

CBR



Konzeptstudie zur Entwicklung einer skalierbaren
Infrastruktur für Kerosin-Fractionen unter
Berücksichtigung geographischer und technischer
Rahmenbedingungen

Konzeptstudie im Projekt reFuels-Infra

14. November 2025 // CBR Sustainability Partners

Vladimir Ivanov, Dr.-Ing. Georg Markowz, Dr.-Ing. Fabian Schmitt, Dr. Johannes Pauleikhoff



Gefördert
durch

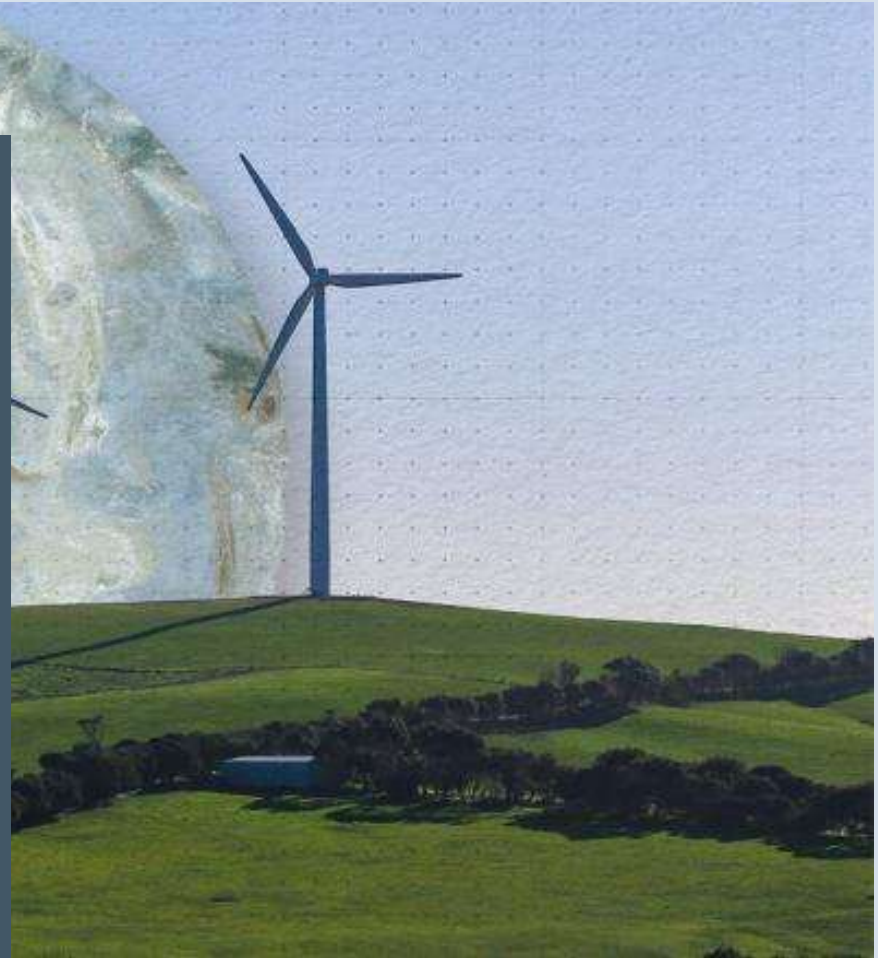


Baden-Württemberg
Ministerium für Verkehr



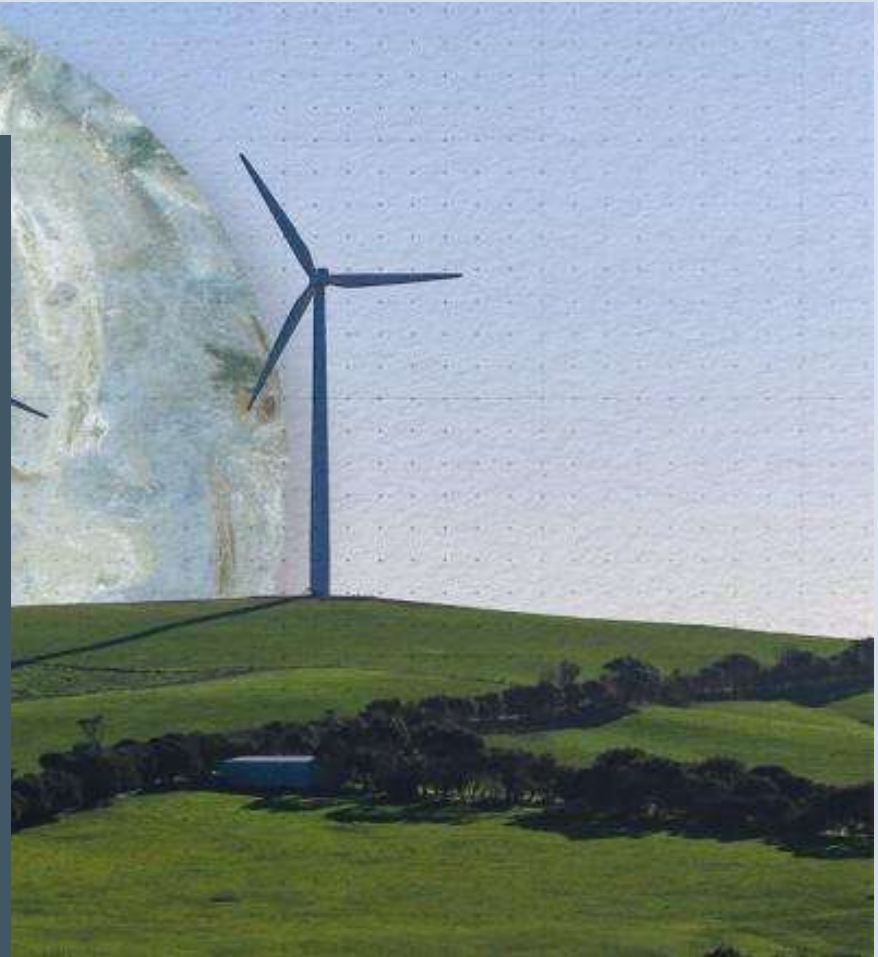
Agenda

Einführung – Ziele, Übersicht der Arbeitspakete	01
Ergebnisse zum Arbeitspaket 1	02
Ergebnisse zum Arbeitspaket 2	03
Ergebnisse zum Arbeitspaket 3	04
Ergebnisse zum Arbeitspaket 4	05
Ausblick und Empfehlungen	06



Agenda

Einführung – Ziele, Übersicht der Arbeitspakete	01
Ergebnisse zum Arbeitspaket 1	02
Ergebnisse zum Arbeitspaket 2	03
Ergebnisse zum Arbeitspaket 3	04
Ergebnisse zum Arbeitspaket 4	05
Ausblick und Empfehlungen	06



Zielstellungen und Erwartungen

Ziele der Studie

- Entwicklung tragfähiger Logistikkonzepte für Lagerung, Blending und Verteilung von Sustainable Aviation Fuel (SAF).
- Sicherstellung von Skalierbarkeit (Basisfall 40 kta SAF → 200 kta bis 2050).
- Integration regulatorischer Anforderungen (RED III, CORSIA, ReFuelEU Aviation).
- Qualitätssicherung & Nachhaltigkeit: Einhaltung physikalisch-chemischer Standards (ASTM) und Zertifizierungssysteme (ISCC, RSB).



40-200 kt/a
Methanol-to-Jet



Blending mit fossilem
Jet zu SAF



Standards
Zertifizierung
Nachhaltigkeit

Ergebnisse

- Konkrete Handlungsempfehlungen für Infrastrukturentwicklung und Investitionsentscheidungen.
- Unterstützung politischer Planung zur langfristigen Sicherung der SAF-Versorgung in Baden-Württemberg.
- Praxisnahe & politisch anschlussfähige Ergebnisse: Fokus auf Umsetzbarkeit und Stakeholder-Akzeptanz.
- Validierung der Annahmen: Interviews mit Betreibern von Raffinerien, Tanklagern, Flughäfen, Pipelinegesellschaften, Zertifizierungsstellen.
- Berücksichtigung regionaler Besonderheiten: MiRO-Raffinerie Karlsruhe, Flughäfen Stuttgart & Baden-Baden, bestehende Infrastruktur.

Die Schwerpunkte der Studie werden in vier, ineinandergreifenden Arbeitspaketen bearbeitet und zusammengeführt.

Phase 1

AP1 – Logistikkonzepte

- Analyse des **Ist-Zustands** der **Kerosin-Lieferkette** (Lagerung, Blending, Transport).
- Identifikation und Bewertung **potenzieller Lager- und Blendingstandorte** (MiRO, Flughäfen).
- Bewertung von **Transportwegen und -kapazitäten** (Straße, Schiene, Pipeline).

Phase 2

AP2 – Qualitätssicherung

- Entwicklung von **QA-Konzepten** für SAF-Blends (ASTM, RED III).
- Identifikation **kritischer Parameter** und Integration in bestehende **Kontrollprozesse**.
- Sondierung und Abstimmung mit **Zertifizierungsstellen** (ISCC, RSB, BLE).

AP3 – Limitierende Faktoren

- Analyse **begrenzender Faktoren** für den **Produktionshochlauf** (Rohstoffverfügbarkeit).
- Bewertung von **Skalierungspotenzialen** und **Transportkapazitäten**.
- Definition eines **realistischen Hochlaufszenarios** (40–200 kt SAF).

AP 4 – Bewertung der Logistikkonzepte

- Ökonomische und ökologische **Bewertung** (Kosten, GHG-Fußabdruck).
- **Vergleich der Szenarien** inkl. Vor- und Nachteile.
- Analyse von **Book-&-Claim-Modellen** zur Erhöhung der Flexibilität.

Die Ergebnisse aus **Phase 1** bilden die Grundlage für die Vertiefung in **Phase 2** und stellen sicher, dass **technische Machbarkeit**, **regulatorische Anforderungen** und **wirtschaftliche Tragfähigkeit** konsequent berücksichtigt und in **skalierbare Lösungen** überführt werden.

Executive Summary 1/2

Status Quo

- An den Union Airports **Stuttgart** (STR) und **Karlsruhe/Baden** (FKB) werden aktuell ca. 260 Mio L/a bzw. **224 kt/a Kerosin** geliefert.
- Der Antransport erfolgt per **Tankkraftwagen** (TKW) von **Speyer, Plochingen, Heilbronn** (STR) und **Gustavsburg** (FBK).



SAF Bedarf STR+FKB

- Ab 2035 muss nach **ReFuelEU Aviation** SAF an allen Union Airports bereit gestellt werden (Ablauf **Flexibilitätsmechanismus**).
- Für STR + FKB bedeutet das bei einem Wachstum von +3%/a für **2035 16 kt/a e-SAF** (64 kt/a SAF) und **2040 37 kt/a e-SAF** (125 kt/a SAF)
- Die **Hochskalierung** auf 200 kt/a e-SAF würde den prognostizierten Bedarf in **2050 173 kt/a e-SAF** (347 kt/a SAF) decken.

Blending Optionen

1. **Blending @ MiRO:** Eigene Infrastruktur wird benötigt sowie **Import/Produktion** von fossilem Jet zum Blending. Rolle eines **Inverkehrbringers**.
2. **Blending @ Tanklager:** Synthetic Blending Component (SBC) an Tanklager sowie Zukauf/Produktion von fossilem Jet. Rolle eines **Inverkehrbringers**.
3. **Reiner SBC-Produzent:** **SBC-Verkauf** an Inverkehrbringer, keine eigenen fossilen Jet Kapazitäten, keine eigene Infrastruktur, keine Inverkehrbringung.
Blending @ Airport: Platzverfügbarkeit, technischer und logistischer Aufwand, Sicherheitsbedenken und DefStan 91-091 sprechen gegen diese Option.

Potenzielle Standorte

- Von den **sieben identifizierten, potenziellen SAF-Blending/Lager-Standorten** in BaWü führen drei aktuell **Jet Fuel**.
- Ein Standort (TanQuid Speyer) hat **SAF-Blending Kapazitäten** bereits aufgebaut.
- Alle drei Tanklagerbetreiber haben **SAF-Expertise** im Unternehmen und Expertise mit dem **Blending** von Kraftstoffen.



Verpflichtungen

- **SAF-Lieferanten:** Sicherstellung der **SAF-Quoten** an jedem Unionsflughafen, jährliche Meldung in die **Unionsdatenbank**.
- **Flughäfen:** Ermöglichung des **Zugangs** zu Kraftstoffen mit den vorgeschriebenen SAF-Anteilen.
- **Airlines:** Aufnahme von mind. **90% des jährlich benötigten Kraftstoffs** an Unionsflughäfen. Meldung in die **Unionsdatenbank**.



Executive Summary 2/2

Nachhaltigkeitszertifizierung

- Alle Akteure, die **physisch SAF handhaben** müssen **zertifiziert** sein.
- Grundsätzlich sind 3 Optionen für den Transport möglich: **Segregation, Massenbilanzierung, Book-&-Claim**
- Entscheidend ist die **lückenlose Dokumentation** der **Chain-of-Custody**



Kritische Parameter

- Methanol-to-Jet ist noch **kein zulässiger Pfad** unter ASTM D7566.
- Eine Zulassung als **Ergänzung zu Annex 5 Alcohol-to-Jet** mit einer **max. Blendgrenze von 50%** ist in Finalisierung.



Limitierende Faktoren

- Global werden zurzeit ca 200 kt/a **erneuerbares Methanol** produziert. Für die Produktion von 200 kt/a MtJ werden ca. 950 kt/a e-Methanol benötigt.
- Geplante Produktionsstätten variieren in Kapazitäten von 30 bis 100 kt/a e-Methanol. Die **Versorgung aus mehreren Produktionen** muss **langfristig gesichert** sein.
- **First-of-a-Kind** Anlagen bergen **Risiken**, wie eine **Verzögerung** bis zur Erreichung der geplanten Kapazität.

Book & Claim

- Aktuell darf SAF in **Segregation** oder **Massenbilanzierung** (zur Nutzung der bestehenden Jet Fuel Infrastruktur) verteilt werden.
- **Book & Claim entkoppelt den Nachhaltigkeitsanspruch vom physischen** Produktfluss und erleichtert die SAF-Nutzung, wo physische Logistik begrenzt ist.
- Die Bewertung zur Anerkennung unter ReFuelEU Aviation steht aus.

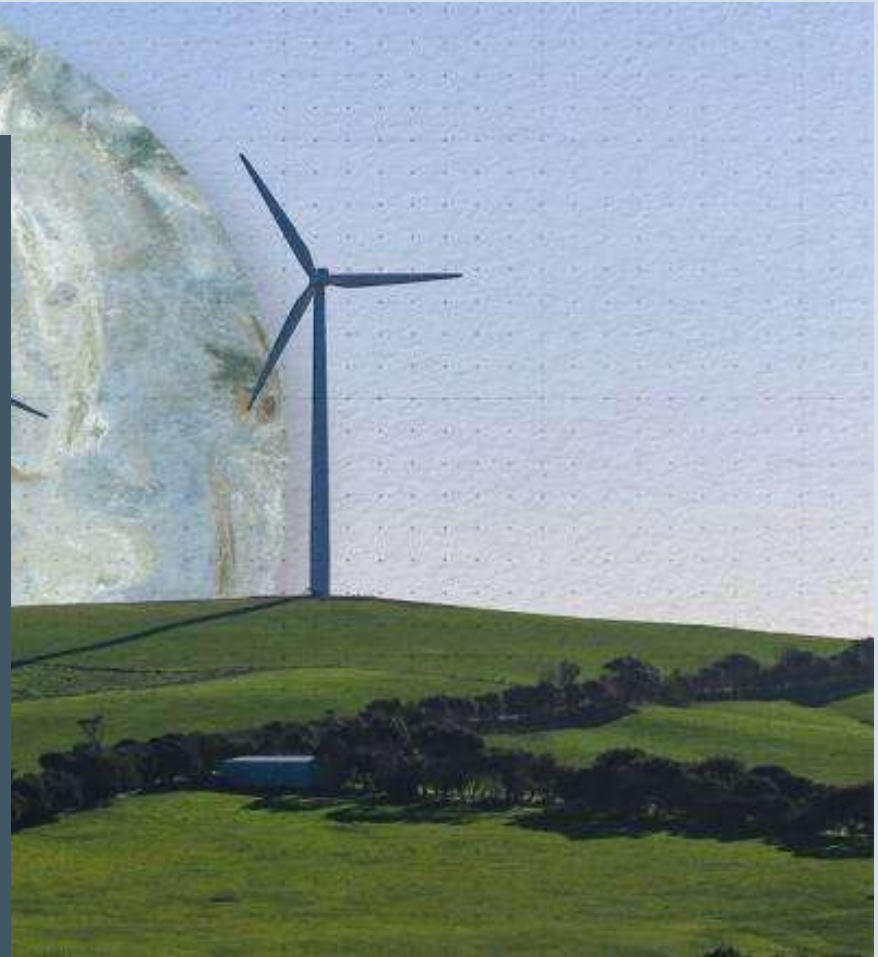
Logistik Konzepte

- SAF ist kein Treiber für Kerosin-Bedarf und ersetzt Teile des fossilen Kerosins. Von Mehraufwand betroffen ist der **Transport *upstream* vom Blending**.
- Kleine Mengen SBC/SAF können per **TKW** und **KWG** transportiert werden und die Anbindung der MiRO und der Tanklager Speyer, Plochingen, Mannheim, Karlsruhe und Honau an **Wasserstraßen** bietet darüber hinaus eine weitere Skalierbarkeit und Versorgung mit SBC/SAF in der Zukunft.
- Fazit der Studie: Die **logistischen Rahmenbedingungen** stellen weder für die **SAF-Herstellung** in Baden-Württemberg noch für die **SAF-Versorgung** in Baden-Württemberg einen begrenzenden Engpass dar.



Agenda

Einführung – Ziele, Übersicht der Arbeitspakete	01
Ergebnisse zum Arbeitspaket 1	02
Ergebnisse zum Arbeitspaket 2	03
Ergebnisse zum Arbeitspaket 3	04
Ergebnisse zum Arbeitspaket 4	05
Ausblick und Empfehlungen	06

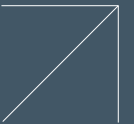


Übersicht der bearbeiteten Ziele im Arbeitspaket 1

AP1	Thema	Fragen
1.1	Skizzieren des Ist-Zustands der Lieferkette von Kerosin Erzeugung bis zu den Endabnehmern (Flughäfen)	Wie sieht die Lieferkette qualitativ aus, wie viele Zwischenschritte und welche Akteure sind involviert? Wo in Baden-Württemberg wird Kerosin für die Versorgung von Flughäfen gelagert/geblendet?
1.2	Identifizierung potentieller Standorte für Lagerung und Blending von MtJ-SAF	Wo in Baden-Württemberg wird Kerosin für die Versorgung von Flughäfen gelagert? An welcher Stelle wird das Kerosin geblendet?
1.2	Identifizierung potentieller Standorte für Lagerung und Blending von MtJ-SAF	Gibt/wird es an den Lager-/Blending Standorten Kapazitäten für MtJ-SAF geben?
1.3	Evaluation von Transportoptionen und –kapazitäten	Evaluation verschiedener Transportwege
1.3	Evaluation von Transportoptionen und –kapazitäten	Ist die Einbindung einer existierenden Pipelineinfrastruktur möglich bzw. ab welchen Mengen wäre die Errichtung einer neuen Pipeline sinnvoll?
1.3	Evaluation von Transportoptionen und –kapazitäten	Welche Lösung ist am wirtschaftlichsten bei welcher Produktionsmenge?
1.4	Flughafenlogistik	Wie sieht die Kerosin Infrastruktur am Flughafen aus?
1.4	Flughafenlogistik	Wird es geteilte oder separate Infrastruktur für verschiedene Kraftstoffqualitäten z.B. Blends mit SAF für eine flexible Anwendung geben? Ließen sich durch eine flexible Anwendung Potentiale erschließen?
1.4	Flughafenlogistik	Wird eine neue Infrastruktur benötigt?
1.5	Potentiale der erarbeiteten Logistikkonzepte	Welche weiteren Endkunden sind an die skizzierten Logistiknetze angeschlossen (Kunden Tanklager, angeschlossene Abnehmer Pipelinenetz)
1.6	Erarbeitung von Logistikkonzepten für die Versorgung von Flughäfen in Baden-Württemberg mit Jetfuel ab MiRO	Erstellen von Szenarien, Auswahl konkreter Standorte und Transportoptionen für den Basisfall (40 ktJetfuel/a-Anlage) unter Berücksichtigung qualitativer Unterschiede (z.B. Optionen für den Blending-Standort)

1.1 Skizzieren des **Ist-Zustands der Lieferkette** von **Kerosin Erzeugung** bis zu den **Endabnehmern** (Flughäfen)

- Wie sieht die Lieferkette qualitativ aus, wie viele Zwischenschritte und welche Akteure sind involviert?
- Wo in Baden-Württemberg wird Kerosin für die Versorgung von Flughäfen gelagert/geblendet?



Luftverkehr in Baden-Württemberg



3

Drei große Flughäfen¹

(Stuttgart, Karlsruhe/Baden-Baden, Friedrichshafen)
+ 18 Verkehrslandeplätze
+ weitere Flugplätze (Hubschrauber, Motor- und Segelfl.)



10 Mio

Über 10 Mio Passagiere in BaWü in 2023
(Ankunft+Abgang), Tendenz steigend.

- davon ca. 8,4 Mio am STR.
- FKB ca. 1,7 Mio
- 2019 ca. 15 Mio Passagiere (vor COVID)



140 tsd

Ca. 140.000 Starts und Landungen in 2023

- davon ca. 100.000 am STR
- und ca. 41.000 am FKB



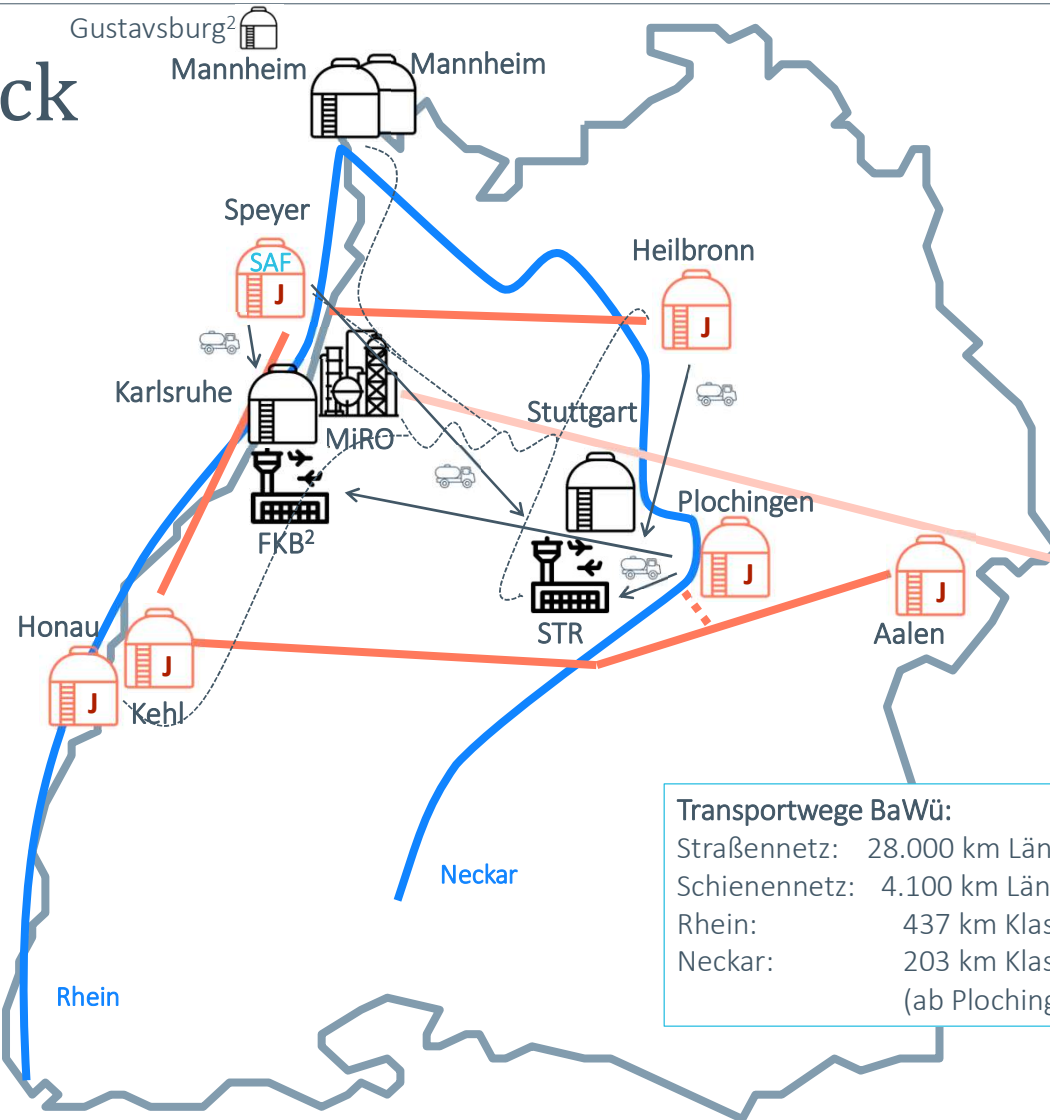
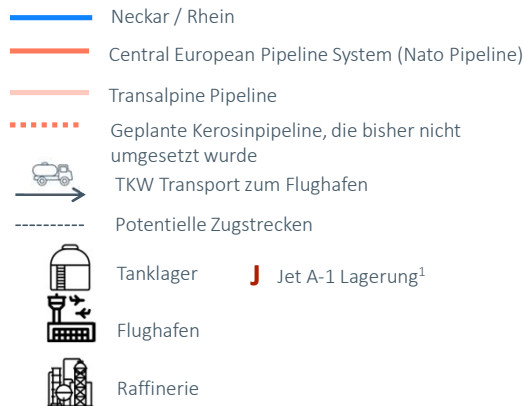
225 tsd

225.000 Tonnen Kerosin Bedarf in am STR und FKB
prognostiziert für 2025

- 184.000 Tonnen am STR (2023, tatsächlich)
- 26.000 Tonnen am FKB (2024, tatsächlich)



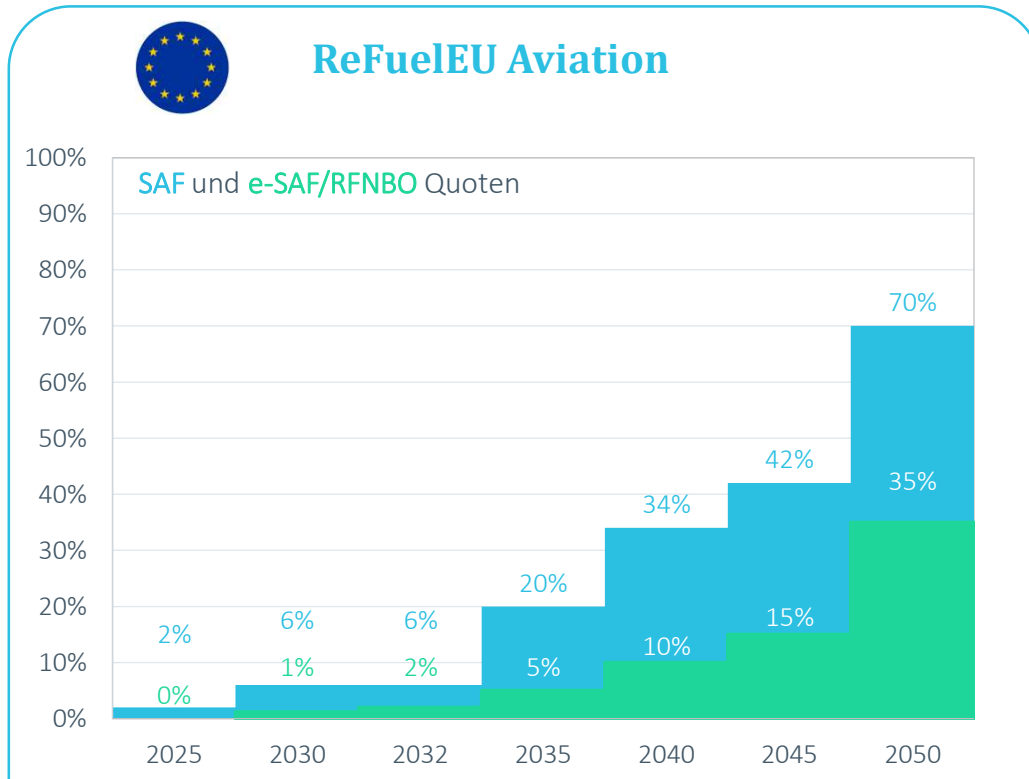
Geografischer Überblick



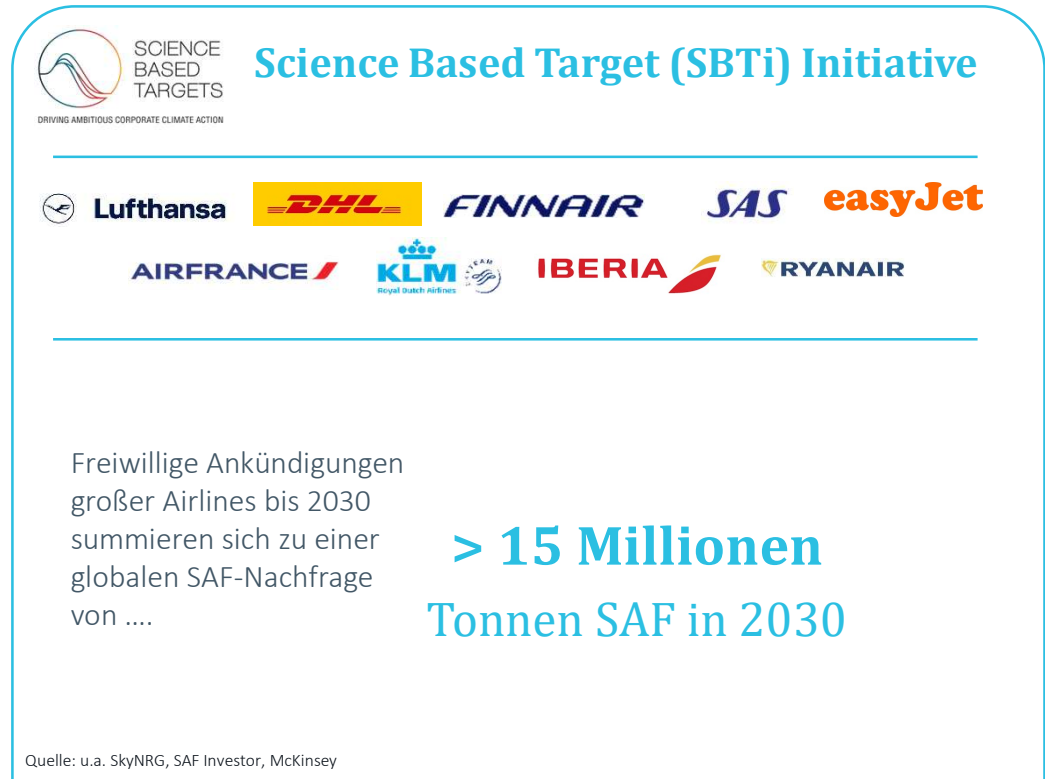
Transportwege BaWü:
 Straßennetz: 28.000 km Länge
 Schienennetz: 4.100 km Länge
 Rhein: 437 km Klasse VI
 Neckar: 203 km Klasse Va (ab Plochingen)



SAF-Bedarf und seine Treiber



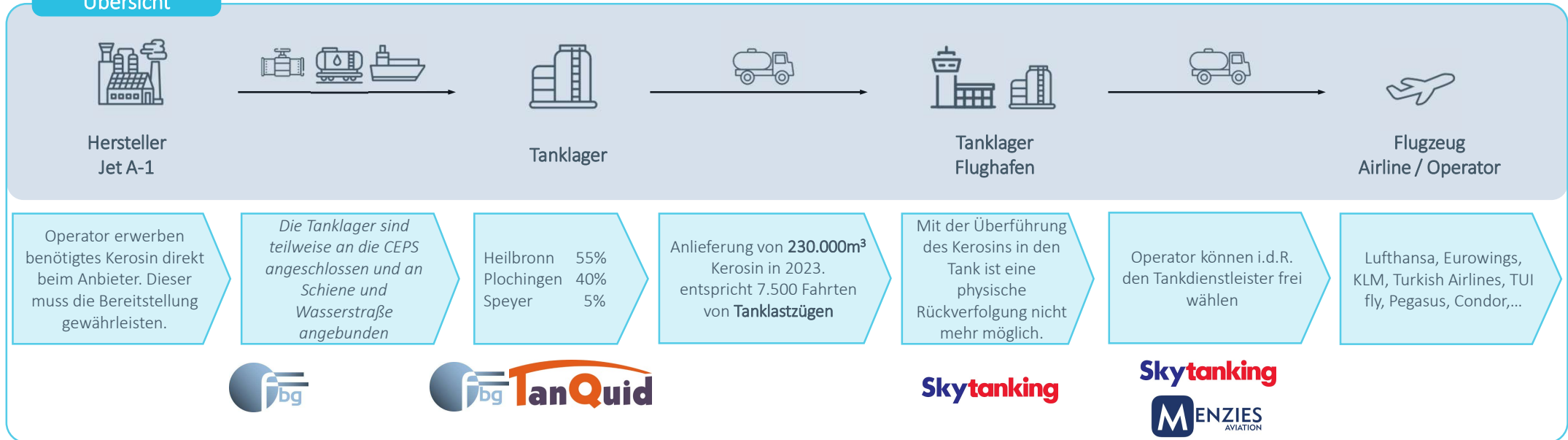
Die **ReFuelEU** gilt unmittelbar in **allen EU-Mitgliedstaaten**. Alle Länder müssen **bis 2025 Durchsetzungs- und Konformitätssysteme** einrichten. **Baden-Württemberg** treibt mit seiner **Roadmap reFuels BW internationale Kooperationen** zur Herstellung und Nutzung klimaneutraler Kraftstoffe voran.



Freiwillige Selbstverpflichtungen der Luftfahrtbranche –bis zu **17 % SAF-Anteil bis 2030** – gehen **deutlich über die gesetzlichen Quoten hinaus**. Der am häufigsten genutzter Standard ist die **Science Based Targets initiative (SBTi)**, die auf **Treibhausgasminderungen abzielt** und diese anerkennt.

Derzeitige Lieferkette von Kerosin an den Flughafen Stuttgart

Übersicht



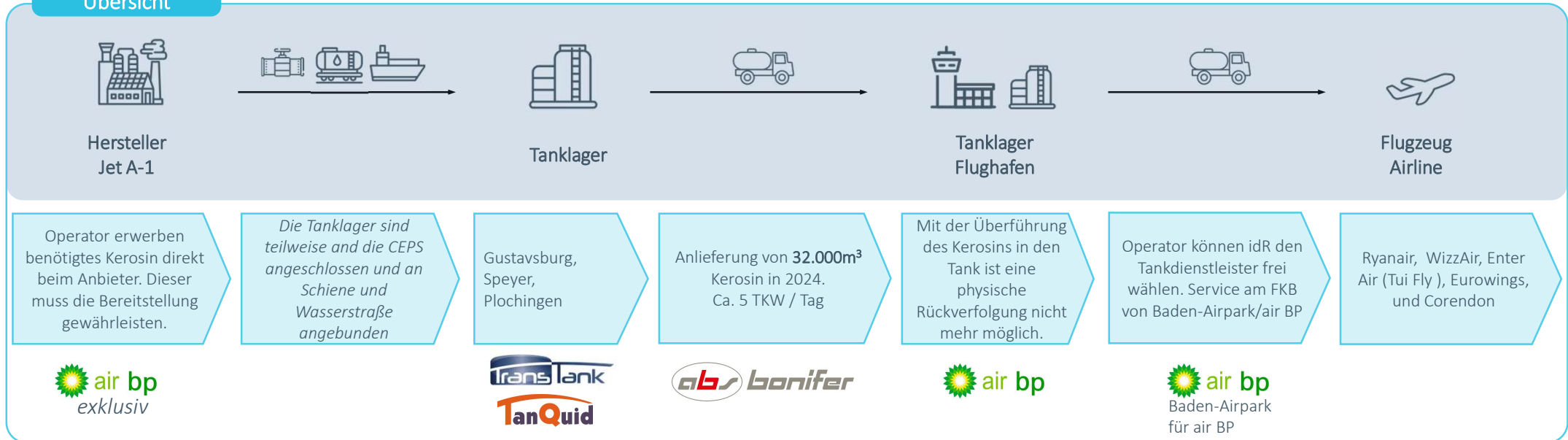
Historie

- 2014 wurde 2/3 des Bedarfs mit Tanklastern vom Tanklager **Heilbronn** gedeckt und 1/3 des Bedarfs mit Tanklastern vom Tanklager **Plochingen**.
- 2014 ist man davon ausgegangen, dass das Tanklager in Heilbronn 2017 schließt und man dann das Tanklager in Kehl oder in Speyer anfahren muss.
- Heute Belieferung aus den **Tanklagern Heilbronn, Plochingen und Speyer mit Tanklastern**. (Das Tanklager am Stuttgarter Flughafen verfügt über keine Schienenanbindung.)

Quellen: Esslinger Zeitung; Stuttgart Flughafen; Skytanking

Derzeitige Lieferkette von Kerosin an den Flughafen FKB

Übersicht



Aktuelles

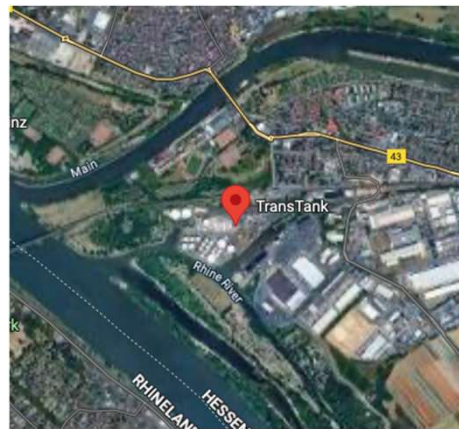
- **Air BP beliefert FKB seit 1997 exklusiv.** Der Agenturvertrag mit FKB wurde verlängert.
- Für die 4 * 100.000 Liter Tanks wird eine **Erweiterung um 1 * 100.000 Liter Tank** vorgesehen.
- Das Tanklager am FKB verfügt über **keine Schienenanbindung**.

Infrastrukturelle Knotenpunkte: Tanklager in Raum Baden-Württemberg

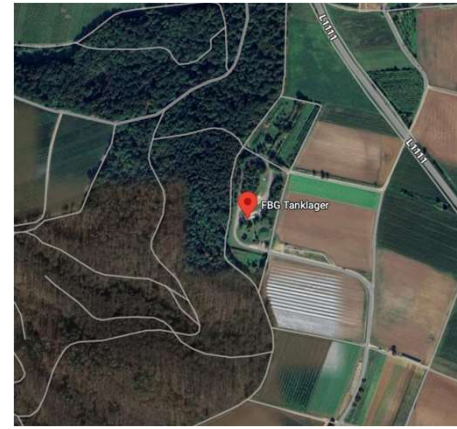
Ort	Betreiber	Kapazität /m ³	Jet A-1	Blending ¹	SAF	Anbindung	Kommentierung
Mannheim		40.000	X	?	X	 	Anbindung Rhein + Neckar, kein Jet A-1
Mannheim		89.708	✓	✓	✓	  	Anbindung Rhein + Neckar
Mannheim		223.746	✓	✓	✓	  	Anbindung Rhein + Neckar
Speyer		813.242 ≥ 50% Jet	✓	✓	✓	   	Anteil von 5 % der STR Versorgung
Heilbronn		5.200	✓	X	X	 	Anteil von 55 % der STR Versorgung
Plochingen		84.900 ≥ 50% Jet	✓	✓	✓	  	Anteil von 40 % der STR Versorgung
Aalen		27.500	✓	X	X	 	Große Entfernung zu MiRO
Kehl		32.900	✓	X	X	  	Zwischenlager für STR
Karlsruhe		211.089	✓	✓	✓	  	In Nähe zu MiRO und FKB, kein Jet A-1
Honau		245.412	✓	✓	✓	  	Rhein-Anbindung
Stuttgart		54.000	X	X	X	  	Nähe zu STR, kein Jet A-1, Wasseranbindung
Gustavsburg		311.000	✓	?	?	   	Versorgung FKB
STR		4.500	✓	Nach DefStan 91-091 darf nur fertiges Jet Fuel angeliefert werden.			BOOT-Vertrag bis 2037
FKB		400	✓				Exklusive Versorgung des FKB
MiRO		3,9 Mio	✓		✓	   	Zurzeit kein Jet A-1



Speyer
(TanQuid)



Gustavsburg
(TransTank)



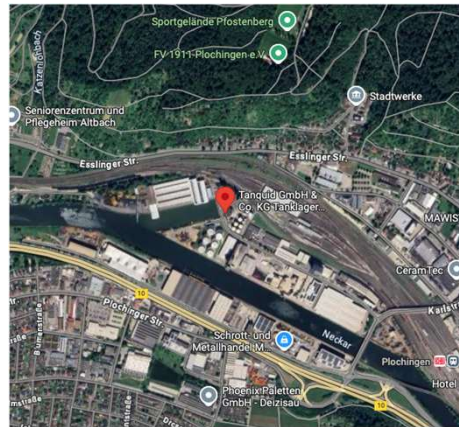
Untergruppenach
(FBG)



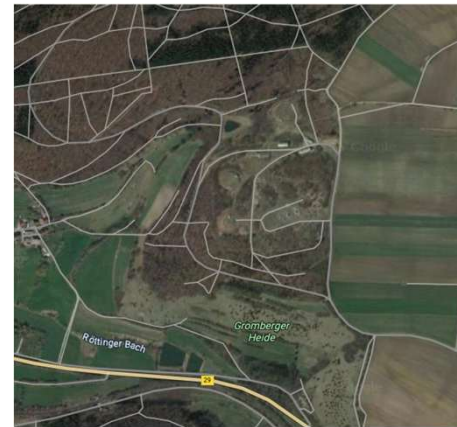
Stuttgart STR
(Skytanking)



Kehl
(FBG)



Plochingen
(TanQuid)



Aalen
(FBG)



Karlsruhe FKB
(Air BP)

In Deutschland betreibt die FBG die Kerosin Pipelines CEPS und NEPS



Central Europe Pipeline System (CEPS, Nato Pipeline)

Transport:

- Mehrere Produkte, Transport rund um die Uhr
- 5279 km langes Pipelinenetz
- Flugkraftstoff: Banking-System, Lagerung und Transport
- Diesel, Benzin, Naphtha: Punkt-zu-Punkt-Transport

Lagerung:

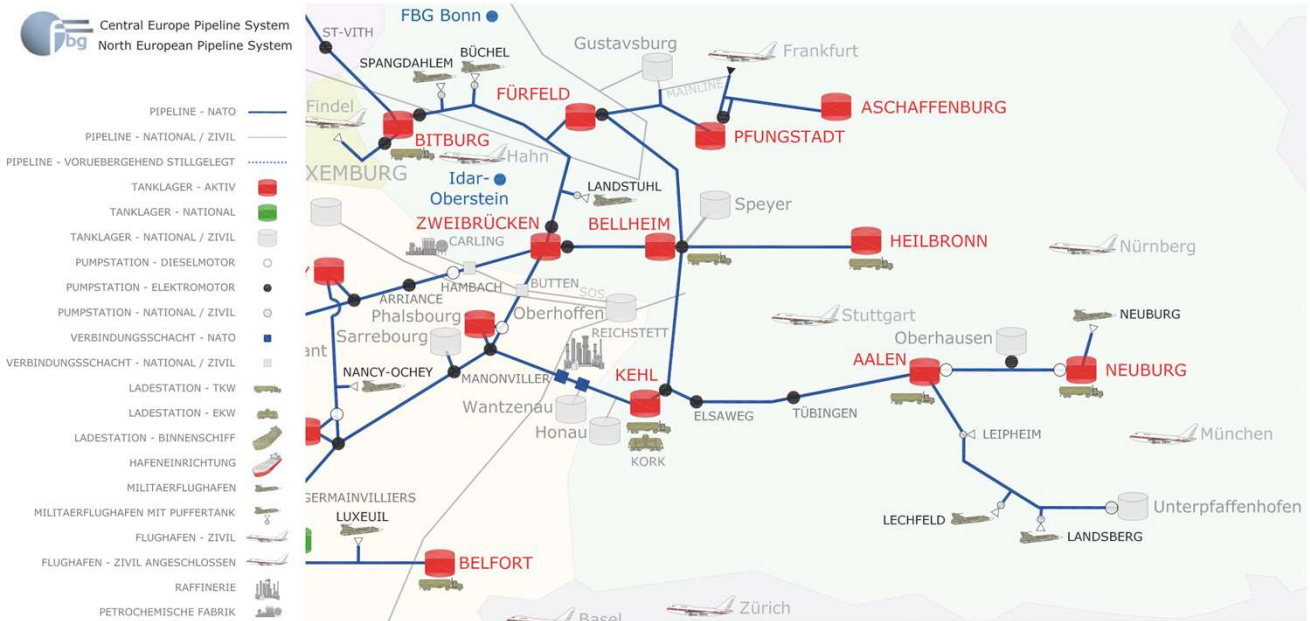
- Fassungsvermögen: >1 Million m³
- 36 Depots, 6 ausschließlich für nicht militärische Zwecke (in Frankreich)
- 3 Bahnverladestationen
- 16 Lkw-Verladestationen
- Anschluss an 11 Raffinerien und sechs (6) Seezugänge.

AFQRJOS-„Check List“ Jet A-1 als Maßstab:

- vereint die Anforderungen aus DEF STAN 91-091 (NATO F-35) und ASTM D1655.
- definiert zusätzliche Qualitäts-/Sauberkeits- und Dokumentationsvorgaben für die Einspeisung in gemeinsam betriebene Depots/Pipelines.
- die prozessuale Qualitätssicherung nach EI/JIG 1530 (vom Herstellort bis zur Airport-Anlieferung) ist einzuhalten.

Fernleitungs-Betriebsgesellschaft (FBG) 2016, CEPS NEPS:

- 14 Tanklager mit 103 Tanks, 22 Hochdruckpumpen, 11 Tankkraftwagen-Befüllanlagen, 2 Eisenbahnkesselwagen-Befüllanlagen
- ca. 1.750 km unterirdische Fernleitungen, inkl. Pumpstationen und Schieberschächte



Brussels Airlines and Brussels Airport kick off the new year with first delivery of Sustainable Aviation Fuel via NATO pipeline

January 1, 2023

Das SAF wurde von Neste in Porvoo, Finnland, hergestellt, anschließend geblendet von Neste in Gent, Belgien und eingespeist.

Aktuelle Verbindungen (Straße, Zug, Schiff)



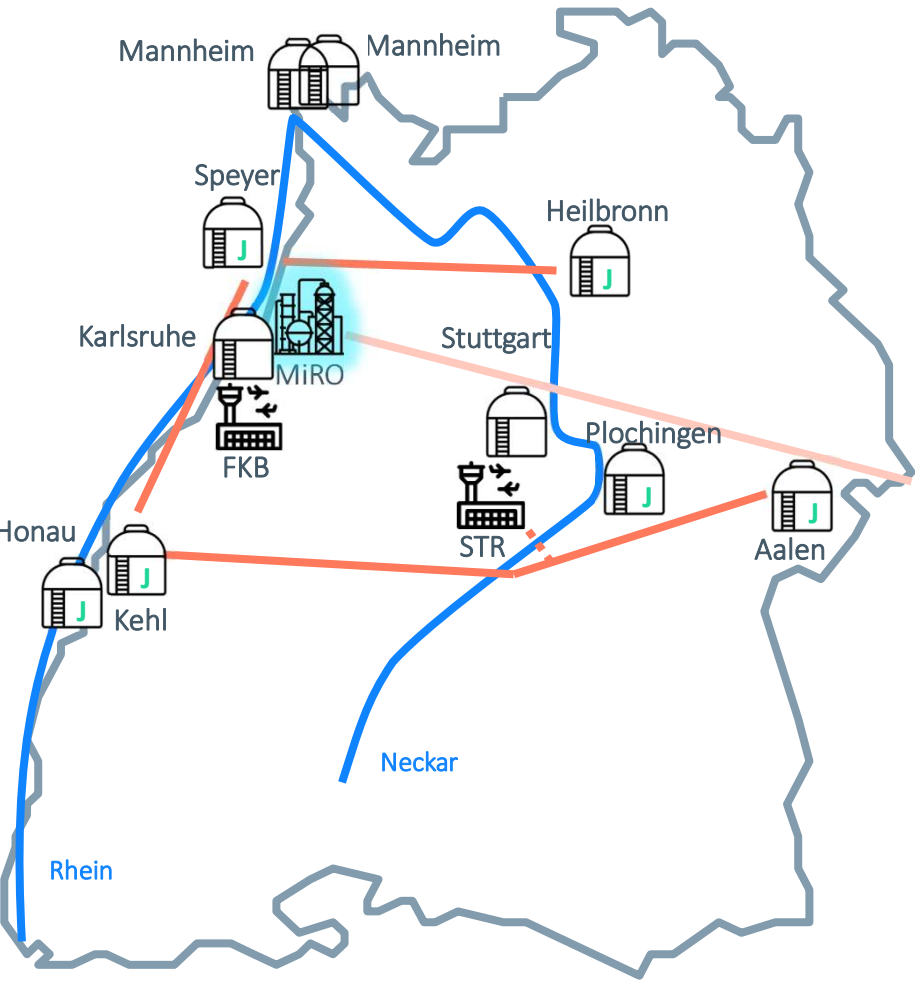
Von Nach	Mannheim I	Mannheim II	Mannheim III	Speyer	Heilbronn	Plochingen	Aalen	Kehl	Karlsruhe	Honau	Stuttgart	STR	FKB	MIRO
Mannheim I		Schiff & LKW	Schiff & LKW	Schiff & LKW	LKW	Schiff & LKW	LKW	LKW	Schiff & LKW	Schiff & LKW	Schiff & LKW	LKW	LKW	Schiff & LKW
Mannheim II	Schiff & LKW		Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	LKW & Zug	Schiff, Zug & LKW	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW
Mannheim III	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW		Schiff, Zug & LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	LKW & Zug	Schiff, Zug & LKW	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW
Speyer	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW		Pipeline & LKW	Schiff, Zug & LKW	Pipeline & LKW	Pipeline, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	Pipeline, Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	LKW	Schiff, Zug, LKW
Heilbronn	LKW	LKW	LKW	Pipeline & LKW		LKW	Pipeline & LKW	Pipeline & LKW	LKW	Pipeline & LKW	LKW	LKW	LKW	LKW
Plochingen	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW		LKW	Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW
Aalen	LKW	LKW	LKW	Pipeline & LKW	Pipeline & LKW	LKW		Pipeline & LKW	LKW	Pipeline & LKW	LKW	LKW	LKW	LKW
Kehl	LKW	LKW & Zug	Zug & LKW	Pipeline, Zug & LKW	Pipeline & LKW	Zug & LKW	Pipeline & LKW		Zug & LKW	Pipeline & LKW	Zug & LKW	LKW	LKW	Zug & LKW
Karlsruhe	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	Zug & LKW		Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW
Honau	Schiff & LKW	Schiff & LKW	Schiff & LKW	Pipeline, Schiff & LKW	Pipeline & LKW	Schiff & LKW	Pipeline & LKW	Pipeline & LKW	Schiff & LKW		Schiff & LKW	LKW	LKW	Schiff & LKW
Stuttgart	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff & LKW		LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW
STR	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW		LKW	LKW
FKB	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW	LKW		LKW
MIRO	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff, Zug, LKW	LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	Zug & LKW	Schiff, Zug & LKW	Schiff & LKW	Schiff, Zug & LKW	LKW	LKW	

Tanklager Distanzen (Straße, Schiene, Wasser)



Von/ Nach	Mannheim I	Mannheim II	Mannheim III	Speyer	Heilbronn	Plochingen	Aalen	Kehl	Karlsruhe	Honau	Stuttgart	STR	FKB	MIRO
Mannheim I		11 / 11 / 14	5 / 0 / 0	24 / 31 / 14	86 / 134 / 123	150 / 138 / 216	196 / 257 / X	123 / 121 / 117	67 / 56 / 53	124 / 127 / 110	130 / 121 / 202	130 / 121 / 216	95 / 81 / 88	70 / 62 / 49
Mannheim II	11 / 11 / 14		15 / 11 / 14	31 / 71 / 28	98 / 145 / 109	162 / 148 / 202	208 / 220 / X	132 / 132 / 131	73 / 67 / 67	133 / 137 / 124	141 / 131 / 188	141 / 131 / 202	107 / 92 / 102	70 / 73 / 63
Mannheim III	5 / 0 / 0	15 / 11 / 14		24 / 31 / 14	86 / 134 / 123	150 / 138 / 216	196 / 257 / X	122 / 121 / 117	66 / 56 / 53	123 / 127 / 110	129 / 121 / 202	130 / 121 / 216	95 / 81 / 88	70 / 62 / 49
Speyer	24 / 31 / 14	31 / 71 / 28	24 / 31 / 14		85 / 133 / 137	149 / 137 / 230	194 / 209 / X	111 / 120 / 103	51 / 49 / 39	112 / 126 / 96	128 / 120 / 216	128 / 120 / 230	89 / 81 / 74	48 / 44 / 36
Heilbronn	86 / 134 / 123	98 / 145 / 109	86 / 134 / 123	85 / 133 / 137		66 / 76 / 92	135 / 148 / X	162 / 174 / 240	111 / 109 / 176	163 / 179 / 233	52 / 59 / 79	65 / 59 / 92	135 / 134 / 211	114 / 114 / 173
Plochingen	150 / 138 / 216	162 / 148 / 202	150 / 138 / 216	149 / 137 / 230	66 / 76 / 92		89 / 104 / X	157 / 176 / 333	105 / 111 / 269	158 / 181 / 326	21 / 17 / 14	20 / 22 / X	129 / 136 / 303	109 / 117 / 265
Aalen	196 / 257 / X	208 / 220 / X	196 / 257 / X	194 / 209 / X	135 / 148 / X	89 / 104 / X		233 / 249 / X	181 / 184 / X	234 / 254 / X	92 / 88 / X	103 / 91 / X	206 / 209 / X	185 / 190 / X
Kehl	123 / 121 / 117	132 / 132 / 131	122 / 121 / 117	111 / 120 / 103	162 / 174 / 240	157 / 176 / 333	233 / 249 / X		67 / 74 / 64	8 / 5 / 7	146 / 159 / 319	137 / 159 / 333	31 / 40 / 29	76 / 80 / 67
Karlsruhe	67 / 56 / 53	73 / 67 / 67	66 / 56 / 53	51 / 49 / 39	111 / 109 / 176	105 / 111 / 269	181 / 184 / X	67 / 74 / 64		70 / 80 / 57	94 / 94 / 255	85 / 95 / 269	42 / 34 / 34	10 / 6 / 4
Honau	124 / 127 / 110	133 / 137 / 124	123 / 127 / 110	112 / 126 / 96	163 / 179 / 233	158 / 181 / 326	234 / 254 / X	8 / 5 / 7	70 / 80 / 57		147 / 164 / 312	139 / 164 / 326	32 / 45 / 22	74 / 85 / 61
Stuttgart	130 / 121 / 202	141 / 131 / 188	129 / 121 / 202	128 / 120 / 216	52 / 59 / 79	21 / 17 / 14	92 / 88 / X	146 / 159 / 319	94 / 94 / 255	147 / 164 / 312		16 / 13 / 14	119 / 119 / 290	97 / 100 / 252
STR	130 / 121 / 216	141 / 131 / 202	130 / 121 / 216	128 / 120 / 230	65 / 59 / 92	20 / 22 / X	103 / 91 / X	137 / 159 / 333	85 / 95 / 269	139 / 164 / 326	16 / 13 / 14		111 / 119 / 303	89 / 110 / 265
FKB	95 / 81 / 88	107 / 92 / 102	95 / 81 / 88	89 / 81 / 74	135 / 134 / 211	129 / 136 / 303	206 / 209 / X	31 / 40 / 29	42 / 34 / 34	32 / 45 / 22	119 / 119 / 290	111 / 119 / 303		49 / 40 / 38
MIRO	70 / 62 / 49	70 / 73 / 63	70 / 62 / 49	48 / 44 / 36	114 / 114 / 173	109 / 117 / 265	185 / 190 / X	76 / 80 / 67	10 / 6 / 4	74 / 85 / 61	97 / 100 / 252	89 / 110 / 265	49 / 40 / 38	

MiRO



Rohöl Kapazität

15,8 Mio t / Jahr

Rohölherkunft

Nordafrika, Osteuropa/Zentralasien, Naher/Mittlerer Osten und Nordamerika

Anlieferung

Transalpine Ölleitung GmbH (TAL), Triest

Tanklager

730.000 m³ Rohöl + 3.900.000 m³ Produkte

Gesellschafter (MiRO ist Lohnverarbeiter)

32,25 %

Shell Deutschland GmbH

25 %

Esso Deutschland GmbH

24 %

Rosneft Deutschland GmbH

18,75 %

Phillips 66 Continental GmbH

Produkte (2023)

Benzin

4,6 Mio t / Jahr

Heizöl + Diesel

6,3 Mio t / Jahr

Bitumen

0,6 Mio t / Jahr

Propylen + LPG

0,4 Mio t / Jahr

Abtransport

Straße

61 %
1600 TKW/d

Schiene

13 %
230 KWG/d

Wasser

25 %
13 Kähne/d

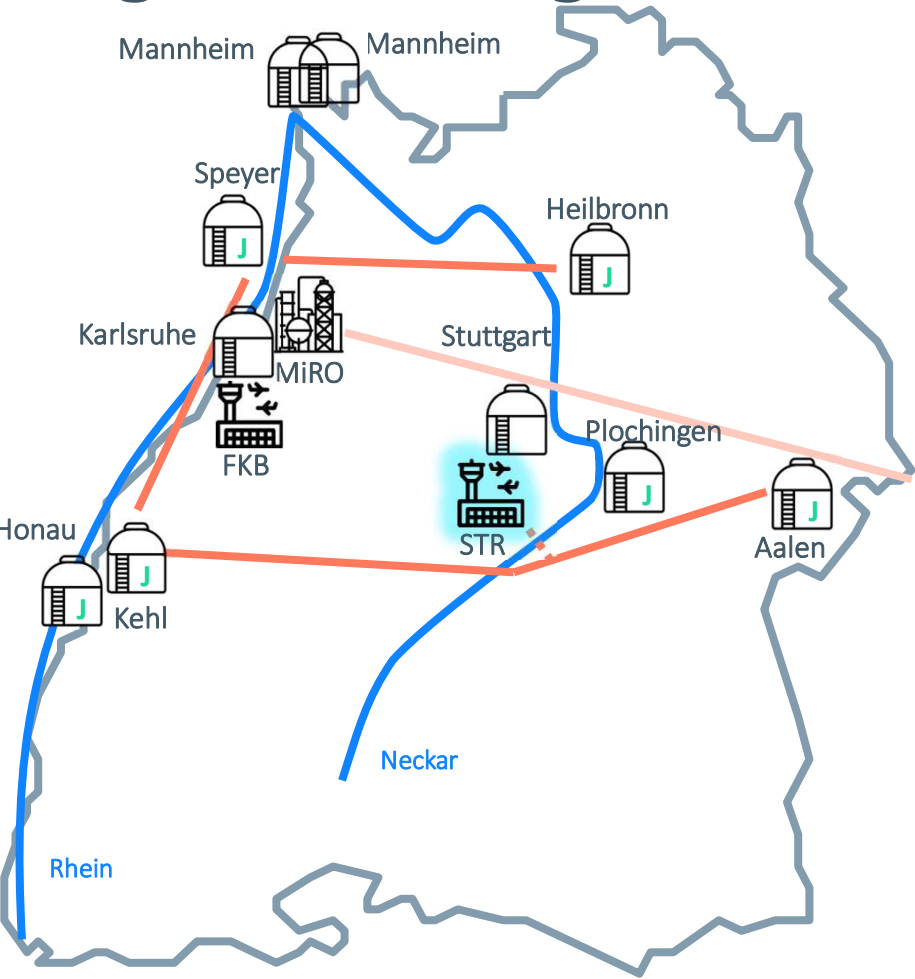
Pipeline

1 %

Weitere Kommentare

- Die Anbindung and CEPS wurde aus wirtschaftlichen Gründen nicht weiter verfolgt.
- Zurzeit führt die MiRO kein Jet A-1 / SAF im Produktportfolio, Infrastruktur gab es bis 2006.
- Falls eine MtJ Anlage Produktion aufgebaut wird, müsste ein neuer Tank aufgebaut werden (ggf ab 2035). Einlagerung könnte per Schiff erfolgen. Per KWG wären Maßnahmen im Bahnhof notwendig.
- Repurposing der Diesel Tanks für die Nutzung von Jet Fuel oder Blending möglich.

Flughafen Stuttgart



	Aktueller Jährlicher Bedarf (m³/Jahr) von Jet Fuel-A1	230.000 m³ (2023)
	Erwartete Bedarfsentwicklung (m³/Jahr) von Jet Fuel-A1 in 2030, 2035, 2040	351.000, 500.000, 710.000 m³/a (+7,3%/a)
	Erwartetes Wachstum des Flughafens (Fluggäste etc.)	8,4 Mio (2023)
	Erwartete Bedarfsentwicklung (mt/Jahr) von SAF in 2030, 2035, 2040	12, 41, 73 kt/a (SAF+ eSAF, bei 1%/a Wachstum)
	Aktuelle Lagerkapazitäten für Jet Fuel A-1 am Flughafen	4.500 m³ in 3 Tanks
	Geplante Kapazität des Tanklagers in 2030, 2035, 2040	Bis 2037 BOOT-Modell mit Skytanking

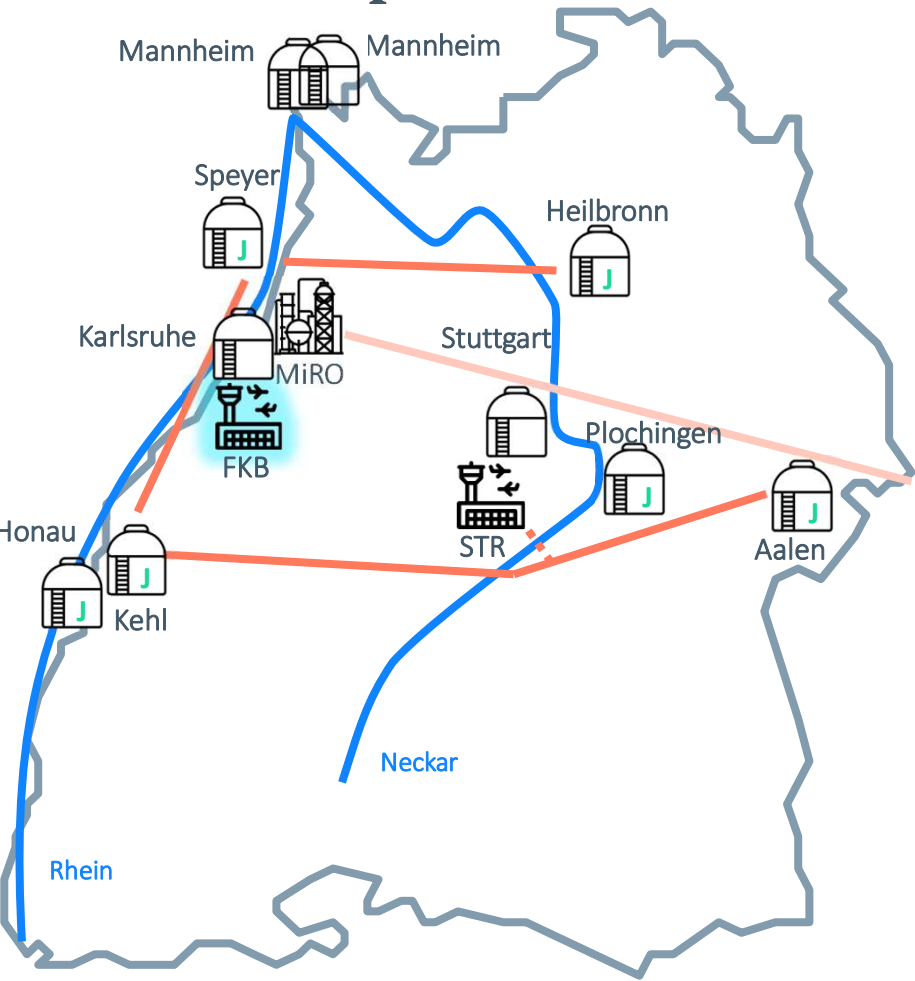
Aktuelle Anlieferung / Lagerung Jet Fuel A-1			
	Tanklager	Verkehrsmittel	Transportvolumen pro Jahr
1	Plochingen	Tanklastwagen	140.000 m³
2	Heilbronn	Tanklastwagen	154.000 m³
3	Speyer	Tanklastwagen	14.000 m³
Lieferfrequenz			
7500 pro Jahr			

Dienstleister / Eigentümer				
Beliefernde Raffinerie Jet A-1	Anbieter Jet A-1	Transporteur Jet A-1	Tanklager-betreiber	Betreiber Into-Plane Betankung
frei	frei	ABS Bonifer	Skytanking	Skytanking

Weitere Kommentare

SAF-Projekt mir STR Beteiligung auf Grund RED III Bestimmung zu Industrie-Punktquellen für CO₂ nicht weiter verfolgt.

Baden-Airpark



Aktueller Jährlicher Bedarf (m³/Jahr) von Jet Fuel-A1	32.000 m³ (2024)
Erwartete Bedarfsentwicklung (m³/Jahr) von Jet Fuel-A1 in 2030, 2035, 2040	46.000 m³ (2025), 60.000 m³ (2030-2040)
Erwartetes Wachstum des Flughafens (Fluggäste etc.)	Aktuell starkes Wachstum, Plateau in ca 5 Jahren
Erwartete Bedarfsentwicklung (mt/Jahr) von SAF in 2030, 2035, 2040	Ab 2035 (nach Auslauf Flexibilitätsmechanismus) 10 kt/a – 18 kt/a (2040)
Aktuelle Lagerkapazitäten für Jet Fuel A-1 am Flughafen	400 m³ + 2*28 m³ + 2*20 m³
Geplante Kapazität des Tanklagers in 2030, 2035, 2040	+ 100 m³ (2030) + 20-28 m³

Aktuelle Anlieferung / Lagerung Jet Fuel A-1

	Tanklager	Verkehrsmittel	Transportvolumen pro Jahr	Lieferfrequenz
1	Gustavsburg	Tanklastwagen	-	Ca. 5 TKW / Tag
2	Speyer	Tanklastwagen	-	
3	Plochingen	Tanklastwagen	-	

Dienstleister / Eigentümer

Beliefernde Raffinerie Jet A-1	Anbieter Jet A-1	Transporteur Jet A-1	Tanklager-betreiber	Betreiber Into-Plane Betankung
Air BP	Air BP	ABS Bonifer	Air BP	Air BP

Weitere Kommentare

Lokale, nicht-CO2 Effekte von SAF werden als wichtiger Beitrag zu HSE geschätzt. Eine Strategieentwicklung zu SAF steht aus.

Akteure aus der SAF Wertschöpfungs- und Logistikkette in Baden-Württemberg



Produzenten E-Methanol



Raffinerie Kerosinanbieter



Transport Unternehmen



Blending-/Tankanlagen Betreiber



Flughafen + Tanklagerbetreiber



Flugzeug Betankung



Operator



Standards, Zertifizierung, Qualitätssicherung



Operator erwerben benötigtes Kerosin direkt beim Anbieter. Dieser muss die Bereitstellung gewährleisten.



Operator können idR. den Tankdienstleister frei wählen.

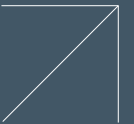


Nicht vollumfänglich. Weitere Operator sind an STR und FKB tätig.

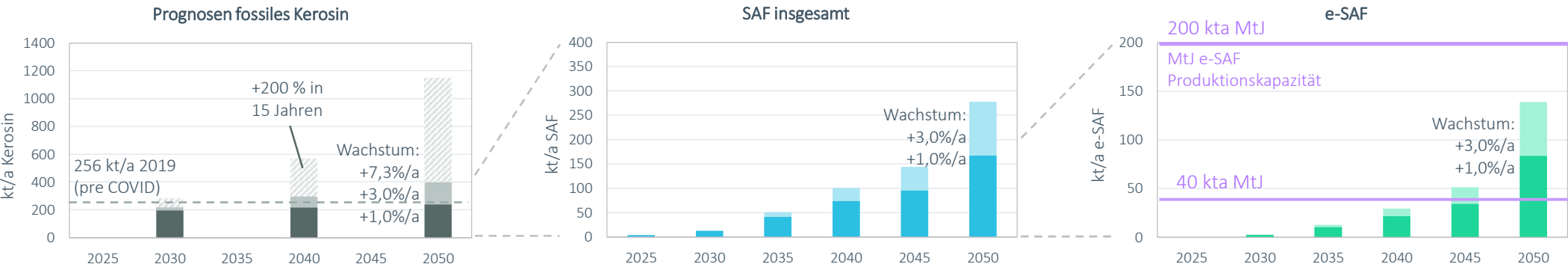
Die Frist für die Umsetzung der Union Data Base UDB steht noch nicht endgültig fest.

1.2 Identifizierung potentieller Standorte für Lagerung und Blending von MtJ-SAF

- Wo in Baden-Württemberg wird Kerosin für die Versorgung von Flughäfen gelagert? An welcher Stelle wird das Kerosin geblendet? (Jet-Qualitäten)
- Gibt/wird es an den Lager-/Blending Standorten Kapazitäten für MtJ-SAF geben?

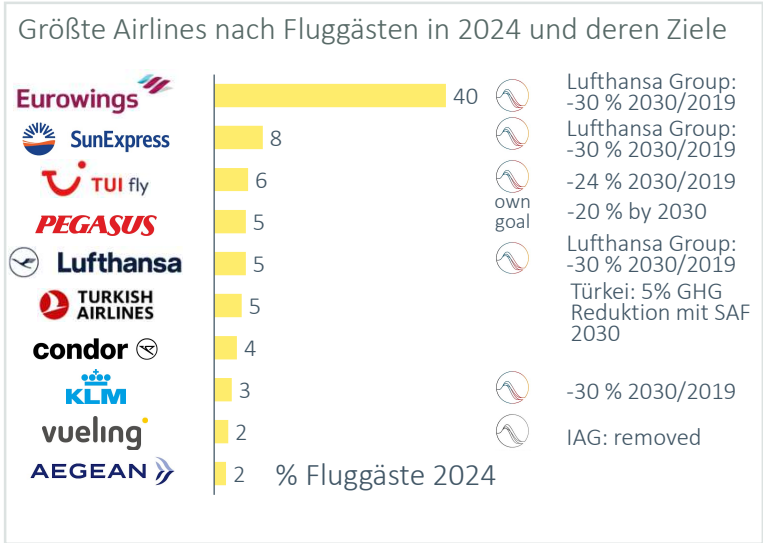


SAF Bedarf-Szenarien ausgehend von 184 kt/a (fossil, 2023)



Wachstum Jahr	1% fossil	3% fossil	7.30%* fossil	SAF	1% e-SAF	Insgesamt	SAF	3% e-SAF	Insgesamt
2025				3.68	0	3.68	3.76	0	3.76
2030	195.2	219.7	280.8	9.36	2.32	11.68	10.56	2.64	13.2
2035				30.8	10.24	41.04	38.24	12.72	50.96
2040	215.76	295.3	568.08	51.76	21.6	73.36	70.88	29.52	100.4
2045				61.2	34	95.2	92.4	51.36	143.76
2050	238.32	396.8	1148.8	83.44	83.44	166.8	138.88	138.88	277.76

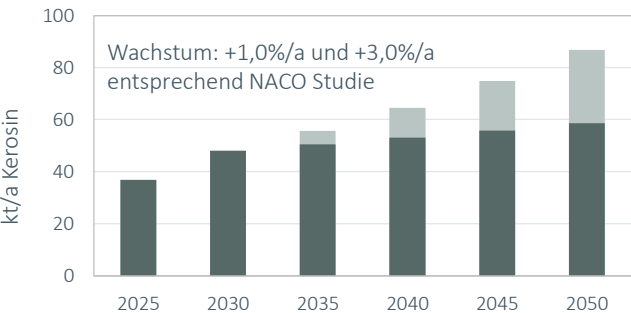
- Basierend auf dem Kerosinbedarf 2023 von 184 kt können verschiedene Wachstumsszenarien prognostiziert werden. Durch Überlagerung der ReFuelEU Aviation Vorgaben für SAF Quoten ergeben, könnte der Bedarf 2045 den Basisfall von 40 kt/a MtJ überschreiten.
- Bei 1% Wachstum pro Jahr wäre dies 2050 der Fall.
- Die Selbstverpflichtung der größten Airlines könnte eine Abnahme erhöhen.



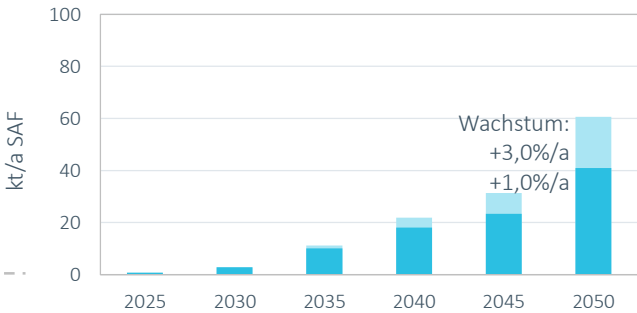
Annahme: Die SAF-Quoten e-SAF-Unterquoten entsprechen den ReFuelEU Aviation Vorgaben und wurden auf den gesamten prognostizierten Kerosinbedarf angerechnet.

SAF Bedarf-Szenarien ausgehend von 25,6 kt/a (fossil, 2024)

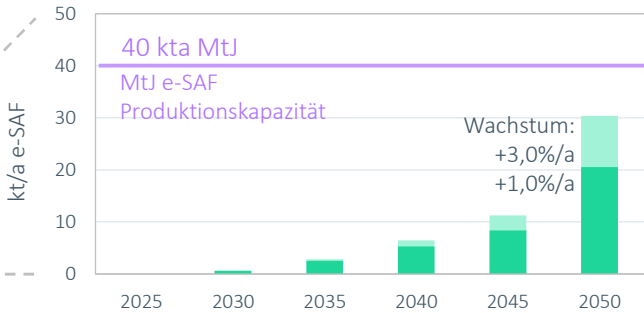
Prognosen fossiles Kerosin



SAF insgesamt

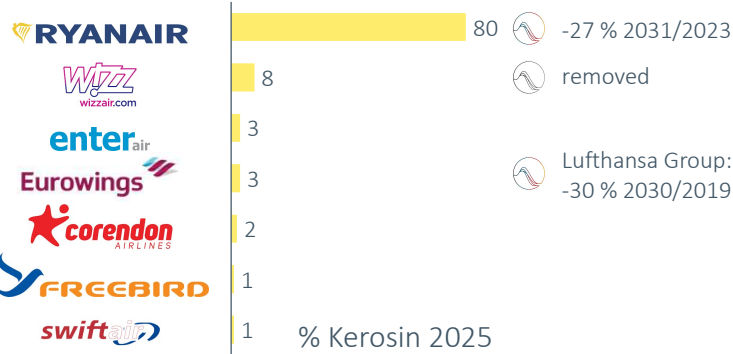


e-SAF



Wachstum Jahr	1% fossil	3% fossil	SAF	1% e-SAF	Insgesamt	SAF	3% e-SAF	Insgesamt
2025	36.80	36.80	0.74	0.00	0.74	0.74	0.00	0.74
2030	48.00	48.00	2.30	0.58	2.88	2.30	0.58	2.88
2035	50.45	55.65	7.57	2.52	10.09	8.35	2.78	11.13
2040	53.02	64.51	12.73	5.30	18.03	15.48	6.45	21.93
2045	55.73	74.78	15.05	8.36	23.41	20.19	11.22	31.41
2050	58.57	86.69	20.50	20.50	41.00	30.34	30.34	60.69

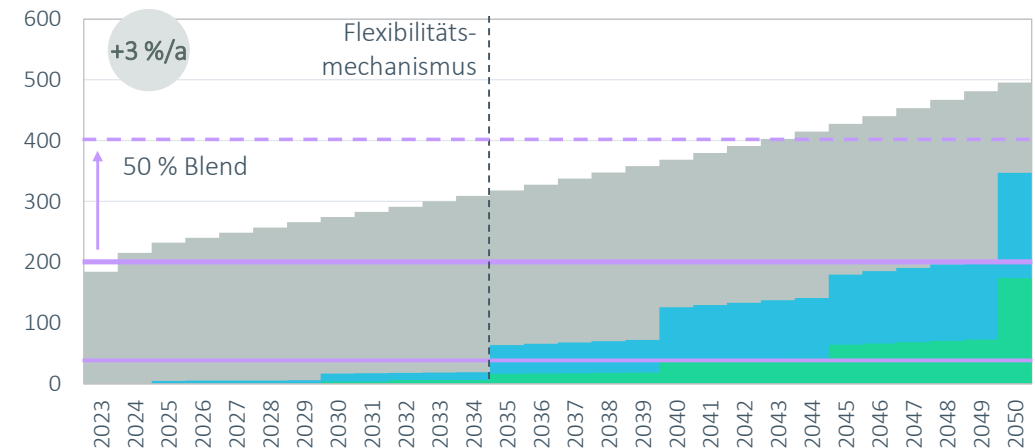
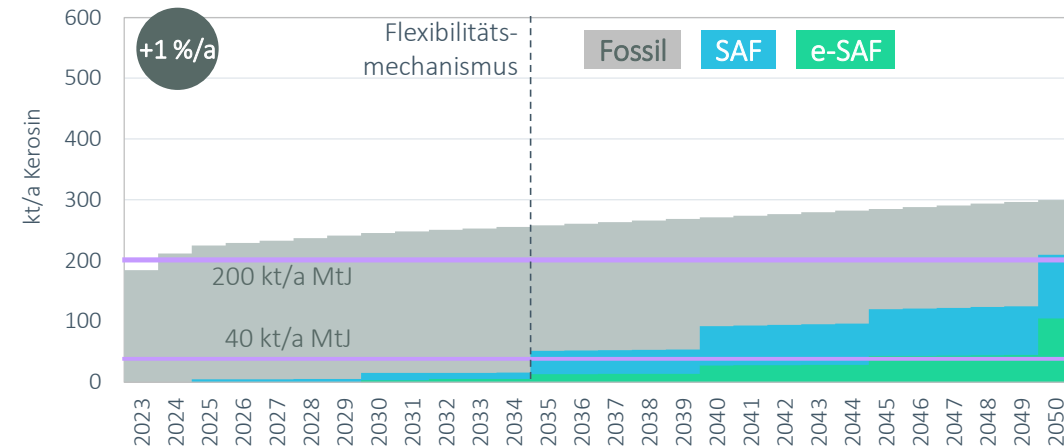
Größte Airlines nach Kerosin in 2025 und deren Ziele



- Basierend auf dem **erwarteten Kerosinbedarf** können **verschiedene Wachstumsszenarien** prognostiziert werden werden.
- Im **Basisfall von 40 kt/a MtJ** würde in allen abgebildeten Szenarien den **Bedarf am FKB decken**.
- Die **Selbstverpflichtung** der größten Airlines könnte eine Abnahme erhöhen.

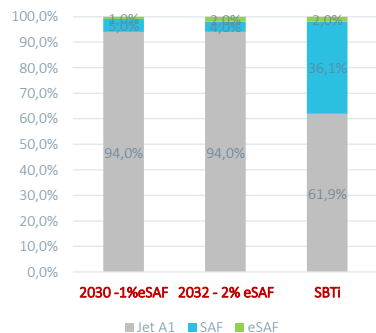
Annahme: Die SAF-Quoten e-SAF-Unterquoten entsprechen den ReFuelEU Aviation Vorgaben und wurden auf den gesamten prognostizierten Kerosinbedarf angerechnet.

SAF Bedarf-Szenarien kombiniert am STR und FKB

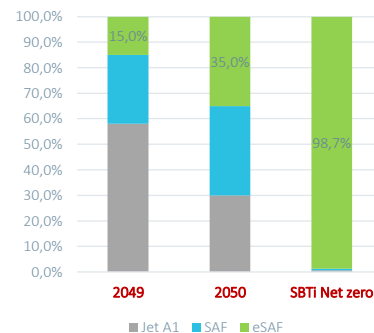


reFuelEU vs SBTi

2030-2032



2049-2050



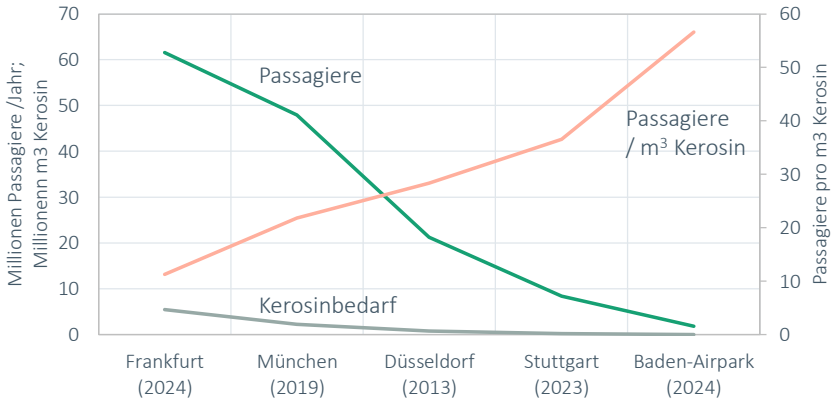
- Die **kombinierten Bedarfs-Szenarien** beider großen Flughäfen in BaWü **überschreiten 2045 den Basisfall**.
- Eine Produktion von **200 kt/a** würde den SAF-Bedarf bei einem Wachstum von 3%/a auch in **2050 decken**.
- Die **Selbstverpflichtung** der größten Airlines könnte eine SAF-Abnahme weiter erhöhen.
- Bis 2034 greift der **Flexibilitätsmechanismus** der ReFuelEU Aviation, wonach die Verteilung von SAF nach **Massenbilanzierung** über alle Flughäfen zulässig ist.
- Ab 2035 ist die **Bereitstellung** von SAF an allen Union Flughäfen **verpflichtend** wird.

Annahme: Die SAF-Quoten e-SAF-Unterquoten entsprechen den ReFuelEU Aviation Vorgaben und wurden auf den gesamten prognostizierten Kerosinbedarf angerechnet.

Kerosinbedarf an verschiedenen Flughäfen

Flughafen	Passagiere	Kerosinbedarf (in m ³)	Verhältnis Passagiere / Kerosinbedarf
Frankfurt	61.600.000 (2024)	5.475.000 (2024)	11,25
München	47.900.000 (2019)	2.200.000 (2019)	21,77
Düsseldorf	21.228.149 (2013)	750.000 (2013)	28,30
Stuttgart	8.400.000 (2023)	230.000 (2023)	36,52
Baden-Airpark	1.812.844 (2024)	32.000 (2024)	56,65

- Das Verhältnis zwischen Passagieren und Kerosinbedarf an den jeweiligen Flughäfen wird durch eine **Vielzahl von Faktoren beeinflusst**.
- Die absolute **Betankungsmenge** hängt ab von **Flugzeugtyp, Strecke, Gewicht (Passagiere, Gepäck, Fracht), Wetter, und Kerosin-Preis**.
- Man kann den Trend erkennen, dass an größeren Flughäfen **pro Passagier mehr Kerosin** betankt wird.
- Die **Größe der dort eingesetzten Flugzeuge und die Länge der Strecken**, die von dort startenden Flugzeuge mit der Betankung zurücklegen, beeinflussen das Verhältnis.
- Die größten Airlines am Flughafen Stuttgart (Eurowings) und am Baden-Airpark (Ryanair) benutzen vornehmlich Flugzeuge für die Kurz- und Mittelstrecke wie den Airbus A320 (Eurowings) oder die Boeing 737 (Ryanair), welche pro Stunde ca. 3000 Liter Kerosin verbrauchen und dabei zwischen 180-190 Sitzplätze für Passagiere bieten.
- An den größeren Flughäfen werden vermehrt Langstreckenflugzeuge benutzt, wie der Airbus A380 oder die Boeing 747, welche ca. 12000 Liter Kerosin pro Stunde verbrauchen und zwischen 350-510 Sitzplätze für Passagiere bieten.



Beispiele:

- Bei **Langstreckenflügen** werden Flugzeuge über das unbedingt erforderliche Maß hinaus betankt – genug, um bei Bedarf auf einen **Ausweichflughafen** ausweichen zu können.
- Bei **kürzeren Flügen** werden Flugzeuge möglicherweise nur so viel betankt, dass sie eine Rundreise absolvieren können (d. h. „*Tankering*“), um **Zeit zu sparen**, indem Zwischenlandungen zum Auftanken vermieden werden.
- Bei Flügen **mittlerer Länge** (~2–3 Stunden) ist die Entscheidung, ob (und wie viel) getankt wird, ein **Kompromiss** zwischen Treibstoffkosten, **zusätzlichem Gewicht und betrieblicher Flexibilität**.
- Flugzeuge werden in der Regel nicht vollständig betankt, es sei denn, dies ist notwendig – zusätzlicher **Treibstoff erhöht das Gewicht**, was den Verbrauch erhöht, und die Einsparungen durch billigeren Treibstoff wiegen selten die Nachteile des zusätzlichen Gewichts auf.

Standortauswahl – „Greenfield“ (Neubau) vs. „Brownfield“ (Bestand)

	Greenfield	Brownfield
Vorteile	• Gestaltungsfreiheit: Die Anlage kann optimal geplant werden. • Logistik: Wegeoptimierung und verschiedene Anbindungsmöglichkeiten. • Modernste Technik: Es lassen sich aktuelle Umwelt- und Sicherheitsstandards direkt integrieren. • Zukunftssicherheit: Erweiterungen und Automatisierung sind leichter umsetzbar.	• Kostenersparnis: Bestehende Infrastruktur kann genutzt werden. • Integration: Neue Prozesse können in bewährte Abläufe integriert werden. • Schnellere Umsetzung: Genehmigungen und Anschlüsse sind oft schon vorhanden, Abläufe bekannt. • Ggf. weniger Flächenbedarf: Ideal in dicht bebauten Industriegebieten.
Nachteile	• Hohe Investitionskosten: Grundstück, Infrastruktur und Genehmigungen kosten Zeit und Geld. • Längere Projektlaufzeit: Planung, Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme dauern meist deutlich länger.	• Technische Einschränkungen: Alte Systeme können die Integration neuer Technik erschweren. • Sanierungsbedarf: Ältere Anlagen müssen oft (umwelt)technisch nachgerüstet werden.
• Tanklager werden in der Regel über einen langen Zeitraum genutzt. Frei werdende Kapazitäten können für andere Produkte verwendet werden. • Beispiel für einen Ersatz und Erweiterung zweier bestehender Tanklager für die Umwidmung zu SAF am Flughafen Düsseldorf von Exolum. Kapazität 9.000 m³, Inbetriebnahme 2028, Investition: EUR 70 Mio, Gleisanschluss • FKB plant Erweiterung des Tanklagers (400 m³) um einen weiteren Tank mit 100 m³. Geschätzte Fertigstellungszeit: 6-12 Monate)		

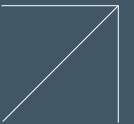
Quelle:Flughafen Düsseldorf

Potentielle Blending Standorte im Raum BaWü

Ort	Betreiber	Kapazität /m ³	Jet A-1	Blending ¹	SAF	Anbindung	Kommentierung
Mannheim		40.000	X	?	X	 	Anbindung Rhein + Neckar, kein Jet A-1
Mannheim		89.708	✓	✓	✓	  	Anbindung Rhein + Neckar
Mannheim		223.746	✓	✓	✓	  	Anbindung Rhein + Neckar
Speyer		813.242 ≥ 50% Jet	✓	✓	✓	   	Anteil von 5 % der STR Versorgung
Heilbronn		5.200	✓	X	X	 	Anteil von 55 % der STR Versorgung
Plochingen		84.900 ≥ 50% Jet	✓	✓	✓	  	Anteil von 40 % der STR Versorgung
Aalen		27.500	✓	X	X	 	Große Entfernung zu MiRO
Kehl		32.900	✓	X	X	  	Zwischenlager für STR
Karlsruhe		211.089	✓	✓	✓	  	In Nähe zu MiRO und FKB, kein Jet A-1
Honau		245.412	✓	✓	✓	  	Rhein-Anbindung
Stuttgart		54.000	X	X	X	  	Nähe zu STR, kein Jet A-1, Wasseranbindung
Gustavsburg		311.000	✓	?	?	   	Versorgung FKB
STR		4.500	✓	Nach DefStan 91-091 darf nur fertiges Jet Fuel angeleifert werden.			BOOT-Vertrag bis 2037
FKB		400	✓				Exklusive Versorgung des FKB
MiRO		3,9 Mio	✓		✓	   	Zurzeit kein Jet A-1

1.3 Evaluation von Transportoptionen und –kapazitäten

- Evaluation verschiedener Transportwege
- Ist die Einbindung einer existierenden Pipelineinfrastruktur möglich bzw. ab welchen Mengen wäre die Errichtung einer neuen Pipeline sinnvoll?
- Welche Lösung ist am wirtschaftlichsten bei welcher Produktionsmenge?



Flugkraftstoff-Logistikkonzepte – Einführung

Jet Fuel A-1 und SAF können mit verschiedenen Verkehrsträgern transportiert werden.

Transportmodus	Typische Größe / Kapazität (t)	OPEX variable (€/t-km)	GHG (gCO ₂ e/t-km)	Vorteile / typische Verwendung	Nachteile
Pipeline	100.000–500.000 t/a pro Leitung	0.005–0.02	5–10	Höchste Effizienz an Land, große Mengen	Hoher CAPEX, Genehmigungsrisiken
Tankschiffe	30.000–80.000 t	0.001–0.004	5–15	Langstrecken, Import	Große Kapazität, Hafeninfrastruktur
Coaster	3.000–10.000 t	0.003–0.008	10–20	Küstenschifffahrt	Begrenzte Reichweite, Hafeninfrastruktur
Barges	1.000–3.000 t	0.01–0.03	20–35	Rhein/Neckar	Begrenzte Kapazität, Hafeninfrastruktur
Bahn	20–40 Kesselwagen à 60–80 t 1.200–2.800 t pro Zug	0.02–0.05	20–30	Größere Inlandtransporte	Begrenzte Verfügbarkeit
TKW	24–28 t	0.09–0.14	55–85	„Last Mile“, Flughäfen, flexibel	Begrenzte Kapazität Hoher OPEX
ISO Tank	20–26 t	(+0.01–0.02) <i>on top of underlying mode</i>	(wie Modus)	Puffer, Remote-Drops	Geringe Kapazität Höheres Kontaminationsrisiko



- Pipeline = langfristig robusteste und emissionsärmste Option, aber hohe CAPEX und lange Genehmigungszeiten.
- Schiff (Tank- und Binnenschiffe) bietet Skaleneffizienz für Massenströme, jedoch saisonale Risiken (Niedrigwasser, Eis).
- Bahn ist Mittelweg: geeignet für mittlere Volumina, skalierbar ab 100 kt/a, aber wetter- und fahrplanabhängig.
- LKW bleibt kurzfristig unverzichtbar für „Last Mile“ und Flughäfen, trotz hoher OPEX und CO₂-Intensität.

Ladungen pro Woche je Transport-Modus, Skalierung und SAF-Blend



MiRO

Basisfall

40.000 t/a	80.000 t/a	800.000 t/a
100 % SAF/SBC	50 % SAF	5 % SAF

Hochskalierung

200.000 t/a	400.000 t/a	4.000.000 t/a
100 % SAF/SBC	50 % SAF	5 % SAF

Referenz-Taktungen (MiRO)

Transport Modus

Ladungen/Woche

Ladungen/Woche

Ladungen/Woche



Tankwagen

28 t

27 55 275

137 275 1374

11200 TKW / Woche



Kesselwagen

76 t

10 20 101

51 101 506

1600 KWG / Woche



Binnenschiff

3000 t

0.3 0.5 2.6

1 3 12.8

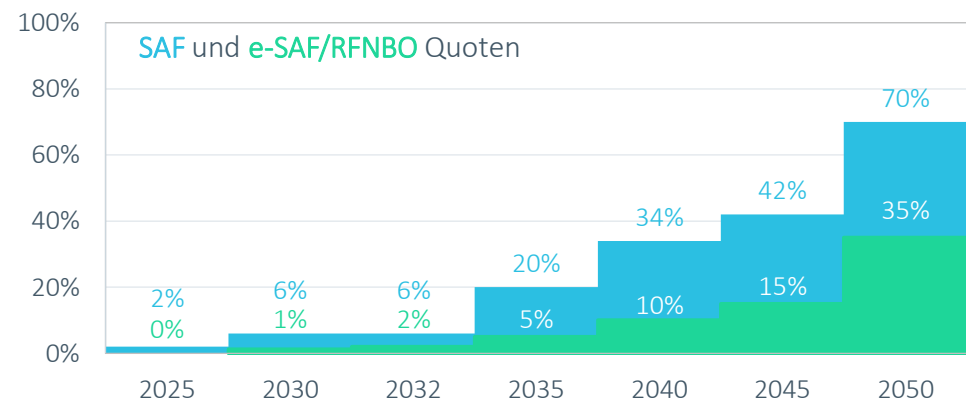
91 Schiffe / Woche

- **Tankwagen** bieten eine hohe **Flexibilität**. Ihr Einsatz ist bereits an allen Knotenpunkten möglich. Für die Anlieferung an die **Flughäfen** bilden sie die derzeit **einzigste Option**. Aufgrund der Hohen Taktung können Lager kleiner skaliert werden.
- Die **großen Ladevolumina** von **Schiffen** und deren **lange Lösch- und Ladezeit** erfordern vergleichsweise große **Lagerkapazitäten** und eine **Hafenanbindung**.
- **Kesselwagen** sind flexibler aufgrund der **Reihungsmöglichkeit** und des **dichteren Transportnetzes**, erfordern jedoch die Anbindung an das Schienennetz.

Referenzbasis zur GHG Emissions-Berechnung

RED III & ReFuelEU Aviation

Referenzwert fossiler Treibstoff	94,0	gCO ₂ eq / MJ
Bio-Treibstoff	32,9	-65%
Renewable fuel of non-biological origin RFNBO	28,2	-70%



$$E = ei + ep + etd + eu - eccs$$

Gesamtemissionen = Input + Prozess + Transport + Verbrennung - Gutschrift

THG Emissionen je Transportmodus

	70
Diesel	31
elektrisch	11
	24,7

WTW, gCO₂eq / t-km*

Selbstverpflichtung der Operator / SBTi

Zusätzlich zu den von der EU vorgeschriebenen Quoten, verpflichten sich einige Airlines zur THG-Emissionsreduktion, die über die Vorgaben hinausgehen. Die **Science Based Targets Initiative** unterstützt dabei Emissionsziele so zu gestalten, dass sie mit dem Pariser Klimaabkommen vereinbar sind. Airlines müssen dabei:

- Ihre Scope 1 & 3 Emissionen (Flugbetrieb & Lieferkette) berücksichtigen.
- Einen Reduktionspfad über 5–15 Jahre definieren.
- Ihre Ziele regelmäßig validieren und berichten.

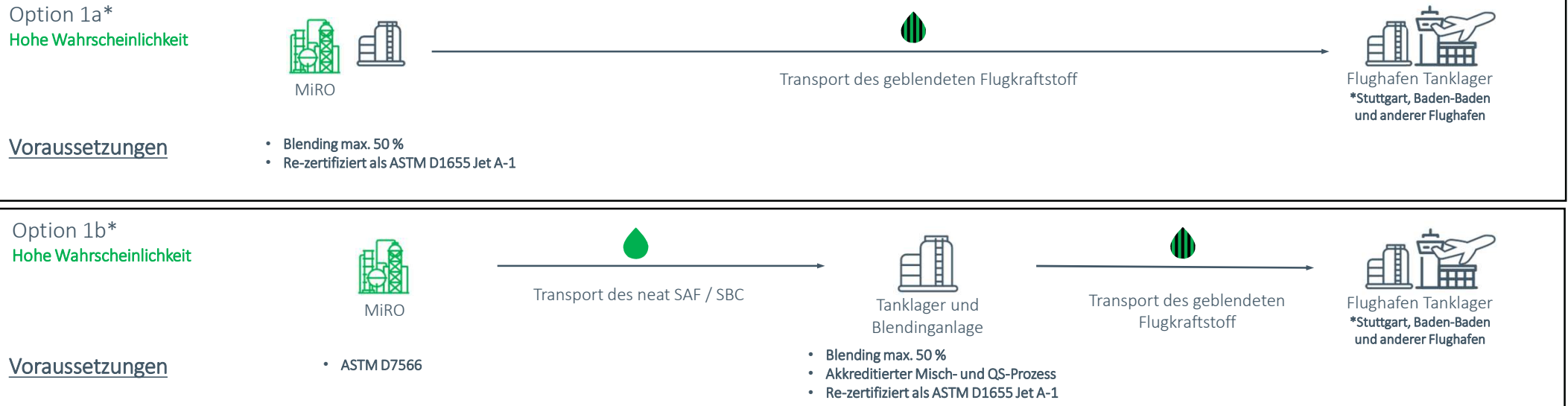
Lufthansa: CO₂-neutral bis 2050, 50% Reduktion 2030 im Vgl zu 2019

AirFrance KLM: CO₂-neutral bis 2050

Ryanair: -27% bis 2031 vs. 2023

TUI : -24% bis 2030

Optionen mit möglichen Voraussetzungen



* Alle Optionen erfordern die Übertragung von SAF-Zertifikaten (Union Database / Nachhaltigkeitsnachweise).

 MiRO
  Geblendeter Flugkraftstoff
  Flughafen Tanklager

 Neat SAF / SBC
  Tanklager und Blendinganlage

Zukünftige Optionen mit möglichen Voraussetzungen

Option 2*

Medium – geringe
Wahrscheinlichkeit



MiRO

Transport des neat SAF / SBC



Flughafen Tanklager
*Stuttgart, Baden-Baden
und anderer Flughafen

Voraussetzungen

- ASTM erlaubt 100 % MtJ Nutzung (direktes co-mingeling an Flughäfen ohne erneute Zertifizierung).

Die ASTM-Zulassung der MtJ-Route wird derzeit evaluiert. Aufgrund der prozesstechnischen Nähe sind ähnliche Blendgrenzen wie für Alcohol-to-Jet wahrscheinlich. Eine 100%-Option ist daher eher unwahrscheinlich.

Option 3*

Geringe Wahrscheinlichkeit



MiRO

- ASTM D7566

Transport des neat SAF / SBC



Flughafen Tanklager
*Stuttgart, Baden-Baden
und anderer Flughafen

Voraussetzungen

- Blending max. 50 %
- Akkreditierter Misch- und QS-Prozess
- Vereinbarung mit dem Flughafen-Treibstoffkonsortium
- Re-zertifiziert als ASTM D1655 Jet A-1

Option 4*

Medium – geringe
Wahrscheinlichkeit



MiRO

Transport des geblendeten Flugkraftstoff

CEPS Pipeline



Transport des geblendeten Flugkraftstoff



Flughafen Tanklager
*Anderer Flughafen

Voraussetzungen

- Blending max. 50 %
- Re-zertifiziert als ASTM D1655 Jet A-1 und Erfüllung der AFQRJOS-Check Liste
- Anbindung an die CEPS-Pipeline muss gebaut werden.

*Alle Optionen erfordern die Übertragung von SAF-Zertifikaten (Union Database / Nachhaltigkeitsnachweise).



MiRO



Geblendeter Flugkraftstoff



Flughafen Tanklager



Neat SAF / SBC



Tanklager und Blendinganlage

Zukünftige Optionen mit möglichen Voraussetzungen

Option 5* Geringe Wahrscheinlichkeit



Transport des geblendeten Flugkraftstoff

CEPS Pipeline

Transport des geblendeten Flugkraftstoff



- Blending max. 50 %
- Re-zertifiziert als ASTM D1655 Jet A-1 und Erfüllung der AFQRJOS-Check Liste
- Anbindung an die CEPS-Pipeline muss gebaut werden.

- Anbindung an die CEPS-Pipeline muss gebaut werden.

Voraussetzungen

Option 6* Medium Wahrscheinlichkeit



Transport des geblendeten
Flugkraftstoff



Transport des geblendeten Flugkraftstoff



- Blending max. 50 %
- Re-zertifiziert als ASTM D1655 Jet A-1
- Anerkennung und Etablierung eines Book-and-Claim Mechanismus.

SAF Zertifizierung

Voraussetzungen

* Alle Optionen erfordern die Übertragung von SAF-Zertifikaten (Union Database / Nachhaltigkeitsnachweise).



MiRO



Geblendeter Flugkraftstoff



Flughafen Tanklager



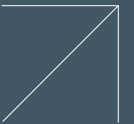
Neat SAF / SBC



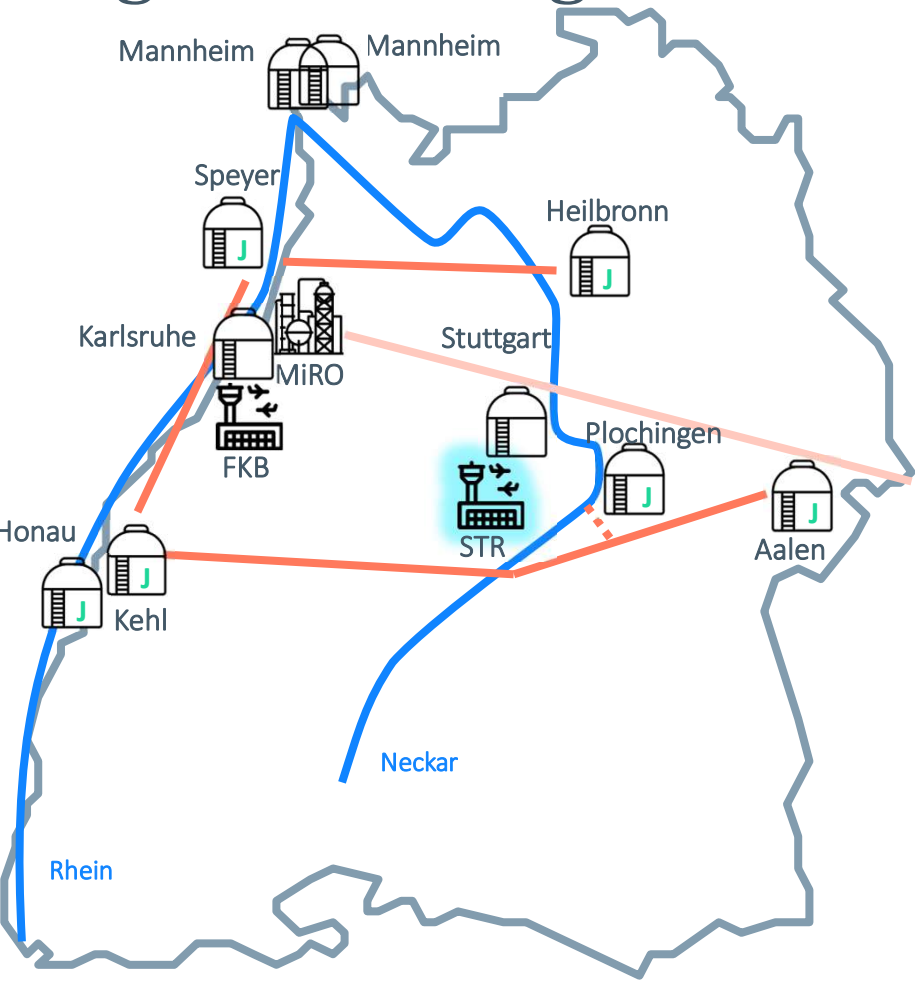
Tanklager und Blendinganlage

1.4 Flughafenlogistik

- Wie sieht die Kerosin Infrastruktur am Flughafen aus?
- Wird es geteilte oder separate Infrastruktur für verschiedene Kraftstoffqualitäten z.B. Blends mit SAF für eine flexible Anwendung geben? Ließen sich durch eine flexible Anwendung Potentiale erschließen?
- Wird eine neue Infrastruktur benötigt?



Flughafen Stuttgart



	Aktueller Jährlicher Bedarf (m³/Jahr) von Jet Fuel-A1	230.000 m³ (2023)
	Erwartete Bedarfsentwicklung (m³/Jahr) von Jet Fuel-A1 in 2030, 2035, 2040	351.000, 500.000, 710.000 m³/a (+7,3%/a)
	Erwartetes Wachstum des Flughafens (Fluggäste etc.)	8,4 Mio (2023)
	Erwartete Bedarfsentwicklung (mt/Jahr) von SAF in 2030, 2035, 2040	12, 41, 73 kt/a (SAF+ eSAF, bei 1%/a Wachstum)
	Aktuelle Lagerkapazitäten für Jet Fuel A-1 am Flughafen	4.500 m³ in 3 Tanks
	Geplante Kapazität des Tanklagers in 2030, 2035, 2040	Bis 2037 BOOT-Modell mit Skytanking

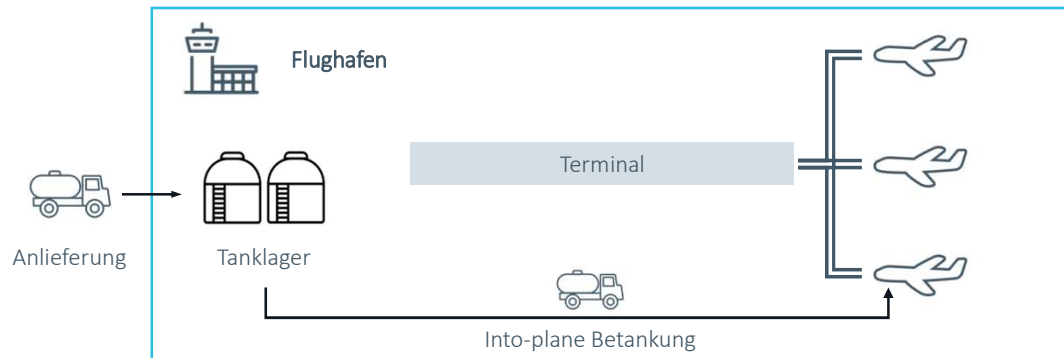
Aktuelle Anlieferung / Lagerung Jet Fuel A-1			
	Tanklager	Verkehrsmittel	Transportvolumen pro Jahr
1	Plochingen	Tanklastwagen	140.000 m³
2	Heilbronn	Tanklastwagen	154.000 m³
3	Speyer	Tanklastwagen	14.000 m³
Lieferfrequenz			
7500 pro Jahr			

Dienstleister / Eigentümer				
Beliefernde Raffinerie Jet A-1	Anbieter Jet A-1	Transporteur Jet A-1	Tanklager-betreiber	Betreiber Into-Plane Betankung
frei	frei	ABS Bonifer	Skytanking	Skytanking

Weitere Kommentare

SAF-Projekt mir STR Beteiligung auf Grund RED III Bestimmung zu Industrie-Punktquellen für CO₂ nicht weiter verfolgt.

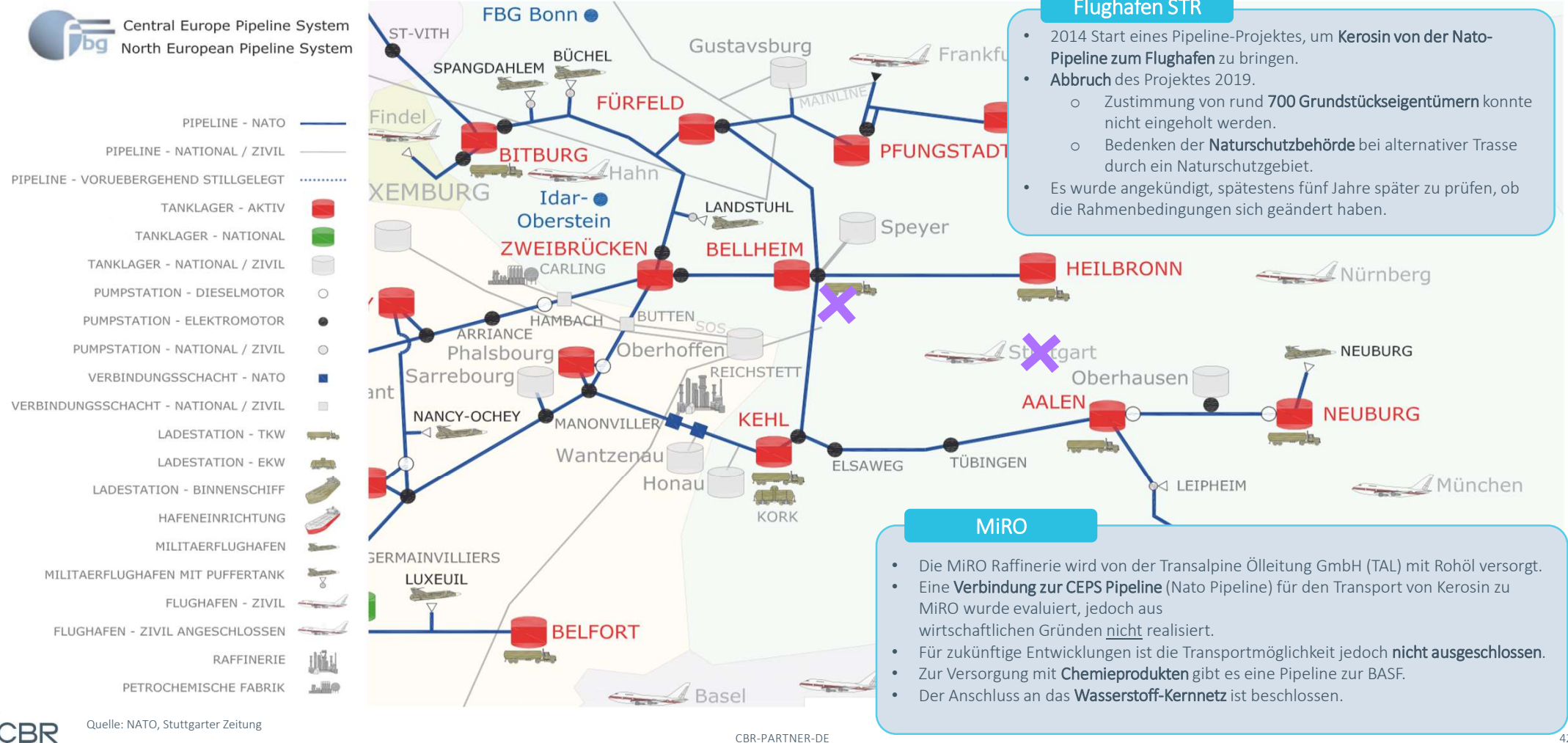
Tanklogistik – Flughafen Stuttgart



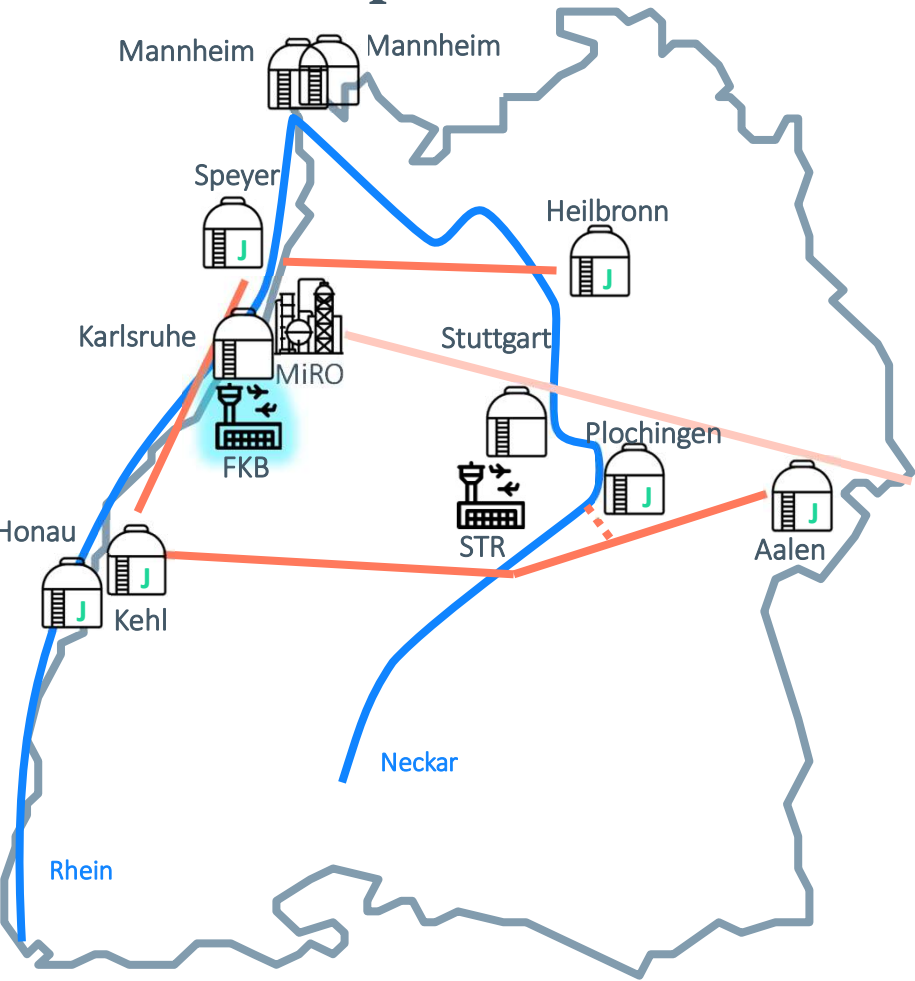
- SAG/STR hat 2007 die Firma **Skytanking** mit der Kerosinversorgung am Flughafen beauftragt.
- Mit dem gewählten Vertragsmodell **BOOT** (build, own, operate, transfer) liegt die Versorgung bis 2037 bei Skytanking.
- **Angeliefertes Jet A-1** wird in den **drei Kerosintanks** gelagert. Ab diesem Punkt ist nach SAG **keine physische Zuordnung** (Herkunft) des Kerosins mehr möglich.
- SAG/STR haben **keinen Einblick** in das **tatsächliche Kerosin-Geschäft**.
- **Menzies** und andere haben geringe Anteile an der into-plane Betankung.
- Generell gibt es die Option für „**Putter**“ die Tanklager zu umgehen, und into-plane zu betanken. Dieses Verfahren findet jedoch selten Anwendung. Laut Experte besteht technisch die Möglichkeit. Etablierte, zuverlässige **Praxis** wird so allerdings umgangen. Eine **Skalierung** ist kaum vorstellbar.



Pipeline Vorhaben am Flughafen STR und der MiRO Raffinerie



Baden-Airpark



Aktueller Jährlicher Bedarf (m³/Jahr) von Jet Fuel-A1	32.000 m³ (2024)
Erwartete Bedarfsentwicklung (m³/Jahr) von Jet Fuel-A1 in 2030, 2035, 2040	46.000 m³ (2025), 60.000 m³ (2030-2040)
Erwartetes Wachstum des Flughafens (Fluggäste etc.)	Aktuell Starkes Wachstum, Plateau in ca 5 Jahren
Erwartete Bedarfsentwicklung (mt/Jahr) von SAF in 2030, 2035, 2040	Ab 2035 (nach Auslauf Flexibilitätsmechanismus) 10 kt/a – 18 kt/a (2040)
Aktuelle Lagerkapazitäten für Jet Fuel A-1 am Flughafen	400 m³ + 2*28 m³ + 2*20 m³
Geplante Kapazität des Tanklagers in 2030, 2035, 2040	+ 100 m³ (2030) + 20-28 m³

Aktuelle Anlieferung / Lagerung Jet Fuel A-1

	Tanklager	Verkehrsmittel	Transportvolumen pro Jahr	Lieferfrequenz
1	Gustavsburg	Tanklastwagen		Ca. 5 TKW / Tag
2	Speyer	Tanklastwagen		
3	Plochingen	Tanklastwagen		

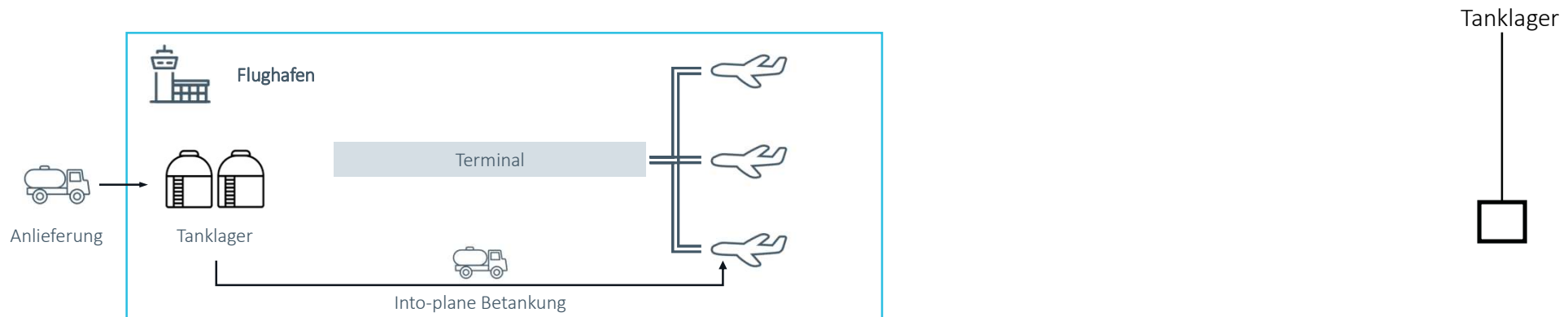
Dienstleister / Eigentümer

Beliefernde Raffinerie Jet A-1	Anbieter Jet A-1	Transporteur Jet A-1	Tanklager-betreiber	Betreiber Into-Plane Betankung
Air BP	Air BP	ABS Bonifer	Air BP	Air BP

Weitere Kommentare

Lokale, nicht-CO2 Effekte von SAF werden als wichtiger Beitrag zu HSE geschätzt. Eine Strategieentwicklung zu SAF steht aus.

Tanklogistik – Flughafen Karlsruhe Baden-Baden



- Der **Flughafen Karlsruhe Baden-Baden** hat die Firma **air BP** exklusiv mit der **Kerosinversorgung** am Flughafen beauftragt.
- Air BP **besitzt und betreibt** das Tanklager (4*100 m³) und die 2*28 m³ und 2*20 m³ TKW.
- Die **Erweiterungen** um 1*100 m³ sowie einen weiteren TKW werden aktuell bearbeitet.
- Der **Agenturvertrag** wurde ab 2021 verlängert.
- Das aktuell verzeichnete **Wachstum** des FKB resultiert aus der verstärkten **Präsenz von Ryanair und Wizz air**, und des Effektes der Erweiterung einzelner Flüge pro Woche und dem Effekt der Stationierung einzelner weiterer Maschinen im Vergleich zum Bestand.
- Ein entsprechendes **Wachstum über 2030** hinaus wird **bisher nicht angenommen**.

Übersicht Kerosin-Logistik am STR und FKB



Angeliefertes Kerosin wird in den **drei Tanks am STR / vier Tanks am FKB** gelagert. Eine Pipeline-, Gleis-, oder Wasserstraßenanbindung gibt es nicht. Die Lager werden nach einem **BOOT-Modell von Skytanking** bis 2037 (STR) bzw. exklusiv von **air BP** (FKB) betrieben.



Ab der **Lagerung im Tank am Flughafen** kann das Kerosin **nicht mehr physisch seiner Herkunft zugeordnet** werden (**commingling**). Jede Charge bleibt über ein **digitales System rückverfolgbar** – inklusive Herkunft, Prüfprotokoll und Mischverhältnis.



Die **Flugzeugbetankung** am STR und FKB erfolgt über **Tankwagen**. Den Großteil dieses Services am STR deckt **Skytanking**, daneben Menzies; am FKB übernimmt dies **Air BP**.



Das **Blending am Flughafen** ist in der Praxis **nicht üblich, nicht zulässig nach DefStan 91-091**. Die Option durch SAF-Versorgung über **Putter** ist aus logistischer Sicht **nicht** für eine **Hochskalierung** geeignet.



Bei **starkem Wachstum der Flughäfen** und entsprechend steigendem Kerosinbedarf könnte eine **Neubewertung des Transportmodus** erforderlich sein. (Überprüfung der Pipelineanbindung am STR für 2025 geplant – Bisher liegen keine Informationen vor)



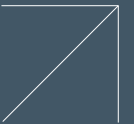
Die Airports sehen sich primär als **Befähiger und Vermittler** (im Einklang mit ReFuelEU Aviation). Am Flughafen STR gibt es **finanzielle Anreize** zur **Nutzung von e-SAF**, die bisher nicht abgerufen wurden. Ein **Projekt zur Herstellung von e-SAF** mit Beteiligung vom STR wurde aufgrund der **RED III-Regelung zu CO₂-Punktquellen** nicht weiter verfolgt. Am FKB wird der **lokale Effekt von SAF** geschätzt. Die Ausarbeitung der **SAF-Strategie** steht aus.



Allianz Neues Fliegen: STR, FKB, Flughafen Friedrichshafen und City Airport Mannheim sind Partner der Landes-Initiative BaWü zur **Steigerung des SAF Einsatzes** über EU-Quoten hinaus.

1.5 Potentiale der erarbeiteten Logistikkonzepte

- Welche weiteren Endkunden sind an die skizzierten Logistiknetze angeschlossen (Kunden Tanklager, angeschlossene Abnehmer Pipelinenetz)?



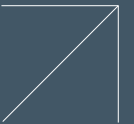
Endkunden der Logistiknetze zwischen Raffinerie und Flughäfen mit Fokus auf Kunden(-typen) der Tanklager in Baden-Württemberg

Kundentypen der Tanklager in Baden-Württemberg

		Produkte	Dienstleistungen	Nutzen
1	Mineralölhändler & Distributoren	Otto-/Dieselkraftstoffe, Heizöl EL, HVO, FAME, Jet A-1	Großhandelsabgabe, Tankwagenverladung, Additivierung, Qualitätskontrolle	Versorgung der Tankstellenketten, freien Tankstellen und Speditionen
2	Flughäfen & Luftfahrt	Jet A-1, perspektivisch SAF (HEFA/PtL), Additivierung nach ASTM	Abfüllung in Tankwagen, Umschlag, Blending	Versorgung der Flughäfen STR und FKB sowie FBOs/Business Aviation
3	Chemie- & Prozessindustrie	Rohstoffe (Naphtha, Methanol, MTBE, Bio-/Synthetik-Komponenten), Energieprodukte (Diesel, Heizöl, Gasöl)	Lagerung von Feedstocks, Umschlag Schiff/Bahn/Straße, Pufferung für kontinuierliche Versorgung, Blending/Additivierung	Sicherstellung der Rohstoff- und Energieversorgung für Chemiewerke (z. B. Karlsruhe, Ludwigshafen, Mannheim)
4	Industrie & Logistik allgemein	Diesel, HVO, Heizöl, Schmierstoffe, AdBlue	Tankwagenversorgung, Flottenbelieferung, saisonale Bevorratung (z. B. Winterdienst)	Treibstoff- und Betriebsstoffversorgung für Großflotten, Bauwirtschaft, ÖPNV
5	Öffentliche Hand & kritische Infrastruktur	Diesel, Heizöl, Notstromkraftstoffe, Jet A-1 (für Rettungs-/Polizeiubschrauber)	Sicherheitsbevorratung, garantierte Lieferkontingente, Notfallversorgung	Betrieb von Feuerwehr, Katastrophenschutz, Krankenhäusern, Rechenzentren, kommunalen Diensten
6	Export/Transit-Kunden	Diesel, Heizöl, Benzinfraktionen, Jet A-1 (auch für Transitflughäfen)	Umschlag per Bahn/Binnenschiff, Grenzlogistik, Zollabwicklung, Transitlagerung	Versorgung angrenzender Regionen (Elsass, Schweiz, Bayern), internationale Distribution

1.6 Erarbeitung von Logistikkonzepten für die Versorgung von Flughäfen in Baden-Württemberg mit Jetfuel ab MiRO:

- Erstellen von Szenarien, Auswahl konkreter Standorte und Transportoptionen für den Basisfall (40 ktJetfuel/a-Anlage) unter Berücksichtigung qualitativer Unterschiede (z.B. Optionen für den Blendstandort)



Mehrstufiges, multi-Kriterien basiertes Bewertungsrahmenwerk

1

Optionen-Raum
definieren

2

Vorauswahl
treffen

3

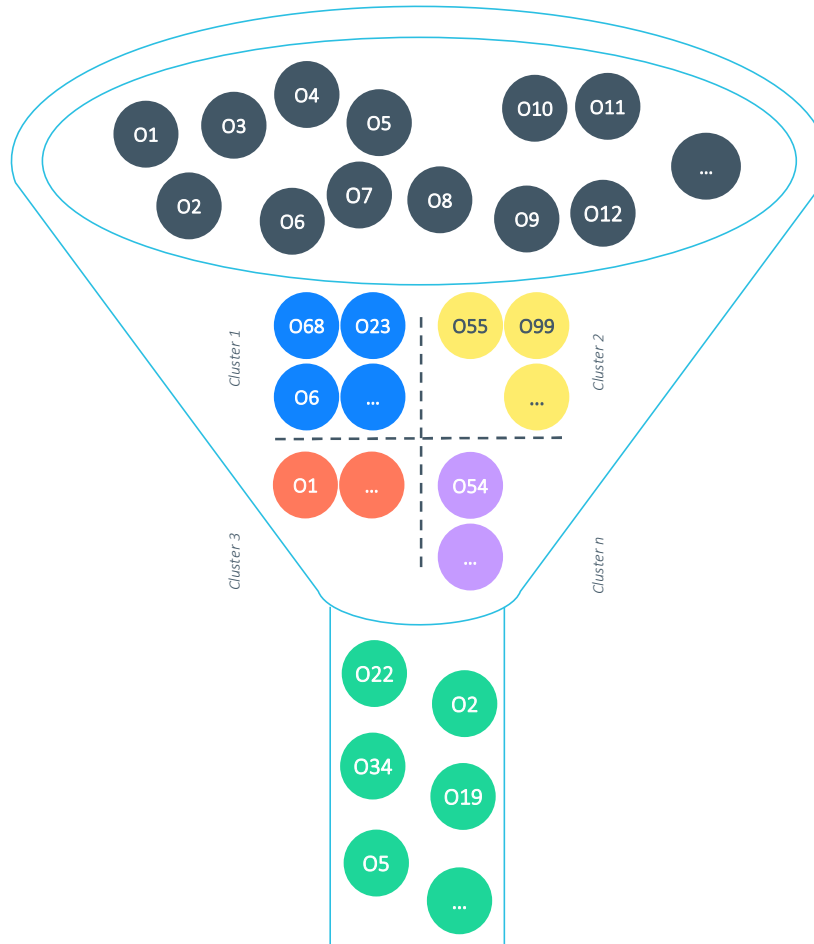
Bewertung
durchführen

4

Szenarien
verproben

5

Optionen
priorisieren



- Herleitung eines **vollumfänglichen** Optionen-Raums logistischer Infrastruktur-Lösungen unter Berücksichtigung **bestehender Strukturen** als auch Errichtung **neuer Infrastruktur**

- Ausschluss von nicht-tragfähigen oder inkompatiblen Logistikoptionen zur **Vorauswahl einer Grundgesamtheit an logistischen Optionen** einer SAF-Versorgungsinfrastruktur von der MIRO zu den Flughäfen

- **Bewertung der Optionen** anhand **gewichteter Dimensionen** der technischen Umsetzbarkeit, ökonomischen Sinnhaftigkeit, der ökologischen Nachhaltigkeit, regulatorischer/gesetzlicher Vorschriften und Zertifizierungen sowie betrieblicher Aspekte

- Prüfung der **Eignung und Vorteilhaftigkeit** der am vorteilhaftesten bewerteten Optionen unter definierten **Volumen- und Infrastrukturszenarien**

- Empfehlung der **priorisierten Optionen** aufgrund **hohem Eignungsgrad** sowie **Robustheit** unter **Berücksichtigung unterschiedlicher Szenarien** und sich **verändernder Rahmenbedingungen**

Struktur des Bewertungsmodell

1+2 Screening

Vorauswahl treffen – Von 400+ Optionen zu 75 Optionen

Ko-Kriterien/Fragestellungen:

1. **Technische Machbarkeit:**
Technisch nicht umsetzbar
2. **Wirtschaftliche Machbarkeit:**
Unverhältnismäßig hohe Investitionskosten (CAPEX) für geringe Volumenszenarien
3. **Umsetzbarkeit:**
Keine Akzeptanz in BW in der Bevölkerung und/oder bei weiteren zentralen Stakeholdern

3 Bewertung

Evaluierung durchführen – Von 75 Optionen zu den Top 20

- **Mehrkriterien-Entscheidungs-analyse** mit gewichteten Punktwerten pro Kriterium
- **Input von Experten-Interviews** einbeziehen, um die Gewichtung entsprechend den Studienzielen festzulegen
- **Regulatorische Vereinbarkeit und Eignung** mit RED III, ReFuelEU und CORSIA sowie **Zertifizierungssicherstellung** Qualität & Nachhaltigkeit (ASTM D7566/D1655, ISCC, RSB)
- **High-Level CO₂-Bilanzierung**

4 Szenario Tests

Verschiedene Varianten testen für die Top 20 Optionen

- **SAF-Produktions-Szenarien** für 40 / 100/ 200 kt/a
- **SAF-Nachfrage-Szenarien** mit 1% sowie 3% Steigerung pro Jahr
- Szenarien **mit und ohne den Bau von neuer Infrastruktur**
- Szenarien mit **dezentralem vs. zentralem Blending/Lagerung**

5 Priorisierung

Ranking Top-5-Optionen unter verschiedenen Bedingungen

- Zwei Cluster erstellen für das **Szenario hohe SAF-Nachfrage und geringe SAF-Nachfrage**
- **Gesamtbewertungen** aggregieren und **Robustheit** testen mittels **Trade-off Analysen** (Kosten vs. Emissionen), **Pareto-Analysen** und **risikoadjustierter Machbarkeitsprüfung**
- Robustheit gegen saisonale Effekte und Engpässe bei Last-Mile (LKW/Flughafen).
- Detaillierte **CO₂-Bilanzierung**

Beschreibung

Automatisiertes multi-Kriterien Bewertungsmodell

Ko-Kriterien
(Schlüselfragen / zentrale Hürden)

Gewichtete **Bewertungsmatrix** mit Normalisierung

Szenario Matrix mit Sensitivitätsanalyse

Endranking-Dashboard und **Heat-Map** mit empfohlenen Top-SAF-Logistikkonzepten

Dimensionen und Kriterien der Bewertung

Jede Option wird in fünf Dimensionen bewertet – anhand quantitativer **und** qualitativer Kriterien:

I. Wirtschaftlichkeit

Kriterien	Metrik / Quelle
Transportkosten	Transportkosten (€/t SAF), je nach Transportmodus
Investitionskosten	Kosten für neue Infrastruktur und Anpassungen - CAPEX (€/t SAF)
Skalierungskostenfaktor	Kostenänderungen bei Skalierung von 40 → 200 kt/a

II. Synergien

Kriterien	Metrik / Quelle
Infrastruktur Komptabilität	Nutzung bestehender Pipeline-, Schienen-, Straßen- oder Lagerinfrastruktur
Verfügbarkeit von Blending-Kapazitäten	Eignung und Kapazität zentralisiert bei MIRO vs. dezentralisiert an Tanklagern bzw. an den Flughäfen
Lagerkapazitäten	Eignung und Kapazität bestehender Tanklager

III. CO₂-Bilanz und ökologische Nachhaltigkeit

Kriterien	Metrik / Quelle
CO ₂ -Bilanzierung (High-Level)	gCO ₂ -eq/MJ LHV (Methanol angeliefert, SAF-Produktion, Transport, Blending, Lagerung)
Emission nach Transportmodus	Spezifische CO ₂ -Äquivalent-Emissionen je Tonne SAF-Transport [kg CO ₂ eq/t/km], je Modus (in Kombination)
Reduktionspotential Transport-bedingter Emission	Gering (<1gCO ₂ /MJ) – Mittel (1-5gCO ₂ /MJ) – Hoch (>5gCO ₂ /MJ)

IV. Umsetzung und Risiken

Kriterien	Metrik / Quelle
Komplexität & Abhängigkeiten in der Umsetzung	Anzahl und Art erforderlicher Akteure für die Umsetzung (Flughäfen, Pipelinebetreiber, Behörden, etc.)
Vorlaufzeit für Infrastrukturbereitstellung	Zeit bis zur Betriebsbereitschaft (Monate) unter Berücksichtigung von Genehmigungs- und Bauzeiten, etc.
Genehmigungsrisiko & Akzeptanz	Wahrscheinlichkeit/Dauer/Komplexität der Genehmigungen abhängig vom Standorttyp sowie Akzeptanz/Zustimmungsbereitschaft bei verschiedenen Stakeholder-Gruppen (insb. Bevölkerung, Landeigentümer)
Zuverlässigkeit der Transportkette	Historische Ausfallraten und Wetterabhängigkeiten
Redundanz & Resilienz	Backup-Optionen, Netzwerkflexibilität

Dimensionen und Kriterien der Bewertung

Kriterium	LKW	Pipeline	Schiff (Binnenschiff/See)	Bahn
Transportkosten	Hoch (10–20 €/t pro 100 km)	Sehr niedrig (0,5–2 €/t pro 100 km)	Niedrig (2–6 €/t pro 100 km)	Mittel (5–10 €/t pro 100 km)
Saisonalität & Volatilität	Gering (leichte Wintereffekte)	Keine	Hoch: Niedrigwasser im Sommer & Eis im Winter → Kosten können bis zu 10x steigen , Versorgungsunterbrechung möglich	Mittel: wetterbedingte Störungen möglich, aber kalkulierbar
Investitionskosten (CAPEX)	Niedrig (0,3–1 Mio. €/Terminal)	Sehr hoch (0,7–2 Mio. €/km + 5–15 Mio. €/Terminal)	Hoch (3 – 20 Mio. €/Hafenanlage)	Hoch (5–13 Mio. €/Gleisanschluss & Terminal)
Skalierungskostenfaktor	Kaum Skaleneffekte, linear	Sehr stark, Kosten sinken bei Volumen	Gut skalierbar (100–300 kt/a)	Mittel, gute Skalierung ab 100 kt/a
Infrastrukturkompatibilität	Universell, überall nutzbar	Nur mit existierenden Leitungen	Häfen & Wasserstraßen notwendig	Nur an Standorten mit Schienenanschluss
Blending-/Lagerkapazität	Dezentral, flexibel	Zentral, Pipeline-Knoten	Hafen-Tanklager nötig	Gleisanschluss mit Tankfarm
CO ₂ -Emissionen pro g/t-km	Hoch (55–85 g/t-km) bei Elektro-/Wasserstoff-LKW: Niedrig (~5 g/t-km)	Sehr niedrig (5–15 g/t-km)	Niedrig–Mittel (5–35 g/t-km)	Mittel (20–30 g/t-km); bei elektrifizierter Bahn: Niedrig (~5–10 g/t-km)
Reduktionspotenzial Transportemissionen	Diesel: gering E/H ₂ -LKW: hoch	Sehr hoch	Mittel	Diesel-Lok: mittel Elektrisch: hoch
Komplexität Umsetzung	Gering (sofort nutzbar)	Sehr hoch (Planung, Genehmigung, Bau)	Mittel (abhängig von Hafeninfrastruktur)	Hoch (Genehmigungen, Slots, Betreiber)
Vorbereitungszeit	Kurz (Monate)	Sehr lang (10+ Jahre)	Lang (5-10 Jahre)	Lang (5-10 Jahre)
Zuverlässigkeit	Hoch, aber wetter- & stauanfällig	Sehr hoch, kontinuierlich	Mittel (wasserstandsabhängig)	Hoch, aber fahrplanabhängig
Resilienz / Backup	Sehr flexibel	Gering (monolithisch)	Mittel	Mittel

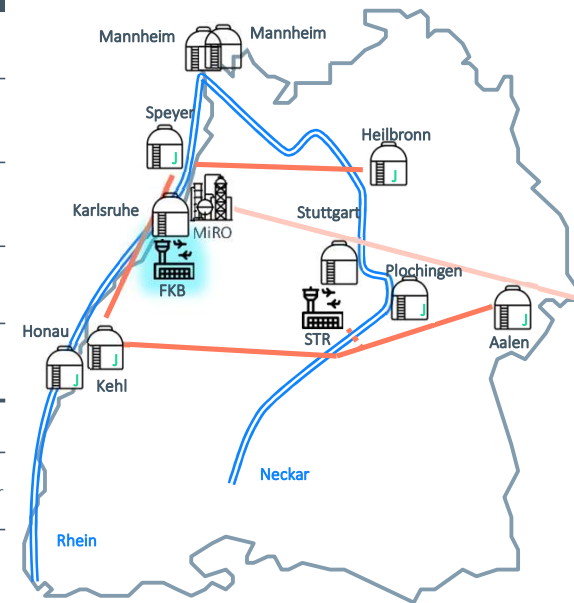
Blending- und Logistik-Hubs: Kapazitäten und Skalierungspotenziale

Standort	Anbindungen	Tankkapazität (m³)	Aktuelle Rolle (Jet A-1/SAF)	Skalierbarkeit (40 → 200 kt/a SAF)	Nachfragesteigerung (1 % bis 3 % p.a.)	Indikativer CAPEX (Mio. €)	Kritische Anmerkungen
Mannheim I	LKW / Schiene / Schiff	~40.000 m³	Lagerung/Blending; kein direkter Airport-Link	40 → 200: kein direkter Einfluss, außer Blending würde hierhin verlagert	Minimal – Nachfragewachstum an anderen Standorten	1-2	Rhein- und Neckar-Anbindung; potenzieller regionaler SAF-Hub
Mannheim II	LKW / Schiene / Schiff	~90.000 m³	Lagerung/Blending	40 → 200: kein Einfluss, außer SAF-Blending findet hier statt	Minimal	1-3	Gemeinsame QC- und Additivierungsmöglichkeiten
Mannheim III	LKW / Schiene / Schiff	~220.000 m³	Lagerung/Blending	40 → 200: kein Einfluss, außer SAF-Blending findet hier statt	Minimal	1-3	Redundanz innerhalb des Mannheim-Clusters
Speyer	LKW / Schiene / Schiff	~813.000 m³	Liefert heute ~5 % von STR	40 → 200: unbeeinträchtigt (keine große Blendingrolle heute)	1 %: gering • 3 %: höhere STR-Flüsse per Straße	3-8	Gute Resilienz; weniger Niedrigwasser-Risiko als am oberen Neckar
Heilbronn	LKW / Schiene / Schiff	~5.200 m³	Liefert heute ~55 % von STR	40 → 200: unbeeinträchtigt (keine Produktionsrolle)	1 %: moderat • 3 %: hoch (Versorgung STR)	8-15	Neckar-Tiefgang/Saisonalität; kritischer STR-Zulieferer
Plochingen	LKW / Schiene / Schiff	~84.900 m³	Liefert heute ~40 % von STR	40 → 200: unbeeinträchtigt	1 %: hoch • 3 %: sehr hoch (Versorgung STR)	5-10	Endpunkt Neckar; strategisch für STR-Last-Mile
Aalen	LKW (Schiene begrenzt)	~27.500 m³	Heute minimal	40 → 200: nicht relevant	Vernachlässigbar	< 1	Nur als Puffer nutzbar
Kehl	LKW / Schiene / Schiff	~32.900 m³	STR-Puffer / Export	40 → 200: unbeeinträchtigt	Niedrig-moderat (nicht zentral für STR/FKB)	5-8	Rhein-Tiefgangsvorteil; grenzüberschreitende Option
Karlsruhe (Hafen)	LKW / Schiene / Schiff	~211.000 m³	Nahe MiRO; Staging	40 → 200: unbeeinträchtigt (nur Überlaufrolle)	Minimal	2-3	Nützlich als Raffinerie-Überlauf
Honau	LKW	~245.000 m³	Gering	40 → 200: unbeeinträchtigt	Vernachlässigbar	< 2	Keine Schiene/Schiff; nur Nischenrolle
Stuttgart (Hafen)	LKW / Schiene / Schiff	~54.000 m³	Versorgt STR	40 → 200: unbeeinträchtigt	1 %: hoch • 3 %: sehr hoch	5-10	Nähe STR; starker Last-Mile-Hebel
STR Airport (Tanklager)	LKW (Hydrant), Schiene begrenzt	~4.500 m³	Direkte Flugzeugbetankung; BOOT bis 2037	40 → 200: unbeeinträchtigt (kein Mehrbedarf bei konstanter Nachfrage)	1 %: moderat • 3 %: hoch (mehr LKW, Tanks angespannt)	5-10	Segregation von SAF-Tanks treibt Capex stärker als Volumen
FKB Airport	LKW	~400 m³	Exklusive Versorgung durch Air BP	40 → 200: unbeeinträchtigt (nur Nachfrage relevant)	1 %: moderat • 3 %: hoch (sehr kleine Basis)	3-6	Wachstum stagniert nach ~5 Jahren; Last-Mile als Engpass
MiRO Raffinerie	LKW / Schiene / Schiff / (CEPS)	>3.900.000 m³	Regionales Zentrum; kein Jet A-1 seit 2006	40 → 200: direkter Einfluss – benötigt SAF-Tanks, Manifolds, Blending-Skids	Minimal (Flughafennachfrage beeinflusst Raffinerie nicht)	-	SAF-Skalierung betrifft MiRO-Infrastruktur, nicht Flughäfen

- **MiRO und der Blending-Standort** sind zentral für die **SAF-Skalierung** – Verfügbarkeit/Umwidmung von **Tanks und Umschlagseinrichtungen** entscheiden über die **Machbarkeit von 40 → 200 kt/a MtJ SAF**.
- **Airports** nur bei Nachfragewachstum betroffen – die **Infrastrukturbelastung** wird nicht durch SAF-Hochlauf alleine bedingt.
- **Heilbronn & Plochingen als kritische STR-Zulieferer** – Potenzielle Engpässe hier wirken sich unmittelbar auf die Flughafenversorgung aus.
- **Mannheim-Cluster als Puffer** – bietet Flexibilität, erfordert aber Integration in bisherige Transportoptionen und bei **höherem SAF-Anteil Anpassungen der Tank- und Blendinginfrastruktur**.

Lieferketten-Szenarien: MiRO → Flughäfen STR & FKB

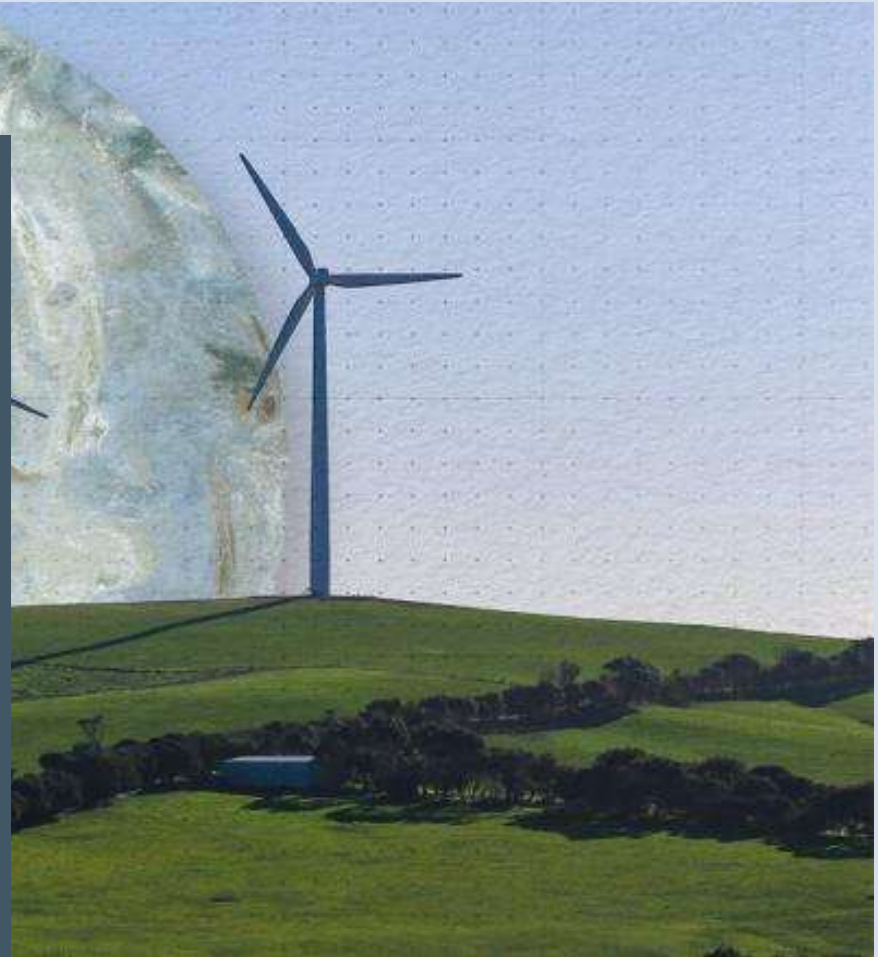
Route	Segmente	Distanz gesamt (km)	Emissionen gesamt (g CO ₂ e/t)	OPEX (€/t)	Anmerkungen	Risiko
MiRO → STR (LKW)	MiRO→STR LKW (89 km)	89 km	5,561 (eLKW: 445)	14 (eLKW: 14–18)	Einfach, flexibel	✓ Mittel (Stau/Wetter)
MiRO → STR (Schiene + LKW)	MiRO→Stuttgart Hafen Schiene (110 km) + Hafen→STR LKW (5–10 km)	~120 km	3,200 (eLKW: 2800)	15.8	Bulk per Schiene, kurzer Last-Mile	✓ Niedrig
MiRO → Plochingen (Schiene) → STR (LKW)	MiRO→Plochingen Schiene (137 km) + Plochingen→STR LKW (20 km)	157 km	4,279 (eLKW: 3100)	19.58	Rail-Hub mit kurzem LKW	✓ Niedrig–mittel
MiRO → Hafen Stuttgart (Wasser) → STR (LKW)	MiRO→Hafen Stuttgart Wasser (202 km) + Hafen→STR LKW (16 km)	218 km	7,519 (eLKW: 6100)	21,17	Voller Binnenschiffsweg bis Stadt-Hafen; dann kurze LKW-Rampe	⚠ Saison-/Pegelisiko; logistisch stimmig (kein „6 km-Schiff“)
MiRO → STR (Pipeline)	MiRO → STR (Pipeline, ~90–100 km)	~90–100 km	~300–800	~5–8 (geschätzt)	Erfordert CEPS-Anschluss + Flughafen-Tankfarm-Integration	✗ Hoch in CAPEX; langfristig stabilste Option
MiRO → FKB (LKW)	MiRO → FKB (LKW, 49 km)	49 km	3,093 (eLKW: 250)	9,16	Blending an MiRO; direkte Zustellung	✓ Niedrig; sehr flexibel, höhere Emissionen
MiRO → Baden-Oos (Schiene)	MiRO → Baden-Oos/Rastatt (Schiene, ~40 km) + Baden-Oos → FKB (LKW, ~12 km)	~52 km	~1.860 (eLKW: 1180)	~14,96	Rail-Bulk bis Baden-Oos/Rastatt, kurzer LKW-Transport; Blending an MiRO	✓ Niedrig–mittel; gute Resilienz, CO ₂ deutlich unter LKW-direkt
MiRO → Kehl/Strasbourg (Schiene) → FKB (LKW)	MiRO → Kehl/Strasbourg (Binnenschiff, 67–117 km) + Kehl → FKB (LKW, ~31 km)	~100–150 km	~4.200–4.700 (eLKW: ~3000)	~19–20	Schiffstransport bis Rheinhafen, letzter Abschnitt per LKW; Blending an MiRO	⚠ Mittel; saisonale Risiken (Niedrigwasser, Eis)
MiRO → FKB (Pipeline)	MiRO → FKB (Pipeline, ~50–60 km)	~50–60 km	~200–500	~5–8	Erfordert CEPS-Anbindung und neue Infrastruktur	✗ Hoch in CAPEX; langfristig stabilste Option



- Kurzfristig bleibt die LKW-Belieferung die pragmatischste Lösung, während mittel- bis langfristig Schiene und Pipeline die robustesten und emissionsärmsten Optionen darstellen.
- Binnenschiff bietet Potenzial für hochvolumige Transporte, ist jedoch saisonabhängig – für Versorgungssicherheit müssen Schiene- und Pipeline-Anbindungen priorisiert werden, wobei an beiden Flughäfen die Tanklager noch nicht an das Schienennetz angeschlossen sind, sowie eine Pipeline-Erschließung hohe Hürden insbesondere hinsichtlich Genehmigung birgt.

Agenda

Einführung – Ziele, Übersicht der Arbeitspakete	01
Ergebnisse zum Arbeitspaket 1	02
Ergebnisse zum Arbeitspaket 2	03
Ergebnisse zum Arbeitspaket 3	04
Ergebnisse zum Arbeitspaket 4	05
Ausblick und Empfehlungen	06

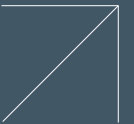


Übersicht der bearbeiteten Ziele im Arbeitspaket 2

AP2	Thema	Fragen
2.1	Recherche der Akteure	Wer überwacht die Einhaltung der Normen?
2.1	Recherche der Akteure	Wer ist von den technischen, personellen, rechtlichen und organisatorischen Voraussetzungen in der Lage, die Abmischung und die Qualitätssicherung für Jetfuel-Blends zu übernehmen?
2.1	Recherche der Akteure	Wer übernimmt die Meldung der Mengen Richtung Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Nabisy-Eintrag?
2.2	Recherche der Anforderungen	Welche Anforderungen an die Qualitätssicherung von Kerosin bzw. MtJ Jetfuel gibt es heute (AtJ-SPK Annex 5)? Welche Entwicklungen sind zukünftig absehbar?
2.3	Identifikation kritischer Parameter	Welche Parameter sind kritisch bzgl. Grenzen der Blendbarkeit, maximaler Beimischungsmengen?
2.4	Konzept produktionsnahe Qualitätssicherung	Welche Parameter können/sollten bereits während der Produktion bzw. beim Downstream processing innerhalb der MiRO überwacht werden, wie sehen die entsprechenden Methoden aus?

2.1 Recherche der Akteure

- Wer überwacht die Einhaltung der Normen?
- Wer ist von den technischen, personellen, rechtlichen und organisatorischen Voraussetzungen in der Lage, die Abmischung und die Qualitätssicherung für Jet Fuel-Blends zu übernehmen?
- Wer übernimmt die Meldung der Mengen Richtung Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Nabisy-Eintrag?



Flugkraftstoff-Logistikkonzepte – Einführung

Die Handhabung von Flugkraftstoffen unterliegt strengen Vorschriften hinsichtlich Kraftstoffqualitätsstandards und -garantien, um Sicherheit und Kompatibilität zu gewährleisten.

Vorteile der Regulierung

- **Sicherheit:**
Eine gleichbleibende Kraftstoffqualität ist entscheidend für die Sicherheit des Personals und der Passagiere.
- **Globale Kompatibilität:**
Häufig über eine global gemeinsam genutzte Infrastruktur bereitgestellt, die standardisierte Verfahren erfordert.
- **Verantwortlichkeit:**
Standardisierte Verfahren ermöglichen die Rückverfolgbarkeit im Falle eines Sicherheitsvorfalls, um die Haftung zu bestimmen.

Qualitätsstandard

- Angabe, welche Qualitätsanforderungen erfüllt werden müssen.
- Spezifische Angaben zur Sicherstellung der Gebrauchstauglichkeit
- Die am häufigsten verwendeten Normen:
 - **ASTM:** American Society for Testing and Materials
 - **DefStan:** Britische Verteidigungsstandards
- Auf Länderebene gibt es weitere Standards.
- *Welche Standards gelten, hängt vom Flughafen und dem Land ab, in das der Treibstoff geliefert wird.*

Qualitätssicherung

- Angabe, wie die Kraftstoffqualität sichergestellt wird.
- Verfahren zur Handhabung, Überwachung und Bewertung der Kraftstoffqualität
- Die weltweit gängigsten Richtlinien;
 - **JIG:** Joint Inspection Group
 - **EI:** Energy Institute (Energy Institute)
- Es gibt weitere globale und nationale Leitlinien.
- *Welche Richtlinien gelten, hängt vom Flughafen und dem Land ab, in das der Treibstoff geliefert wird.*

Übersicht Flugturbinenkraftstoffe und Standards



	ASTM	Def Stan	Gefrierpunkt	Flammpunkt	Bemerkung
Jet A-1	D1655	91-091	< -47°C	> 38°C	> 70 % Marktanteil global
Jet A			< -40°C	> 38°C	Dominant in Nordamerika

ASTM D1655 <i>Jet A/A-1</i>	Standard Specification for Aviation Turbine Fuels Maßgebliche <i>Norm</i> für Kerosin-basierte Flugturbinenkraftstoffe, legt die Mindestanforderungen und zulässigen Additive für Jet A und Jet A-1 fest.
ASTM D7566 <i>SBC / SAF</i>	Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons Definiert die Anforderungen für Flugturbinenkraftstoffe mit <i>synthetischen</i> Kohlenwasserstoffen, insbesondere für „Drop-in“-Kraftstoffe, die mit konventionellem Jet Fuel kompatibel sind.
ASTM D4054 <i>Neue Pfade</i>	Standard Practice for Evaluation of New Aviation Turbine Fuels and Fuel Additives Standardverfahren zur <i>Bewertung</i> neuer Flugturbinenkraftstoffe und Additive hinsichtlich ihrer Sicherheit, Leistung und Kompatibilität mit bestehenden Luftfahrtsystemen.

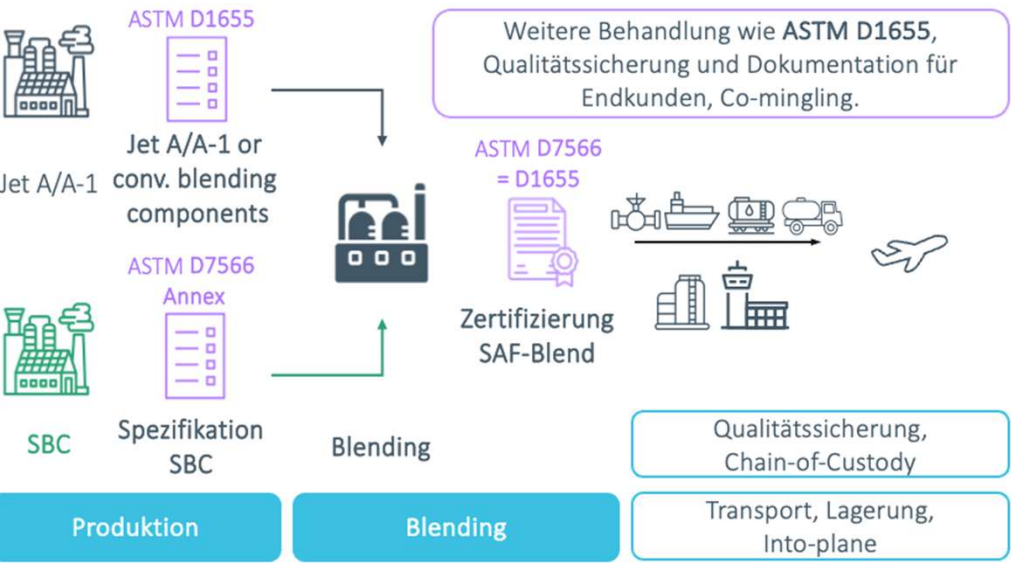
ASTM D1655 Jet A-1 Auszug:	
Freezing point	-47 °C (max)
Flash point	38 °C (min)
Boiling point T10	205 °C
Boiling point max	300 °C
Density	775-840 kg m ⁻³
Lower Heating Value	42.8 MJ kg ⁻¹
Aromatic Content	25 vol% (max)
Viscosity	8.0 mm ² /s
Additive:	Antioxidantien, Antistatika, Korrosionsschutz, Frostschutz, Biozide, Metalldeaktivatoren

JIG AFQRJOS <i>Qualitätssicherung</i>	Aviation Fuel Quality Requirements for Jointly Operated Systems Gemeinschaftlich abgestimmte Qualitätsanforderungen („Check List“) für Jet A-1, die die Spezifikationen DEF STAN 91-091 und ASTM D1655 zusammenführen und mindestens deren strengste Vorgaben widerspiegeln. Mindeststandard für Kraftstoffe in gemeinsam betriebenen Flughafensystemen (Jointly Operated Systems) und der CEPS. Daneben gibt es weitere etablierte Standards wie JIG 1530.
--	---

ASTM D7566 Jet A/A-1 mit synthetischen Komponenten (SAF)



- Gilt am **Punkt der Batch-Entstehung**. Nach Freigabe gemäß D7566 gilt der Kraftstoff als ASTM D1655 (**kein Doppeltest**; spätere Rezertifizierung nach D1655).
- Definiert zugelassene SAF-Pfade** (Annexe) und deren typische Blendobergrenzen:
FT-SPK (A1) 50 %, HEFA-SPK (A2) 50 %, SIP (A3) 10 %, FT-SPK/A (A4) 50 %, ATJ-SPK (A5) 50 %, CHJ (A6) 50 %, HC-HEFA (A7) 10 %, ATJ-SKA (A8) 50 %.
- Tabelle 1: Mindest-/Höchstwerte** z.B. Dichte 775–840 kg/m³, FP ≤ −40/−47 °C, bei SAF-Blends Mindestanteil an Aromaten zur Materialverträglichkeit.
- Additivliste** und Dosiergrenzen (z. B. Antioxidantien, Metalldeaktivator, FSII, SDA, Biocide) sind spezifiziert.
- Besondere Prüfanforderungen:** thermische Stabilität, Gefrierpunkt, Destillation, Viskosität, Destillationsverhalten, Mindestaromatenanteil.
- Die Material-/Herstellkapitel der **Annexe** beschreiben Feedstocks und Prozessketten, sowie zusätzliche Grenzen (z. B. Spurenmetalle, Halogene, Wasser, Stickstoff).



Eigenschaft	Anforderung	Prüfmethode(n)
Acidity, total mg KOH/g	max 0.10	D3242 / IP 354
Aromatics, vol %	max 25 %	D1319 / IP 156 / D6827 / D8059
Sulfur, total mass %	max 0.30 %	D1266, D2622, D3246, D5453 / IP 336
Distillation (10 % rec. temp)	max 205 °C	D86 / IP 406 / D7344 / D7345 / IP 123
Distillation (fin. boiling point)	max 300 °C	D86 / IP 406 / D7344 / D7345 / IP 123
Flash point (°C)	min 38 °C	D56 / D3828 / D7236 / IP 170 / IP 523 / IP 534
Density at 15 °C (kg/m³)	775 – 840	D1298 / IP 160 / D4052 / IP 365
Freezing point (°C) (Jet A-1)	max −47 °C	D5972 / IP 435 / IP 529 / D7153 / IP 528 / D2386 / IP 16
Viscosity (−20 °C)	max 8.00 mm²/s	D445 / IP 71 / D7042 / D7945
Net heat of combustion	min 42.8 MJ/kg	D4529, D3338, D4809 / IP 12
Copper strip corrosion	max No. 1	D130 / IP 154
Thermal stability (JFTOT, Filter Pressure Drop)	max 25 mm Hg; tube rating ≤ 3 (no peacock deposits)	D3241 / IP 323
Existent gum (mg/100 mL)	max 7	D381 / IP 540
Lubricity (Wear scar at 25 °C)	max 0.85 mm	D5001

Optionen und potenzielle Blending Standorte für SBC und fossilem Jet zu SAF

Rolle 1 – Blending @ MiRO

- **Eigene** Blending Infrastruktur bei MiRO
- Import oder Eigenproduktion von **fossilem Jet**
- **Inverkehrbringung** von Jet

Rolle 2 – Blending @ Tanklager

- SBC an Tanklager
- Zukauf oder Eigenproduktion von **fossilem Jet**
- **Inverkehrbringung** von Jet

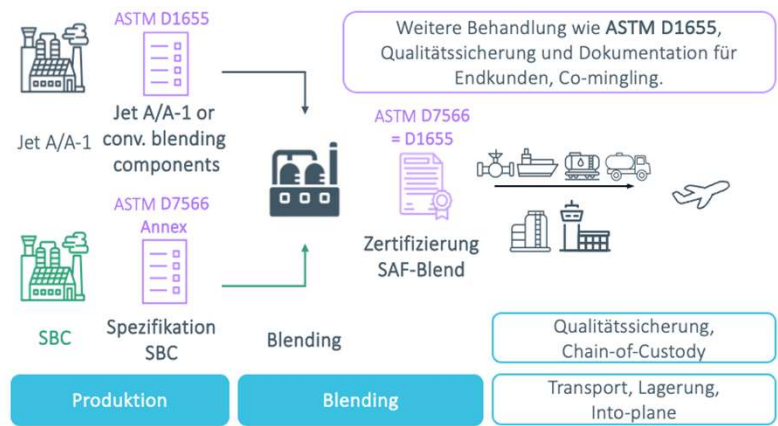
Rolle 3 – Nur SBC-Produktion³

- SBC an Inverkehrbringer (Raffinerie, Tanklager)
- **Keine** eigenen fossile Jet und Blending Kapazitäten
- **Keine** Inverkehrbringung von Jet

Ort	Betreiber	Kapazität /m ³	Jet	Blending ¹	SAF	Anbindung	Kommentierung
Mannheim		89.708	✓	✓	✓		Anbindung Rhein + Neckar
Mannheim		223.746	✓	✓	✓		Anbindung Rhein + Neckar
Speyer		813.242 ≥ 50% Jet	✓	✓	✓		Anteil von 5 % der STR Versorgung
Plochingen		84.900 ≥ 50% Jet	✓	✓	✓		Anteil von 40 % der STR Versorgung
Karlsruhe		211.089	✓	✓	✓		In Nähe zu MiRO und FKB, kein Jet A-1
Honau		245.412	✓	✓	✓		Rhein-Anbindung
MiRO		3,9 Mio	✓	✓	✓		Zurzeit kein Jet A-1

- Von den sieben identifizierten Standorten in BaWü führen drei **Jet Fuel**.
- Ein Standort (TanQuid Speyer) hat **SAF-Blending** Kapazitäten bereits aufgebaut.
- Alle drei Tanklagerbetreiber haben **SAF Expertise** im Unternehmen und Expertise mit dem **Blending** von Kraftstoffen.

Qualitätssicherung eines ASTM zertifizierten Jet A/A-1



Auszug Akkreditierte Labore:

Norm/Standard/Zertifikat	Inhalt
Certificate of Quality (CoQ)	(ASTM D1655-)Konformitätsnachweis für jeden Batch (Für SAF inkl. SBC und CBC Dokumente, die für den Blend verwendet wurden)
Certificate of Analysis (CoA)	Prüfergebnisse gemäß (ASTM D1655) Table 1
EI/JIG 1530	Standards für ges. Lieferkette: Design, Betrieb, Qualitätsprüfung, Dokumentation
+ EI 1533	Qualitätssicherung für syntetische Blending Komponenten
API1543 / API1595	Richtlinien für Lager-, Pipeline- und Tankqualitätskontrolle
JIG AFQRJOS Check List	Zusätzliche Prüfmethode und Handhabungsvorgaben

Thorsten Luft (Ex Air bp & Lufthansa)
Nach dem Blending wird das Produkt nach den Joint Inspection Group (JIG) überprüft. Ab diesem Zeitpunkt gilt es als Jet Fuel, unabhängig vom SAF-Anteil.



- Weltweite Non-Profit-Organisation, 1970er Jahren gegründet, Entwicklung vereinheitlichter Standards für gesamtes Luftfahrttreibstoff-Lieferkettenmanagement.
- 2750 JIG-Mitgliedsbetriebe, die JIG-Standards einhalten, liefern ca. 45 % des weltweiten Flugkraftstoffs
- Inspektionen an gemeinsamen Betankungsanlagen, um sicherzustellen, dass die Standards eingehalten werden.



EI/JIG 1530

Verbindliche Anforderungen und empfohlene Verfahren:

- Herstellung von Flugkraftstoff (Jet A-1, Avgas, SAF)
- Qualitätssicherung: Probenahme & Laboranalysen
- Lagerung in Tanklagern (inkl. Design, Wartung, Drainage)
- Transport per Schiff, Pipeline, Bahn, Straße oder Container
- Dokumentation & Rückverfolgbarkeit jeder Kerosin Charge
- Sicherheits- und Umweltaspekte (HSSE)
- Additive und Mischprozesse

Qualitätsprüfung am Flughafen:

- Jede Anlieferung wird überprüft: Sichtprüfung, Wasserdetektor, Dichte;
- Nach Absetzzeit: Sichtprüfung, Wasserprobe und Leitfähigkeitsmessung;
- Bei Einlagerung: Millipore-Test (Verunreinigung durch Farbabgleich)
- Tankwagen werden täglich geprüft
- Kerosin durchläuft bei der Einlagerung, bei der Auslagerung und beim Kunden am Tankwagen jeweils zwei Filterstufen.

Auszug des Analysezettels am FKB

Auftraggeber: TanQuid Speyer GmbH & Co. KG		Herkunft: Tanklager Speyer		Tank Nr.: 1509	
Batch-Nr.: SP 668		Batch-Nr.: 203.452		Probe Nr.: 3672, 3673, 3674	
PL-Nr.: 3 x ca. 2,0 l		Probeneingang: 01.09.2025		Probeneingang: 01.09.2025	
Property		Methods	Dimensions	Limits	Results
Appearance		ASTM D 156:2015		visually clear, bright and free from matter and undissolved water	klar, frei von separiertem Wasser und frei von Feststoffen
Colour Saybolt		ASTM D 156:2015		Report	+24
COMPOSITION		ASTM D 3242:2023		mg KOH/g	0,001
Total Acidity		ASTM D 1319:2020		% (V/V)	max 25,0
Aromatics		ASTM D 6379:2021		% (V/V)	max 26,5
OR Total Aromatics		ASTM D 2622:2024		% (m/m)	max 0,30
Sulfur, Total		ASTM D 3227:2024		% (m/m)	max 0,0030
Sulfur, Mercaptan		ASTM D 4952:2023		% (m/m)	negative
OR Doctor Test		ASTM D 4952:2023		% (m/m)	positive
VOLATILITY		ASTM D 86:2023		°C	Report
Distillation		ASTM D 86:2023		°C	Report
Initial Boiling Point		ASTM D 86:2023		°C	Report
10 % vol. recovered at		ASTM D 86:2023		°C	Report
50 % vol. recovered at		ASTM D 86:2023		°C	Report
90 % vol. recovered at		ASTM D 86:2023		°C	Report
End Point		ASTM D 86:2023		°C	Report
Residue		ASTM D 86:2023		% (V/V)	max 300,0
Loss		ASTM D 86:2023		% (V/V)	max 1,5
Flash Point		IP 170:2021		°C	min 38,0
Density at 15 °C (o/m/w/0)		ASTM D 4052:2022		kg/m³	775,0-840,0
FLUIDITY		ASTM D 4052:2022		kg/m³	791,5/791,7/791,7

Empfehlungen der EASA in Zusammenhang mit SAF-Spezifikationen



Kraftstofflieferanten und Blend-Infrastruktur

- Durchführung von **Audits** bei SATF-/SBC-Lieferanten, insbesondere bei neuen Marktteilnehmern.
- **Stärkung der Qualitätskontrollprozesse** beim Blending, um sicherzustellen, dass alle SBC- und SATF-Produkte die relevanten Spezifikationen (z.B. DefStan 91-091, ASTM D7566, ASTM D1655) erfüllen.
- Die Kraftstoffqualitätszertifizierung von SBC/SATF sollte von **unabhängigen Laboren** durchgeführt werden, die für SBC-/SATF-Tests vollständig und auf aktuellem Stand ausgestattet sind. Die Labore sollten die Anforderungen von EI/JIG-1530 erfüllen.
- Sicherstellung der **Einhaltung der Qualitätssicherungsanforderungen** von EI/JIG 1530 und EI 1533 für den Umgang mit SATF/SBC.
- Einhaltung von EI/JIG 1530, EI 1533 und DefStan 91-091 (das Mischen muss außerhalb des Flugplatzes durchgeführt werden)
- Einhaltung der **Rückverfolgbarkeitsanforderungen** von DefStan 91-091 für SBC/SATF.
- **Schulungen** zur Qualitätssicherung für SATF/SBC für Personal, das mit der Handhabung, dem Mischen und der Verwaltung von Kraftstoffen befasst ist.

Lagerung und Transport Organisationen

- Verfahrensüberprüfung und ggf. –anpassung zur **Sicherstellung**, dass **unkontaminierter Kraftstoff** mit den **richtigen Spezifikationen** an die Kraftstoffdepots der Flugplätze geliefert wird, einschließlich der Qualitätssicherungsanforderungen für SATF (z.B. JIG1,2,4, EI 1533).
- Sicherstellen, dass das **Personal** ausreichend **qualifiziert und geschult** ist und mit den neuesten Verfahren zur Qualitätssicherung von Kraftstoffen vertraut ist.
- Durch das **Sicherheitsmanagementsystem** die **Sicherheitsrisiken identifizieren**, bewerten und mindern, die mit kontaminiertem und nicht spezifikationsgemäßem Kraftstoff verbunden sind.

DefStan 91-091 schreibt vor, dass die Beimischung vor dem Kraftstofflager des Flughafens erfolgen muss. **Nur zertifizierter Flugturbinenkraftstoff darf an den Flughafen geliefert werden**, außer in der Einführungsphase, in der es sich um geringe Mengen handelt (z. B. nicht mehr als die Kapazität von ein oder zwei Tankwagen).

Flughafenbetreiber

- Überprüfung gemäß ADR.OPS. B.055 und den zugehörigen AMC/GM der Verordnung (EU) Nr. 139/2014 der Kommission, ob **Organisationen**, die an der **Lagerung und Abgabe** von Flugkraftstoff beteiligt sind, über **Verfahren verfügen**, die sicherstellen, dass nur **unkontaminierter Kraftstoff** mit den richtigen Spezifikationen geliefert wird, insbesondere im Hinblick auf eine wirksame Qualitätssicherung für SATF, beispielsweise gemäß JIG1,2,4, EI 1533.
- Sicherstellen, dass **Mischvorgänge nicht auf dem Flugplatz** durchgeführt werden (gemäß DefStan 91-091).
- Sicherstellen, dass **Verträge mit Betreibern von Kraftstofflagern** auf Flughäfen Anforderungen zur Einhaltung der Qualitätssicherungsstandards JIG1,2,4, EI/JIG 1530 und EI 1533 enthalten.
- **Sensibilisierung** der an der Lagerung und Abgabe von Flugkraftstoff beteiligten Organisationen (einschließlich Bodenabfertigungsorganisationen, die Betankungs- und Entleerungsdienste anbieten) und Luftfahrzeugbetreiber für Sicherheitsrisiken und die Minderung von Sicherheitsrisiken durch Kraftstoff, der nicht den Spezifikationen entspricht.

ReFuelEU Aviation und Renewable Energy Directive als Grundlage



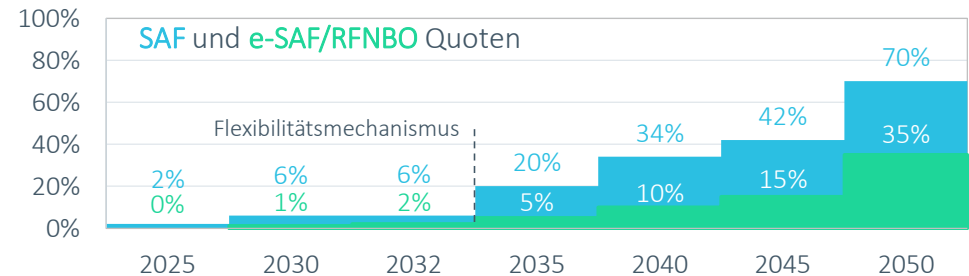
Renewable Energy Directive RED II/III

Referenzwert fossiler Treibstoff	94,0	gCO ₂ eq / MJ
Bio -Treibstoff	32,9	-65%
Renewable fuel of non-biological origin RFNBO	28,2	-70%

$$E_{\text{Gesamtemissionen}} = e_{\text{Input}} + e_{\text{Prozess}} + e_{\text{Transport}} + e_{\text{Verbrennung}} - e_{\text{CCS Gutschrift}}$$

- **Feedstocks und Herstellung** von RFNBOs und fortschrittlichen Biokraftstoffen müssen den Vorgaben für erneuerbaren Strom nach Art. 27 RED II/III erfüllen bzw. nach Anhang IX Teil A entsprechen.
- **Zulässige Kohlenstoffquellen** für die Herstellung von e-SAF:
 - Direkte Luftabscheidung
 - Biogenes CO₂
 - Industrielle Punktquelle (bis 2041)
- **Methode zur Berechnung** von Treibhausgasemissionen ist im Delegierter Rechtsakt zur Berechnung von Treibhausgasemissionen gemäß Art. 28 RED II geregelt.
- **Meldung an UDB** der Feedstock Herkunft und Menge, Herstellungsweg, Zertifikat; durch Produzenten, Händler, Blender, Importeure.

ReFuelEU Aviation



Union Database (UDB)

- Gemäß Art. 28 der Richtlinie (EU) 2018/2001 **RED II** zur **Rückverfolgbarkeit** von **Transportkraftstoffen** entwickelt, durch DG ENER betrieben.
- **Ziel: Transparenz** über Rohstoffe, Mengen und Nachhaltigkeits-zertifikate in der gesamten EU, Doppelzählung verhindern.
- **Verpflichtung zur Dateneingabe:** Produzenten, Händler, Verarbeiter, Importeure und Inverkehrbringer. Die Datenerfassung beginnt beim ersten Erfassungspunkt (z. B. Rohstoffsammler) und endet beim Inverkehrbringen.
- Endnutzer (z. B. Airlines) melden keine Transaktionen nach RED II, sondern Verbrauchsdaten nach **ReFuelEU Aviation** (EU) 2023/2405.
- **Startzeitpunkt**, ab dem alle wirtschaftlichen Akteure die UDB verpflichtend nutzen müssen, noch **nicht abschließend festgelegt**. EU-Kommission arbeitet derzeit an Koordinierung mit Mitgliedstaaten.

Verantwortlichkeiten der verschiedenen Akteure (ReFuelEU) 1/2



Kraftstofflieferanten

- **Sicherstellung der Quoten an jedem Unionsflughafen**
- Jährliche Meldung in die **Unionsdatenbank**:
 - gelieferte Mengen
 - SAF-Herstellungsverfahren
 - Rohstoff, Lebenszyklus-Emissionen
 - Schwefel- und Aromatengehalt
- Weitergabe geprüfter und korrekter Informationen an Betreiber und Behörden.
- Ausgleich von Defiziten in den Folgejahren und Zahlung von Geldstrafen bei Nichteinhaltung.
- Grundlage: Artikel 4, 9 und 12 ReFuelEU Aviation.



Flughafenbetreiber (Union Airports)

- Ermöglichung des **Zugangs** zu Kraftstoffen mit den vorgeschriebenen SAF-Anteilen (Infrastruktur, Logistik, Zusammenarbeit mit Lieferanten).
- **Meldung** von Zugangsprobleme zu SAF bei Betreibern Behörden
- Kooperation mit Lieferanten, Kraftstoff-Händlern und Anlagen-Betreibern, um **SAF-Zugang sicherzustellen**.
- Können mit Bußgeldern belegt werden, wenn sie keine notwendigen Maßnahmen ergreifen.



Luftfahrtunternehmen (Aircraft Operator)

- Aufnahme von mind. **90% des jährlich benötigten Kraftstoffs** an Unionsflughäfen (Tankering-Verbot).
- Direkte Versorgung von Produzenten/Händlern zulässig (**ASTM-zertifiziertes Drop-in-SAF**).
- Jährliche Meldung in die **Unionsdatenbank** mit: Gesamtmenge des getankten Kraftstoffs je Flughafen, SAF-Einkäufe (Lieferant, Typ, Rohstoff, Lebenszyklus-Emissionen), nicht getankte Mengen, Flüge+Stunden.
- SAF darf nicht doppelt in verschiedenen THG-Systemen geltend gemacht werden (EU ETS, CORSIA etc.).
- Können Ausnahmen beantragen bei technischen Betankungsproblemen oder unverhältnismäßigen Kosten.
- Zahlen Geldstrafen bei ungerechtfertigtem Tankering oder Nichteinhaltung.



Exkurs: Inverkehrbringer

§ 37a BImSchG regelt Pflichten für Inverkehrbringer von Kraftstoffen, der nach § 2 Abs. 2 Satz 1 Nr. 3 Energiesteuergesetz (EnergieStG) zu versteuern oder nach § 27 Abs. 2, Abs. 3 EnergieStG steuerbefreit ist. Der Inverkehrbringer von Jet A-1 in Deutschland ist im Regelfall das **Mineralölunternehmen/der Importeur** bzw. der **Steuerlagerinhaber**, der den Kraftstoff erstmals (nach Entnahme aus dem Steuerlager oder Überlassung in den freien Verkehr) an Dritte in Deutschland abgibt. Am Flughafen ist das der **vertragliche Lieferant** (Supplier of record); der Into-Plane-Dienstleister handelt im Auftrag.

Zusätzlich: Mitgliedstaaten / zuständige Behörden

- Mitgliedstaaten müssen eine **zuständige Behörde** benennen.
- Aufgaben: Überwachung, Prüfung der Datenmeldungen, Durchsetzung von Strafen.
- Soll sicherstellen, dass Einnahmen aus Bußgeldern **möglichst für SAF-Förderung oder Preisstützungsmaßnahmen** genutzt werden.

Verantwortlichkeiten der verschiedenen Akteure (ReFuelEU) 2/2



Aviation Fuel Supplier in Germany

BP EUROPA SE
CHINA AVIATION FUEL (EUROPE) LIMITEDS
DLH FUEL COMPANY MBH
ENILIVE DEUTSCHLAND GMBH
EUROPEAN AIR TRANSPORT LEIPZIG GMBH6
KUWAIT PETROLEUM AVIATION DEUTSCHLAND GMBH
MABANAFT DEUTSCHLAND GMBH
OMV DEUTSCHLAND MARKETING & TRADING GMBH & CO. KG
ROSNEFT DEUTSCHLAND GMBH
SHELL DEUTSCHLAND GMBH
TOTAL ENERGIES MARKETING DEUTSCHLAND GMBH
TRAMP OIL GERMANY GMBH
VARO ENERGY GERMANY GMBH

Union Airports in-scope for 2024 Reporting in Germany

EDJA	Allgäu
EDDB	Berlin Brandenburg
EDDW	Bremen
EDDK	Cologne-Bonn
EDLW	Dortmund-Wickede
EDDC	Dresden
EDDL	Düsseldorf
EDDF	Frankfurt am Main
EDFH	Hahn
EDDH	Hamburg
EDDV	Hannover
EDSB	Karlsruhe/Baden-Baden
EDDP	Leipzig-Halle
EDDM	München
EDDG	Münster/Osnabrück
EDLV	Niederrhein
EDDN	Nürnberg
EDDS	Stuttgart

Operator in-scope for 2024 Reporting (in Germany + Extract)

AEROLOGIC GMBH	EISELE FLUGDIENST	PROAIR AVIATION GMBH	TUI AIRLINES – JAF (Belgium)
AEROWAYS GMBH	EMIRATES INTL	QATAR AIRWAYS	KLM (Netherlands)
AEROWEST GMBH	ETIHAD AIRWAYS	SILK WAY AIRLINES	VUELING AIRLINES (Spain)
AIR ASTANA JSC	EURO LINK GMBH	SILK WAY WEST	AEGEAN AIRLINES (Greece)
AIR CANADA	EUROWINGS GMBH	SILVER CLOUD AIR	RYANAIR DAC (Ireland)
AIR CHINA CARGO CO., LTD	EW DISCOVER GMBH	SINGAPORE AIRLINES	RYANAIR UK LIMITED (UK)
AIR CHINA LIMITED	GERMAN AIRWAYS GMBH & CO. KG	SPREE FLUG LUFTFAHRT	WIZZ AIR HUNGARY LTD (Hungary)
AIR INDEPENDENCE	GERMANWINGS GMBH	STAR WINGS DORTMUND	ENTER AIR SP. Z O.O. (Poland)
AIR INDIA	HERON LUFTFAHRT GMBH	STATE ENTERPRISE ANTONOV	CORENDON AIR. EUROPE (Malta)
AIR SERBIA	HURKUS HAVAYOLU TASIMACILIK VE TIC A.S. (D.B.A. FREEBIRD AIRLINES)	DESIGN BUREAU	SWIFTAIR HELLAS (Greece)
AIR-TAXI EUROPE	ICELANDAIR	SUNDAIR GMBH	
ARCUS-AIR GMBH&CO.KG	KOREAN AIR LINES CO., LTD. SOUTH	SUNEXPRESS (GÜNES EKSPRES HAVACILIK A.S.)	
ASIANA AIRLINES SOUTH	KUWAIT AIRWAYS	SYLTAIR GMBH	
ATLAS AIR SERVICE AG	LUFTHANSA CARGO AG	THAI AIRWAYS INTERNATIONAL COMPANY LIMITED	
ATLAS AIR, INC.	MHS AVIATION GMBH	TUIFLY GMBH	
CATHAY PACIFIC	MNG HAVAYOLLARI VE TASIMACILIK A.S. (MNG AIRLINES)	TURKISH AIRLINES THY	
CONDOR FLUGDIENST GMBH	NATIONAL AIR CARGO GROUP INC	UNITED AIRLINES, INC.	
DAS PRIVATE JETS	OHLAIR	UNITED PARCEL SERVICE CO	
DC AVIATION GMBH	OMAN AIR	UZBEKISTAN AIRWAYS	
DELTA AIR LINES, INC.	PAD AVIATION SERVICE GMBH	VISTAJET GMBH	
DEUTSCHE LUFTHANSA AG	PEGASUS HAVA TASIMACILIGI A.S.	VOLKSWAGEN AIRSERV.	
DHL AIR LTD.	PRIVATE WINGS	WINDROSE AIR JETCHARTER GMBH	
EAT LEIPZIG GMBH			
EGYPTAIR			

Union Airport: Die RFEUA gilt für „Unionsflughäfen“ im Sinne von Artikel 3 Absatz 1. Dementsprechend gilt für die Zwecke der RFEUA ein Flughafen für einen bestimmten Berichtszeitraum (z. B. 2025) als Unionsflughafen, wenn er in der EU liegt – mit Ausnahme derjenigen, die in einer Region in äußerster Randlage liegen (Artikel 349 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (AEUV)) – und im vorangegangenen Berichtszeitraum (z. B. 2024) mehr als 800 000 Passagiere oder mehr als 100 000 Tonnen Frachtverkehr verzeichnet hat. Darüber hinaus haben Flughäfen, die (1) unter diesen Schwellenwerten liegen oder (2) in Regionen in äußerster Randlage liegen, die Möglichkeit, sich für den Anwendungsbereich der RFEUA zu entscheiden und somit für die Zwecke der RFEUA als Unionsflughäfen behandelt zu werden.

Reporting for RFEUA eligible aviation fuels - ReFuelEU UDB excel for 2024



Batch identifier	Indicate the unique code that allows to identify and trace the batch of RFEUA eligible aviation fuel. Usually the identifier in the relevant documentary evidence, such as the Proof of Sustainability.
Type of documentary evidence	Select the type of documentary evidence that demonstrates the compliance of the batch of RFEUA eligible aviation fuel with the relevant sustainability and GHG emissions savings criteria (e.g., Proof of Sustainability document, Proof of Compliance document).
Total amount of RFEUA eligible aviation fuel (in tonnes) (1)	Indicate the amount of RFEUA eligible aviation fuel (in tonnes) for the batch as stated in the documentary evidence (e.g., for blended SAF, this is the neat SAF portion certified as compliant with the sustainability and GHG emissions savings criteria).
Raw material / feedstock name	Indicate the name of the raw material / feedstock that the RFEUA eligible aviation fuel was produced from. Refer to the list for the UDB codes in the footnote below. (2)
Raw material / feedstock code	Indicate the Union Database code of the raw material / feedstock that the RFEUA eligible aviation fuel was produced from. Refer to the list for the UDB codes in the footnote below. (2)
Country of origin of the raw material / feedstock	Indicate the country of origin in which the raw material / feedstock was produced or generated, as stated in the documentary evidence.
Fuel conversion process	Select the conversion pathway used for producing the RFEUA eligible aviation fuel.
Category of RFEUA eligible aviation fuel	Select the category of RFEUA eligible aviation fuel (e.g., '[aviation] biofuels' for HEFA produced from used cooking oil).
Energy content of RFEUA eligible aviation fuel	Indicate the lower calorific value (e.g., 43) for the batch of RFEUA eligible aviation fuel.
Unit used for indicating energy content	Select the unit (MJ/kg or MJ/l) in which the energy content for the batch of RFEUA eligible aviation fuel is indicated.
Lifecycle emissions value (in gCO ₂ eq/MJ)	Indicate the lifecycle emissions value in gCO ₂ eq/MJ (e.g., 15) for the batch of RFEUA eligible aviation fuel, as stated in the documentary evidence.
Country of Union Airport	Select the country in which the Union Airport is located, to which the RFEUA eligible aviation fuel is supplied to and marked for final consumption (as usually indicated on the PoS or similar documentary evidence). Refer to the list in the footnote below. (3)
Name of Union Airport	Indicate the name of the Union Airport where the RFEUA eligible aviation fuel is supplied to and marked for final consumption (as usually indicated on the PoS or similar documentary evidence). Refer to the list in the footnote below. (3)
ICAO code of Union Airport	Indicate the ICAO code of the Union Airport where the RFEUA eligible aviation fuel is supplied to and marked for final consumption (as usually indicated on the PoS or similar documentary evidence). Refer to the list in the footnote below. (3)
Date of batch delivery to Union Airport	Indicate the date on which the batch of RFEUA eligible aviation fuel is supplied to the Union Airport and where it is marked for final consumption (as usually indicated on the PoS or similar documentary evidence). Indicate the date in the format [dd/mm/yyyy].
Comments by aviation fuel supplier (optional)	Use this column to provide any comment you deem relevant to consider regarding the batch of RFEUA eligible aviation fuel.

Reporting for RFEUA eligible aviation fuels - ReFuelEU UDB excel for 2024



Batch identifier	Indicate the unique code that allows to identify and trace the batch of RFEUA eligible aviation fuel. Provide documentary evidence, such as the Proof of Sustainability.	Fuel conversion process FT-SPK - ASTM D7566 A1 HEFA-SPK - ASTM D7566 A2 SIP - ASTM D7566 A3 FT-SPK/A - ASTM D7566 A4 ATJ-SPK - ASTM D7566 A5 CHJ - ASTM D7566 A6 HC-HEFA SPK - ASTM D7566 A7 ATJ-SKA - ASTM D7566 A8 Lipids Co-Processing - ASTM D1655 A1 FT Crude Co-Processing - ASTM D1655 A1 Hydroprocessed Lipids Co-Processing - ASTM D1655 A1
Type of documentary evidence	Select the type of documentary evidence that demonstrates the compliance of the batch of RFEUA eligible aviation fuel with sustainability and GHG emissions savings criteria (e.g., Proof of Sustainability document, Proof of Sustainability document, Proof of Sustainability document).	
Total amount of RFEUA eligible aviation fuel (in tonnes) (1)	Indicate the amount of RFEUA eligible aviation fuel (in tonnes) for the batch as stated in the documentary evidence. This is the neat SAF portion certified as compliant with the sustainability and GHG emissions savings criteria.	
Raw material / feedstock name	Indicate the name of the raw material / feedstock that the RFEUA eligible aviation fuel was produced from. Refer to the list of codes in the footnote below. (2)	
Raw material / feedstock code	Indicate the Union Database code of the raw material / feedstock that the RFEUA eligible aviation fuel was produced from. Refer to the list of codes in the footnote below. (2)	
Country of origin of the raw material / feedstock	Indicate the country of origin in which the raw material / feedstock was produced or generated, as stated in the documentary evidence.	
Fuel conversion process	Select the conversion pathway used for producing the RFEUA eligible aviation fuel.	
Category of RFEUA eligible aviation fuel	Select the category of RFEUA eligible aviation fuel (e.g., '[aviation] biofuels' for HEFA produced from used cooking oil).	
Energy content of RFEUA eligible aviation fuel	Indicate the lower calorific value (e.g., 43) for the batch of RFEUA eligible aviation fuel.	Category of RFEUA eligible aviation fuel
Unit used for indicating energy content	Select the unit (MJ/kg or MJ/l) in which the energy content is indicated on the PoS or similar documentary evidence.	[[ab]] 'advanced [aviation] biofuels' - Art 3(8)(a) [RED = Annex IX Part A] [[b]] '[aviation] biofuels' - Art 3(8)(b) [RED = Annex IX Part B] [[ob]] '[other aviation] biofuels' - Art 3(8)(c) [RED = Outside Annex IX, except for food and feed crops] [[rcf]] 'recycled carbon aviation fuels' - Art 3(9) [RED = recycled carbon fuels] [[sf]] 'synthetic aviation fuels' - Art 3(12) [RED = Renewable fuel of non-biological origin] [[rh]] 'renewable hydrogen for aviation' - Art 3(16) [RED = Renewable fuel of non-biological origin] [[slcf]] 'synthetic low-carbon aviation fuels' - Art 3(3) [[lch]] 'low-carbon hydrogen for aviation' - Art 3(19)
Lifecycle emissions value (in gCO₂eq/MJ)	Indicate the lifecycle emissions value in gCO ₂ eq/MJ (e.g., 15) for the batch of RFEUA eligible aviation fuel. Provide documentary evidence.	
Country of Union Airport	Select the country in which the Union Airport is located, to which the RFEUA eligible aviation fuel is supplied for consumption (as usually indicated on the PoS or similar documentary evidence). Refer to the list in the footnote below. (3)	
Name of Union Airport	Indicate the name of the Union Airport where the RFEUA eligible aviation fuel is supplied for consumption (as usually indicated on the PoS or similar documentary evidence). Refer to the list in the footnote below. (3)	
ICAO code of Union Airport	Indicate the ICAO code of the Union Airport where the RFEUA eligible aviation fuel is supplied for consumption (as usually indicated on the PoS or similar documentary evidence). Refer to the list in the footnote below. (3)	
Date of batch delivery to Union Airport	Indicate the date on which the batch of RFEUA eligible aviation fuel is supplied to the Union Airport and where it is marked for final consumption (as usually indicated on the PoS or similar documentary evidence). Indicate the date in the format [dd/mm/yyyy].	
Comments by aviation fuel supplier (optional)	Use this column to provide any comment you deem relevant to consider regarding the batch of RFEUA eligible aviation fuel.	

Prozess der Nachhaltigkeits-Zertifizierung

- Zertifizieren dürfen nur **EU-weit anerkannte Systeme** und deren zugelassene **Zertifizierungsstellen**.
- **Transport-Emissionen** müssen in der THG Kalkulation einbezogen werden.



Feedstock:

- **Nachhaltigkeitszertifizierung des Feedstocks** entsprechend der Anforderungen für RFNBO / bio- / RCF (Proof of Sustainability PoS für e-Methanol / Proof of Compliance PoC als äquivalenter Nachweis für ReFuelEU Aviation).

Chain-of-Custody:

- **Alle physische Umschlagpunkte** müssen Teil einer **zertifizierten Lieferkette** sein oder durch entsprechende Mass-Balance-Systeme abgesichert werden. Entscheidend ist die **Nachweisführung über Eigentum und Mengen** bei jedem Übergang.
- Keine „doppelte Zählung“, klare Trennung zwischen nachhaltigen und fossilen Volumina, **nachvollziehbare Massenbilanz**.
- **Gemischte Transporte** (z.B. SAF + fossiles Jet) sind zulässig, wenn die **Massenbilanz-Regeln** eingehalten und korrekt dokumentiert werden.



- Die Meldung an die **Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung BLE** und der Eintrag in die **Nabisy-Datenbank** erfolgt durch den **Inverkehrbringer** des Kraftstoffs, gemäß § 37a Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und 36. BImSchV. Eingetragen werden: **Menge, Energiegehalt, Rohstoffart und Herstellungsweg**, sowie das Zertifikat des Nachhaltigkeitssystems.
- Voraussetzung: Der Kraftstoff muss durch einen von der BLE anerkannten Zertifizierer bestätigt sein.
- Nötig: gültige BLE-Registrierung und Nachhaltigkeitszertifikat.

Nach § 42 Biokraft-NachV bzw. BioSt-NachV anerkannten Zertifizierungsstellen (Stand: 19.08.2025)

1. SGS Germany GmbH
2. DQS CFS GmbH
3. TÜV SÜD Industrie Service GmbH
4. Global-Creative-Energy GmbH
5. GUT Zertifizierungsgesellschaft für Managementsysteme mbH Umweltgutachter
6. Control Union Certifications Germany GmbH
7. AGRIZERT Zertifizierungs GmbH
8. agroVet GmbH
9. IFTA AG
10. DEKRA Certification GmbH
11. ÖHMI Euro Cert GmbH
12. QAL Umweltgutachter GmbH
13. ASG cert GmbH
14. proTerra Umweltschutz- und Managementberatung GmbH Umweltgutachter
15. TÜV NORD CERT GmbH
16. DIN CERTCO Gesellschaft für Konformitätsbewertung mbH auditcert GmbH Umweltgutachterorganisation
17. IFU-CERT Zertifizierungsgesellschaft für Managementsysteme
18. Normec Zertifizierung Umweltgutachter GmbH
19. OmniCert Umweltgutachter GmbH
20. Intechnica Cert GmbH Umweltgutachterorganisation
21. Score GmbH Umweltgutachter
22. ValueCert Hub & Partner mbH Umweltgutachter, Sachverständige und Auditoren
23. GFA Certification GmbH greencert. Umweltgutachter GmbH
24. ESC Cert GmbH
25. Müller-BBM Cert Umweltgutachter GmbH
26. ZER-QMS Zertifizierungsstelle GmbH
27. Petersberger Zertifizierungsgesellschaft mbH
28. SC@PE International GmbH
29. Holstein Cert GmbH
30. Zertifizierungsstelle für Umweltinformationen der TÜV Rheinland Energy & Environment GmbH
31. HW-Zert Holz und Wald Zertifizierungsgesellschaft mbH
32. KPMG Cert GmbH Umweltgutachterorganisation

Chain of Custody



Mass Balance

- **Definition:** Ein Chain-of-Custody-Ansatz, bei dem erneuerbare und fossile Kraftstoffe in physischer Infrastruktur (z. B. Raffinerie, Pipeline) gemischt werden, während der erneuerbare Anteil über Buchführung nachverfolgt und zugeordnet wird.
- **Explizit in ReFuelEU übernommen als aktueller Compliance-Mechanismus, Artikel 4(6).**
- **Funktionsweise:**
 - SAF wird mit konventionellem Flugkraftstoff gemischt.
 - Nachhaltigkeitsattribute (Rohstoffherkunft, Lebenszyklus-THG-Einsparungen) werden zertifiziert und proportional den Chargen zugewiesen.
 - Fluggesellschaften, die SAF kaufen, erhalten Nachhaltigkeitsgutschriften – auch wenn die tatsächlichen Moleküle im Tank wenig oder kein SAF enthalten.
- **Rechtsgrundlage:**
 - Die Verordnung erlaubt es Flugkraftstofflieferanten, die Einhaltung der Mindestanteile an SAF über das Massenbilanzsystem nach der Richtlinie (EU) 2018/2001 nachzuweisen.
- **Vorteile:**
 - Gewährleistet Rückverfolgbarkeit, Transparenz und Zertifizierung, ohne dass eine reine SAF-Infrastruktur erforderlich ist.
- **Einschränkung:**
 - Physische SAF-Moleküle und Nachhaltigkeitsvorteile sind im Flugzeugtank nicht identisch – es handelt sich um einen buchhalterischen Mechanismus.

Verpflichtung zur physischen Lieferung

- **Artikel 4(1) ReFuelEU:** Flugkraftstofflieferanten müssen sicherstellen, dass „jeder Luftfahrzeugbetreiber an jedem Unionsflughafen Flugkraftstoff erhält, der die Mindestanteile an SAF enthält.“ → Dies erfordert klar die **physische Lieferung von SAF-Blends** in das Kraftstoffsystem des Flughafens.
- **Artikel 6:** Flughafenbetreiber müssen den Zugang zu SAF an ihrer Infrastruktur (Lager, Pipelines, Hydranten) ermöglichen.

Book & Claim

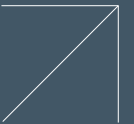
- **Definition:** Ein zertifikatsbasiertes System, das die physische Lieferung von SAF von der Zuweisung der Umweltattribute trennt.
- **Nicht in RED II/III. Es wird nur in ReFuelEU (Artikel 15) als mögliche zukünftige Flexibilitätsmaßnahme eingeführt, vorbehaltlich einer Bewertung durch die Kommission.**
- **Funktionsweise:**
 - SAF wird an einem Ort produziert und verwendet.
 - Ein Zertifikat für die Nachhaltigkeitsattribute wird in ein Register „eingebucht“.
 - Eine Fluggesellschaft (oder ein anderer Käufer) kann diese Attribute durch den Kauf des Zertifikats „claimen“ – auch wenn sie tatsächlich fossilen Treibstoff tankt.
- **Regulatorischer Kontext:**
 - Die Kommission prüft bis 2024–2025, ob ein handelbares SAF-Zertifikatssystem (Book & Claim) eingeführt werden soll.
 - Ziel: SAF-Nutzung flexibler machen, Kosten senken und Investitionen stimulieren, indem physische Lieferketten entkoppelt werden.
- **Vorteile:**
 - Erleichtert SAF-Nutzung, wo physische Logistik begrenzt ist.
 - Schafft einen breiteren Marktmechanismus, ähnlich den Herkunftsnachweisen (GoOs) für Strom.
- **Risiken:**
 - Doppelte Anrechnung oder Betrug muss vermieden werden. Strenge Registeraufsicht und Harmonisierung in der EU notwendig, um Glaubwürdigkeit zu sichern.

Flexibilitätsmechanismus (Teilweise Abweichung)

- **Artikel 15(1) ReFuelEU:** Zwischen 2025 und 2034 dürfen Lieferanten die SAF-Quote **als gewichteten Durchschnitt über mehrere Flughäfen** erfüllen. → Beispiel: Mehr SAF an einem Flughafen, weniger an einem anderen, solange der EU-weite Durchschnitt eingehalten wird.
- Dennoch: **Physisches SAF muss irgendwo in das Flughafen-Kraftstoffsystem eingespeist werden.**

2.2 Recherche der Anforderungen

- Welche Anforderungen an die Qualitätssicherung von Kerosin bzw. MtJ Jetfuel gibt es heute (AtJ-SPK Annex 5)? Welche Entwicklungen sind zukünftig absehbar?



SAF-Produktionsverfahren und ASTM-Standards zu Sicherstellung der Spezifikationen und Anforderungen für Flugturbinenkraftstoffe.

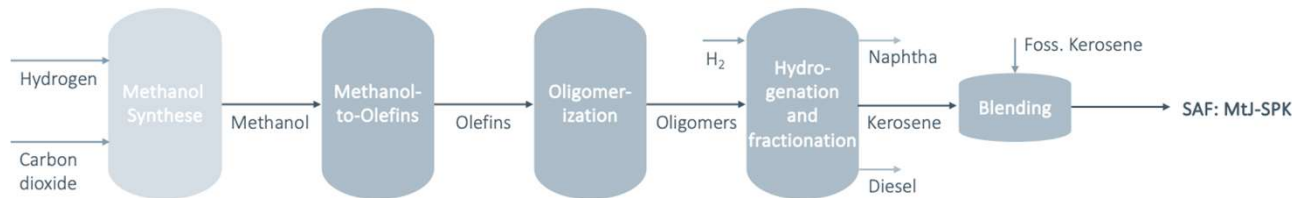


		SAF-Pfad	Beschreibung	Mögliche Rohstoffe	ASTM-Referenz	Maximale Blendgrenze
1	HEFA & Co-Processing	HEFA-SPK	Synthesisiertes paraffinhaltiges Kerosin aus hydroprocessed Estern und Fettsäuren	Pflanzenöl, Tierfett, Recyceltes Öl	ASTM D7566 Annex 2	50%
2		Co-processed HEFA	Gemeinsame Verarbeitung von Estern und Fettsäuren in einer herkömmlichen Erdölraffinerie	Pflanzenöl, Tierfett, Recyceltes Öl	ASTM D1655 Annex 1	5%
3		HC-HEFA-SPK	Synthetisiertes paraffinhaltiges Kerosin aus Kohlenwasserstoffen des Hydroprocessings von Estern und Fettsäuren	Alge	ASTM D7566 Annex 7	10%
4		Co-Fraktionierung	Verwendung von maximal 24 % Biomaterial mit einem Ergebnis von maximal 10 % Bioanteil im Kerosin	Kohlenwasserstoffe Pflanzenöl, Tierfett, Recyceltes Öl	ASTM D1655 Annex 1	10%
5	Fischer-Tropsch	FT-SPK	Fischer-Tropsch-Verfahren zu synthetisiertem paraffinischem Kerosin	Kohle, Erd-Gas, Biomasse	ASTM D7566 Annex 1	50%
6		FT-SPK/A	Synthesisiertes Kerosin mit Aromaten, die durch Alkylierung von leichten Aromaten aus nicht-petroleumbasierten Quellen gewonnen werden	Kohle, Erd-Gas, Biomasse	ASTM D7566 Annex 4	50%
7		FT Co-processing	Fischer-Tropsch Co-Processing in einer herkömmlichen Erdölraffinerie	FT-Biocrude als zulässiger Rohstoff für Erdöl-co-processing	ASTM D1655 Annex 1	5%
8	Oligomerisierung	ATJ-SPK	Alkohol zu synthetischem paraffinischem Kerosin	Fermentierbare Biomasse zur Ethanol- und iso-Butanol-Herstellung	ASTM D7566 Annex 5	50%
9		ATJ-SKA	Alkohol zu synthetischem paraffinischem Kerosin mit Aromaten	Fermentierbare Biomasse zur Ethanol- und iso-Butanol-Herstellung	ASTM D7566 Annex 8	50%
10		SIP	Synthese von iso-Paraffinen aus hydroprocessed, fermentierten Zuckern	Biomasse zur Zucker-/Alkoholproduktion	ASTM D7566 Annex 3	10%
11		CHJ	Katalytische Hydrothermolyse	Pflanzenöl, Tierfett, Recyceltes Öl	ASTM D7566 Annex 6	50%
?		MtJ*	Methanol-to-Jet	Methanol	ASTM D7566 ?	50% ?

Methanol-to-Jet (MtJ) ist noch nicht als Pfad in ASTM D7566 zugelassen.



Synthetischen Weg zur Herstellung von SAF aus Elektrolyse-H₂ und DAC CO₂.
Vorteile: Skalierbarkeit, hohe Effizienz durch hohe Ausbeuten und geringe Bildung von Nebenprodukten.



ASTM-D4054-Qualifizierungsprozess (Task Force D02.0J AC724, ExxonMobil; Topsoe, UOP, Fraunhofer ISE, DLR, Clariant, BP).

- Ziel: Blendfreigabe bis 50 Vol.-%.
- Proben wurden an das Clearinghouse geliefert (Feb. 2023).
- Fast alle Tier-1/2-Daten zur ersten Probe sind eingegangen.
- Es wird erwartet, dass bis Ende 2023 genügend Daten vorliegen, zur Überprüfung durch OEMs.
- *Stand Juli 2023*

1. Standardverfahren (max. Blending 50%)

- Sechsmontatige **Erstprüfung** der Kraftstoffspezifikationen und -eigenschaften (**Stufe 1 und 2**) zur Überprüfung der Eignung des Kraftstoffs.
- **Kraftstofftests mit Partnern aus der Luftfahrtindustrie (OEM)**
- 2–3 Jahre weitere Tests (**Stufe 3 und 4**)

Der Erfolg führt zur FAA-Zulassung und zur Abstimmung des ASTM-Expertengremiums, dessen Mitglieder alle zustimmen müssen, bevor der Kraftstoff zum Verkauf angeboten werden kann.

Prescreening-Service:

Frühzeitige fachliche Beratung zur Kompatibilität von SAF-Kandidaten, wobei geringe Kraftstoffmengen (5 cm³ – 1 L) erforderlich sind.

2. Schnellverfahren (max. Blending 10%)

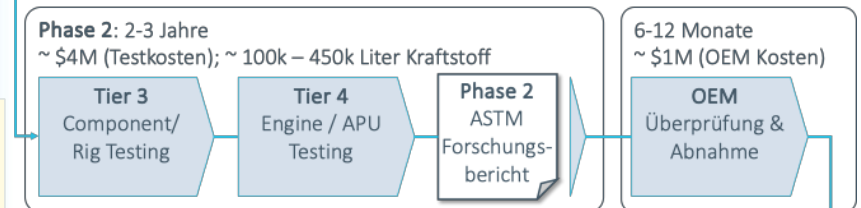
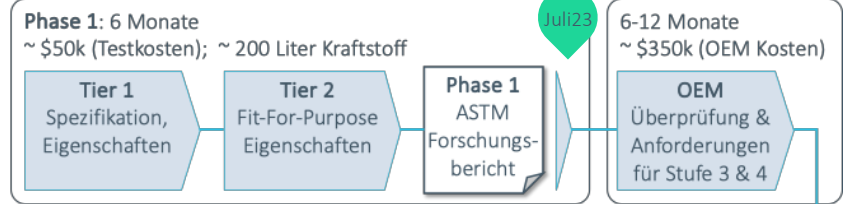
Beschleunigter Testplan, der die **vier Tier** umgeht. Die Standards sind nicht weniger streng, frühzeitige Durchführbarkeit muss nachgewiesen werden, damit die FAA- und ASTM-Abstimmung früher stattfinden kann. (1-2 Jahre)

Gregor Gebel
(Rolls-Royce)

Es gibt zwei Möglichkeiten:

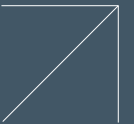
1. Ergänzung des AtJ-Annex: MtJ-SPK (50%) **kurz vor finaler OEM Bewertung.**
2. >50%: Ergänzung um weiteren Annex: **langwieriger Prozess.**

Heute



2.3 Identifikation kritischer Parameter

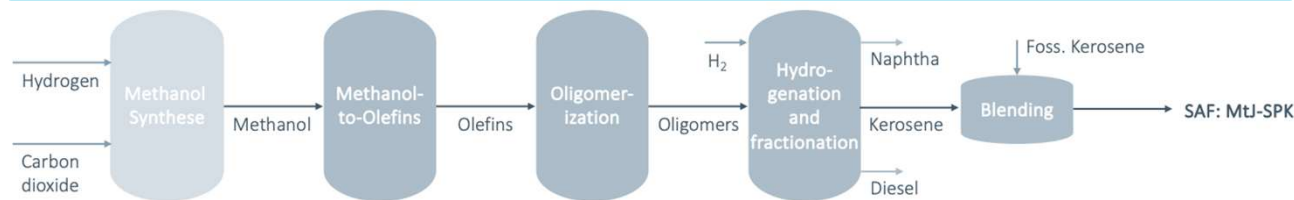
- Welche Parameter sind kritisch bzgl. Grenzen der Blendbarkeit, maximaler Beimischmengen?



Methanol-to-Jet (MtJ) ist noch nicht als ASTM-Pfad in D7566 zugelassen.



Synthetischen Weg zur Herstellung von SAF aus Elektrolyse-H₂ und DAC CO₂.
Vorteile: Skalierbarkeit, hohe Effizienz durch hohe Ausbeuten und geringe Bildung von Nebenprodukten.



Prozesstechnisch besteht eine Nähe zu **AtJ-SPK** (ASTM D7566 Annex 5)

Kritische Parameter AtJ-SPK :

- **Dichte:** Niedrige Dichte (geringere Energiedichte) → Blendlimit 50 Vol.-%
- **Gefrierpunkt, Viskosität, Flammpunkt:** iso-Anteil und Verzweigungsgrad
- **Aromatengehalt:** Dichtungsquellung / Werkstoffkompatibilität
- **Oxidationsstabilität:** Peroxidbildung bei Rest-Olefinen → Sedimente / Filterclogging

Property requirement	SBC (ATJ-SPK)	Jet A
Acidity (total mg KOH per g)	<0.015	<0.1
Distillation, 10% recovered (°C)	<205	<205
Distillation, fin. boiling point (°C)	<300	<300
Flash point (°C)	>38	>38
Freezing point (°C)	<-40	<-40
Viscosity at -20 °C (mm ² s ⁻¹)	<8	<8
Density at 15 °C (kg m ⁻³)	730 to 770	775 to 840
Aromatics	<0.5 wt%	8–25 vol%
Sulfur (wt%)	0.0015	0.3
Metals (mg kg ⁻¹)	0.1	No requirement

ASTM-D4054-Qualifizierungsprozess (Task Force D02.0J AC724, ExxonMobil; Topsoe, UOP, Fraunhofer ISE, DLR, Clariant, BP).

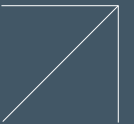
- Ziel: Blendfreigabe bis 50 Vol.-%.
- Proben wurden an das Clearinghouse geliefert (Feb. 2023).
- Fast alle Tier-1/2-Daten zur ersten Probe sind eingegangen.
- Es wird erwartet, dass bis Ende 2023 genügend Daten vorliegen, zur Überprüfung durch OEMs. *Stand Juli 2023*

Volume % MTJ	100	50	0
	Exxon Mobil MTJ 23-002515-12 POSF 14465	50/50 Blend POSF-14482	Jet A POSF-10325
D2425 (mass %)			
Paraffins (normal + iso)	98	71	51
Monocycloparaffins*	2	15	23
Dicycloparaffins (condensed)	<1	4	7
Tricycloparaffins (condensed)	<1	1	2
Alkylbenzenes	<0.1	6.4	13.0
Indans and Tetralins	<0.1	1.6	2.9
Indenes and C _n H _{2n-10}	<0.1	0.1	0.2
Naphthalene	<0.1	0.1	0.3
Naphthalenes	<0.1	1.0	1.8
Acenaphthenes	<0.2	<0.2	<0.2
Acenaphthylenes	<0.2	<0.2	<0.2
Tricyclic Aromatics	<0.2	<0.2	<0.2
Total	100	100	100

*& noncondensed polycycloparaffins			
Destillationsverhalten			✓
Dichte bei 15 °C kg m ⁻³	758		✓
Gefrierpunkt °C	<-80		✓
Viskosität bei -20°C mm2/s	3.9		✓
Net heat of combustion MJ/kg	44,2		✓
Halogen Gehalt mg/kg	3.6		✗

2.4 Konzept produktionsnahe Qualitätssicherung

- Welche Parameter können/sollten bereits während der Produktion bzw. beim Downstream processing innerhalb der MiRO überwacht werden, wie sehen die entsprechenden Methoden aus?



Fokus technischer Zertifizierung auf Blending; Nachhaltigkeitszertifizierung von Anfang an.

Fossiler Anteil:

ASTM D1655

Jet A/A-1 oder „conventional blending component“ Qualität des Batches für das Blending mit dem MtJ Batch.

Methoden entsprechend Tabellen

SAF-Anteil:

ASTM D7566 Annex (vgl. A5 AtJ-SPK)

Vgl Tabelle 1 und 2 (Tracematerials)
Hydrocarbon composition (n-/iso-),
Nitrogen, Water, Metals, **Halogens**
Jeder Batch muss getestet werden.
Methoden entsprechend Tabellen

SAF-Blend:

ASTM D7566 Tabelle 1 = D1655

Acidity, Aromatics, Sulfur, Distillation (10% rec. temp +fin. boiling point), Flash point, **Density, Freezing point, Viscosity,** Net heat of combustion, Copper strip corrosion, **Thermal stability,** Existent gum, Lubricity

Keine Doppelzertifizierung nötig.

ASTM D7655 Annex X2
(Re-Zertifizierung bei Risiken)

Proof of Sustainability (PoS)

oder

Proof of Compliance (PoC)

Einsatzstoffe

Nachhaltigkeitsnachweis des Inputs
RFNBO Zertifizierung des Methanols

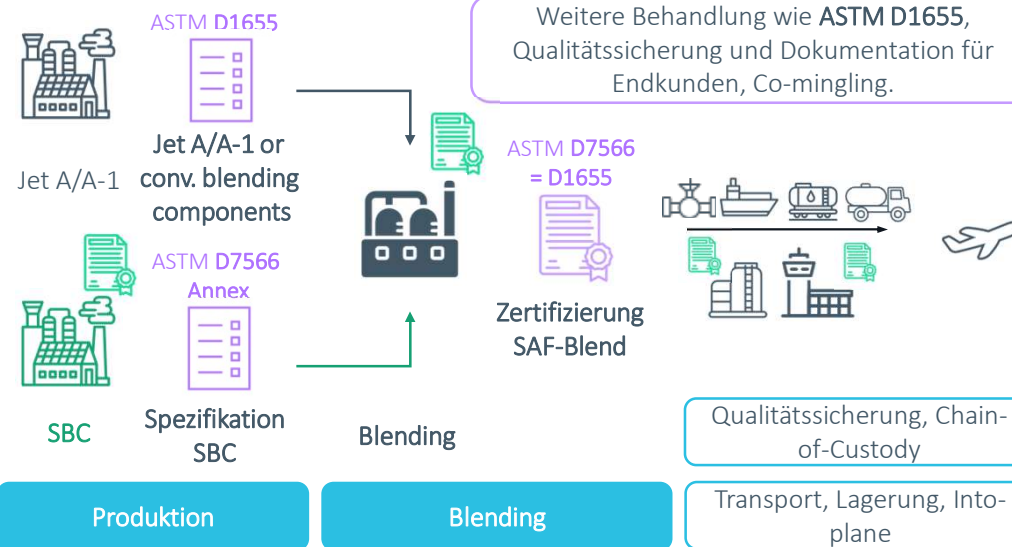
Lieferkette:

Lückenlose Nachhaltigkeitszertifizierung für gesamte Lieferkette:

- Segregation:**
Physische Trennung von SAF-Jet und fossilem Jet.
- Mass Balance:**
Co-mingling von SAF mit fossilem Jet;
Lückenlose Mengenbilanzierung.
- Book-and-Claim:**
Entkopplung der Nachhaltigkeitsqualität vom physischen Kraftstoff.

Inverkehrbringer:

§37a BImSchG, §27 EnergieStG
Meldung an die Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung **BLE** und
der Eintrag in die **Nabisy**-Datenbank,
Jährliche Meldung in die **Unionsdatenbank**.



PETRO LAB
GMBH

ASG
Analytik-Service

SGS

fbg

RSB
CERTIFIED

ISCC
International Sustainability
& Carbon Certification

REDcert
EU

Einhaltung der THG-Emissions-Reduktions-Vorgaben

Renewable Energy Directive RED II/III

Referenzwert fossiler Treibstoff	94,0	gCO ₂ eq / MJ
Bio-Treibstoff	32,9	-65%
Renewable fuel of non-biological origin RFNBO	28,2	-70%

$$E_{\text{Gesamtemissionen}} = e_{\text{Input}} + e_{\text{p Prozess}} + e_{\text{td Transport}} + e_{\text{u Verbrennung}} - e_{\text{ccs Gutschrift}}$$

Methanol-to-Jet:

e-Methanol (Produktion) ¹	12,1-13,7	gCO ₂ eq / MJ _{Methanol}
+ MtJ Prozess, H ₂ , Transport	?	gCO ₂ eq / MJ _{MtJ}



ICAO global average WTW GHG emissions **fossil** kerosene (gCO₂eq/MJ)

Methane Emission	Crude Oil	Crude Transport	Refinery	Jet Transport	Combustion	TOTAL
4,9	4,3	1,8	3,0	1,0	74,0	89,0
6%	5%	2%	3%	1%	83%	100%

Die Methanol-Produktion emittiert ca. 13 gCO₂eq/MJ_{Methanol}. Zusammen mit den Emissionen der MtJ-Produktion und des Transports dürfen 28,2 gCO₂eq/MJ_{MtJ} nicht überschritten werden. Crude+Jet Transport entspricht nach ICAO etwa 4% der Verbrennungsemission von Jet Fuel.

CO₂-basierte Ansätze

ICAO CORSIA



Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation

- **Kohlenstoffneutrales Wachstum der internationalen Luftfahrt** durch Stabilisierung der CO₂-Emissionen auf dem Niveau von 2019.
- Fluggesellschaften müssen ihre Emissionen, die über dem Basiswert liegen, durch den **Kauf von Emissionsgutschriften** ausgleichen.

Türkei



Beliebteste Reiseziele vom STR: 1. Istanbul, 2. Palma, 3. Antalya

Wichtigstes Zielland vom STR: Türkei

- **Internationale Flüge** müssen ab 2027 so viel **SAF** einsetzen, dass sie **5 %-CO₂-Reduktionsziel** erreichen.
- **Kerosinlieferanten**, sind verpflichtet, entsprechende SAF-Mengen bereitzustellen.
- Die Behörde wird jährlich bis Ende des dritten Quartals **Mindestziele für Emissionsreduktionen** veröffentlichen und **Sanktionen bei Nichteinhaltung** verhängen.
- Fluggesellschaften müssen **mindestens 90 % ihres SAF-Bedarfs für internationale Flüge in der Türkei** aufnehmen.

SBTi

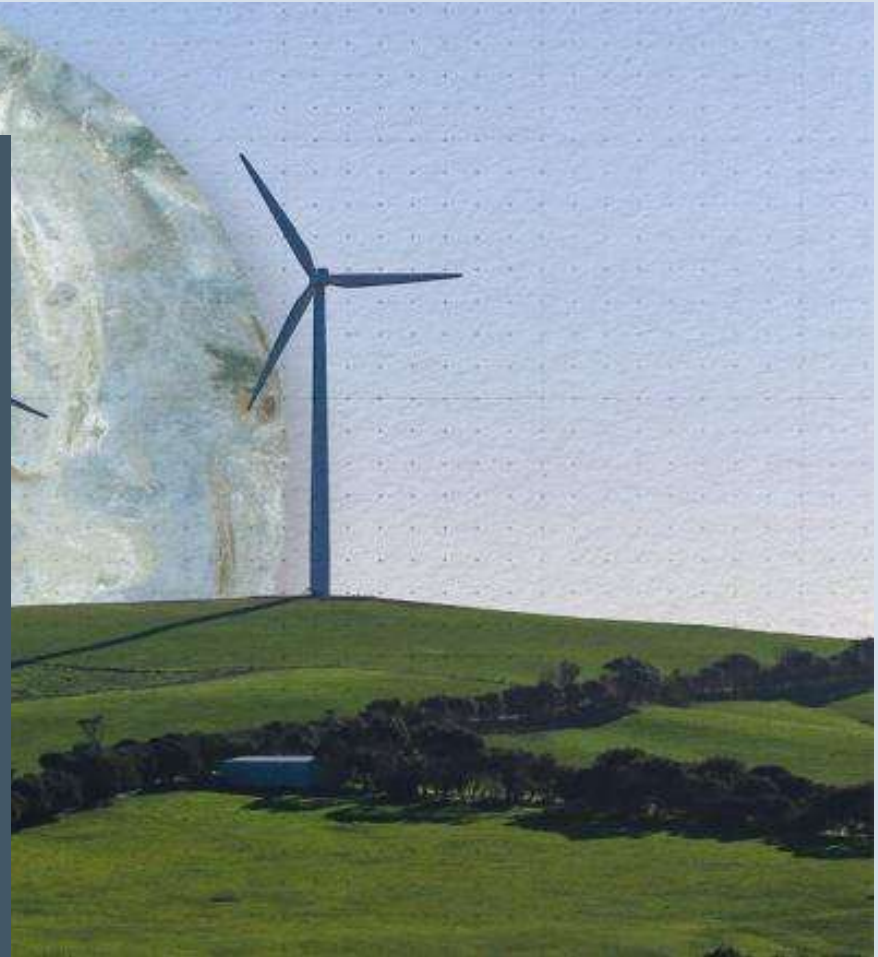
Science based targets initiative

- Kurzfristige Ziele: **Reduktion der Emissionen** bis 2030
- Langfristige Ziele: Netto-Null bis 2050



Agenda

Einführung – Ziele, Übersicht der Arbeitspakete	01
Ergebnisse zum Arbeitspaket 1	02
Ergebnisse zum Arbeitspaket 2	03
Ergebnisse zum Arbeitspaket 3	04
Ergebnisse zum Arbeitspaket 4	05
Ausblick und Empfehlungen	06

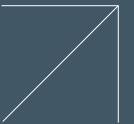


Übersicht der bearbeiteten Ziele im Arbeitspaket 3

AP3	Thema	Fragen
3.1	Identifikation begrenzender Faktoren für den Produktionshochlauf	Z.B. Verfügbarkeit der Rohstoffe (erneuerbares Methanol), Bedarf an SAF
3.2	Skalierungskonzepte für den Produktionshochlauf	Ist das gewählte Logistikkonzept / Konzepte frei skalierbar (von Basisfall bis 200 ktJetfuel/a-Anlage) oder gibt es Kapazitätsbeschränkungen, z.B. bzgl. der Transportkapazitäten? Wie können diese adressiert werden?
3.2	Skalierungskonzepte für den Produktionshochlauf	Wie soll/kann eine sinnvolle Zeitschiene für den Produktionshochlauf aussehen?

3.1 Identifikation begrenzender Faktoren für den Produktionshochlauf

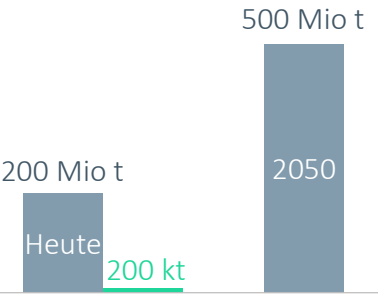
- Z.B. Verfügbarkeit der Rohstoffe (erneuerbares Methanol), Bedarf an SAF



Begrenzende Faktoren für Produktionshochlauf 1/2

Verfügbarkeit erneuerbares Methanol

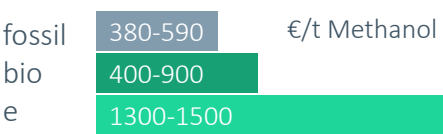
Globale Produktion



Die kumulative jährliche Methanol Produktion aus erneuerbaren Quellen liegt derzeit bei ca. **200 kt**, während die jährliche Methanol Produktion aus konventionellen Quellen derzeit bei **200 Mio t** liegt und bis 2050 eine Methanol Produktivität von **500 Mio t** prognostiziert wird.



Kassø, die weltweit erste Produktionsanlage für E-Methanol im industriellen Maßstab ist im Mai 2025 in Betrieb genommen worden, während vergleichbare Projekte wie zum Beispiel FlagshipONE gestoppt wurden.

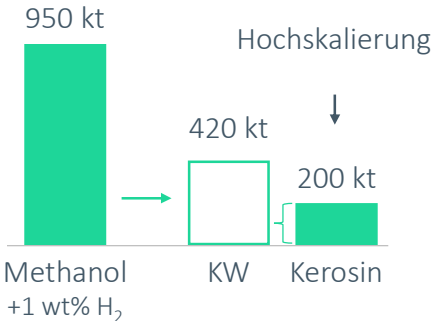


Es gibt große Differenzen in den Preisschätzungen pro Tonne Methanol, je nach Art der Herstellung.

e-Methanol Projektentwickler
bio-Methanol: ~1000 €/t
e-Methanol: ~1200–1500 €/t

Anlagen der MiRO

Methanol-to-Jet Verfahren



Technologieentwicklung:
Durch weitere Selektivitätssteigerung und durch Optimierung des Prozesses sowie des Product work-up könnten Teile der Dieselfraktion (hier 122kt) in die Kerosinfraktion überführt werden.

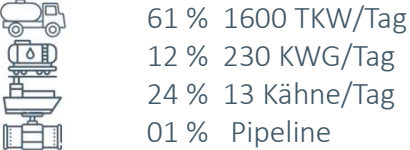
Produktionskapazität

15,8 Mio t/a Rohöl
12 Mio t/a Kraftstoffe

Tanklagerkapazität

730.000 m³ Rohöl
3.900.000 m³ Produkte

Transportkapazität



Die aktuellen Produktions- und Tanklagerkapazitäten, sowie Transportkapazitäten der MiRO heute überschreiten deutlich die 40 kt/a des Basisfalls, sowie anvisierten Hochskalierung der Methanol-to-Jet Produktion auf 200 kt/a.

Im Falle des **Blendings vor Ort** muss zusätzlich fossiles Jet-Fuel verarbeitet werden (Menge abhängig von der Blendingrate; z.B. 200 kt/a bei 50% SAF-Blend)

Begrenzende Faktoren für Produktionshochlauf 2/2

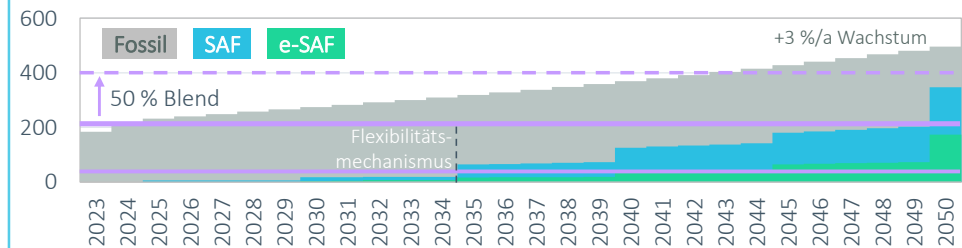
Kapazität und Verfügbarkeit der Blending Anlage

- SAF ist **kein Treiber** für den **Kerosinbedarf**, da es fossile Mengen Jet Fuel ersetzt.
- Die **Umrüstung freiwerdender Kapazitäten** anderer Kraftstoffe für SAF-Blending und Lagerung ist prinzipiell möglich.
- Ab Zertifizierung kann auf **bestehende Jet Fuel Logistik** zurückgegriffen werden (Co-mingling, Massenbilanzierung).
- Für das Blending müssen ggf. **äquivalente Mengen fossiles Kerosin zusätzlich** bereitgestellt werden (Annahme 50% SAF-Blend).
- Die **Verladeinfrastruktur** der Blendinganlage, insbesondere für die Anlieferung des neat SAF / SBC, muss für die höheren Umschlagsmengen geeignet sein.
- Ggf. müssen **dedizierte Leitungssysteme** installiert werden.

Mitarbeiter eines Tanklagerbetreiber
Bestehende Infrastruktur (Tanks) können umgewidmet werden. Der wesentliche Anpassungsbedarf betrifft vor allem die Verkehrs- und Schnittstelleninfrastruktur (Ladebühnen, Leitungen und betriebliche Abläufe) um neues Geschäft effizient zu ermöglichen.

Bedarf an SAF

- Bei einem Wachstum von 3%/a erreicht der **e-SAF Bedarf** am STR+FKB nach RefuelEU bis **2050 keine 200 kt/a.***
Bis ca. 2045 würde ein 50% Blend den gesamten Kerosin Bedarf decken.
- Spätestens ab 2035 (Ablauf des ReFuelEU Aviation **Flexibilitätsmechanismus**) könnten auch weitere **Flughäfen in der Umgebung** Zielorte für e-SAF sein.

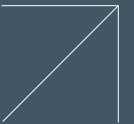


Weitere Flughäfen in der Umgebung als potentielle Abnahme-Orte für SAF.
Alternativ: Massenbilanzierung in CEPS Pipeline.

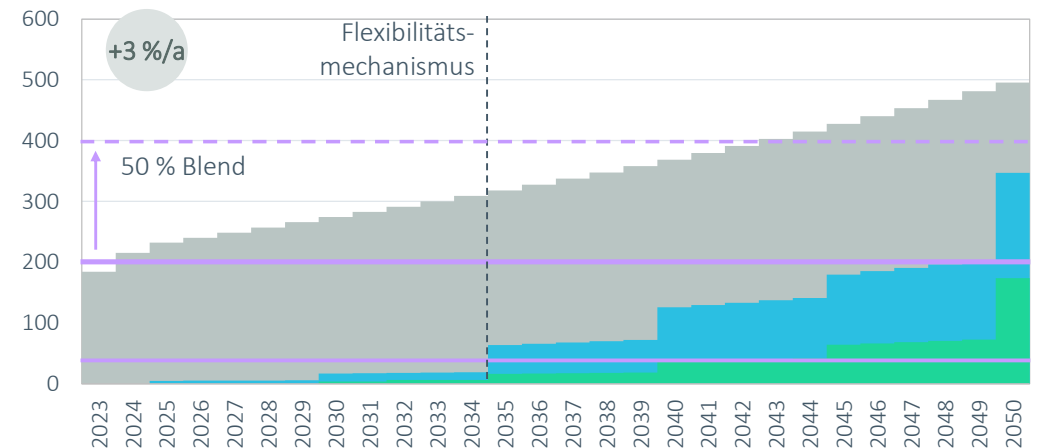
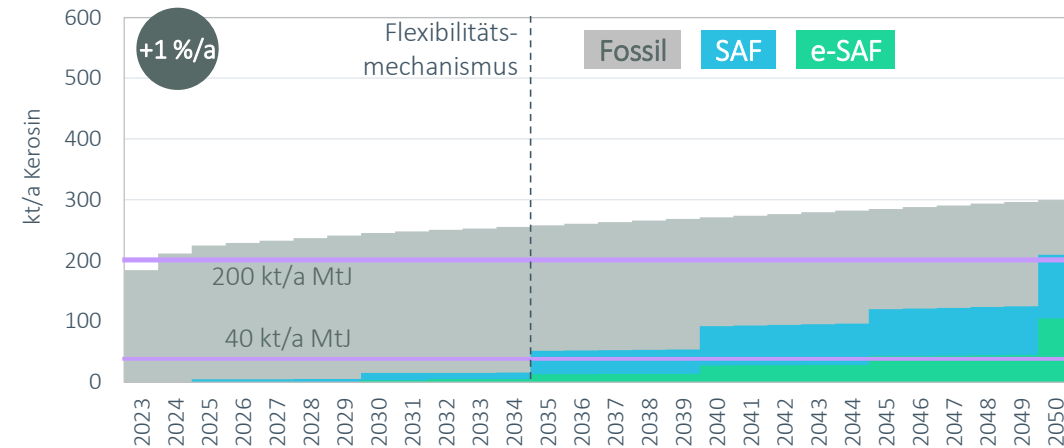
Mitarbeiter einer Airline
*SAF dort wird freiwillig dort bezogen, wo es für das jeweilige Land wirtschaftlich am attraktivsten ist.
Eine Partnerschaft ist interessant, wenn sie gegenüber einem Standard- oder opportunitätsbasierten Abnahmevertrag erhebliche wirtschaftliche und Zugänglichkeitsvorteile bietet.*

3.2 Skalierungskonzepte für den Produktionshochlauf

- Ist das gewählte Logistikkonzept frei skalierbar (von Basisfall bis 200 ktJetfuel/a-Anlage) oder gibt es Kapazitätsbeschränkungen, z.B. bzgl. der Transportkapazitäten? Wie können diese adressiert werden?
- Wie soll/kann eine sinnvolle Zeitschiene für den Produktionshochlauf aussehen?



Erwarteter Kerosin und SAF Bedarf am STR und FKB



- Ein Produktionshochlauf von **200 kt/a** würde den SAF-Bedarf bei einem Wachstum von 3%/a auch in **2050 decken**.
- **Bis 2045** würde auch der Basisfall von **40 kt/a** den SAF-Bedarf bei einem Wachstum von 3%/a decken.

- Für eine belastbare Terminplanung bietet sich der Rückgriff auf **Referenzprojekte** wie **LanzaJet's „Freedom Pines Fuels“ (USA, Alcohol-to-Jet)** an, anhand derer sich **typische Phasen, Abhängigkeiten und Laufzeiten** realistisch in die eigene Projektplanung übertragen lassen.
- Bei diesem Projekt erfolgte die **Technologieentwicklung** (Reifegradsteigerung, Prozessvalidierung, Vor-Engineering) von **2018 bis 2020**, gefolgt von **Beschaffung, Bau und Inbetriebnahme** von **2021 bis 2024 (Kommissionierung)**. Zurzeit wird in dieser Anlage noch kein AtJ produziert.
- Zwischen **Technologie-/Konzeptphase** und **Anlagenbau mit Inbetriebnahme** ist mit einer **mehrjährigen Dauer** zu rechnen, mit **Puffern für Genehmigungen, die Bauausführung, Inbetriebnahme sowie Zertifizierungen und Abnahmen**.

Potentielle Blending Standorte im Raum BaWü

Ort	Betreiber	Kapazität /m ³	Jet	Blending ¹	SAF	Anbindung	Kommentierung
Mannheim		89.708	✓	✓	✓		Anbindung Rhein + Neckar
Mannheim		223.746	✓	✓	✓		Anbindung Rhein + Neckar
Speyer		813.242 ≥ 50% Jet	✓	✓	✓		Anteil von 5 % der STR Versorgung
Plochingen		84.900 ≥ 50% Jet	✓	✓	✓		Anteil von 40 % der STR Versorgung
Karlsruhe		211.089	✓	✓	✓		In Nähe zu MiRO und FKB, kein Jet A-1
Honau		245.412	✓	✓	✓		Rhein-Anbindung
MiRO		3,9 Mio	✓	✓	✓		Zurzeit kein Jet A-1

Greenfield

Vorteile: volle Gestaltungsfreiheit; optimale Logistik/Anbindung planbar; modernste Technik & hohe Zukunftssicherheit (Automatisierung/Erweiterungen leicht).

Nachteile: hohe Anfangsinvestitionen (Grundstück, Infrastruktur, Genehmigungen); längere Projektlaufzeit von Planung bis Inbetriebnahme; hoher Genehmigungs-/Erschließungsaufwand.

Brownfield

Vorteile: Kostenvorteile durch bestehende Infrastruktur; schnelle Umsetzung dank vorhandener Anschlüsse/Genehmigungen und bekannter Abläufe; oft geringerer Flächenbedarf.

Nachteile: technische Einschränkungen durch Alt-Systeme und erschwerte Integration neuer Technik; Sanierungs- bzw. (umwelt)technischer Nachrüstbedarf; geringere Flexibilität für Erweiterungen.

Mitarbeiter eines Tankservicebetreiber:
Tanklager an Flughäfen sind **one-way** Versorgung.

Blending am Flughafen ist aufgrund des **geringen Platzangebotes** und der Gewährleistung der **(Flug)Sicherheit** eine wenig geeignete Option.

Mitarbeiter einer Spedition:
Brownfield wird bevorzugt genutzt, Greenfield nur mit klaren, langfristigen Commitments.

Mitarbeiter eines Energieversorger:
*Kurz- bis mittelfristig eher Brownfield-Lösungen (Refurbishment / Erweiterungen) statt großflächiger Neubauten; Bedarf an **zusätzlichen, getrennten Tankkapazitäten für Blending Komponenten***

Studie des Flughafens Stuttgart zur Machbarkeit zukünftiger Kraftstoffe
*Kraftstofflieferant und -händler bezweifeln die Sinnhaftigkeit am **Flughafen Stuttgart ein Blending durchzuführen**. Als Gründe dafür wurden unter anderem die **technische Komplexität**, das **regulatorische Umfeld** und die mit dem **Mischen vor Ort verbundenen Kosten** genannt.*

Ladungen pro Woche je Transport-Modus, Skalierung und SAF-Blend

		Basisfall			Hochskalierung			Referenz-Taktungen	
		40.000 t/a 100 % SAF/SBC	80.000 t/a 50 % SAF	400.000 t/a 10 % SAF	200.000 t/a 100 % SAF/SBC	400.000 t/a 50 % SAF	2.000.000 t/a 10 % SAF	MiRO	Tanklager
	MiRO								
	Transport Modus	Ladungen/Woche			Ladungen/Woche			Ladungen/Woche	Ladungen/Woche (Am Beispiel der Tanklager von Exolum in Mannheim)
	Tankwagen 28 t	27	55	275	137	275	1374	11200 TKW / Woche	480 TKW / Woche
	Kesselwagen 76 t	10	20	101	51	101	506	1600 KWG / Woche	Ungesicherte Information
	Binnenschiff 3000 t	0.3	0.5	2.6	1	3	12.8	91 Schiffe / Woche	8 Schiffe / Woche

Mitarbeiter eines Energieunternehmens

Pipeline - Wird es nicht geben, da es dafür keine öffentliche Zustimmung geben wird.

Schiene - Wäre an sich sehr gut, jedoch hat das Schienennetz nur eine **begrenzte Kapazität** und alle wollen den Verkehr auf die Schiene bringen

Binnenschiff - Durch den Klimawandel gibt es häufig **niedrige Pegelstände**, welche den Transport per Schiff erschweren. Dann können statt 2000 Tonnen nur 500 Tonnen transportiert werden.

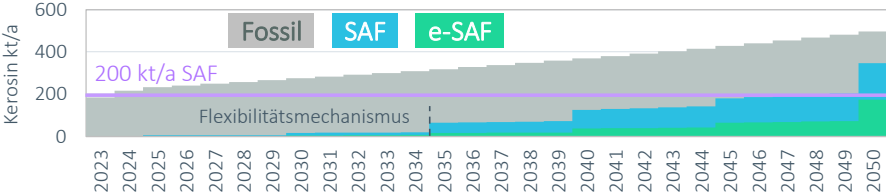
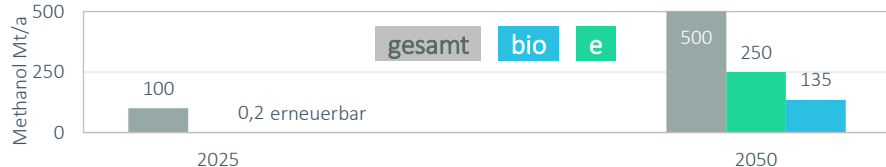
Auch bei einer **Hochskalierung auf 200.000 t/a** würden die erforderlichen Wochenladungen bei der **MiRO** im Vergleich zu den aktuell erreichten Taktungen je Verkehrsträger **keine signifikante Zusatzbelastung** darstellen.

Mitarbeiter einer Spedition

Multimodale Lösungen oft vorteilhaft, aber für SAF in BaWü sind Straße und ggf. Binnenschiff relevanter (Schiene wegen fehlender Anbindung z. B. in Stuttgart aktuell nicht nutzbar).

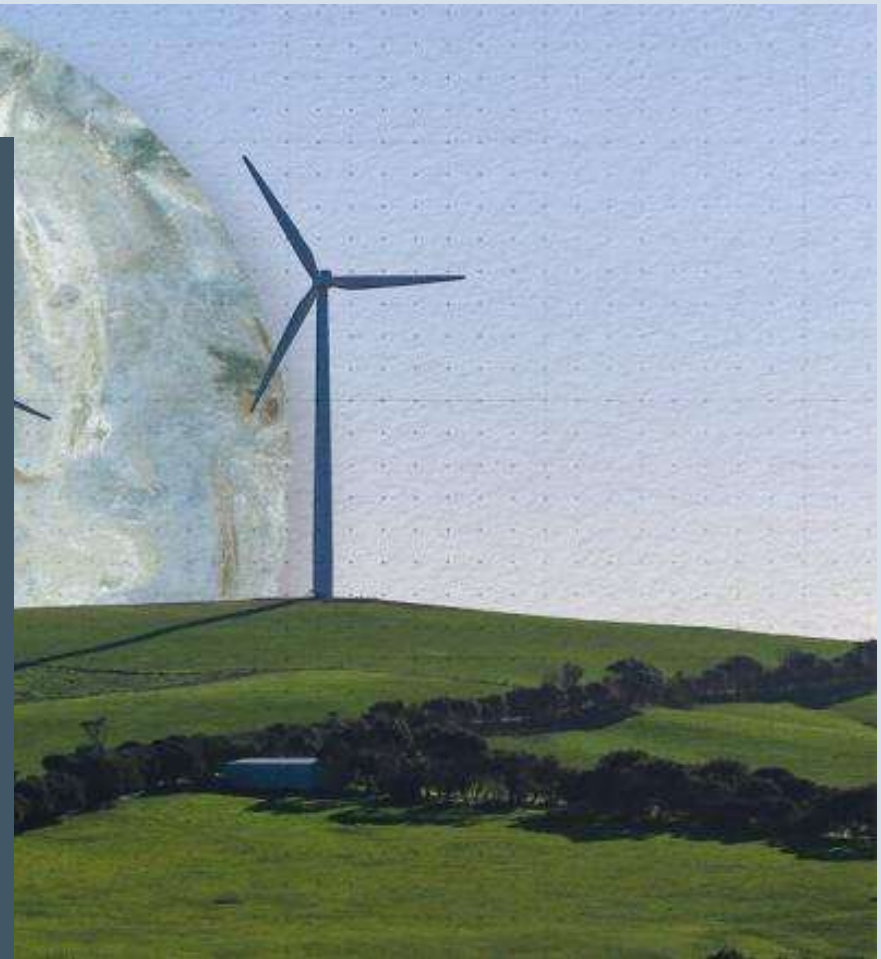
Die aktuellen **Taktungen für TKW und Schiff am Tanklager** von Exolum in Mannheim **übersteigen die Hochskalierung** für die 50% und 100% SAF-Blends.

Übersicht der verschiedenen Zeitschienen für die Hochskalierung

? SAF-Bedarf STR + FKB + 3%/a¹ + RFEUA		- Die Entwicklung des Bedarfs an einzelnen Flughäfen ist mit einer Unsicherheit verbunden. - Ab 2035 verpflichtende SAF-Versorgung an Union Flughäfen (Ablauf Flexibilitätsmechanismus) 200 kt/a e-SAF übersteigen den hier erwarteten Bedarf auch in 2050.				
? Projektentwicklung² First-of-a-kind AtJ	<table><tr><td>Idee</td><td>Machbar-keit, Ent-wicklung</td><td>3-4 Jahre Beschaffung, Konstruk-tion, Inbetriebnahme</td><td>3-4 Jahre Zeit bis zu 100% Kapazität</td></tr></table>	Idee	Machbar-keit, Ent-wicklung	3-4 Jahre Beschaffung, Konstruk-tion, Inbetriebnahme	3-4 Jahre Zeit bis zu 100% Kapazität	Infrastruktur und Know-How am Standort der MiRO vorhanden. - Abstimmung mit Raffinerie-Betrieb / Verfügbarer Raum. Verzögerung bis Erreichung der vollen Kapazität bei FOAK Anlagen.
Idee	Machbar-keit, Ent-wicklung	3-4 Jahre Beschaffung, Konstruk-tion, Inbetriebnahme	3-4 Jahre Zeit bis zu 100% Kapazität			
? E-Methanol Globale Produktion		- Anlaufende/geplante Anlagen haben Kapazitäten um 30-100 kt/a. - Vier Anlagen mit 50 kt/a wären für 40 kt/a MtJ nötig. - Eine langfristige Versorgung aus mehreren Quellen sollte in der Projektentwicklung berücksichtigt und sichergestellt sein.				
✓ ASTM D4054 MtJ Zertifizierung	<table><tr><td>1-2 Jahre Tier 1 und 2 + OEM</td><td>2,5-4 Jahre Tier 3 und 4 + OEM</td><td>6 Monate + Finali-sierung</td></tr></table>	1-2 Jahre Tier 1 und 2 + OEM	2,5-4 Jahre Tier 3 und 4 + OEM	6 Monate + Finali-sierung	- Task Force D02.0J AC724, ExxonMobil; Topsoe, UOP, Fraunhofer ISE, DLR, Clariant, BP Blend bis 50%, Ergänzung des AtJ-Annex: MtJ-SPK, finale Phase. - Neuer Pfad (z.B. >50% Blending): Neuer Qualifizierungsprozess.	
1-2 Jahre Tier 1 und 2 + OEM	2,5-4 Jahre Tier 3 und 4 + OEM	6 Monate + Finali-sierung				
✓ Infrastruktur (Brownfield) Tanklager/Blending	<table><tr><td>1-2 Jahre SAF-Blending</td></tr></table>	1-2 Jahre SAF-Blending	- Erweiterung des Tanklagers am FKB: 6-12 Monate - Umwidmung zu SAF-Tank Flughafen Düsseldorf (Exolum): ca. 24 Monate Bau SAF-Blending Anpassungen bei einem Tanklagerbetreiber: 12-24 Monate			
1-2 Jahre SAF-Blending						
✗ Pipeline-Vorhaben	<table><tr><td>5 -10 Jahre Projektierung</td></tr></table>	5 -10 Jahre Projektierung	Bsp.: STR-CEPS: 2014 Projektstart, 2019 Abbruch, Reevaluation 2024 (keine neuen Informationen) - Zustimmung von Grundstückseigentümern und Naturschutzbehörde			
5 -10 Jahre Projektierung						

Agenda

Einführung – Ziele, Übersicht der Arbeitspakete	01
Ergebnisse zum Arbeitspaket 1	02
Ergebnisse zum Arbeitspaket 2	03
Ergebnisse zum Arbeitspaket 3	04
Ergebnisse zum Arbeitspaket 4	05
Ausblick und Empfehlungen	06

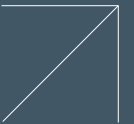


Übersicht der bearbeiteten Ziele im Arbeitspaket 4

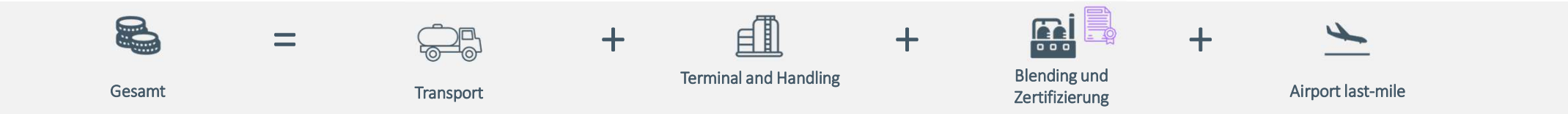
AP4	Thema	Fragen
4.1	Kosten	Berechnung der mit der Logistik assoziierten Kosten - welche Lösung ist am wirtschaftlichsten bei welcher Produktionsmenge?
4.2	GHG Fußabdruck	Berechnung des mit der Logistik assoziierten GHG Fußabdrucks, Überprüfung Konformität zu Anforderungen lt. RED III
4.2	GHG Fußabdruck	Hat es einen ökonomischen Mehrwert den GHG-Fußabdruck der Logistik maximal zu mindern oder muss nur ein Schwellenwert unterschritten werden?
4.3	Zusammenfassende Evaluation der Szenarien	Evaluation der Vor- und Nachteile der skizzierten Szenarien
4.4	Evaluation reale Belieferung mit SAF vs. Zertifikatmodells (Entkopplung von Anrechnung und Nutzung)	Lässt sich durch die Flexibilität eines auf Zertifikaten basierenden Anrechnungssystem ein signifikanter Nutzen erzielen?

4.1 Kosten

- Berechnung der mit der Logistik assoziierten Kosten - welche Lösung ist am wirtschaftlichsten bei welcher Produktionsmenge?



Kostenmodell für Logistik und Zertifizierung für die Verteilung von SAF



Transport Kosten			Downstream Handling, Blending & Zertifizierungs Kosten für Jet Fuel / SAF						
Modus	Kosten Spanne (€/t·km)	Bemerkung		Modus	Terminal & Handling (€/t)	Blending & Zertifizierung (€/t)	Gesamt (€/t)	Kostentreiber	Referenzen
Straße (TKW)	0,04 – 0,20	abhängig von Entfernung, Region, Ladung, Gefahrenklasse		TKW Terminal	3 – 5	3 – 5	6 – 10	Flexibel, dezentralisiert; höhere Verwaltungs- und QC-Kosten	CE Delft 2021; KIM 2023; ICCT 2024; ISCC EU v4.0
Schiene (Bahn)	0,04 – 0,12	etwas niedriger pro t·km als auf der Straße; erfordert Menge		Bahn Terminal	3 – 6	3 – 5	6 – 11	Erfordert Gleisanschluss; moderate Investitionskosten; gleiche QC-Kosten	CE Delft 2021; Steer 2025; ICCT 2024
Wasser	0,02 – 0,06	niedrigste Kosten pro t·km für lange Strecken		Hafen Terminal	4 – 8	3 – 5	7 – 13	Zentralisiertes Blending; höchste Investitionskosten, aber Skaleneffekte	ECA 2015; Concawe 2022; ISCC Guidelines
Pipeline	0,003 – 0,02	abgeleitet aus CAPEX + Durchsatzannahmen; stark abhängig von Mengen		Pipeline Knotenpunkt	2 – 4	2 – 3	4 – 7	Integrierte Anlagen; niedrigste Kosten pro Tonne; gemeinsame Zertifizierung	GEM 2024; MDPI 2024; ISCC EU Audit Data

Kombinierte Kosten nach Modus

Modus	Entfernung (km)	Transport Cost (€/t)	Terminal & Handling (€/t)	Blending & Zert. (€/t)	Gesamt (€/t)	Nutzung
TKW	100	15 (0,15 €/t·km)	4	4	≈ 23 €/t	Last-Mile-Lieferung an Flughäfen oder dezentrale Terminals
Schiene	200	10 (0,05 €/t·km)	4	4	≈ 18 €/t	Mittlere Logistikstrecken zu Anlagen im Landesinneren oder Flughäfen
Binnenschiff	300	6 (0,02 €/t·km)	6	4	≈ 16 €/t	Regionale SAF-Verteilung über Flusshäfen (z.B. Mannheim-Karlsruhe)
Pipeline	200	1,0 (0,005 €/t·km)	2.5	2.5	≈ 6 €/t	Großskaliger Transport zwischen Knotenpunkten

- **Binnenschifffahrt** bietet die **kostengünstigste** Lösung (≈15–17 €/t) für regionale SAF-Transporte zwischen wichtigen Knotenpunkten wie Mannheim, Speyer und Karlsruhe, da sie von großen Tanklagern, Hafenmischanlagen und niedrigen Transportkosten pro Tonne profitiert.
- **Schienerverkehr** (≈17–20 €/t) für den Transport über mittlere Entfernungen (150–250 km) attraktiv, wenn keine Pipeline-Anbindung verfügbar ist; Unterstützt die Lieferung von Großmengen an Knotenpunkten, sofern **Gleisanschlüsse** und Verladekapazitäten vorhanden sind.
- **TKW** (≈22–25 €/t) bleibt für die Lieferung zum Flughafen auf der letzten Meile **unverzichtbar**; **Flexible** Routenplanung ermöglicht, jedoch **höchste spezifische Kosten** und **begrenzte Volumina** pro Fahrt.

Szenarien für die SAF-Logistik für potenzielle Blendingstandorte

Szenario	Route & Prozess	Transport	Blending & Zertifizierung	Zielflughafen	Indikative Logistik Kosten Gesamt (€/t)	Bemerkung
1A Blending @ MiRO, TKW nach STR	SBC Blending mit fossilem Jet @ MiRO → TKW nach Stuttgart Airport (~90 km).		MiRO	STR	≈ 15 - 16 €/t	Kostengünstigste und direkteste Lieferkette. Nutzt Infrastruktur der Raffinerie;
1B Blending @ MiRO, TKW nach FKB	SBC Blending mit fossilem Jet @ MiRO → TKW nach Karlsruhe/Baden-Baden (~50 km).		MiRO	FKB	≈ 13 - 14 €/t	Etwas höhere Kosten aufgrund der Entfernung und geringerer Liefermengen.
2A SBC MiRO → Mannheim (Exolum)	SBC von MiRO → Mannheim ≈ 73 km per Schiene , dort Blending/Zertifizierung bei Exolum , anschließend LKW nach STR ≈ 141 km		Exolum Mannheim	STR	≈ 17 - 20 €/t	Realistische mittelfristige Option, sofern Mannheim SAF-zertifiziert ist. Höhere Kosten aufgrund doppelter Handhabung und geteilter Testung.
2B SBC MiRO → Speyer (TanQuid)	SBC von MiRO → Speyer (~90 km) per Binnenschiff (Rhein) → Blending, Zertifizierung @ TanQuid → TKW nach STR (≈ 120 km) oder FKB (≈ 70 km).		TanQuid Speyer	STR / FKB	≈ 18 – 21 €/t	Sehr gut realisierbar: bestehende Jet-Blending- und QC-Infrastruktur in Speyer. Kostet leicht mehr als die Mannheim-Route, aber flexibler (zwei Flughäfen versorgbar).
2C SBC MiRO → Plochingen (TanQuid)	SBC per TKW oder Schiff von MiRO nach Plochingen (~170 km) → Blending, Zertifizierung @ TanQuid → TKW nach STR (~20 km).		TanQuid Plochingen	STR	≈ 20 – 23 €/t	Durch Tankkapazität und Fahrwassertiefe des Neckars begrenzt. Eignet sich für kleinere Mengen SBC (40 kt/a).

Status Quo (2025)

- **MiRO** produziert kein Kerosin (mehr) und verfügt derzeit über kein aktives Blending für Flugkraftstoffe.
- **Exolum, Enport** und **TanQuid** betreiben Jet Fuel Lagerstandorte in BaWü mit dem Potenzial für SAF Blending. Diese Standorte verfügen über **große Lagerkapazitäten, TKW- und Bahnanbindung**, die für Drop-in-SAF angepasst werden können.
- **Speyer** (TanQuid) hat bereits SAF-Blending Kapazitäten und ist an Rhein und CEPS angebunden; **Plochingen** (TanQuid) versorgt den Flughafen Stuttgart (~40 %), ist jedoch durch die Tankgröße eingeschränkt.
- **Honau** (Enport) verfügt über Jet-Kapazitäten; **Karlsruhe** (Enport) wickelt hauptsächlich Gasöl und Diesel ab. Die Möglichkeit des SAF-Blednings ist unklar.
- **Mannheim** (Exolum) führt kein Jet, Know-how ist im Unternehmen vorhanden.

Ausblick 2035+

- **MiRO** könnte mit Inbetriebnahme der MtJ Anlage, als bedeutender Hersteller und potenzieller Blendingstandort in die SAF-Versorgung integriert sein.
- **Speyer** und **Mannheim** (und ggf. Honau und Karlsruhe) könnten sich zu primären SBC/SAF Import- und regionalen **Blending-Hubs** entwickeln, die über Rhein, Schiene (oder Pipeline) geliefert werden.
- **Plochingen** wird wahrscheinlich weiterhin für die Kurzstreckenverteilung von Jet/SAF nach Stuttgart dienen, während Schienen- und Binnenschiffsverbindungen die Logistik auf mittleren Strecken dominieren werden.
- Elektro- oder Wasserstoff-Lkw werden die Lieferungen auf der letzten Meile zum Flughafen übernehmen und so eine **vollständige Dekarbonisierung** der Versorgung gewährleisten.
- Digitale Nachhaltigkeitsnachweissysteme (ISCC PoS 4.0) werden die **Verwaltungskosten** (~ –1 €/t) senken und die Zertifizierung rationalisieren.
- **Erwartete Kosten** (2035+): ≈ 12 – 18 €/t SAF, unter der Annahme eines skalierten Durchsatzes, gemeinsamer Zertifizierungsrahmen und dekarbonisierter Transport.

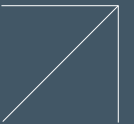
Blending- und Logistik-Hubs: Kapazitäten und Skalierungspotenziale

Ort	Betreiber	Kapazität /m ³	Jet	SAF	Anbindung	Anpassungen	CAPEX (Mio €)	Bemerkung	SAF-Rolle
Mannheim		89.708	✓	✓		Kleinere QC- / ISCC-Anpassung	0,5–1,0	Strategisch zwischen Rhein & Neckar	Potenzieller Satellitenstandort für STR und FKB
Mannheim		223.746	✓	✓					
Speyer		813.242 ≥ 50% Jet	✓	✓		Voll SAF-fähig; 60 kt/a SAF-Pilot (LoI HCS / LH)	1,6 (Investition getätigt)	Resilienter Standort, Rheinzugang	Aktives SAF-Blending für STR / FKB
Plochingen		84.900 ≥ 50% Jet	✓	✓		Upgrade für SAF-Zertifizierung	~1,0	Endpunkt Neckar; Last-Mile STR	Kleinskaliges Blending (TKW-basiert)
Karlsruhe		211.089	✓	✓		Kurze Anbindung an MiRO	0,3–0,8	Nähe MiRO; Staging-Funktion	Verteilknoten
Honau		245.412	✓	✓		Ausbau Schienen Anbindung	< 0,5	CEPS Anbindung	SAF Verteilung
MiRO		3,9 Mio	✓	✓		Umfassende Anpassung für ASTM D7566 / QC erforderlich	2–3	SAF-Integration in Planung	Produzent, zentraler Blending- / Versorgungshub

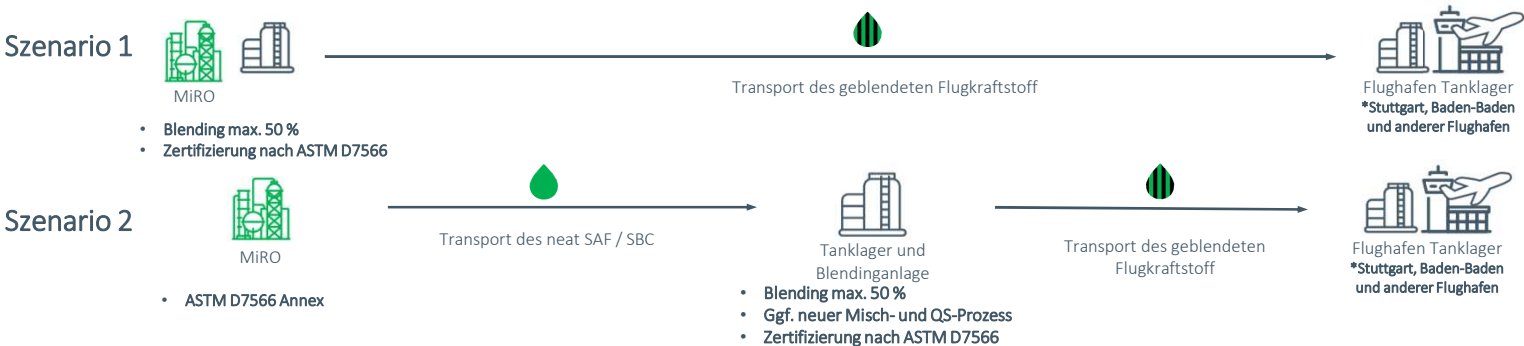
- Die untersuchten Standorte verfügen über **ausreichende Tankkapazitäten** zur Versorgung der Flughäfen Stuttgart (STR) und Baden-Baden (FKB).
- TanQuid hat in Speyer für die Errichtung der **SAF-Blendkapazität** Investitionen in Höhe von 1,6 Mio € getätigt.
- Die CAPEX-Schätzwerte basieren auf typischen Investitionskosten für Tanklager Upgrades (0,3–1,0 Mio. € je Anpassung) sowie bestätigten Projektkosten einzelner Betreiber wie TanQuid (~1,6 Mio. € für SAF-Blending).
- Für eine vollständige SAF-Integration sind vorrangig geringfügige **Anpassungen** in Equipment, Qualitätskontrolle und Zertifizierung (RSB/ISCC / ASTM D7566) erforderlich. **Vorhandene Infrastruktur** und Tanks können umgewidmet werden.
- Die Investitionskosten bleiben in Relation zu einer e-SAF Anlage überschaubar.
- Speyer und Plochingen sind bereits heute **operativ relevant für Jet A-1** und bilden die Grundlage einer regionalen SAF-Versorgungslogistik.
- MiRO wird langfristig als **zentraler Blending- und Versorgungshub** positioniert.

4.2 GHG Fußabdruck

- Berechnung des mit der Logistik assoziierten GHG Fußabdrucks, Überprüfung Konformität zu Anforderungen lt. RED III
- Hat es einen ökonomischen Mehrwert den GHG-Fußabdruck der Logistik maximal zu mindern oder muss nur ein Schwellenwert unterschritten werden?



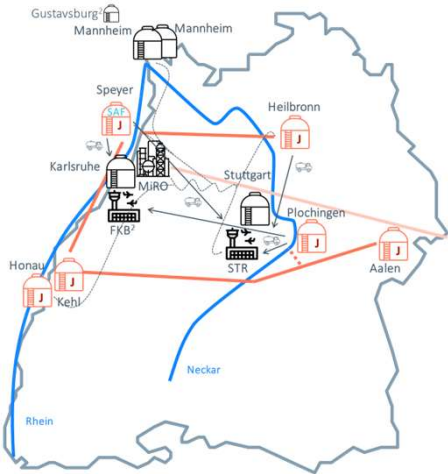
Lieferketten-Szenarien: MiRO → Flughäfen STR & FKB



Szenario 1 (Blending @ MiRO)
Effiziente Nahversorgung von STR & FKB unter Nutzung der **bestehenden Raffinerielogistik**. Bis 2035 könnte der Einsatz von E-TKW die Emissionen um ≈ 80 % senken (5 600 → 960 g CO₂e/t).

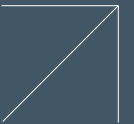
Szenario 2 (Blending @ Tanklager)
SBC wird hergestellt/importiert, in zertifizierten Standorten geblendet und per Bahn/Schiff + Lkw-Kombinationen an Flughäfen verteilt. Ermöglicht **Skalierbarkeit** über die MiRO-Kapazität hinaus und Zugang zu mehreren Rohstoffquellen.

Szenario	Route & Prozess	Transportmittel	Blending- / Zertifizierungsst andort	Lieferung an	Verwendete Distanz	THG – LKW- Diesel (g CO ₂ e/t)	GHG – e-LKW (g CO ₂ e/t)
1A MiRO direkt → STR	SAF wird in MiRO geblendet, anschließend per LKW nach STR transportiert	LKW	MiRO	STR	90 km LKW	5.561	960
1B MiRO direkt → FKB	SAF wird in MiRO geblendet, anschließend per LKW nach FKB transportiert	LKW	MiRO	FKB	50 km LKW	3.093	560
2A MiRO → Mannheim (Schiene) → STR	MiRO → Mannheim 73 km Schiene , Zertifizierung → STR 141 km LKW	Schiene + LKW	Exolum Mannheim	STR	73 km Schiene + 141 km LKW	10.645	3.355
2B-STR MiRO → Speyer (Schiene) → STR	MiRO → Speyer 44 km Schiene , Blending → STR 128 km LKW	Schiene + LKW	TanQuid Speyer	STR	44 km Schiene + 128 km LKW	9.118	2.500
2B-FKB MiRO → Speyer (Schiene) → FKB	MiRO → Speyer 44 km Schiene , Blending → FKB 89 km LKW	Schiene + LKW	TanQuid Speyer	FKB	44 km Schiene + 89 km LKW	6.711	2.110
2C MiRO → Plochingen (Schiff) → STR	MiRO → Plochingen 265 km Binnenschiff , Blending → STR 20 km LKW	Schiff + LKW	TanQuid Plochingen	STR	265 km Schiff + 20 km LKW	9.719	8.685



4.3 Zusammenfassende Evaluation der Szenarien

- Evaluation der Vor- und Nachteile der skizzierten Szenarien

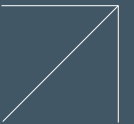


Vergleich der SAF-Versorgungspfade für Flughäfen in BaWü

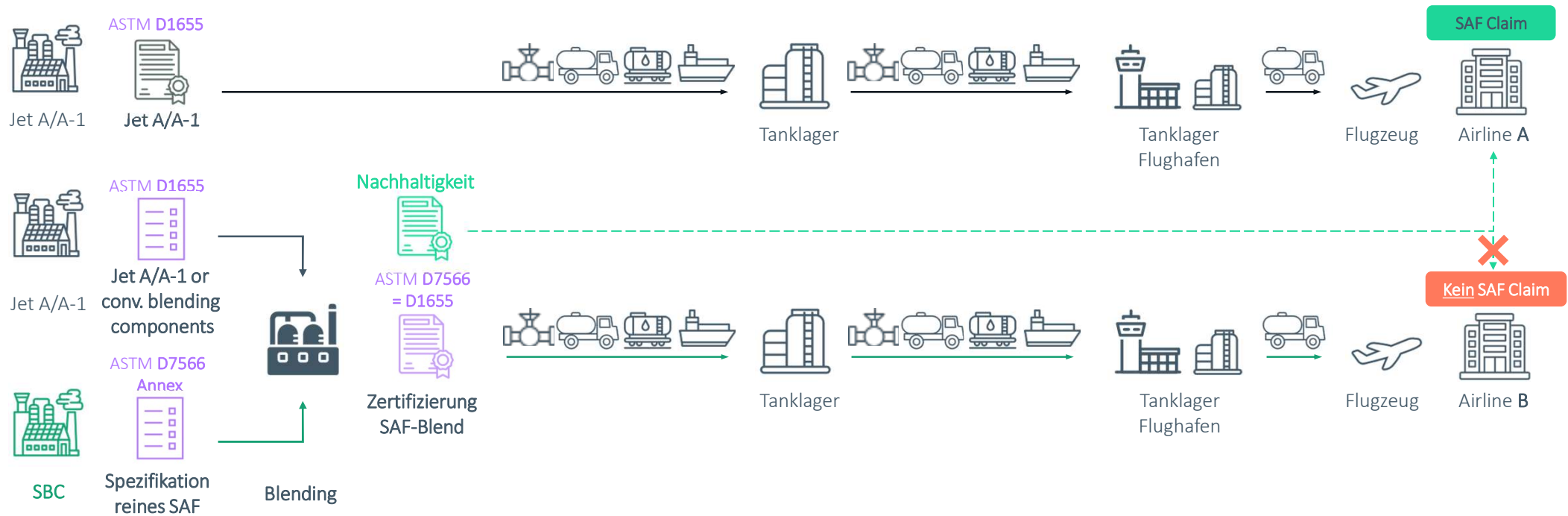
Option	Umsetzbarkeit	Beschreibung	Regulatorische / rechtliche Konformität	Skalierbarkeit (40 → 200 kt/a)	Logistikkosten / Infrastruktur	THG- / Emissionsaspekt	Bewertung / Kommentar
1 Blending bei MiRO → STR / FKB (LKW)	Möglich (Jet und Blending Kapazität muss verfügbar sein)	SAF / SBC wird in MiRO bis zur ASTM-D7566-Blendgrenze gemischt, zertifiziert und direkt per LKW zu den Flughäfen transportiert.	Konform mit ASTM D7566, AFQRJOS / EI 1530 und ReFuelEU-Vorgaben für physische SAF-Lieferungen. Nachhaltigkeitsnachweis über EU Union Database (RED III).	Hoch – vorhandene Blending- und QC-Kapazität bei MiRO; ausbaufähig durch zusätzliche Skids.	≈ 14–16 €/t – bestehende Infrastruktur, kein zusätzlicher CAPEX.	Gering – kurze Transportstrecke; E-LKW reduzieren Emissionen weiter.	<i>Technisch erprobt und kosteneffizient; begrenzte Kapazität für externe SAF-Importe bei MiRO bleibt eine Einschränkung.</i>
2 SBC → Regionales Tanklager → Flughafen	Bereits möglich und skalierbar (Kurz- bis Mittelfristig)	SBC wird zu einem zertifizierten Tanklager (z. B. TanQuid / Exolum / Enport) geliefert, dort gemischt und zertifiziert, anschließend zu STR / FKB transportiert.	Zulässig, wenn das Tanklager eine akkreditierte Blending- und QS-Prozedur (ASTM D7566 Zertifizierung) betreibt und Nachhaltigkeitsanforderungen (RSB, ISCC EU) erfüllt.	Mittel – hoch – mehrere Terminals im Rhein-Neckar-Cluster verfügbar; Kapazität erweiterbar. Redundanzen verfügbar.	≈ 17–19 €/t – ein zusätzlicher LKW-Abschnitt + QC-Kosten.	Mittel – gering – Emissionen reduzierbar durch Schiene oder E-LKW.	<i>Entlastet MiRO vom QC-Engpass; ermöglicht Mehr-Flughafen-Versorgung über ein regional zertifiziertes Tanklager.</i>
3 Blending direkt am Flughafen (ASTM-Prozess)	Praktisch ausgeschlossen	Konzept: Lieferung von SBC direkt an das Flughafen-Tanklager und Blending vor Ort mit Jet Fuel.	Nicht erlaubt nach DefStan 91-091: Flughäfen dürfen nur vollständig zertifiziertes Jet Fuel lagern. Vor-Ort-Mischung würde eine separate zertifizierte Anlage und Genehmigung durch das Luftfahrt-Bundesamt und das Treibstoffkonsortium erfordern.	Sehr gering – kein technischer oder rechtlicher Rahmen in Europa für On-Site-Blending.	> 20 €/t – sehr hoher Investitions- und Zertifizierungsaufwand.	Lokal positiv , aber praktisch nicht umsetzbar.	<i>Nicht konform mit aktuellen Standards; gefährdet Fuel-Pool-Integrität und Sicherheitsanforderungen. Unwahrscheinlich vor 2035 ohne grundlegende Regeländerung.</i>
4 MiRO → Flughafen über CEPS-Pipeline	Praktisch ausgeschlossen	SAF-haltiges Jet A-1 aus MiRO wird in die CEPS-Pipeline eingespeist und direkt zum Flughafen transportiert.	Genehmigungspflichtig durch NATO Pipeline Betreiber . Derzeit keine Anbindung von MiRO oder STR an CEPS. Muss AFQRJOS-Pipeline-Spezifikationen und militärische Standards erfüllen.	Hoch (theoretisch) , praktisch ausgeschlossen.	Sehr niedrige OPEX , aber hoher CAPEX > 50 Mio € für Anschlüsse und Pumpstationen.	Sehr gering – geringste Transportemissionen.	<i>Strategische Zukunftsvision; abhängig von staatlicher und militärischer Infrastrukturplanung.</i>
5 Erweitertes CEPS-Netz (mit regionalen SAF-Ein/Auslässen)	Praktisch ausgeschlossen	Ausbau des CEPS-Systems mit regionalen Einspeise- / Entnahmepunkten für SAF.	Nur im Rahmen einer CEPS-Erweiterung ab 2040 auf EU-Ebene umsetzbar; erfordert Koordination und staatliche Investitionen.	Hoch (theoretisch) , praktisch ausgeschlossen.	Ähnlich wie Option 4 , höhere Kosten pro Tonne bei kleineren Volumina.	Sehr gering – geringste Transportemissionen.	<i>Langfristige politische Maßnahme zur Vernetzung industrieller Cluster; ohne Einfluss vor 2040.</i>
6 Book & Claim	Anerkennung in Zukunft wahrscheinlich	SAF wird physisch an anderer Stelle verwendet, aber die Emissionsgutschrift über Zertifikate einer anderen Airline zugeordnet.	Anerkennung bisher nur in freiwilligen Schemata; Anerkennung unter ReFuelEU Aviation nicht endgültig entschieden	Sehr hoch – keine physische Begrenzung.	Kosten hängen von der Entfernung zwischen SAF/SBC-Produktion und Zertifikatszuordnung ab.	Die Emissionsanrechnung richtet sich nach dem Standort bzw. dem Unternehmen, dem das SAF-Zertifikat zugeordnet wird (nicht nach dem physischen Lieferort).	<i>Hohe Flexibilität; geeignet für Scope-1-3-Bilanzierung, aber keine physische Versorgungslösung.</i>

4.4 Evaluation reale Belieferung mit SAF vs. Zertifikatmodells (Entkopplung von Anrechnung und Nutzung)

- Lässt sich durch die Flexibilität eines auf Zertifikaten basierenden Anrechnungssystem ein signifikanter Nutzen erzielen?



„Book & Claim“ – Entkopplung von Nachhaltigkeitsanspruch und Kerosin



- **Entkopplung des Nachhaltigkeitsanspruchs** vom (SAF-haltigen) Kerosin:
Der nachhaltige SAF Anteil landet physisch bei Airline B, während sich Airline A das Nachhaltigkeits-Zertifikat gutschreiben kann.
- **Vereinfachung der Verteilung** von SAF vom Produktionsstandort, auch **abseits etablierter Verteilungsnetze**, zum Ort der Verwendung.
- Abbau logistischer Hürden zur **Beschleunigung des SAF-Hochlaufs**.

„Book & Claim“ – Entkopplung von Nachhaltigkeitsanspruch und Kerosin



ReFuelEU Aviation



Artikel 15 Flexibilitätsmechanismen

(2) Bis zum **1. Juli 2024** ermittelt und bewertet die Kommission die Entwicklungen bei der Herstellung und Lieferung von SAF auf dem Markt für Flugkraftstoff in der Union und bewertet mögliche Verbesserungen oder zusätzliche Maßnahmen zu dem in Absatz 1 genannten, bestehenden Flexibilitätsmechanismus für SAF, wie etwa die **Einrichtung oder Anerkennung eines Systems der Handelbarkeit von SAF, um die Kraftstoffversorgung in der Union ohne physischen Anschluss an einen Versorgungsstandort zu ermöglichen**, mit dem Ziel, die Bereitstellung und den Markthochlauf von SAF für die Luftfahrt während des Flexibilitätszeitraums weiter zu erleichtern.

Ein solches mögliches System, das **Elemente eines „Book-and-claim“-Systems einbezieht**, könnte Luftfahrzeugbetreiber oder Kraftstoffanbieter oder beide in die Lage versetzen, SAF im Rahmen vertraglicher Vereinbarungen mit Flugkraftstoffanbietern zu erwerben und die Verwendung von SAF auf Flughäfen der Union zu verlangen.

Die **Kommission legt dem Europäischen Parlament und dem Rat einen Bericht vor**, in dem die wichtigsten Ergebnisse der gemäß diesem Absatz durchgeführten Evaluierung dargelegt werden und dem gegebenenfalls ein Gesetzgebungsvorschlag beigelegt ist.

Flexibilitätsmechanismus

- 2025–2034 Massenbilanzerizng der SAF-Mengen über alle EU Flughäfen.
- Ab 2035: SAF Quoten müssen pyshisch an allen EU-Flughäfen bereitgestellt werden.
- Unionsdatenbank (UDB) soll bis zu den Airlines erweitert und um Kennzeichnung freiwilliger SAF-Mengen ergänzt werden.

GROUND HANDLING

World Fuel Launches Streamlined Tool for Purchasing SAF via Book and Claim

myWorld Decarbonize provides a simplified way to calculate carbon emissions associated with fuel burn and purchase SAF Certificates (SAF) to balance those emissions.

March 24, 2025



IATA establishes CADO to operate SAF Registry

By Andre Orban - 24 March 2025

Airbus accelerates Sustainable Aviation Fuel (SAF) adoption with book and claim

Valentin Batteiger (Bauhaus Luftfahrt)

*Book-and-Claim könnte sich als Compliance-Instrument in ReFuelEU Aviation als **politisch unrealistisch erweisen**. Hier ist das sogenannte Mass-Balancing der anerkannte regulatorische Ansatz (vergleichbar mit der bilanziellen Biomethannutzung über das Erdgasnetz). Book-and-Claim kann in **freiwilligen Märkten** und in der **unternehmerischen Scope-3-Berichterstattung** eine wichtige Rolle spielen. Für die Erfüllung der EU-Quoten ist es jedoch keine relevante Option, vielmehr zielt **ReFuelEU Aviation** darauf **ab regionale Lieferketten zu etablieren**, um die Mindestquoten an allen Europäischen Flughäfen zu erfüllen.*

Mitarbeiter eines Energieversorger

*Detailfragen der **Anrechenbarkeit/Allokation von Book-and-Claim** zwischen Airlines und Flughäfen sind noch ungeklärt. (Aktuell sieht ReFuelEU Aviation keinen solchen Mechanismus vor).*

Peter Conway (Energy Estate)

*Book-and-Claim: wünschenswert, **um Kosten zu minimieren**, indem man dort produziert, wo es am günstigsten ist, und die Claims dort zuordnet, wo sie genutzt werden; muss mit **strenger Verifizierung** gekoppelt werden, um **Betrug und Doppelerfassung zu vermeiden**.*

- Formaler **Report** des Europäischen Parlaments **ausstehend**.
- Viele Interessengruppen setzen sich für die Anerkennung von Book & Claim ein.
- Erste Book-&-Claim Zertifizierungssysteme werden derzeit entwickelt.

RSB and Air bp to partner on piloting a SAF book and claim system for business aviation

12 March 2024 - 12:15pm GMT+1

Thorsten Luft (Ex Air bp & Lufthansa)

*Pipelines erlauben eine systemische Verteilung: SAF kann vorgelagert geblendet werden und wird anschließend über **Book-and-Claim-Mechanismen im System verteilt**.*

Einfluss von Book & Claim auf Logistikkonzepte

MiRO

- Der Standort der MiRO ist **logistisch gut integriert**:
 - Es besteht **Verladeinfrastruktur** per TKW, KWG und Schiff (Rhein).
 - **Produziertes SBC** kann von hier an **nahegelegene Tanklager** transportiert werden.
 - **Fossiles Jet** kann zum **Blending** selbst **produziert** oder per **Schiff importiert** werden.
- Auch mit Anerkennung eines Book and Claim Mechanismus muss das produzierte **SBC/SAF abtransportiert** und **verteilt** werden.
- Ein Vorteil des Mechanismus, wie er für **schwach integrierte / entlegene Greenfield Projekte** entsteht, ist für den Standort MiRO wenig ausgeprägt.
- Der Vorteil der Einbindung der MiRO würde weniger zum Tragen kommen.



Flughäfen STR und FKB und Airlines

- **Flughäfen** müssten auch nach 2035 (Flexibilitätsmechanismus) nicht zwingend logistisch in SAF-Versorgung eingebunden sein.
- **Airlines** könnten die ReFuelEU Aviation SAF Quoten durch Aufnahme von SAF an Flughäfen mit **günstiger SAF-Versorgung**, wie z.B. durch Nähe zu Produktionsstätten, decken und für andere Standorte kompensieren.
- Bisher gibt es **keine e-SAF-Produktion in kommerziellen Maßstab**. Dennoch müssen Airlines weiterhin SAF und künftig e-SAF in ansteigenden Mengen beziehen.

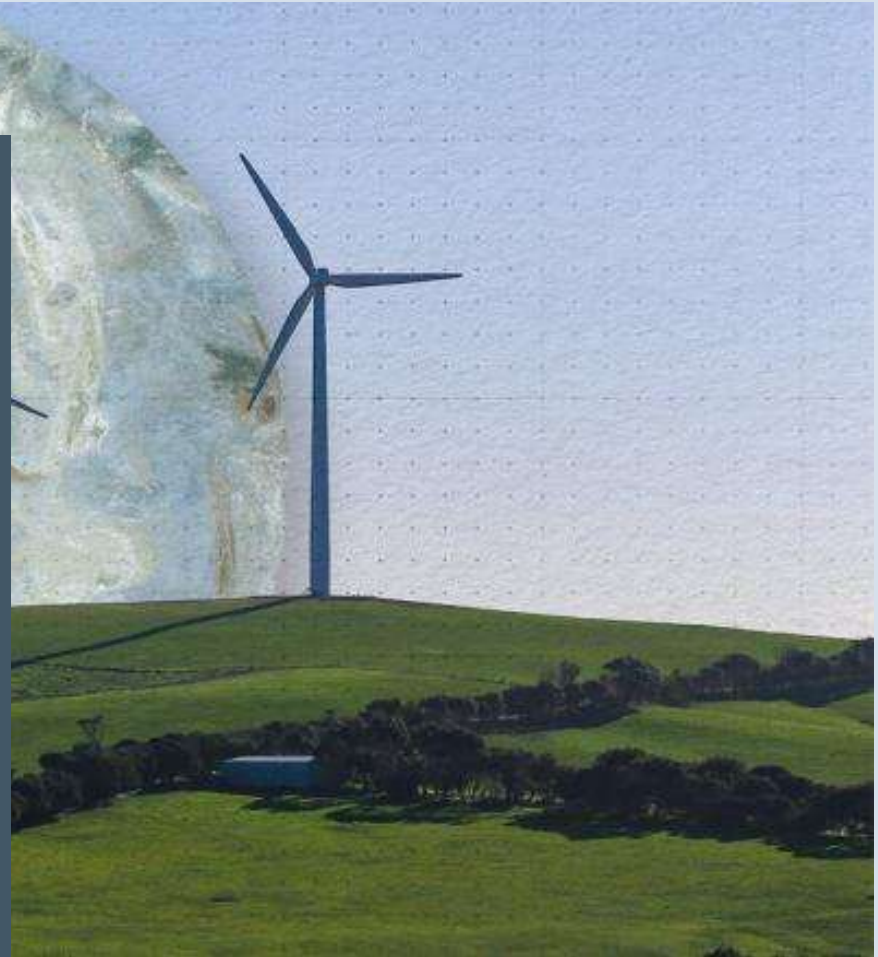


Grundsätzlicher Einfluss der Anerkennung eines Book and Claim Mechanismus

- SBC muss weiterhin mit fossilem Kerosin **geblendet** werden und an Flughäfen **transportiert** werden. Allerdings kann ein Flughafen ausreichen.
- Ein Vorteil entsteht für **schwach integrierte / entlegene Greenfield SAF-Projekte**, da ein **physischer Anschluss** an Jet Fuel Logistiknetze **nicht nötig** ist.
- Book and Claim könnte den **Vorteil der Regionalität und Integration** durch **Öffnung des Raums für potenzielle Mitbewerber**, mindern.
- **Günstigere Transport Optionen**, wie per **Schiff** über den Rhein an Raffinerien mit Kerosin Produktion oder an einen **SAF-Hub** (ggf. Amsterdam, Rotterdam und Antwerpen, ARA) werden begünstigt gegenüber dem teureren Transport per TKW und KWG.

Agenda

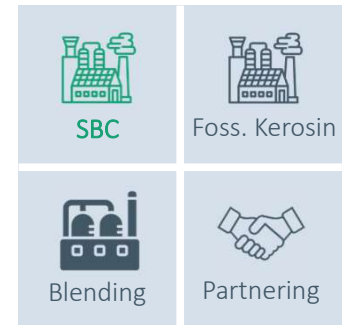
Einführung – Ziele, Übersicht der Arbeitspakete	01
Ergebnisse zum Arbeitspaket 1	02
Ergebnisse zum Arbeitspaket 2	03
Ergebnisse zum Arbeitspaket 3	04
Ergebnisse zum Arbeitspaket 4	05
Ausblick und Empfehlungen	06



Empfehlungen und nächste Schritte

SAF Blending

- **Strategische Überlegung** zur Rolle der MiRO als Produzent und **Inverkehrbringer von SAF**.
 - Rolle 1: Produktion SBC & fossiles Kerosin + Blending vor Ort + Inverkehrbringer
 - Rolle 2: Produktion SBC + Inverkehrbringer (Zukauf fossiles Kerosin und Blending Service)
 - Rolle 3: Produktion SBC (Verkauf des SBC)
- Bereitstellung von **fossilem Jet Fuel** für das Blending:
 - Prüfung der **Verlade- und Lager-Kapazitäten** für fossile Jet sowie der entsprechenden **Produktion**.
 - Prüfung der **Umstellung des Raffinerie-Prozesses der MiRO** zugunsten von Kerosin und verringerter Diesel-Produktion.
- Kontaktaufnahme für **Partnering zwischen MiRO** und den **Tanklager-Betreibern** zur Eruierung der Möglichkeit des **Blendings an deren Standorten**.
 - Etwaige Kapazitäten bestehen aktuell in Speyer (TanQuid).
 - Weitere Betreiber (Exolum, Enport) haben SAF-Erfahrung im Unternehmen.



MtJ-Produktion

- Beobachtung der Entwicklungen des **ASTM Qualifizierungsprozesses** zu MtJ Aufnahme in ASTM D7566 im Annex zu Alcohol-to-Jet.
- Sicherung der Abnahme entsprechender **Mengen e-Methanol**.
- Frühe Einbeziehung der Zertifizierungsschemata für die Erfüllung der **Nachhaltigkeitsanforderungen**.



CBR



Vielen Dank!

Konzeptstudie im Projekt reFuels-Infra

14. November 2025 // CBR Sustainability Partners

Vladimir Ivanov, Dr.-Ing. Georg Markowz, Dr.-Ing. Fabian Schmitt, Dr. Johannes Pauleikhoff



Gefördert
durch



Baden-Württemberg
Ministerium für Verkehr



Referenzen I

Bezeichnung	Name	Quelle
ASTM	Fueling the Future of Aviation	https://www.astm.org/news/fueling-future-aviation-ja23
ASTM D1655	Standard Specification for Aviation Turbine Fuels	https://store.astm.org/d1655-21c.html
ASTM D7566	Standard Specification for Aviation Turbine Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons	https://store.astm.org/d7566-22.html
Air bp	Pressemitteilung Baden Airpark	https://www.bp.com/de_de/germany/home/presse/pressemeldungen/partnerschaft-airbp-baden-airpark.html
biofuels international	Turkey to set SAF mandates for airlines and suppliers	https://biofuels-news.com/news/turkey-to-set-saf-mandates-for-airlines-and-suppliers/
BLE	Erteilte Anerkennungen für Zertifizierungsstellen nach der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (BiokraftNachV) bzw. nach der Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung (BioSt-NachV)	https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Anerkennung_de.pdf?__blob=publicationFile&v=9
Brussels Airlines	Pressemitteilung SAF Nato Pipeline	https://press.brusselsairlines.com/brussels-airlines-and-brussels-airport-kick-off-the-new-year-with-first-delivery-of-sustainable-aviation-fuel-via-nato-pipeline
Deutscher Bundestag 2024	Zur Reichweite der Harmonisierungswirkung des Art. 4 der Zur Reichweite der Harmonisierungswirkung des Art. 4 der ReFuelEU ReFuelEU Aviation-V	https://www.bundestag.de/resource/blob/1038872/EU-6-051-24-pdf.pdf
EASA Safety Information Bulletin 2025	EASA Safety Information Bulletin 2025	https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/news/easa-publishes-safety-information-bulletin-continuous-use-runway-stop-bars
Esslinger Zeitung	Artikel: Keine Kerosin-Pipeline am Flughafen	https://www.esslinger-zeitung.de/inhalt.und-somit-keine-entlastungen-der-strassen-keine-kerosin-pipeline-am-flughafen.10212683-8ad3-401c-84de-d58d6ebdf6de.html
European Energy	European Energy to introduce next generation of green methanol technology	https://europeanenergy.com/2025/10/07/european-energy-to-introduce-next-generation-of-green-methanol-technology/
ExxonMobil	Methanol to Jet (MTJ) - ASTM D02.0J AC724 Task Force	https://www.caafi.org/_files/ugd/c52adb_14d4e886543441ac8cc86f5599ac57bc.pdf
Flughafen Düsseldorf	Pressemitteilung neues Tanklager Flughafen Düsseldorf	https://www.dus.com/de-de/konzern/presse/medieninformationen/exolum-errichtet-modernes-tanklager
Global Logistics Emissions Council	Global Logistics Emissions Council Framework	https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/GLEC_FRAMEWORK_v3_UPDATED_25_10_23.pdf
Heyne et al., 2021	Sustainable aviation fuel prescreening tools and procedures	https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.120004
ICAO	CORSIA Methodology for Calculating Actual Life Cycle Emission Values	https://www.icao.int/sites/default/files/environmental-protection/CORSIA/Documents/CORSIA%20Eligible%20Fuels/ICAO-document-07-Methodology-for-Actual-Life-Cycle-Emissions-June-2025.pdf

Referenzen II

Bezeichnung	Name	Quelle
IRENA, Methanol Institute	Innovation Outlook renewable Methanol 2021	https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/Jan/IRENA_Innovation_Renewable_Methanol_2021.pdf
Jahresbericht Flughafen STR 2024	Jahresbericht Flughafen STR 2024	https://www.stuttgart-airport.com/de/unternehmen/news-und-presse/mediathek/publikationen
ISCC	Updates on the Development of the UDB	https://www.iscc-system.org/certification/iscc-documents/iscc-system-updates/union-database-udb/
JIG	AVIATION FUEL QUALITY REQUIREMENTS FOR JOINTLY OPERATED SYSTEMS	https://www.cdpd.org/sites/default/files/inline-files/BULLETIN-141-AFQRJOS-CHECKLIST-ISSUE-33-04_2022-V2.pdf
KIT Refuels Studie 2025	Ergebnisbericht: Forschungsunterstützte Maßnahmen zur Transformation von Anlagen für klimaneutrale Kraftstoffe (reFuels) in den industriellen Maßstab	Bereitgestellt vom KIT
MB Energy	Aviation fuels: Jet fuel (Jet A-1), aviation gasoline (avgas), Jet B, biokerosene, SAF	https://www.mbenergy.com/global/en/news-info/industry-glossary-energy-encyclopaedia/aviation-fuels-avgas-aviation-gasoline-jet-fuel-jet-a-1-jet-b-saf/
Mordor Intelligence	Jet Fuel Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2025 - 2030)	https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/jet-fuel-market
NATO	CEPS Übersicht	https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2009_01/20091109_ceps_2009.pdf
ReFuelEU Aviation	Verordnung (EU) 2023/2405 zur Gewährleistung gleicher Wettbewerbsbedingungen für einen nachhaltigen Luftverkehr	https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/2405/oj/deu
Renewable Energy Directive (RED) II	RICHTLINIE (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001
Renewable Energy Directive (RED) III	RICHTLINIE (EU) 2023/2413 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG	https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413
Science Based Targets initiative	Science Based Targets initiative	https://sciencebasedtargets.org/
Shell	Civil Jet Fuel Grades and specifications	https://www.shell.com/business-customers/aviation/aviation-fuel/civil-jet-fuel-grades.html
Skytanking	Pressemitteilung Flugkraftstofflager Flughafen Stuttgart	https://www.skytanking.com/de/news-info/aktuelle-news-und-pressemitteilungen/einzelheiten/flughafen-stuttgart-und-skytanking-unterzeichnen-30-jahres-vertrag-ueber-bau-und-betrieb-der-naechsten-generation-von-flugkraftstofflagern/
Studie Flughafen Stuttgart	Durchführbarkeitsstudie PtL-Kerosin - Rahmenbedungen einer innovativen, industriellen Anlage zur Herstellung von nachhaltige Flugkraftstoffe für den Einsatz am Flughafen Stuttgart	Bereitgestellt vom Flughafen Stuttgart

Referenzen III

Bezeichnung	Name	Quelle
Stuttgart Flughafen	Pressemitteilung Kerosinpipeline Fluhafen	https://fsg-website.azurewebsites.net/newsroom/pressebereich/pressemitteilungen/2019/kerosinpipeline-zum-flughafen-wird-vorerst-nicht-gebaut-versorgungssicherheit-mit-lkw-transporten-garantiert/
Stuttgarter Zeitung	Kerosin Pipeline Flughafen Stuttgart	https://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.flughafen-stuttgart-kerosin-pipeline-kommt-nicht.b3346a80-338d-4213-83ab-a76acba91aad.html
Swedish Biofuels	ASTM decision brings 100% SAF certification within reach	https://swedishbiofuels.se/news/astm-decision-brings-100-saf-certification-within-reach
Umweltbundesamt	In-depth analysis 3: Lifecycle emissions of future fuels	https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/factsheet_in_depth_analysis_3.pdf
Verkehrsministerium Baden-Württemberg	Flughäfen und Landeplätze in Baden-Württemberg	https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/mobilitaet-verkehr/luftverkehr/flugplaetze

Zentrale Begriffe I

Zentrale Begriffe
SAF
Sustainable Aviation Fuel, Nachhaltiger Flugturbinenkraftstoff, hier ab dem Zeitpunkt nach dem Blending und Zertifizierung. Enthält SBC und fossile Jet Fuel Komponente (oder conventional blending components) entsprechend ASTM D7566.
SATF
Synthetic Aviation Trubine Fuel: Häufig verwendeter Begriff, der wie SAF genutzt wird.
SBC
Synthetic Blending Component, manchmal auch "neat SAF" genannt
ASTM
ASTM International: American Society for Testing and Materials: Normungsorganisation, die freiwillige, auf Konsens basierende, technische, internationale Normen für eine Vielzahl von Materialien, Produkten, Systemen und Dienstleistungen entwickelt und veröffentlicht.
JIG
Joint Inspection Group
PoS
Proof of Sustainability: Nachhaltigkeitsnachweis für die Dokumentation und Anrechnung
PoC
Proof of Compliance: Nachhaltigkeitsnachweis für die Dokumentation und Anrechnung, äquivalent zu PoS, da dieses nicht mehrfach ausgestellt werden darf. Gültiger Nachweis für ReFuelEU Aviation.
Blending
Technischer Mischvorgang von Synthetic Blending Component mit fossiler Komponente um SAF nach ASTM D7566 her zu stellen. Wird auch im Kontext weiterer Mischvorgänge wie Ethanol-Beimischung bei Benzin oder Chemikalien verwendet.
UDB
Union Database: Datenbank zur Dokumentation der Kraftstoffe unter RED II / III und ReFuelEU Aviation.
RED II / III
Renewable Energy Directive
SBTi
Science Based Target Initiative
RFNBO
Renewable fuel of non-biological origin: Definiert in RED II / III

Zentrale Begriffe II

Zentrale Begriffe
e-SAF
Synthetisches SAF, hier verwendet wie RFNBO SAF
bio-SAF
Biobasiertes SAF
Segregation
Physisch getrennte Handhabung (Transport, Lagerung) von Jet Fuel verschiedener Qualitäten (hier SAF von fossilem Jet)
Mass Balance
Massenbilanzierung zur Rückverfolgung bei gemeinsam verwendeter Infrastruktur. Möglich wenn Jet Fuel Batches (fertig geblendetes, zertifiziertes SAF und konventionelles Jet Fuel) den gleichen Spezifikations-Anforderungen entsprechen.
Book and Claim
Ein zertifikatsbasiertes System, das die physische Lieferung von SAF von der Zuweisung der Umweltattribute trennt. Derzeit nicht zulässig zur Anrechnung unter RED II / III und ReFuelEU Aviation.
Chain of Custody
Produktkette: Dokumentation der Übergaben von Produkten entlang einer Kette zur Rückverfolgbarkeit.
MTJ
Methanol-to-Jet: technisches Verfahren zu Herstellung eines SBC basierend auf Methanol.
OEM
original equipment manufacturer: Erstausrüster, hier Flugzeug- und Turbinen-Hersteller
Co-mingling
Transport und Lagerung von zertifiziertem Jet Fuel in gemeinsamen Tanks und Leitungen. Möglich wenn Jet Fuel Batches den gleichen Spezifikations-Anforderungen entsprechen.
Flexibilitätsmechanismus
Artikel 15(1) ReFuelEU: Zwischen 2025 und 2034 dürfen Lieferanten die SAF-Quote als gewichteten Durchschnitt über mehrere Flughäfen erfüllen. → Beispiel: Mehr SAF an einem Flughafen, weniger an einem anderen, solange der EU-weite Durchschnitt eingehalten wird. Dennoch: Physisches SAF muss irgendwo in das Flughafen-Kraftstoffsystem eingespeist werden.

Übersicht der Interviewpartner

Nr.	Organisation / Unternehmen	Name/Position	Kategorie
1	Energieunternehmen	Anonym	Logistik & Infrastruktur
2	Airline	Anonym	Abnehmer
3	MiRO Mineralö Raffinerie Oberrhein GmbH & Co. KG	Frank Schäfer (Leiter Strategische Entwicklung), Thomas Müller (Experte Strategische Entwicklung), Michael Borchers	SAF-Produktion & Blending
4	Tanklagerbetreiber	Anonym	SAF-Produktion & Blending
5	Pipelinebetreiber	Anonym	Logistik & Infrastruktur
6	Logistikunternehmen	Anonym	Logistik & Infrastruktur
7	Baden-Airpark GmbH	Eric Blechschmidt (Bereichsleiter Verkehr, Marketing, Vertrieb)	Flughafen & Betankung
8	Flughafen Stuttgart GmbH	Daniel Schmidt (Director Process Optimization and Special Handling), Rafael Hertel (Manager Continuous Improvement & Strategic Projects), Stelian Dumitrache (Public Affairs Manager)	Flughafen & Betankung
9	Zertifizierungsschema	Anonym	Zertifizierung & Compliance
10	Zertifizierungsschema	Anonym	Zertifizierung & Compliance
11	Entwickler von Qualitätsstandards für Flugkraftstoffe	Anonym	Zertifizierung & Compliance
12	Bauhaus Luftfahrt	Dr. Valentin Batteiger (Coordinator Future Aviation Fuels)	Politik & Behörden
13	Verkehrsministerium Baden-Württemberg	Dr. Moritz Layer (Referat 55 - Luftverkehr und Klimaneutrale Kraftstoffe)	Politik & Behörden
14	Energie Unternehmen	Anonym	SAF-Produktion & Blending
15	Ehemaliger Mitarbeiter Deutsche Lufthansa AG & Air bp	Thorsten Luft	Flughafen & Betankung
16	Energy Estate	Peter Conway (Director – Commercial)	Logistik & Infrastruktur
17	Viridi RE GmbH	Jose Luis Moran (Director Integrated Energy Solutions)	Methanol Versorgung
18	Unternehmensberatung	Anonym	Andere
19	Institut für Kolbenmaschinen, KIT	Dr.-Ing. Olaf Toedter (Leiter neue Technologien und Zündsysteme)	Andere
20	Tanklagerbetreiber	Anonym	SAF-Produktion & Blending
21	Flughafenbetreiber & Tanklagerbetreiber	Anonym	Flughafen & Betankung
22	Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co KG	Dr. Gregor Gebel (SAF Combustion Focal)	Andere

Anmerkung: Namen und Organisation der anonymisierten Interviewpartner auf Anfrage

Reference Data Comparison for Transport Cost Assumptions

Source / Study	Region / Notes	Road (€/t-km)	Rail (€/t-km)	Inland Waterway / Ship (€/t-km)	Pipeline (€/t-km)
Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (KiM) – Cost Figures for Freight Transport (2023)	Netherlands / EU bulk freight baseline	~ 0.05 – 0.15	–	IWT relatively low	–
World Bank – Estimating Road Freight Transport Costs in Eastern Europe and Central Asia (2021)	Eastern Europe trucking	~ 0.04 €/t-km (≈ 4.6 US¢/t-km)	–	–	–
CE Delft – Overview of Transport Infrastructure Expenditures and Costs (2021)	EU cost overview	0.05–0.18 (derived)	0.04–0.10 (derived)	0.02–0.05 (derived)	–
ICCT – Toward Greener Freight: Overview of Inland Waterway Transport for Freight in the EU (2024)	EU IWT efficiency study	–	–	0.019–0.027	–
European Court of Auditors (ECA) – Inland Waterway Transport in Europe (2015)	EU IWT vs road cost	Road ≈ 0.14 €/t-km	Rail ≈ 0.07 €/t-km	IWT ≈ 0.03 €/t-km	–
Rail Partners & Steer – Road v Rail Freight Cost Analysis (2025)	UK / Europe comparative analysis	Higher per t-mile	Lower per t-mile (~0.06–0.09 €/t-km est.)	–	–
CTU Prague – Comparative Model of Unit Costs of Road and Rail Freight (2014)	Central / Eastern Europe	Model: 0.06–0.12 €/t-km (road)	0.04–0.09 €/t-km (rail)	–	–
Fraunhofer ISI – European Freight Scenarios and Impacts (LowCarb RFC) (2018)	EU freight decarbonisation study	0.10–0.20 (est.)	0.05–0.09	0.02–0.04	–
OECD/ITF – Modal Comparison Freight Cost Analysis (2019)	OECD cross-modal dataset	0.07–0.18	0.05–0.09	0.03–0.05	–
Verified Market Research / CCNR – Europe Inland Water Freight Transport Market (2022)	Europe bulk transport	0.05 (road baseline)	–	0.02–0.03 €/t-km	–
Global Energy Monitor (GEM) – Europe Gas Tracker Report (2024)	EU pipelines (gas/liquids)	–	–	–	~ €3.4 M/km CAPEX ≈ 0.005–0.02 €/t-km (derived)
ResearchGate / Austrian Energy Study – Cost of Energy Infrastructure in Europe and Austria (2022)	EU / Austria oil pipelines	–	–	–	€1.6 M/km CAPEX → ≈ 0.004–0.012 €/t-km (derived)
Thunder Said Energy – Pipelines: The Energy Economics (2023)	Global	–	–	–	\$1–2 M/km CAPEX → 0.003–0.01 €/t-km
CE Delft / TNO – Emissions and Costs of Freight Transport by Mode (2020)	EU multimodal analysis	0.08–0.18	0.06–0.10	0.02–0.05	–
Roads to Removal (RtR) – CO ₂ and Biomass Transportation – Roads to Removal (2023)	EU comparison of CO ₂ logistics	0.09–0.20	0.05–0.09	0.02–0.04	0.004–0.010 €/t-km (derived)
European Court of Auditors + Concawe cross-reference – Refining and Liquid Fuels Production Study (2022)	EU fuels infrastructure	0.08–0.16	0.05–0.09	0.02–0.03	0.005–0.02 €/t-km
		0.04 – 0.20 depends on distance, region, load, hazard class	0.04 – 0.12 slightly lower per t-km than road; needs scale	0.02 – 0.06 lowest cost per t-km for long distances, derived from CAPEX + throughput assumptions; for inland water can fluctuate significantly	0.003 – 0.02 highly scale-dependent

- Cost ranges reflect pre-tax, long-term marginal transport rates excluding storage and blending. Derived from European averages and used as the input basis for subsequent SAF logistics cost and GHG analyses.
- Cost ranges derived from EU and peer-reviewed studies (CE Delft, ECA, ICCT, KiM, Concawe, GEM 2024).

Kostenstruktur für Terminalbetrieb, Blending und Zertifizierung

Cost Component	Truck Terminal (€/t)	Rail Terminal (€/t)	Port / Ship Terminal (€/t)	Pipeline Node (€/t)	Notes / Sources
Loading / Unloading	0.5 – 1.0	0.7 – 1.5	1.0 – 2.0	0.3 – 0.6	KiM 2023; CE Delft 2021; ICCT 2024
Storage / Tank Rental	1.0 – 2.0	1.0 – 2.5	1.5 – 3.0	0.5 – 1.0	CE Delft 2021; ECA 2015; Concawe 2022
Heating / Circulation	0.2 – 0.5	0.2 – 0.5	0.3 – 0.6	0.1 – 0.3	Industry benchmarks; refinery OPEX data
Terminal OPEX (operations & maintenance)	0.5 – 1.0	0.7 – 1.2	1.0 – 1.5	0.3 – 0.6	CE Delft 2021; KiM 2023
Terminal CAPEX (amortized)	0.8 – 2.0	1.0 – 3.0	2.0 – 5.0	0.5 – 2.0	CE Delft 2021; Steer 2025; GEM 2024; MDPI 2024
Quality Control (QC sampling & lab tests)	0.5 – 1.0	0.5 – 1.0	0.5 – 1.0	0.3 – 0.5	ICCT 2024; ISCC Guidelines; RED III
Certification & Documentation (ISCC / RSB / Nabisy)	0.8 – 1.5	0.8 – 1.5	0.8 – 1.5	0.5 – 1.0	ISCC EU v4.0; RED III; ISCC audit manual
Site Audit (annual fixed)		10 000 – 25 000 €/site-year → ~ 0.1 – 0.3 €/t			ISCC EU audits; industry data

Cost Component	Typical Range (€/t fuel)	Key Cost Drivers (Jet Fuel Context)	Notes / Sources
Physical Blending Operation (energy & labour)	0.5 – 1.5	Pumping, recirculation, additive injection, safety checks under JIG/IATA standards	CE Delft 2021; KiM 2023; Refinery OPEX benchmarks
Additives & Chemicals (static dissipator, corrosion inhibitor, antioxidant)	0.2 – 0.6	Type & quantity of additives per ASTM D1655 / Def Stan 91-091; SAF blend ratio	IATA AFQRJOS Checklist 2024; Concawe 2022
Instrumentation & Metering (mass balance control)	0.2 – 0.4	Flowmeters, blending skid calibration, ATEX equipment	CE Delft 2021; Industry data
Quality Control (QC sampling & lab analysis)	0.5 – 1.0	Jet A-1 & SAF spec tests (density, freeze point, flash point, aromatics, FAME content, conductivity, color)	ICCT 2024; ISCC Guidelines; ASTM D7566
Batch Documentation & Proof of Sustainability (PoS)	0.3 – 0.6	ISCC EU documentation, Nabisy registry, CO ₂ intensity reporting	ISCC EU v4.0; RED III; ReFuelEU Aviation
External Certification Fees (ISCC / RSB)	0.2 – 0.4	Scheme license, certificate renewal, auditor time	ISCC EU Audit Database; RSB Manual
Traceability & Record Keeping (RED III mass balance)	0.3 – 0.6	ERP system, data archiving, batch tracking	RED III Art. 30 / Delegated Reg. 2023/1184
Fixed Annual Audit (ISCC EU / RSB)	10 000 – 25 000 €/site-year → ≈ 0.1 – 0.3 €/t	Third-party audits for mass-balance and PoS verification	ISCC EU Audit Reports; Industry surveys