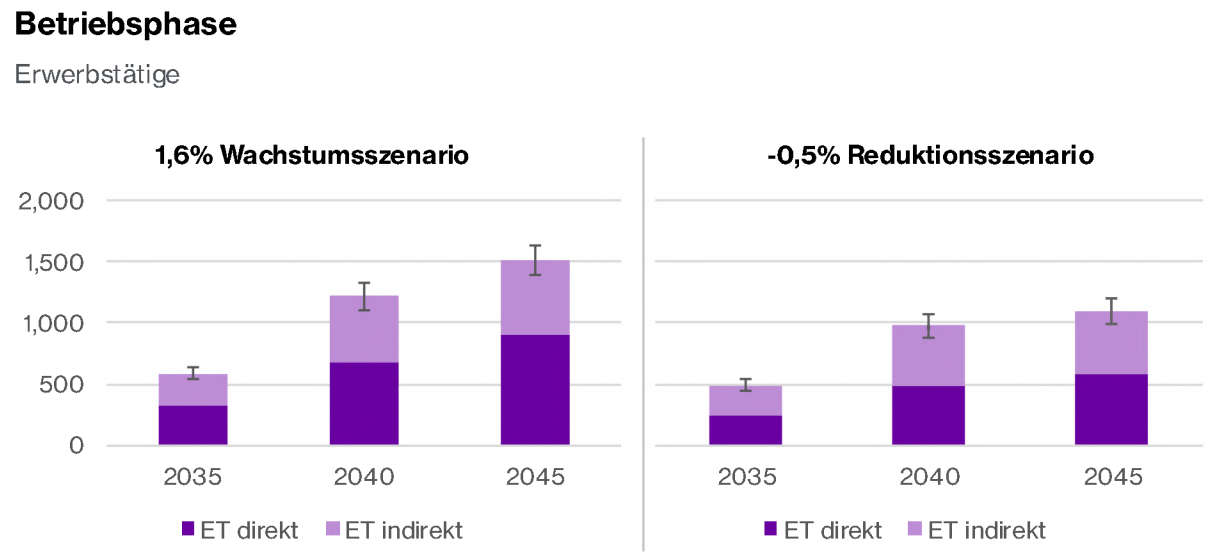
Abbildung 6-13: Vergleich der Bruttowertschöpfung im Wachstums- und Reduktionsszenario



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Abbildung 6-14: Vergleich der Arbeitsplätze im Wachstums- und Reduktionsszenario



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

6.3.3 Zusammenfassung der Auswirkungsanalyse des SAF-Marktes in Hamburg

Durch den Einsatz von SAF können erhebliche Treibhausgas-Einsparungen sowie spürbare regionalwirtschaftliche Effekte erzielt werden. Das Treibhausgas-Minderungspotenzial in Deutschland ist insgesamt hoch; allein am Flughafen Hamburg können sich die Einsparungen von THG-Emissionen bis zum Jahr 2050 auf 0,7 bis 1,2 Mio. t belaufen. Gleichzeitig entstehen Bruttowertschöpfung und Beschäftigungseffekte sowohl in der Investitions- als auch in der Betriebsphase. Damit können in Hamburg hochwertige Arbeitsplätze geschaffen und bestehende Beschäftigung gesichert werden. Die größten wirtschaftlichen Effekte sind bei eSAF-Produktionsanlagen zu erwarten, wobei auch die Veredelung einen vielversprechenden Entwicklungspfad darstellt. Zugleich ist zu berücksichtigen, dass die Transformation teilweise mit einer Substitution bisheriger fossil geprägter Arbeitsplätze einhergeht.

7 Aktionsfelder

Die zukünftigen Entwicklungspotenziale Hamburgs im SAF-Markt werden stark beeinflusst durch die noch ungesicherte Marktnachfrage. Der Bedarf an SAF steigt auf Grund von regulatorischen Vorgaben, zugleich fehlt es an verlässlicher Verfügbarkeit und an wirtschaftlich tragfähigen Hochlaufbedingungen.

Im Kern sollte die Stadt Hamburg mit den jeweils zuständigen Behörden und Institutionen für die folgenden Bereiche weitere Rahmenbedingungen für die Transformation schaffen:

1. **Öffentliche Förderung von Infrastruktur und Investitionen der Unternehmen**
2. **Regulatorische Klarheit und Vereinfachung**
3. **Verzahnung und Vernetzung von Akteuren**

Die nachfolgenden Aktionsfelder resultieren aus der sorgfältigen Analyse der gegenwärtigen und zukünftigen Situation zum Thema SAF und den sich daraus für den Hafen Hamburg ergebenden Chancen. Weiterhin fließen in die Vorschläge bzw. Erwartungen der 17 mit Industrie- und Interessensvertretern geführten Gespräche mit ein.

In Abbildung 7.1 ist eine Übersicht der Aktionsfelder für den Standort Hamburg dargestellt. Auf diese wird im Folgenden ausführlich eingegangen.

Abbildung 7-1: Übersicht Aktionsfelder



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

7.1 Öffentliche Förderung von Investitionen und Betriebskosten der Unternehmen

Im Kontext des Markthochlaufs nachhaltiger Flugkraftstoffe spielen staatliche Fördermechanismen eine zentrale Rolle, da sie sowohl die Wirtschaftlichkeit von Produktionspfaden verbessern als auch Investitionsrisiken reduzieren können. Wie bereits in der Wirtschaftlichkeitsanalyse dargestellt wurde, sind gezielte Förderinstrumente erforderlich, um die derzeit noch hohen Kostenstrukturen – insbesondere bei eSAF – zu kompensieren und Investitionsentscheidungen zu erleichtern. Neben der durch die SAF-Quote gesicherten Mindestnachfrage können sowohl investitionsbezogene (CAPEX) als auch betriebliche Fördermaßnahmen (OPEX) eingesetzt werden, um die Finanzierungslücke zwischen nachhaltigen und fossilen Kraftstoffen zu verringern.

Für Unternehmen aus der SAF-Logistik oder der SAF-Produktion ergeben sich verschiedene Förderoptionen, um den Markthochlauf von SAF zu unterstützen, Investitionsbedingungen zu verbessern und die Entwicklung eines funktionierenden Marktes für nachhaltige Flugkraftstoffe zu beschleunigen.

Hier geht es für die Einrichtungen der Stadt Hamburg darum, die vorhandenen Fördermöglichkeiten gegenüber den SAF-Stakeholdern zu kommunizieren und bei der Beantragung zu unterstützen. Aufgrund der unsicheren Wirtschaftlichkeit besteht von Seiten der investierenden Unternehmen Interesse, dass weitere Förderprogramme entwickelt und die Einwerbung von Bundesmitteln weiterhin aktiv unterstützt wird.

a) Investitionsförderung

Für Produzenten von Sustainable Aviation Fuel (SAF) und insbesondere strombasiertem SAF (e-SAF bzw. PtL-Kerosin) existiert in Deutschland eine Kombination aus direkten Investitionszuschüssen, Betriebsförderungen, Wasserstoffförderungen sowie Landesprogrammen (siehe Tabelle 2).

Die geplante eSAF-Anlage der Concrete Chemicals GmbH in Schwedt stellt ein gutes Beispiel für das Instrument der direkten Transformations-Investitionsförderung dar. Dieses Projekt erhält eine Gesamtförderung in Höhe von 350 Millionen €, die zu etwa zwei Dritteln vom Bund und zu einem Drittel vom Land Brandenburg getragen wird. Solche Fördermaßnahmen tragen dazu bei, die hohen Anfangsinvestitionen zu reduzieren und somit die Wahrscheinlichkeit eines positiven Investitionsentscheids erheblich zu erhöhen.

Tabelle 2: Existierende Investitionsförderungen für SAF

Ebene	Förderprogramm	Relevanz für SAF/eSAF	Förderart und Förderquote	Frist und Status
Bund	**BMV-Markthochlauf eSAF / Doppelauktion**	Förderung der Preisdifferenz zwischen Produktions- und Verkaufspreis	Wettbewerblich ermittelter Ausgleich der Preislücke über langfristige Produktionsverträge, bis zu **2 Mrd. EUR**	**Noch keine finale Antragsfrist veröffentlicht.** Programm wurde am 21.09.2026 angekündigt.
Bund	**Entwicklung regenerativer Kraftstoffe, FRL ErK**	FuE-, Pilot- und Demonstrations-vorhaben für Bio-SAF und e-SAF. Elektrolyse, Synthese	Unternehmen **bis 50 %**; Hochschulen /Forschung bis **100 %**.	Nächster Termin derzeit offen. Richtlinie läuft bis **31.12.2026.**
Bund	**Umweltinnovations-programm, UIP**	Großtechnische First-of-a-Kind-Demonstrations-anlage.	Investitionszuschuss bis **20 %** für GU, **30 %** KMU, max. **7,5 Mio. EUR** Zuschuss.	**Fortlaufend offen.**
Bund	**Bundesförderung Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft, EEW**	Ergänzende Förderung für energieeffiziente Prozessanlagen.	Transformationspläne typischerweise bis **60 %**.	**fortlaufende Antragstellung** über BAFA.
Bund/ Land	**Einzelfall- beziehungsweise Transformations-förderung industrieller eSAF-Anlagen**	Große industrielle e-SAF-Projekte mit strategischer Bedeutung; Beispiel „Brandenburg eSAF“ in Schwedt.	Projektbezogene Förderung, Beim Referenzprojekt wurden **350 Mio. EUR** durch Bund und Land bereitgestellt.	**Kein Standard-programm.** Frühzeitige politische Projektent-wicklung erforderlich.
HH	**Hamburger Wasserstoff-Förderprogramm 2026**	Elektrolyse, Speicherung, Transport, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff; für e-SAF insbesondere H_2-Erzeugung und standortbezogene Infrastruktur.	Nicht rückzahlbar bis zu **4 Mio. EUR je Vorhaben**.	Antragstellung bis **30.10.2026**, vor Beginn der Arbeiten. Wettbewerbliche Projektauswahl.

HH	**Unternehmen für Ressourcenschutz, UfR**	Standort-förderung für Ressourcen-effizienz, Prozess-dekarbonisierung, H_2-Infrastruktur	Projekt- und CO_2-einsparabhängiger Zuschuss; EffizienzCheck bis **50 %**.	Aktuelle Mittelverfüg-barkeit gemäß IFB HH.

b) Auktionsmechanismus

Ein wesentliches Hemmnis für den Hochlauf der SAF- und insbesondere der eSAF-Produktion ist die derzeit noch unsichere Nachfrage bei gleichzeitig deutlich höheren Produktionskosten im Vergleich zu fossilem Kerosin. Die daraus resultierende Unsicherheit hinsichtlich zukünftiger Absatzmengen und Erlöse erschwert Investitionsentscheidungen und verzögert den Aufbau zusätzlicher Produktionskapazitäten. Zur Reduzierung dieser Investitionsrisiken wird derzeit auf Bundesebene ein Fördermechanismus diskutiert, der sich am H2Global-Modell orientiert (das Programm wurde am 21.09.2026 angekündigt). Dabei schließt ein Intermediär langfristige Abnahmeverträge mit Produzenten und parallel dazu kurzfristigere Verkaufsverträge mit Abnehmern ab. Entsteht hierbei eine Differenz zwischen den garantierten Einkaufspreisen und den am Markt erzielbaren Verkaufspreisen, wird diese durch öffentliche Fördermittel ausgeglichen. Ziel des Mechanismus ist es, Produzenten verlässliche Erlösperspektiven zu bieten und dadurch Investitionssicherheit zu schaffen. Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Verkehr im Jahr 2026 eine Marktkonsultation für eine entsprechende eSAF-Förderung gestartet. Hierfür stehen nach derzeitigen Planungen Fördermittel in Höhe von bis zu 2 Mrd. € zur Verfügung.

c) CO2-Zertifikate für Fluggesellschaften

Auf europäischer Ebene existieren ebenfalls Instrumente zur Unterstützung des SAF-Markthochlaufs. Im Rahmen des Emissionshandels sollen bis 2030 insgesamt 20 Millionen CO_2-Zertifikate für die Nutzung von SAF bereitgestellt werden. Diese Zertifikate dienen dazu, die Mehrkosten für Fluggesellschaften zu kompensieren, die durch den Einsatz nachhaltiger Flugkraftstoffe entstehen, und stellen damit einen Unterstützungsmechanismus auf der Nachfrageseite dar. Im Gegensatz dazu setzt der Auktionsmechanismus auf der Angebotsseite an und zielt darauf ab, durch die Absicherung von Erlösen langfristige Investitionssicherheit für Produzenten zu schaffen.

d) Besteuerung von konventionellem Kerosin

Darüber hinaus bieten steuerliche Maßnahmen ein weiteres relevantes Förderinstrument. Zwar sind sowohl fossiles Kerosin als auch SAF derzeit von der Energiesteuer in Deutschland befreit, jedoch entfaltet diese Regelung aufgrund der Gleichbehandlung keinen spezifischen Förderanreiz für nachhaltige Kraftstoffe. Vor diesem Hintergrund wird eine schrittweise Besteuerung konventionellen Kerosins diskutiert, wodurch SAF indirekt wettbewerbsfähiger gestellt werden könnte. Ergänzend dazu zeigen internationale Beispiele wie der Inflation Reduction Act, dass steuerliche Anreize gezielt ausgestaltet werden können. In diesem Fall erhalten Kraftstoffmischer Steuergutschriften pro eingesetzter SAF-Einheit, wobei die Höhe der Förderung an die erzielte Treibhausgasminderung gekoppelt ist.

e) Steuerliche Abschreibungsmöglichkeiten

Insbesondere im Bereich kapitalintensiver eSAF-Produktionsanlagen können zudem verbesserte steuerliche Abschreibungsregelungen einen wichtigen Beitrag leisten. Hierzu zählen beispielsweise Investment Tax Credits, bei denen Unternehmen einen Teil ihrer Investitionskosten direkt von der Steuerschuld abziehen können, sowie beschleunigte Abschreibungsmodelle, die eine schnellere steuerliche Entlastung in den ersten Betriebsjahren ermöglichen und damit die Rentabilität der Anlagen erhöhen.

Ein weiterer Ansatzpunkt zur Förderung der Nachfrage ist die Diskussion um eine sogenannte Opt-in-Regelung im Rahmen der Treibhausgasminderungsquote (THG-Quote). Während diese derzeit ausschließlich für Otto- und Dieselkraftstoffe gilt, wird erwogen, eine Anrechnung von SAF-Mengen zu ermöglichen, die über die europäischen Quoten hinausgehen. Dies würde zusätzliche Anreize für die Nutzung nachhaltiger Flugkraftstoffe schaffen und den Absatzmarkt erweitern.

Insgesamt wird deutlich, dass bereits eine Vielzahl unterschiedlicher Förderoptionen existiert, die sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite ansetzen und sich gegenseitig ergänzen können.

7.2 Regulatorische Klarheit und Vereinfachung

a) Langfristige Stabilität und Planungssicherheit sicherstellen

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln erläutert, erschwert und verteuern die Europäischen RFNBO-Vorgaben die Produktion von H2 bzw. eSAF und damit die Umsetzung von entsprechenden Investitionen in die Produktion von Kraftstoffen. Bei den Hamburger Produktionsunternehmen ist umfangreicher Sachverstand zur Regulatorik vorhanden und eine aktive Teilnahme an nationalen und EU-weiten Gremien existiert, um die Rahmenbedingungen für die Produzenten schrittweise zu erleichtern.

In folgender Form wird eine intensive Begleitung und Unterstützung von Seiten der regionalen und nationalen Behörden gewünscht:

- Mehr politische regulatorische Stabilität und langfristige Planungssicherheit für Investoren über mindestens zehn Jahre. Jede Aufweichung oder Verschiebung verzögert bzw. blockiert bisherige Planungen und Investitionen.
- Das Aufrechterhalten politischer Standfestigkeit bei vereinbarten Quoten und Regeln ist entscheidend.
- Bereitstellen eines SAF-Beauftragten durch die Stadt Hamburg, der im Sinne eines SAF-Produzenten die fortlaufende Optimierung der regulatorischen Anforderungen (u.a. THG-Quote, RED III usw.) in enger Zusammenarbeit und durch eine aktive Mitwirkung in nationalen und EU-Gremien vertreten kann.

b) Beschleunigte Genehmigungsverfahren

Die Genehmigungsverfahren zur Planung und zum Bau von Anlagen für nachhaltige Energieformen werden von Seiten der Unternehmen als zu zeitaufwändig wahrgenommen. Wohl

wissend, dass eine unabhängige und qualifizierte Genehmigung von neuartigen Bauvorhaben entsprechend Zeit benötigt, wird immer wieder der Wunsch nach beschleunigten Verfahren formuliert.

Hier sind die Hamburger Genehmigungsbehörden angesprochen, die sicherlich sehr sorgfältig und in hoher Qualität ihrer Aufgabe nachgehen. Es stellt sich die Frage, inwieweit durch eine pragmatischere Entscheidungsfindung die Ansiedlung von SAF Produktions- und Logistikinfrastruktur zum Wohle der Stadt Hamburg beschleunigt werden kann. Im Zuge der Digitalisierung der Hamburger Behörden sollte die in 2026 in vielen Bundesländern (auch in Hamburg) etablierte ‚Digitale Antrags- und Genehmigungsplattform' die Umsetzungsgeschwindigkeit dieser Projekte noch erhöhen. Idealerweise sollten die Verfahren europaweit vereinheitlicht werden, was jedoch ein koordiniertes Vorgehen über die Hamburger Verwaltung hinaus und die Mitwirkung nationaler und europäischer Institutionen erfordert.

Zusätzlich könnte eine geeignete Hamburger Behörde eine formalisierte SAF-Genehmigungs-Taskforce einrichten, die Unternehmen durch Genehmigungs-, Zertifizierungs- und Behördenprozesse begleitet und die Zeiträume bis zur Erteilung einer Genehmigung damit reduziert.

Weiterhin sollte das Thema SAF dauerhaft einer Organisation/Stelle zugeordnet werden, um es auch organisatorisch und fachlich zu verankern. Naheliegend wäre hier die Stabsstelle Wasserstoffwirtschaft der BWAI. Dort gibt es bereits entsprechende umfangreiche Kompetenzen zum Thema Wasserstoff und eine organisatorische Einbindung, die eine Zusammenarbeit mit Hamburger Behörden und Verbänden zur weiteren Förderung des Themas SAF in Hamburg ermöglicht.

7.3 Verzahnung und Vernetzung von Akteuren

a) Vorhandene SAF-Leuchtturmprojekte unterstützen

Die Umsetzung der Produktion von 110.000 t biogenem SAF p.a. in Hamburg ab dem Jahre 2027 durch die Raffinerie Holborn ist für den Hafen Hamburg eine hervorragende Ausgangssituation, um sich als Standort für nachhaltige Kraftstoffe zu etablieren. Das Projekt ist für die Außendarstellung von Hamburg als SAF- Standort von großer Bedeutung und kann zum Branding von Hamburg bzw. des Sustainable Energy Hubs positiv beitragen.

Einerseits haben sich die Investitionen für die Produktionsanlage maßgeblich erhöht und andererseits ist die Verfügbarkeit der Infrastruktur zur Distribution / Vermarktung des biogenen SAF nicht abschließend geklärt. Hier wäre zu empfehlen, im engen Austausch die Umsetzung in den nächsten 12 Monaten intensiv zu begleiten, um frühzeitig über etwaige Restriktionen zu erfahren und im Rahmen der Möglichkeiten der Stadt Hamburg gegensteuern zu können.

Das Ziel sollte sein, das Unternehmen so weit zu unterstützen, dass die Produktion von biogenem SAF und das notwendige Blending auch tatsächlich kurzfristig in dieser Form in den nationalen Markt gebracht wird und nicht durch betriebswirtschaftliche Limitierungen bzw. logistische Restriktionen als für den Luftverkehr nicht zu nutzenden Treibstoff vertrieben wird.

b) Integration der SAF-Community in den digitalen Wasserstoffmarktplatz

Der digitale Wasserstoffmarktplatz für die Metropolregion Hamburg ist eine im Februar 2026 gestartete Online-Plattform zur Vernetzung von Wasserstoffproduzenten, Abnehmern, Infrastrukturbetreibern, Dienstleistern und Forschungseinrichtungen. Das Cluster ‚Erneuerbare Energien Hamburg' (EEHH) koordiniert im Auftrag der BWAI für die Akteure des Hamburger Wasserstoff-Ökosystems die Informationen zum Marktplatz, die Teilnahme daran sowie spezifische Sonderinhalte. Der Marktplatz bietet u. a. H2-Produzenten, Abnehmern, Energieversorgern und Netzbetreibern eine Plattform als strategisches Matchmaking- und Transparenzinstrument. Der Fokus liegt darauf, Akteure frühzeitig zusammenzubringen und dadurch Projektentwicklung, Lieferbeziehungen und Investitionsentscheidungen im entstehenden Wasserstoffmarkt der Metropolregion Hamburg zu erleichtern.

Da die Produktion von eSAF ganz wesentlich von der Verfügbarkeit von grünem H2 abhängt, sollte in einer gemeinsamen Initiative von BWAI und EEHH die Einbindung der SAF-Community, bestehend insbesondere aus Produzenten, Logistikern und Abnehmern in diesen Marktplatz vorangetrieben werden, sofern die Beteiligten nicht schon Mitglieder des Wasserstoffmarktplatzes sind.

c) Politische Unterstützung von SAF-Projekten in der Produktion und Logistik

Hamburger Unternehmen, die sich mit der Produktion bzw. der Logistik von SAF beschäftigen, gehen ein wirtschaftliches Wagnis ein und beschreiten auch Neuland in der öffentlichen Wahrnehmung. In den Gesprächen wurde der Aspekt der politischen Rückendeckung und öffentlichen Begleitung dieser neuartigen Projekte von Seiten der Hamburger Politik und der zuständigen Behörden, aber auch durch nationale Ministerien, mehrfach als wichtige Unterstützung und Stärkung erwähnt.

Die bisherige Unterstützung von Seiten des BWAI wurde anerkannt, eine Fortsetzung der unterstützenden Begleitung von Seiten der Stadt und eine Intensivierung der politischen behördlichen Unterstützung wurde gewünscht.

Die Stadt Hamburg sollte sich auch weiterhin als Interessenvertreterin Hamburger Projekte gegenüber Bund und EU positionieren mit dem Fokus auf mehr Hochlaufförderung, bessere Investitionsbedingungen und Instrumente zur Nachfragesicherung (Beispiel: Die zurzeit diskutierte Opt-in Regelung der THG-Minderungsquote würde es gestatten, SAF-Mengen, die die ReFuelEU Quote überschreitet, für die THG-Quote anzurechnen).

d) Langfristige Offtake-Verträge organisieren

Die grundsätzliche Herausforderung der Produktion von SAF liegt in dem noch nicht etablierten „SAF-Marktplatz". Für etwaige SAF-Produzenten fehlen langfristig verlässliche Abnahmegarantien auf deren Grundlage notwendige Investitionen, der Aufbau der Produktion sowie entsprechende Lieferstrukturen ausgerichtet werden könnten. Weiterhin werden vertragliche Regelwerke und entsprechende Dokumentationen benötigt, die für eine effiziente Abwicklung des Handels mit SAF notwendig wären.

Ziel wäre nicht nur ein allgemeiner Austausch, sondern die Vorbereitung konkreter aggregierter Nachfragepakete. Für Produzenten und Logistiker ist ein einzelner Abnehmer oft zu klein oder zu

unsicher, mehrere gebündelte Nachfrager verbessern dagegen die Grundlage für langfristige Liefer- und Infrastrukturverträge. Gerade weil der Markt noch jung und angebotsseitig knapp ist, kann eine moderierte Bündelung helfen, das Volumen planbarer zu machen. Durch die Etablierung von Off-take Verträgen werden Bedingungen geschaffen, unter denen SAF-Produzenten, Logistiker und Airlines bankfähige Langfristvereinbarungen abschließen können.

Zusätzlich könnten Musterverträge, Term Sheets und Standardklauseln für SAF-Offtakes vorbereitet werden: etwa zu Preisgleitformeln, Nachhaltigkeitsnachweisen, Mengenbändern, Lieferpunkten, Ausfallregeln und Buch-/Massenbilanzierungsfragen. Das reduziert Verhandlungskosten und verkürzt die Zeit bis zum Abschluss. Besonders hilfreich wäre ein Modell, das zwischen physischem SAF in Hamburg und bilanzieller Anrechnung sauber unterscheidet, weil gerade diese Entkopplung heute reale SAF-Ströme nach Hamburg oft unattraktiv macht.

Letztendlich stellt sich die Frage, welche Institution oder welches Unternehmen als unabhängiger und überparteilicher Makler zwischen Angebot und Nachfrage auf dem SAF-Marktplatzes vermitteln und die notwendige Dokumentation bereitstellen könnte.

8 Fazit

Die Ergebnisse der vorliegenden Potenzialstudie verdeutlichen, dass nachhaltige Flugkraftstoffe eine zentrale Rolle für die Dekarbonisierung des Luftverkehrs einnehmen, der Hochlauf jedoch von komplexen ökonomischen, regulatorischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen geprägt ist. Insbesondere für den Standort Hamburg ergibt sich ein differenziertes Bild: Einerseits bestehen klare strukturelle Vorteile im Bereich Logistik, Industrie und Infrastruktur, andererseits begrenzen spezifische Standortfaktoren sowie globale Marktbedingungen die Möglichkeiten einer großskaligen SAF-Produktion.

Auf Basis der in Kapitel 4 dargestellten Produktionspotenziale zeigt sich, dass die lokale Herstellung von SAF in Hamburg grundsätzlich technisch realisierbar ist, jedoch erheblichen wirtschaftlichen Einschränkungen unterliegt. Insbesondere eSAF-Produktionspfade sind durch hohe Energie- und Investitionskosten sowie durch die begrenzte Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff und CO_2 strukturell benachteiligt. Die geplante Produktion von grünem Wasserstoff in Moorburg wird mit den Skalierungsoptionen mittel- bis langfristig dazu beitragen, dass die immer größeren Produktionsmengen zu moderateren Kosten und damit auch für die Abnehmer zu einem wirtschaftlicheren Preis führen werden. Biogene SAF-Verfahren können kurzfristig einen Beitrag leisten, stoßen jedoch aufgrund limitierter Rohstoffverfügbarkeiten an natürliche Grenzen. Entsprechend wird deutlich, dass Hamburg im internationalen Vergleich kein Standort für eine großskalige, kostenoptimierte Produktion ist, sondern vielmehr selektive und projektbezogene Produktionsansätze realistisch erscheinen.

Kapitel 6 unterstreicht diese Einschätzung und ordnet Hamburg strategisch in das europäische SAF-System ein. Die Analyse zeigt, dass die größten Entwicklungspotenziale nicht im Wettbewerb mit etablierten Produktionsclustern wie der ARA-Region oder Le Havre liegen, sondern in einer funktionalen Einbindung in bestehende Wertschöpfungsketten. Hamburg verfügt über besondere Stärken als Logistik- und Distributionsstandort, insbesondere durch seine multimodale Infrastruktur und die Nähe zu wichtigen Absatzmärkten in Deutschland sowie Mittel- und Osteuropa. Gleichzeitig bestehen strukturelle Nachteile, etwa durch die fehlende Pipelineanbindung oder die Nachteile der Revierfahrt auf der Elbe, die die Rolle als primärer Importhub limitieren. Vor diesem Hintergrund erscheint eine strategische Positionierung Hamburgs als Import-, Veredelungs- und Distributionsknoten als plausibel und langfristig tragfähig.

Die in Kapitel 7 formulierten Aktionsfelder greifen diese Erkenntnisse auf und betonen die Notwendigkeit eines koordinierten und politisch unterstützten Markthochlaufs. Zentrale Aktionsfelder liegen in der Schaffung verlässlicher regulatorischer Rahmenbedingungen, der Bereitstellung gezielter Förderinstrumente sowie der Beschleunigung von Genehmigungsverfahren. Darüber hinaus wird die Bündelung von Nachfrage – etwa durch Offtake-Vereinbarungen – als entscheidender Faktor hervorgehoben, um Investitionssicherheit zu schaffen. Eine enge Verzahnung von Infrastrukturentwicklung, Energieversorgung und industriellen Projekten wird ebenfalls als wesentliche Voraussetzung für den Erfolg identifiziert.

Insbesondere die Rolle öffentlicher Akteure wird dabei als koordinierend und unterstützend beschrieben, um bestehende Markthürden zu überwinden.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Hamburg über solide Voraussetzungen verfügt, um eine bedeutende Rolle im zukünftigen SAF-System einzunehmen, diese Rolle jedoch klar von den Standortbedingungen geprägt ist. Während die großskalige Produktion unter den aktuellen Rahmenbedingungen nur eingeschränkt realistisch erscheint, bieten insbesondere die Bereiche Import, Weiterverarbeitung und Distribution substanzielle Entwicklungspotenziale. Entscheidend für die zukünftige Rolle Hamburgs wird sein, inwieweit es gelingt, die bestehenden infrastrukturellen und industriellen Stärken gezielt auszubauen, regulatorische Unsicherheiten zu reduzieren und gleichzeitig die Integration in europäische und globale Wertschöpfungsketten voranzutreiben.

Anhang

Anhang A	Wirkung von Non-CO_2-Emissionen und der Einfluss von SAF
Anhang B	Methodik zur Berechnung der regionalwirtschaftlichen Effekte
Anhang C	Wesentliche Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

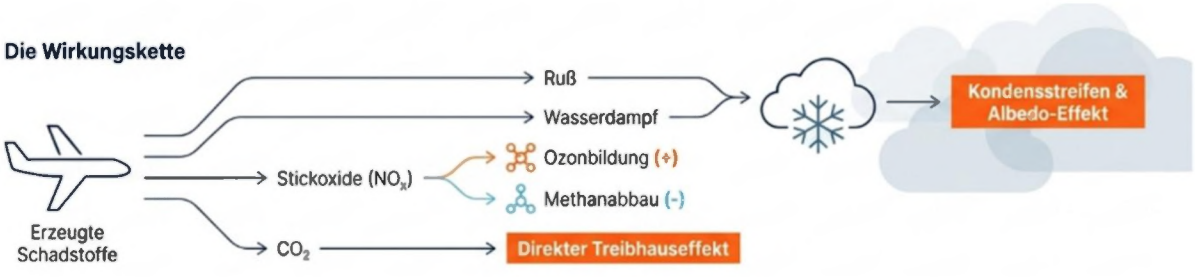
Anhang A - Wirkung von Non-CO_2-Emissionen und der Einfluss von SAF

Die nicht durch CO_2 verursachten Klimaeffekte (Non-CO_2-Effekte) des Luftverkehrs stellen einen wesentlichen Anteil der gesamten Klimawirkung dar und entstehen überwiegend in Flughöhen von etwa 8–13 km. Im Gegensatz zu CO_2, dessen Klimawirkung langfristig, räumlich homogen und wissenschaftlich vergleichsweise gut verstanden ist, sind die Effekte der Non-CO_2-Emissionen weiterhin Gegenstand intensiver Forschung und mit Unsicherheiten behaftet. Gleichzeitig zeigen sie eine hohe Variabilität in Abhängigkeit von atmosphärischen Bedingungen, Flugrouten sowie Tages- und Jahreszeiten. Insgesamt wird etwa ein Drittel der Klimawirkung dem CO_2 zugeschrieben, während rund zwei Drittel auf Non-CO_2-Effekte entfallen.

Im Mittelpunkt dieser Wirkungen stehen insbesondere die Emissionen von Stickoxiden (NO_x) und deren komplexe chemische Umwandlungsprozesse in der Atmosphäre. Stickoxide tragen zur Bildung von Ozon (O_3) bei, welches als Treibhausgas einen positiven Strahlungsantrieb verursacht und damit erwärmend wirkt. Gleichzeitig führen dieselben Emissionen zum Abbau von Methan, was einen kühlenden Effekt hat. In der Gesamtbilanz überwiegt jedoch der wärmende Einfluss der NO_x-Emissionen. Darüber hinaus entfalten Stickoxide zusätzliche umweltrelevante Wirkungen, da sie sowohl die menschliche Gesundheit als auch vegetative Systeme beeinträchtigen können.

Ein weiterer zentraler Mechanismus ergibt sich aus der Bildung von Kondensstreifen und daraus entstehenden Kondensstreifen-Zirren. Diese entstehen, wenn Wasserdampfemissionen unter geeigneten thermodynamischen Bedingungen in großer Höhe kondensieren und gefrieren. Die daraus gebildeten linienförmigen Wolken können sich über Zeit ausbreiten und persistente Wolkenfelder bilden, deren Lebensdauer von wenigen Minuten bis mehreren Stunden reicht. Abhängig von den Strahlungsbedingungen können diese Wolken sowohl kühlend als auch wärmend wirken; global überwiegt jedoch ein erwärmender Effekt, der aktuell sogar stärker eingeschätzt wird als derjenige des direkten CO_2-Beitrags des Luftverkehrs.

Abbildung 8-1: Wirkung von Non-CO_2-Emissionen



Quelle: eigene Darstellung

© Prognos AG

Neben diesen dominierenden Effekten tragen auch weitere Emissionen zur Klimawirkung bei. Wasserdampf weist aufgrund seiner Emission in großen Höhen eine verlängerte Verweildauer von Tagen bis Wochen auf und kann lokal zur Erwärmung beitragen. Aerosole und deren Vorläuferstoffe beeinflussen die Strahlungsbilanz sowohl direkt – durch streuende oder absorbierende Eigenschaften – als auch indirekt, indem sie als Kondensationskerne für Wolken wirken und deren Lebensdauer sowie optische Eigenschaften verändern. Insgesamt ist ihr Beitrag

zur globalen Klimaänderung jedoch vergleichsweise gering, auch wenn ihre indirekten Effekte auf Wolken noch nicht abschließend quantifiziert sind.

Der Einsatz nachhaltiger Flugkraftstoffe (SAF) bietet Potenziale zur Reduktion insbesondere der Non-CO_2-Effekte. Aufgrund des deutlich geringeren Gehalts an Aromaten und Schwefel in SAF führt deren Verbrennung zu einer signifikanten Reduktion von Rußpartikeln. Messungen im Flugbetrieb zeigen, dass dadurch sowohl die Anzahl der emittierten Partikel als auch die Konzentration von Eiskristallen in Kondensstreifen sinkt, was wiederum Intensität und Lebensdauer der Kondensstreifen reduziert. Gleichzeitig ist der Einsatz von SAF derzeit technisch begrenzt, da in konventionellen Flugkraftstoffen ein Mindestanteil an Aromaten erforderlich ist, um bestimmte Materialien – insbesondere Nitrilgummidichtungen – funktionsfähig zu halten. Aus diesem Grund sind aktuell in der Regel nur Beimischungen von bis zu 50 % SAF zulässig, wodurch ein ausreichender Aromatenanteil sichergestellt wird.

Ein zusätzlicher Ansatz zur Reduktion der Non-CO_2-Effekte besteht im gezielten Einsatz von SAF auf besonders klimawirksamen Flugrouten sowie zu Zeitpunkten mit erhöhtem Erwärmungspotenzial, etwa bei Nacht oder im Winter. Da die Bildung von Kondensstreifen stark von lokalen atmosphärischen Bedingungen abhängt, kann eine Kombination aus optimierter Flugführung und selektivem SAF-Einsatz zu einer deutlichen Reduktion der Klimawirkung beitragen. Abschätzungen gehen davon aus, dass die Non-CO_2-Effekte durch solche Maßnahmen um ein Vielfaches reduziert werden können, sofern die klimarelevantesten Flugprofile identifiziert werden.

Langfristig eröffnen neue Flugzeug- und Antriebstechnologien zusätzliche Reduktionspotenziale. Zukünftige Flugzeuge werden zunehmend so ausgelegt, dass sie mit 100 % aromatenfreien Kraftstoffen betrieben werden können. Hierfür sind unter anderem neue Materialien für Dichtungen und Kraftstoffsysteme erforderlich. Ein vollständiger Einsatz solcher Kraftstoffe könnte die Ruß- und Partikelemissionen deutlich reduzieren und damit auch die Bildung von Kondensstreifen weiter verringern. Insgesamt zeigt sich, dass SAF nicht nur zur Reduktion von CO_2-Emissionen beiträgt, sondern insbesondere durch seine Wirkung auf Partikel- und Kondensstreifenbildung einen wichtigen Ansatzpunkt zur Minderung der kurzfristigen Klimawirkungen des Luftverkehrs bietet, auch wenn ein Teil der zugrunde liegenden Prozesse weiterhin wissenschaftlichen Unsicherheiten unterliegt.

Anhang B – Methodik zur Berechnung der regionalwirtschaftlichen Effekte

Die Untersuchung quantifiziert die regionalwirtschaftlichen Effekte einer SAF-Produktion in Hamburg auf Basis einer regionalisierten Input-Output-Analyse. Ergebnisgrößen sind die Bruttowertschöpfung (BWS) und die Erwerbstätigenzahl (ET), jeweils ausgewiesen als direkter, indirekter und gesamter Effekt.

Die direkten Effekte werden in zwei Schritten hergeleitet. Im ersten Schritt wird der direkte Beschäftigungsbesatz je 100.000 t Produktionskapazität für jeden einschlägigen Wirtschaftszweig (WZ) bestimmt. Grundlage sind amtliche Statistiken, Unternehmensangaben relevanter Hamburger Akteure (u. a. Raffinerie- und Hafenbetriebe) sowie Branchenbenchmarks. Angesetzt werden ausschließlich die unmittelbar in diesen Branchen Beschäftigten. Einbezogen wird die Produktion selbst (Mineralölverarbeitung) sowie die eng angebundenen Branchen Großhandel, Transport, Lagerei und Frachtumschlag. Die Vorleistungsströme zwischen diesen direkt erfassten Branchen werden herausgerechnet, sodass sie nicht doppelt – einmal als direkter, einmal als indirekter Effekt – in das Ergebnis eingehen. Im zweiten Schritt wird der direkte Beschäftigungseffekt mit der WZ-spezifischen Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigen verknüpft: Eine in der amtlichen Statistik branchengenau verfügbare Kennzahl, die eine empirisch verankerte Brücke zwischen Beschäftigung und Wertschöpfung schlägt.

Die Analyse fokussiert sich auf acht Szenarien: die vier Produktionspfade – HEFA, Gasifizierung FT, Synthetisch FT und Methanol-to-Jet – jeweils vollständig im Inland produziert sowie mit Vorproduktion im Ausland und Endfertigung in der Region (exklusive HEFA), ergänzt um ein zusammenfassendes Vollimport-Szenario. Bei vollständigem Import des Endprodukts liegen die regionalen Effekte ausschließlich in Handel und Logistik. Die verfahrensspezifische Anlagentechnik ist dort nicht mehr standortwirksam, weshalb die vier Importvarianten keine Differenzierung aufweisen.

Die indirekten Effekte werden mittels verfahrensspezifischer Vorleistungsstrukturen modelliert, die an die SAF-spezifischen Produktionsbedingungen angepasst sind. Hierfür wird die fossil geprägte Inputstruktur der Hamburger Mineralölverarbeitung für den betrachteten Anlagenfall durch eine synthetisch konstruierte Vorleistungsstruktur substituiert, welche die tatsächlichen Produktionsfaktoren der SAF-Herstellung (u. a. Wasserstoff, CO_2 und Strom) realitätsnah abbildet. Unter Anwendung der regionalisierten Leontief-Inversen können die aus der Endnachfrage der Anlage resultierenden vorgelagerten Effekte auf die regionale Wirtschaft ermittelt werden. Auf diese Weise wird berücksichtigt, dass sich die Vorleistungsnachfrage einer SAF-Anlage systematisch von jener einer fossilen Raffinerie unterscheidet, sodass die spezifischen Regionalisierungspotenziale einer SAF-orientierten Wertschöpfungskette sichtbar gemacht werden können.

Das verfahrensspezifische Verhältnis von Bruttowertschöpfung zu Produktionswert orientiert sich an Anlageinvestitionen und funktional ähnlichen Industriebenchmarks. Methodisch zentral ist die preisunabhängige Behandlung der direkten Wertschöpfung: Sie bleibt mengen- und technologiebestimmt konstant, der Preisaufschlag fließt vollständig in die Vorleistungskette. Damit sinkt die Wertschöpfungsquote mit steigendem Preis und dient als Plausibilitätsanker gegen eine rein preisproportionale Hochrechnung, die in den oberen Preisstufen unplausible Werte erzeugen würde. Aus demselben Grund wird die Beschäftigung preisbereinigt geführt:

Nominale Preisaufschläge erhöhen die Bruttowertschöpfung je Beschäftigten, nicht die Zahl der Beschäftigten selbst.

Drei Szenariostufen bilden die zeitliche Entwicklung ab: Den gegenwärtigen Stand mit voll ausgereizten Verkaufspreisen, ein Übergangsszenario als Mittelweg und ein Konvergenzszenario 2050 mit angeglichenem Preisniveau. Aus dieser zeitlichen Differenzierung ergibt sich die berichtete Spannweite der regionalen Effekte

Anhang C - Wesentliche Annahmen für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Tabelle 3: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: CAPEX[171][172][173]

CAPEX									
Produktionsschritt	**Produktions-verfahren**	**Standort**	**Einheit**	**Quelle**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**
Reverse Watergas-Shift Reaktion	FT (PtL)	Deutschland	€/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	4,13	3,65	3,17	3,17	2,11
Fischer Tropsch-Synthese	FT (PtL)	Deutschland	€/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	3,65	3,60	3,55	3,55	2,36
Hydrocracking	FT (PtL)	Deutschland	€/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Methanolsynthese	MtJ	Deutschland	€/kg Methanol	Project SkyPower e-SAF model v1.0	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78
Methanol-to-Kerosene	MtJ	Deutschland	€/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	6,87	6,61	6,34	6,07	5,81
HEFA (Gesamtverfahren)	HEFA	Deutschland	€/kg Gesamtkapazität	ICAO, SAF Rules of Thumb	1,28	1,25	1,20	1,10	1,10
Hydrotreating	HEFA	Deutschland	€/kg Kohlenwasserstoff	übernommen von G-FT	1,10	1,10	1,05	1,00	1,00
Gasifizierung	G-FT	Niederlande	€/kg Kohlenwasserstoff	Seber, Baldino, & Pvlenko, 2026	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
Gasreinigung	G-FT	Niederlande	€/kg Kohlenwasserstoff	Seber, Baldino, & Pvlenko, 2026	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Fischer Tropsch-Synthese	G-FT	Niederlande	€/kg Kohlenwasserstoff	Seber, Baldino, & Pvlenko, 2026	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Hydroprezessierung und Fraktionierung	G-FT	Niederlande	€/kg Kohlenwasserstoff	Seber, Baldino, & Pvlenko, 2026	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

[171] (Project SkyPower, 2024)
[172] (ICAO, kein Datum)
[173] (Seber, Baldino, & Pvlenko, 2026)

Tabelle 4: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: Rohstoffkosten[174][175][176][177][178]

Rohstoffkosten										
Rohstoff	**Produktionsverfahren**	**Spezifikation**	**Standort**	**Einheit**	**Quelle**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**
Strom		PPA	Deutschland	€/MWh	Annahme basierend auf Project SkyPower	130	110	100	90	80
Strom		PPA	Außereuropäisch (Asien Ø	€/MWh	Annahme basierend auf Project SkyPower	80	80	70	60	55
H2			Deutschland	€/kg	vbw & Prognos, 2025	9,8	8,8	6,6	6,6	5,3
H2		Asien/Nahost	Außereuropäisch	€/kg	IEA, 2024	4,0	3,5	2,5	2,0	1,5
CO_2		Biogene Punktquelle	Deutschland	€/t	Project SkyPower e-SAF model v1.0	167	167	167	167	167
CO_2		Biogene Punktquelle	Außereuropäisch	€/t	Annahme basierend auf Project SkyPower	150	150	150	150	150
Used cooking oil (UCO)	HEFA		Deutschland	€/t	Annahme basierend auf Fastmarkets UCO prices	1,050	1,050	1,100	1,150	1,200
Used cooking oil (UCO)	HEFA		Außereuropäisch	€/t	Werte für Deutschland übernommen	1,050	1,050	1,100	1,150	1,200
Siedlungsabfälle	G-FT	vorbehandelter Rohstoff	Deutschland	€/t	ICAO, SAF Rules of Thumb	30	30	30	30	30
Siedlungsabfälle	G-FT	vorbehandelter Rohstoff	Außereuropäisch	€/t	Werte für Deutschland übernommen	30	30	30	30	30

[174] (vbw & Prognos, 2025)
[175] (IEA, 2024)
[176] (Project SkyPower, 2024)
[177] (Fastmarkets, kein Datum)
[178] (ICAO, kein Datum)

Forstwirtschaftliche Abfälle	G-FT	vorbehandelter Rohstoff	Deutschland	€/t	ICAO, SAF Rules of Thumb	125	125	125	125	125
Forstwirtschaftliche Abfälle	G-FT	vorbehandelter Rohstoff	Außereuropäisch	€/t	Werte für Deutschland übernommen	125	125	125	125	125
Landwirtschaftliche Abfälle	G-FT	vorbehandelter Rohstoff	Deutschland	€/t	ICAO, SAF Rules of Thumb	110	110	110	110	110
Landwirtschaftliche Abfälle	G-FT	vorbehandelter Rohstoff	Außereuropäisch	€/t	Werte für Deutschland übernommen	110	110	110	110	110

Tabelle 5: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: OPEX und Transportkosten[179][180][181][182]

OPEX und Transportkosten					
Produktionsschritt	**Produktions-verfahren**	**Kostenart**	**Einheit**	**Quelle**	**Wert**
Reverse-Watergas-Shift Reaktion	FT (PtL)	Feste OPEX (Anteil CAPEX)	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	4,0%
Fischer-Tropsch-Synthese	FT (PtL)	Feste OPEX (Anteil CAPEX)	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	4,0%
Fischer-Tropsch-Synthese	FT (PtL)	Variable OPEX Katalysatorkosten	€/t Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	51,85
Hydrocracking	FT (PtL)	Feste OPEX (Anteil CAPEX)	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	4,0%
Methanolsynthese	MtJ	Feste OPEX (Anteil CAPEX)	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	4,0%
Methanol-to-Kerosene	MtJ	Feste OPEX (Anteil CAPEX)	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	4,0%
Methanol-to-Kerosene	MtJ	Variable OPEX Katalysatorkosten	€/t Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	51,85
Vorbehandlung	HEFA	Feste OPEX	€/t SAF	Hegel, Canovas, & Baldo, 2024	30
Hydrotreatment	HEFA	Feste OPEX	€/t SAF	Hegel, Canovas, & Baldo, 2024	25
Hydrocracking	HEFA	Feste OPEX	€/t SAF	Hegel, Canovas, & Baldo, 2024	40
Fraktionierung	HEFA	Feste OPEX	€/t SAF	Eigene Annahme	15
Feste OPEX (Wartung, Personal, Versicherung)	HEFA	Feste OPEX	€/t SAF	Zech et al., 2018	75
Feste OPEX (Wartung, Personal, Versicherung)	G-FT	Feste OPEX (Anteil CAPEX)	%	Eigene Annahme	4,0%
Variable OPEX	G-FT	Variable OPEX	€/t SAF	Project SkyPower e-SAF model v1.0	150
Seetransport UCO intra-EU			€/t	Annahmen basierend auf Argus Media, 2025	30
Seetransport UCO Asien→HH			€/t	Annahmen basierend auf Argus Media, 2025	80
Seetransport Methanol intra-EU			€/t	Annahmen basierend auf Argus Media, 2025	25

[179] (Project SkyPower, 2024)
[180] (Hegel, Canovas, & Baldo, 2024)
[181] (Zech, Dietrich, Reichmuth, Weindorf, & Müller-Lange, 2018)
[182] (argus, 2025)

Seetransport Methanol Asien→HH	€/t	Annahmen basierend auf Argus Media, 2025	70
Seetransport Syncrude intra-EU	€/t	Annahmen basierend auf Argus Media, 2025	25
Seetransport Syncrude Asien→HH	€/t	Annahmen basierend auf Argus Media, 2025	70
Seetransport fertiges SAF intra-EU	€/t	Annahmen basierend auf Argus Media, 2025	20
Seetransport fertiges SAF Asien→HH	€/t	Annahmen basierend auf Argus Media, 2025	60

Tabelle 6: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: Technische Inputfaktoren[183][184][185][186][187]

Technische Inputfaktoren					
Parameter	**Produktions-verfahren**	**Prozess-schritt**	**Einheit**	**Quelle**	**Wert**
Strombedarf	FT-SPK	RWGS	kWh/ kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	5,44
Strombedarf	FT-SPK	FT	kWh/ kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,42
Strombedarf	MtJ	Methanol-synthese	kWh/kg Methanol	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,59
Strombedarf	MtJ	MtK	kWh/ kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,35
Strombedarf	HEFA	HEFA	kWh/t Feed	Hegel, Canovas, & Baldo, 2024	45
Strombedarf	G-FT	G-FT	kWh/ kg Kohlenwasserstoff	Annahme basierend auf Proejct SkyPower	0,35
Rohstoffbedarf H_2	FT-SPK	RWGS	kg H_2/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,49
Rohstoffbedarf H_2	FT-SPK	Hydro-cracking	kg H_2/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,01
Rohstoffbedarf H_2	MtJ	Methanol-synthese	kg H_2/kg methanol	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,19
Rohstoffbedarf H_2	MtJ	MtK	kg H_2/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,0088
Rohstoffbedarf H_2	HEFA	HEFA	kg H_2/t Feed	abgeleitet aus Habermeyer et al. (2023)	35
Rohstoffbedarf H_2	G-FT	G-FT	kg H_2/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,01
Rohstoffbedarf CO_2	FT-SPK	RWGS	kg CO_2/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	3,22
Rohstoffbedarf CO_2	MtJ	Methanol-synthese	kg CO_2/kg Methanol	Project SkyPower e-SAF model v1.0	1,4
Rohstoffbedarf Methanol	MtJ	MtK	kg Methanol/kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	2,46
Rohstoffbedarf UCO	HEFA		kg UCO/kg SAF	Hegel, Canovas, & Baldo, 2024	2,02
Rohstoffbedarf Biomasse	G-FT	G-FT	kg Biomasse/kg SAF	Scheer, 2024	4,5
Output eSAF	FT-SPK		kg SAF/ kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,836
Output eSAF	MtJ		kg SAF/ kg Kohlenwasserstoff	Project SkyPower e-SAF model v1.0	0,9
Output SAF	HEFA		kg SAF/kg Feed	Hegel, Canovas, & Baldo, 2024	0,494

[183] (Project SkyPower, 2024)
[184] (Hegel, Canovas, & Baldo, 2024)
[185] (Habermeyer, Weyand, Maier, Kurkela, & Dietrich, 2023)
[186] (Scheer, 2024)
[187] (World Economic Forum, 2025)

Output SAF	G-FT	kg SAF/ kg Kohlenwasserstoff	World Economic Forum, 2025	0,6
Faktor Kohlenwasserstoff pro SAF	FT-SPK	kg Kohlenwasserstoff/ kg SAF	Berechnet aus Inputfaktoren	1,20
Faktor Kohlenwasserstoff pro SAF	MtJ	kg Kohlenwasserstoff/ kg SAF	Berechnet aus Inputfaktoren	1,11
Faktor Feed pro SAF	HEFA	kg Feed/kg SAF	Berechnet aus Inputfaktoren	2,02
Faktor Kohlenwasserstoff pro SAF	G-FT	kg Kohlenwasserstoff/ kg SAF	Berechnet aus Inputfaktoren	1,67
Kapazität SAF	Alle Verfahren	kt SAF	Eigene Annahme	50
Kapazität Kohlenwasserstoffe	FT-SPK	kt Kohlenwasserstoff	Berechnung basierend auf Kapazität SAF-Anlage	60
Kapazität Kohlenwasserstoffe	MtJ	kt Kohlenwasserstoff	Berechnung basierend auf Kapazität SAF-Anlage	56
Kapazität Kohlenwasserstoffe	HEFA	kt Kohlenwasserstoff	Berechnung basierend auf Kapazität SAF-Anlage	101
Kapazität Feed	HEFA	kt UCO	Berechnung basierend auf Kapazität SAF-Anlage	101
Kapazität Kohlenwasserstoffe	G-FT	kt Kohlenwasserstoff	Berechnung basierend auf Kapazität SAF-Anlage	83
Kapazität Biomasse	G-FT	kt Biomasse	Berechnung basierend auf Kapazität SAF-Anlage	225
Lebensdauer	FT-SPK	Jahre	Project SkyPower e-SAF model v1.0	30
Kapazitätsfaktor	FT-SPK	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	92,0%
Lebensdauer	MtJ	Jahre	Project SkyPower e-SAF model v1.0	30
Kapazitätsfaktor	MtJ	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	92,0%
Lebensdauer	HEFA	Jahre	Hegel, Canovas, & Baldo, 2024	30
Kapazitätsfaktor	HEFA	%	übernommen von Project SkyPower	92.0%
Lebensdauer	G-FT	Jahre	Hegel, Canovas, & Baldo, 2024	30
Kapazitätsfaktor	G-FT	%	übernommen von Project SkyPower	92,0%

Tabelle 7: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: Finanzierungsannahmen[188][189]

Finanzierungsannahmen				
Parameter	**Spezifikation**	**Einheit**	**Quelle**	**Wert**
WACC	Deutschland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	10,8%
Fremdkapitalanteil	Deutschland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	70,0%
Zinssatz	Deutschland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	9,0%
Eigenkapitalzinssatz	Deutschland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	15,0%
Basiszinssatz	Deutschland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	4,0%
Gewinn auf Basiszinssatz	Deutschland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	5,0%
WACC	Nicht-EU-Ausland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	12,9%
Fremdkapitalanteil	Nicht-EU-Ausland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	70,0%
Zinssatz	Nicht-EU-Ausland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	12,0%
Eigenkapitalzinssatz	Nicht-EU-Ausland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	15,0%
Basiszinssatz	Nicht-EU-Ausland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	7,0%
Gewinn auf Basiszinssatz	Nicht-EU-Ausland	%	Project SkyPower e-SAF model v1.0	5,0%
Wechselkurs ($ zu €)	Deutschland	€/$	Europäische Zentralbank (Stand 15.04.2025)	0,85

[188] (Project SkyPower, 2024)
[189] (Europäische Zentralbank, kein Datum)

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich von Anbindungen der Verkehrsträger an Unionsflughäfen 53

Tabelle 2: Existierende Investitionsförderungen für SAF 110

Tabelle 3: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: CAPEX 123

Tabelle 4: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: Rohstoffkosten 124

Tabelle 5: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: OPEX und Transportkosten 126

Tabelle 6: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: Technische Inputfaktoren 128

Tabelle 7: Annahmen Wirtschaftlichkeitsberechnung: Finanzierungsannahmen 130

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 0-1: SAF-Entwicklungspfad für Hamburg 2026 - 2035 8

Abbildung 1-1: Entwicklung der SAF-Mindestquote bis 2050 11

Abbildung 1-2: Überblick ausgewählter Produktionsverfahren für biogenes SAF und eSAF 12

Abbildung 2-1: Weltweite JET A-1 Nachfrage 14

Abbildung 2-2: JET A-1 Bedarf und Importquote in Mt 15

Abbildung 2-3: Zukünftige Entwicklung des Flugkraftstoffbedarfs 17

Abbildung 2-4: Kumulierter SAF-Bedarf in den Ländern Deutschland, Polen, Österreich und Tschechien 18

Abbildung 2-5: SAF-Produktionsstandorte Europa* 20

Abbildung 2-6: SAF-Produktionsstandorte Deutschland* 21

Abbildung 2-7: Anbindung von Flughäfen an CEPS und NEPS in Mitteleuropa 23

Abbildung 2-8: Ausbaustufen des Wasserstoffkernnetzes 25

Abbildung 2-9: Projektentwicklungen am Hafen Rotterdam 29

Abbildung 2-10: Projektentwicklungen am Hafen Le Havre 30

Abbildung 2-11: Entwicklung der SAF-Mindestquote bis 2050 32

Abbildung 2-12: Voraussetzungen für die eingesetzten Rohstoffe für Biokraftstoffe in der Luftfahrt 33

Abbildung 2-13: Voraussetzungen für die eingesetzten Rohstoffe für synthetische Flugkraftstoffe 34

Abbildung 2-14: Voraussetzungen für die eingesetzten Rohstoffe für wiederverwertete kohlenstoffhaltige Flugkraftstoffe 35

Abbildung 2-15: Überblick ausgewählter Produktionsverfahren für biogenes SAF und eSAF 37

Abbildung 3-1: Übersichtskarte großer Tanklager im Hamburger Hafen 40

Abbildung 3-2: Umschlagsvolumen Rohöl und Mineralölprodukte nach Hafen 2025 42

Abbildung 3-3: Massengutumschlag im Hamburger Hafen 2025, Anteil Mineralölprodukte 43

Abbildung 3-4: Übersichtskarte CEPS und NEPS 44

Abbildung 3-5: Anteil der Verkehrsträger im Hafen Hamburg auf Basis Tonnen 47

Abbildung 3-6: Befahrbarkeit der Elbe zwischen Mündung und Hafen Hamburg 48

Abbildung 3-7: Liegeplätze für Binnenschiffe im Hamburger Hafen 49

Abbildung 3-8: Bahnanschlüsse im Hamburger Hafen 50

Abbildung 3-9: Detailkarte der Schienenstrecken 2024 51

Abbildung 3-10: Beispiele Kerosin-Transport zu Flughäfen 54

Abbildung 3-11: Einflussnahme öffentlicher Beiträge auf privatwirtschaftliche Investitionslogik 58

Abbildung 4-1: HOLBORN-Betriebsgelände im Süden des Hafengebiets 60

Abbildung 4-2: Gegenüberstellung wesentlicher Produktions-Charakteristika von biogenen SAF und eSAF 66

Abbildung 4-3: Sustainable Energy Hub im Hamburger Hafen 68

Abbildung 4-4: Gegenüberstellung Pro und Contra des SAF Standorts Hamburg 71

Abbildung 4-5: Zeitliche Entwicklung der HEFA-Produktionskosten 74

Abbildung 4-6: Zeitliche Entwicklung der Produktionskosten der Gasifizierung mit anschließender Fischer-Tropsch-Synthese 75

Abbildung 4-7: Zeitliche Entwicklung der Produktionskosten der synthetischen Fischer-Tropsch-Route 76

Abbildung 4-8: Zeitliche Entwicklung der Produktionskosten der Methanol to Jet-Route 77

Abbildung 4-9: Vergleich der Wertschöpfungsoptionen: HEFA-Verfahren 78

Abbildung 4-10: Vergleich der Wertschöpfungsoptionen: Gasifizierung mit anschließender Fischer-Tropsch-Synthese 79

Abbildung 4-11: Vergleich der Wertschöpfungsoptionen: synthetische Fischer-Tropsch-Route 80

Abbildung 4-12: Vergleich der Wertschöpfungsoptionen: Methanol to Jet-Route 81

Abbildung 4-13: Gegenüberstellung ausgewählter Produktionskosten mit und ohne Förderung im Jahr 2035 82

Abbildung 6-1: Übersicht wesentlicher SAF Kompetenzfelder Hamburgs 86

Abbildung 6-2: Produktionskosten pro kg in Abhängigkeit zu dem Produktionsstandort 88

Abbildung 6-3: Produktionskosten pro kg eSAF in Abhängigkeit von grünen Methanol-Importen und Veredlung in Hamburg 92

Abbildung 6-4: Potenzial Hamburgs als SAF-Distributionszentrum für europäische Nachbarn 94

Abbildung 6-5: SAF-Entwicklungspfad für Hamburg 2026 – 2035 97

Abbildung 6-6: Potenzieller Entwicklungspfad am Standort Hamburg im 1,6 % Wachstumsszenario 98

Abbildung 6-7: Potenzieller Entwicklungspfad am Standort Hamburg im -0,5 % Reduktionsszenario 99

Abbildung 6-8: Kennwerte der CO_2-Einsparung 101

Abbildung 6-9: Eingesparte CO_2-Emissionen in Deutschland 1,6 % Wachstumsszenario und -0,5 % Reduktionsszenario 102

Abbildung 6-10: Eingesparte CO_2-Emissionen am Flughafen Hamburg 1,6 % Wachstumsszenario und -0,5 % Reduktionsszenario 103

Abbildung 6-11: Vergleich der Bruttowertschöpfung bei Produktion und Veredelung im Inland 105

Abbildung 6-12: Vergleich der Erwerbstätigen bei Produktion und Veredelung im Inland 105

Abbildung 6-13: Vergleich der Bruttowertschöpfung im Wachstums- und Reduktionsszenario 106

Abbildung 6-14: Vergleich der Arbeitsplätze im Wachstums- und Reduktionsszenario 106

Abbildung 7-1: Übersicht Aktionsfelder 108

Abbildung 8-1: Wirkung von Non-CO_2-Emissionen 119

Quellenverzeichnis

Aero Buzz. (2025). *Shell wird SAF-Raffinerie in Rotterdam nicht zu Ende bauen*. Von https://aerobuzz.de/luftverkehr/shell-wird-saf-raffinerie-in-rotterdam-nicht-zu-ende-bauen/ abgerufen

argus. (2022). *Jet fuel barge deliveries to Frankfurt: Correction*. Von https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2360517-jet-fuel-barge-deliveries-to-frankfurt-correction abgerufen

argus. (2025). *Daily international market prices and commentary.*

Aviation Direct. (2024). *Hamburg: Geplante SAF-Massenproduktion ist gescheitert*. Von https://aviation.direct/hamburg-geplante-saf-massenproduktion-ist-gescheitert abgerufen

Aviation Media & IT. (2024). *Hamburger Projekt zu neuen Flugtreibstoffen aufgegeben.*

Bergero, C., Gosnell, G., Gielen, D., Seungwoo, K., Bazilian, M., & Davis, S. J. (2023). Pathways to net-zero emissions from aviation. *Nature Sustainability, 6*, 404-414. doi:10.1038/s41893-022-01046-9

biofuels international. (2022). *Plock plant will supply SAF from 2025*. Von https://biofuels-news.com/news/plock-plant-will-supply-saf-from-2025/ abgerufen

bis bremerhaven. (kein Datum). *Energieträger und Wirtschaftsmotor für Bremerhaven*. Von https://www.bis-bremerhaven.de/de/nachhaltig-wirtschaften/wasserstoff abgerufen

BMIMI. (2025). *SAF-Roadmap: Strategie zur Einführung nachhaltiger Kraftstoffe im Flugverkehr in und aus Österreich.*

BP. (2022). *Sustainable aviation fuel (SAF) – specifications and composition*. Von https://www.bp.com/en/global/air-bp/news-and-views/views/saf_specs_and_comparison.html abgerufen

bp Deutschland. (kein Datum). *Das Rohöl und sein Weg in die Raffinerie*. Von https://www.bp.com/de_de/germany/home/was-wir-tun/raffineriegeschaeft/verfahren-in-raffinerien/das-rohoel-und-sein-weg-in-die-raffinerie.html abgerufen

Bundeswehr. (2021). *Einmal volltanken bitte: Was unsere Jets wo tanken*. Von https://www.bundeswehr.de/de/organisation/luftwaffe/aktuelles/einmal-volltanken-bitte-was-unsere-jets-wo-tanken-5060220 abgerufen

CENA. (2024). *SAF-Outlook 2025–2030: Volumes, technologies and markets for sustainable aviation fuels*. Von https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2025/4461_CENA_SAF_Outlook_2025-2030_EN.pdf abgerufen

CENA Hessen. (2025). *CENA SAF-Outlook 2025–2030 – Mengen, Methoden und Märkte für nachhaltige Flugtreibstoffe.* Abgerufen am 18. 12 2025 von https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2025/4460_CENA_SAF_Outlook_2025-2030.pdf

CENA Hessen. (kein Datum). *Der Weg zur Zulassung für Sustainable Aviation Fuels*. Von https://www.cena-hessen.de/infohub/sustainable-aviation-fuels/zulassung-von-saf/ abgerufen

CENA Hessen. (kein Datum). *SAF-Arten und Produktionsrouten*. Von https://www.cena-hessen.de/infohub/sustainable-aviation-fuels/saf-arten-und-produktionsrouten/ abgerufen

cruh21. (2025). *Stoffstrombasierte Wertschöpfung in der Wasserstoffregion Rostock.* Von https://www.planungsverband-rostock.de/wp-content/uploads/2025/03/Anlage-9_Studie-stoffstrombasierte-Wertschoepfungsketten.pdf abgerufen

Deutsche Energie-Agentur (dena). (2022). *Analyse ENERGY HUB Port of Wilhelmshaven – Standortkonzept.*

Deutsche Energie-Agentur (dena). (2025). *„Energiehäfen der Zukunft“ - Ermittlung möglicher Hafeninfrastrukturlücken zur Erreichung der Energiewendeziele.* Abgerufen am 19. 12 2025 von https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/WS/energiehaefen-praesentation.pdf?__blob=publicationFile

Deutsche Energie-Agentur (dena). (2025). *Energiehäfen der Zukunft. Ermittlung möglicher Hafeninfrastrukturlücken zur Erreichung der Energiewendeziele.* Abgerufen am 19. 12 2025 von https://www.bmv.de/SharedDocs/DE/Anlage/WS/ergebnisbericht-energiehaefen-der-zukunft.pdf?__blob=publicationFile

dnhk. (2025). *Meilenstein für grünes fliegen: eFuels Rotterdam*. Von https://www.dnhk.org/de/news/2025/meilenstein-fuer-gruenes-fliegen-efuels-rotterdam abgerufen

DWSV. (2019). *Karte Bundeswasserstraßen*. Von https://schifffahrtsverein.de/wp-content/uploads/2019/02/Karte_Bundeswasserstrassen_WSV_Bunds_DBWK1.jpg abgerufen

EASA. (2025). *European Aviation Environmental Report 2025.* Abgerufen am 19. 12 2025 von https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/eaer-downloads/EASA_EAER_2025_Book_v5.pdf

EASA. (2025). *ReFuelEU Aviation Annual Technical Report 2025. 2024 in review.* Abgerufen am 19. 12 2025 von https://www.easa.europa.eu/en/downloads/142606/en

ehb. (2023). *European Hydrogen Backbone.*

en2x. (2025). *DataInsights 2024. Daten, Trends und Transformation.* Abgerufen am 18. 12 2025 von https://en2x.de/pdfviewer/datainsights-2024/?auto_viewer=true#page=&zoom=auto&pagemode=none

Energy Intellegence. (2023). *CIM Le Havre Positions to Become Europe's Main SAF Terminal*. Von https://www.energyintel.com/0000018a-fb30-d883-a7ff-fbf6148e0000 abgerufen

energycomment Hamburg. (2025). *Jet Fuel Demand and Air Traffic (Dec.2025 Update)*. Von https://www.energycomment.de/jet-fuel-demand-and-air-traffic-dec-2025-update/ abgerufen

Erneuerbare Energien. (2023). *Kein Westküste-100-Wasserstoff aus Heide: Partner des Raffinerieprojekts steigen aus*. Von https://www.erneuerbareenergien.de/transformation/speicher/kein-westkueste-100-wasserstoff-aus-heide-partner-des-raffinerieprojekts-steigen-aus abgerufen

Europäische Komission. (2023). Delegierte Verordnung (EU) 2023/1185. *DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) 2023/1185 DER KOMMISSION*.

Europäische Kommission. (2014). Case No COMP/M.7387 - BP/ STATOIL FUEL AND.

Europäische Kommission. (2019). *Delegierte Verordnung (EU) 2019/807. EUR-Lex*. Von https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32019R0807 abgerufen

Europäische Zentralbank. (kein Datum). *US dollar (USD)*. Von https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.de.html abgerufen

Europäisches Parlament und Europäischer Rat. (2018). Richtlinie (EU) 2018/2011. *RICHTLINIE (EU) 2018/2001 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES*.

Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union. (2023). Verordnung (EU) 2023/2405. *VERORDNUNG (EU) 2023/2405 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES*.

European Commission. (2023). *ReFuelEU aviation*. Von https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueleu-aviation_en abgerufen

Eurostat. (kein Datum). *Supply and transformation of oil and petroleum products - monthly data*. Von https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nrg_cb_oilm/default/table?lang=en&category=nrg.nrg_quant.nrg_quantm.nrg_cb_m abgerufen

EVOS. (2026). *EVOS Hamburg*.

Fastmarkets. (kein Datum). *Used cooking oil prices*. Von https://www.fastmarkets.com/agriculture/biofuels-and-feedstocks/used-cooking-oil-prices/ abgerufen

FCW. (2026). *Germany Backs Green Hydrogen E-SAF Plant with €349M Public Funding*. Von https://fuelcellsworks.com/2026/01/29/news/germany-backs-green-hydrogen-e-saf-plant-with-349m-public-funding abgerufen

Fleming, G., de Lépinay, I., & Schaufele, R. (kein Datum). *Environmental Trends in Aviation to 2050.*

FNB GAS. (kein Datum). *Pressematerial*. Von https://fnb-gas.de/pressematerialien/genehmigtes-wasserstoff-kernnetz-2025/ abgerufen

FNB Gas. (kein Datum). *Wasserstoff-Kernnetz*. Von https://fnb-gas.de/wasserstofftransport/wasserstoff-kernnetz/ abgerufen

France Kereauzen. (kein Datum). *Tackle the climate emergency with cleaner fuel*. Von https://france-kereauzen.fr/en/the-project/ abgerufen

Fraunhofer CML. (2024). *Hamburgs Rolle bei der Versorgung Deutschlands mit grünem Wasserstoff und seinen Derivaten.* Abgerufen am 19. 12 2025 von https://daten.transparenz.hamburg.de/Dataport.HmbTG.ZS.Webservice.GetRessource100/GetRessource100.svc/ac3f4ee3-4c1c-4918-89aa-2132bf7dda00/Akte_721.5900-001.pdf

Freie und Hansestadt Hamburg. (2022). *Green Fuels Hamburg.* Von https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bwai/aktuelles/pressemeldungen/2022-06-23-bwi-green-fuels-hamburg-521004 abgerufen

Fruhstorfer, C., Bienefeld, J., & Schenke, F. (2024). *Status Quo Analysis of German Airports Regarding Fuel Infrastructure and Hydrogen Development Opportunities.*

Fuentes, M., Miltrup, P., & Scheyl, J.-H. (2025). *Non-fossil Fuel Categories in EU Legislation and their Significance for Hydrogen.* Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Abgerufen am 19. 12 2025 von https://ptx-hub.org/wp-content/uploads/2025/01/EU-Fuels-Categorisation-for-non-fossil-fuels.pdf

Golem. (2025). *Was aus der E-Fuels-Produktion in Chile wurde*. Von https://www.golem.de/news/haru-oni-was-aus-der-e-fuels-produktion-in-chile-wurde-2502-193279.html abgerufen

Green Air News. (2024). *SAF+ signs agreement with Lhyfe for the supply of green hydrogen for e-SAF production*. Von https://www.greenairnews.com/?p=5332 abgerufen

GW Wirtschaft. (kein Datum). *Infrastruktur für den Transport von CO2*. Von https://gas-h2.de/transformation-energiesystem/carbon-management/co2-netz/ abgerufen

H2 News. (2024). *Wasserstoff trifft CO2: 350 Millionen Euro für E-Kerosin aus Brandenburg*. Von https://h2-news.de/wirtschaft-unternehmen/wasserstoff-trifft-co2-350-millionen-euro-fuer-e-kerosin-aus-brandenburg/ abgerufen

H2 News. (2025). *Gascade nimmt 400 Kilometer Wasserstoff-Kernnetz in Betrieb*. Von https://h2-news.de/wirtschaft-unternehmen/gascade-nimmt-400-kilometer-wasserstoff-kernnetz-in-betrieb/ abgerufen

Habermeyer, F., Weyand, J., Maier, S., Kurkela, E., & Dietrich, R.-U. (2023). *Power Biomass to Liquid — an option for Europe's sustainable and independent aviation fuel production.*

Hafen Hamburg. (2023). *HAMBURG BLUE HUB – C02-neutrale Lagerung von C02-neutralen Kraftstoffen wie Wasserstoff, e-Methanol, e-Fuels und e-Kerosin*. Von https://www.hafen-hamburg.de/de/presse1/news/hamburg-blue-hub-c02-neutrale-lagerung-von-c02-neutralen-kraftstoffen-wie-wasserstoff-e-methanol-e-fuels-und-e-kerosin/ abgerufen

Hamburg Commercial Bank (HCOB). (2025). *Hamburg Commercial Bank stellt Anschlussfinanzierung für Bau einer Biokraftstoffanlage der HOLBORN Europa Raffinerie*.

Hamburg Port Authority (HPA). (2024). *Übersichtsplan Gleise und Bahnhofsteile*.

Hamburger Morgenpost. (2024). *Projekt in Hamburg: Traum vom Super-Treibstoff für Flugzeuge geplatzt*. Von https://www.mopo.de/hamburg/projekt-in-hamburg-traum-vom-super-treibstoff-fuer-flugzeuge-geplatzt/ abgerufen

Hegel, E., Canovas, A., & Baldo, A. (2024). *Report on the Techno-Economic Assessment (TEA) of SAF Pathways.*

Heide Raffenerie. (kein Datum). *Wer wir sind*. Von https://www.heiderefinery.com/de/wer-wir-sind/ abgerufen

Heide Raffinerie. (2026). *Kunden & Partner: Regionaler Fokus der Raffinerie Heide*.

Heide Raffinerie. (2026). *Raffinerie der Zukunft: Innovation & Nachhaltigkeit*.

Holborn. (2024). *Baustart für Deutschlands ersten GDP-Komplex in einer Raffinerie*. Von https://www.holborn.de/presse/baustart-fuer-deutschlands-ersten-gdp-komplex-in-einer-raffinerie abgerufen

HOLBORN Europa Raffinerie. (2024). *Baustart für Deutschlands ersten GDP-Komplex in einer Raffinerie*.

IATA. (2024). *SAF Handbook.*

IATA. (2025). *Conventional Aviation Fuel and the Energy Transition.*

ICAO. (2022). *CORSIA Default Life Cycle Emissions for CORSIA Eligible Fuels.* Von https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/Documents/ICAO-document-06-Default-Life-Cycle-Emissions-June-2022.pdf abgerufen

ICAO. (kein Datum). *SAF Rules of Thumb*. Von https://www.icao.int/SAF/saf-rules-of-thumb abgerufen

IEA. (2024). *Global Hydrogen Review 2024.*

Ineratec. (2022). *Inbetriebnahmestart in Hamburg*. Von https://www.ineratec.de/de/inbetriebnahmestart-in-hamburg abgerufen

ineratec. (2025). *INERATEC eröffnet ERA ONE: Europas größte Produktionsanlage für e-Fuels geht in Frankfurt in Betrieb.* Von https://www.ineratec.de/de/news/ineratec-eroeffnet-era-one-europas-groesste-produktionsanlage-fuer-e-fuels-geht-frankfurt abgerufen

International Energy Agency. (2025). *World Energy Outlook 2025.* Von https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025 abgerufen

KEROSyN100. (2022). *Projekt KEROSyN100*.

Molekülwende inside. (kein Datum). *SAF-Anlage soll in Rotterdam entstehen*. Von https://molekuelwende-inside.de/neue-saf-anlage-geplant/ abgerufen

Mutrelle, C., Catte, F., & Kunkel, A. (2025). *The e-SAF market: Europe's head start and the road ahead.* Transport & Environment. Abgerufen am 19. 12 2025 von https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202504_e-kerosene_report.pdf

National Renewable Energy Laboratory (NREL). (2024). *Sustainable aviation fuel blending and logistics*. Von https://ethanolrfa.org/file/2905/SAF Blending and Logistics_NREL_2024-09.pdf?utm_source=chatgpt.com abgerufen

NATO Defense College. (2020). The NATO Pipeline System: a forgotten defence asset.

NATO OTAN. (2012). *CEPS - 2012*. Von https://www.cim-ccmp.com/fr/ceps.html abgerufen

NDR. (2025). *Hamburger Hafen: Kraftstofftanks sollen Methanol-Lager werden*. Von https://www.ndr.de/nachrichten/hamburg/Hamburger-Hafen-Kraftstofftanks-sollen-Methanol-Lager-werden,ammoniak136.html abgerufen

Neste. (2025). *Neste started producing sustainable aviation fuel (SAF) at its renewables refinery in Rotterdam, the Netherlands*. Von https://www.neste.com/news/neste-started-producing-sustainable-aviation-fuel-saf-at-its-renewables-refinery-in-rotterdam-the-netherlands abgerufen

NOW GmbH. (2024). *SAF-Monitor*. Von https://erneuerbarekraftstoffe.de/saf-monitor/ abgerufen

NOW GmbH. (2024). *Wie wirkt sich die ReFuelEU Aviation Verordnung auf den Luftfahrtsektor aus?* Abgerufen am 19. 12 2025 von https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2024/04/NOW-Factsheet_ReFuelEU-Aviation.pdf

NOW GmbH. (2024). *Wie wirkt sich die ReFuelEU Aviation Verordnung auf den Luftfahrtsektor aus?*

O'Malley, J., Pavlenko, N., & Searle, S. (2021). *Estimating sustainable aviation fuel feedstock availability to meet growing European Union demand.* Working Paper 2021-13, International Council on Clean Transportation (ICCT). Abgerufen am 5. 1 2026 von https://theicct.org/sites/default/files/publications/Sustainable-aviation-fuel-feedstock-eu-mar2021.pdf

OGE. (kein Datum). *Unser CO_2-Transportnetz startet*. Von https://oge.net/de/co2/co2-netz abgerufen

Okunevičiūtė Neverauskienė, L., Sikorskaitė-Narkun, E., & Tvaronavičienė, M. (2026). The Economics of Sustainable Aviation Fuels: Market Trends and Policy Challenges in Selected EU Countries. *Sustainability, 18*(1), 127. doi:10.3390/su18010127

OMV. (kein Datum). *Jet A1*. Von https://www.omv.de/de/portfolio/kraftstoffe/luftfahrt/jet-a1 abgerufen

ORLEN. (2024). *ORLEN HyFly project - large-scale production of synthetic fuels of non-biological origin (RFNBO)*. Von https://www.orlen.pl/en/sustainability/transition-projects/hydrogen/News-about-hydrogen/ORLEN-HyFly-project-large-scale-production-of-synthetic-fuels-of-non-biological-origin-RFNBO abgerufen

ORLEN. (2025). *ORLEN launches sales of new aviation fuel: SAF now available at Polish airports*. Von https://www.orlen.pl/en/about-the-company/media/press-releases/current/2025/july-2025/ORLEN-launches-sales-of-new-aviation-fuel-SAF-now-available-at-Polish-airports abgerufen

OSW. (2025). *Fuelling defence: expanding NATO's pipeline system to the eastern flank*. Von https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/osw-commentary/2025-07-30/fuelling-defence-expanding-natos-pipeline-system-to-eastern abgerufen

Port of Hamburg . (2023). *Hafenentwicklungsplan: Mit Innovationskraft und Qualität zu nachhaltiger Wertschöpfung.*

Port of Rotterdam. (2024). *Erste große Wasserstoffanlage am Hochspannungsnetz*. Von https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/erste-grosse-wasserstoffanlage-am-hochspannungsnetz abgerufen

Port of Rotterdam. (2024). *Power2X and Advario to develop world-scale e-SAF hub in the port of Rotterdam*. Von https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/power2x-and-advario-develop-world-scale-e-saf-hub-port-rotterdam abgerufen

Port of Rotterdam. (2024). *Power2X und Advario entwickeln E-SAF-Hub von Weltformat im Rotterdamer Hafen*. Von https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/power2x-und-advario-entwickeln-e-saf-hub-von-weltformat-im abgerufen

Port of Rotterdam. (2025). *Das Wasserstoffsystem nimmt Gestalt an*. Von https://www.portofrotterdam.com/de/nachrichten-und-pressemitteilungen/das-wasserstoffsystem-nimmt-gestalt abgerufen

Power2X. (2024). Von eFuels Rotterdam. https://www.power2x.com/efuels-rotterdam abgerufen

Project SkyPower. (2024). *An open-source techno-economic model of e-SAF production.* Von https://project-skypower.org/news-publications/open-source-techno-economic-model-e-saf-production abgerufen

Qair. (2025). *QAIR'S INTERNATIONAL RENEWABLE HYDROGEN STRATEGY.*

Raffinerie Heide. (kein Datum). *Fakten und Historie*. Von https://www.heiderefinery.com/de/fakten-und-historie/ abgerufen

Raffinerie Heide. (kein Datum). *Unser Geschäft*. Von https://www.heiderefinery.com/de/unser-geschaeft/ abgerufen

Rathaus Bremen. (2023). *Vorlage für die Sitzung des Senats am 12.12.2023 „Bremen hebt ab - Sustainable Aviation Fuel in Bremen“ .* Von https://www.rathaus.bremen.de/sixcms/media.php/13/top%2041_20231212_Sustainable_Aviation_Fuel_in_Bremen.pdf abgerufen

Richter, S., Großmann, K., Drewke, D., Lauer, L., Dietrich, N., & Grohs, M. (2024). *Übersicht zu relevanten Gesetzen und Industriestandards beim Markthochlauf von Sustainable Aviation Fuels.* Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.; CENA Hessen; Condor Flugdienst GmbH. Abgerufen am 19. 12 2025 von https://elib.dlr.de/217464/1/InnoFuels_Anwendungsfeld%20Luftfahrt_Meilenstein%204.3.1_%20Bestandaufnahme%20Gesetze%20und%20Industriestandards%20zum%20SAF-Markthochlauf.pdf

S&P Global. (2022). *REFINERY NEWS ROUNDUP: Renewables projects in Europe*. Von https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/chemicals/072622-refinery-news-roundup-renewables-projects-in-europe abgerufen

Schaadt, & Achim. (2024). *Perspectives on Methanol to Jet Fuel – SAFari Project.* Fraunhofer ISE. Abgerufen am 19. 12 2025 von https://aireg.de/wp-content/uploads/2024/11/Methanol_to_Jet_Fraunhofer_ISE_SAFari_aireg_final_hand-out.pdf

Scheer, I. (2024). *Analysis of the price and supply of Sustainable Aviation Fuels using a supply chain optimization model.*

Schwuchow, S. C., Nagamichi, J., Hock, M., Kirchgäßner, B., Paumen, A., Demuth, A., . . . Voswinckel, S. (2024). *Book & Claim für grünes Kerosin. Handel mit Zertifikaten für eine klimaneutrale Luftfahrt.* PtX Lab Lausitz. Abgerufen am 19. 12 2025 von https://ptxlablausitz.de/fileadmin/ptx/Dateien/Publikationen/Study_Book_Claim_Gruenes_Kerosin_PtXLabLausitz.pdf

Seber, G., Baldino, C., & Pvlenko, N. (2026). *Reducing the cost gap for sustainable aviation fuel through policy intervention: A Case study of the Netherlands.*

Silva, B. (2023). *SAF Technical Certification.* ICAO. Abgerufen am 19. 12 2025 von https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/Documents/ICAO_EU_II/Session-3-SAF-technical-certification.pdf

SkyNRG, & ICF. (2025). *SAF Market Outlook.* Abgerufen am 19. 12 2025 von https://skynrg.com/safmo25/

solarbelt. (kein Datum). *Power to Liquid-Anlage in Werlte, Emsland*. Von https://www.solarbelt.de/werlte abgerufen

Stuttgarter Zeitung. (2019). *Flughafen Stuttgart Kerosin-Pipeline kommt nicht*. Von https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.flughafen-stuttgart-kerosin-pipeline-kommt-nicht.b3346a80-338d-4213-83ab-a76acba91aad.html abgerufen

T&E. (2025). *Down to Earth: Why European aviation needs to urgently address its growth.*

T&E. (2025). *The e-SAF market: Europe's head start and the road ahead. .*

U.S. Energy Information Administration. (kein Datum). *API Dashboard*. Von https://www.eia.gov/opendata/browser/ abgerufen

UBA. (2019). *Umweltschonender Luftverkehr.*

Uniper . (2022). *Green Fuels Hamburg plant industrielle Produktion nachhaltiger Flugkraftstoffe für eine klimaneutrale Luftfahrt*. Von https://www.uniper.energy/news/de/green-fuels-hamburg-plant-industrielle-produktion-nachhaltiger-flugkraftstoffe-fuer-eine-klimaneutrale-luftfahrt abgerufen

Universität Augsburg. (kein Datum). *Transport von Wasserstoff*. Von https://www.uni-augsburg.de/de/forschung/einrichtungen/institute/amu/wasserstoff-forschung-h2-unia/h2lab/h2-sp/transport/ abgerufen

vbw, & Prognos. (2025). Wasserstoffkosten 2025.

Velarde, C. (2019). *Grant Agreement EASA.2015.FC21. Sustainable Aviation Fuel 'Monitoring System'.* EASA. Abgerufen am 19. 12 2025 von https://www.easa.europa.eu/en/downloads/115346/en

Welt. (2024). *Das Zentrum einer neuen Energiewirtschaft*. Von https://www.welt.de/regionales/hamburg/article250454820/Hafen-Rotterdam-Das-Zentrum-einer-neuen-Energiewirtschaft.html?utm_source=chatgpt.com abgerufen

Windmesse. (2025). *Hamburg Green Hydrogen Hub feiert Grundsteinlegung für 100-MW-Elektrolyseur*. Von https://w3.windmesse.de/windenergie/news/48174-hamburg-green-hydrogen-hub-feiert-grundsteinlegung-fur-100-mw-elektrolyseur abgerufen

World Economic Forum. (2025). *Financing Sustainable Aviation Fuels: Case Studies and Implications for Investment.*

Zech, K., Dietrich, S., Reichmuth, M., Weindorf, W., & Müller-Lange, F. (2018). *Techno-economic assessment of a renewable bio-jet-fuel production using power-to-gas.*

Impressum

Potenzialstudie (e)SAF Hamburg und Metropolregion

Potenzialstudie zum Import, zur Lagerung und zur Produktion von SAF und eSAF am Standort Hamburg und der Metropolregion

Erstellt im Auftrag von

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Wirtschaft, Arbeit und Innovation
Alter Steinweg 4
20459 Hamburg

Kontakt

Ravi Srikandam, Prognos AG (Projektleitung)
Telefon: +49 174 69 56 284
E-Mail: ravi.srikandam@prognos.com

Hartmut Beyer, Hamburg Port Consult (stellv. Projektleitung)
Telefon: +49 151 52278205
E-Mail: h.beyer@hpc-hamburg.de

Satz und Layout: Prognos AG
Stand: September 2026
Copyright: 2026, Prognos AG

HINWEIS

KI-Disclaimer

Zur Erstellung dieser Studie wurden zur Unterstützung von Recherchen, Analysen/ redaktionellen Arbeiten/ Generierung von Bildern KI-gestützte Anwendungen oder Tools eingesetzt. Alle KI-generierten Inhalte wurden vor Veröffentlichung durch Mitarbeitende der Prognos AG sorgfältig geprüft und falls nötig angepasst. Die Nutzung erfolgte auf Grundlage unternehmensinterner Standards und Richtlinien, wie sie unter anderem in der Prognos-KI-Charta festgelegt sind. Unabhängig vom Einsatz von KI-Tools liegt die Verantwortung für die Richtigkeit und Rechtskonformität aller veröffentlichten Inhalte bei der Prognos AG.

Alle Inhalte dieses Werkes, insbesondere Texte, Abbildungen und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der Prognos AG und Hamburg Port Consult. Jede Art der Vervielfältigung, Verbreitung, öffentlichen

Zugänglichmachung oder andere Nutzung bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung der Prognos AG und Hamburg Port Consult.

Zitate im Sinne von § 51 UrhG sollen mit folgender Quellenangabe versehen sein: Prognos, HPC (2026): Potenzialstudie (e)SAF Hamburg und Metropolregion