



PTX FUELS®

Langfristige Versorgung des deutschen Luftverkehrs mit synthetischem Kerosin (eSAF) aus erneuerbarem Strom, Wasserstoff und nachhaltigem Kohlenstoff



Ein Projekt der EDL Anlagenbau Gesellschaft mbH Leipzig

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	4
Ausgangslage	5
Die EDL-Alleinstellungsmerkmale für das eSAF PtX Fuels®	6
Der Produktionsprozess für das eSAF PtX Fuels®	7
Über EDL	8
Die Marktsituation für SAF	10
Derzeitige SAF-Beschaffungsalternativen	11
Das HyKero-Projekt zur Herstellung des eSAF PtX Fuels®	12
Der Produktionsstandort Böhlen-Lippendorf	13
Abkürzungsverzeichnis	14
Impressum	15

PTX FUELS[®]

Langfristige Versorgung des deutschen Luftverkehrs mit synthetischem Kerosin (eSAF) aus erneuerbarem Strom, Wasserstoff und nachhaltigem Kohlenstoff

Ein Projekt der EDL Anlagenbau
Gesellschaft mbH Leipzig



Executive Summary

Nachhaltigkeitsziele des deutschen Luftverkehrs

- Schrittweise Substitution des JET A-1 durch SAF-Beimischung bis 2030.
- ZERO EMISSIONS: Klimaneutraler Luftverkehr bis 2050 durch 100 % SAF-Nutzung und neue Antriebstechnologien (elektrischer Antrieb, wasserstoffbasierter Antrieb).

Nachfrageentwicklung

- Steigende Nachfrage nach SAF durch gesetzliche Beimischungsquote für JET A-1.
- Zunehmende Kundenforderung nach emissionsfreiem Luftfrachttransport.

Herausforderungen

- HEFA-Kerosin kann durch die begrenzte Rohstoffverfügbarkeit den Bedarf nicht decken. Strengere Nachhaltigkeitskriterien der EU-RED II schränken die Nutzung von Biomasse (Pflanzenöle) weiter ein.
- Rohstoffknappheit bei tierischen Reststoffen und Altspeisefetten sowie Margenkonzurrenz zu synthetischem Diesel führt zu Preissteigerungen (Arbitrage) in einem volatilen Rohstoffmarkt.

Lösungsansatz der EDL

- Nutzung des modernsten synthetischen Kerosins (eSAF) mit der höchsten CO₂-Ersparnis aus wasserstoffbasierten **PtX Fuels®** als „grundlastfähige“ Versorgung des deutschen Luftverkehrs aus lokaler Produktion, mit mehr als 85%iger Treibhaugas- (THG-) Minde- rung, langfristiger Versorgungssicherheit und kostenbasierter Preisglättung!
- PtL-Kerosin-Zertifikate müssen nach dem Book&Claim-Verfahren frei handelbar sein. Aufgrund der Wertigkeit der PtL-Zertifikate müssen diese den Mehraufwand der Kraftstoffherstellung gegenüber anderen SAF-Sorten reflektieren und politisch in Europa mit einem höheren Anrechnungsfaktor gefördert werden.

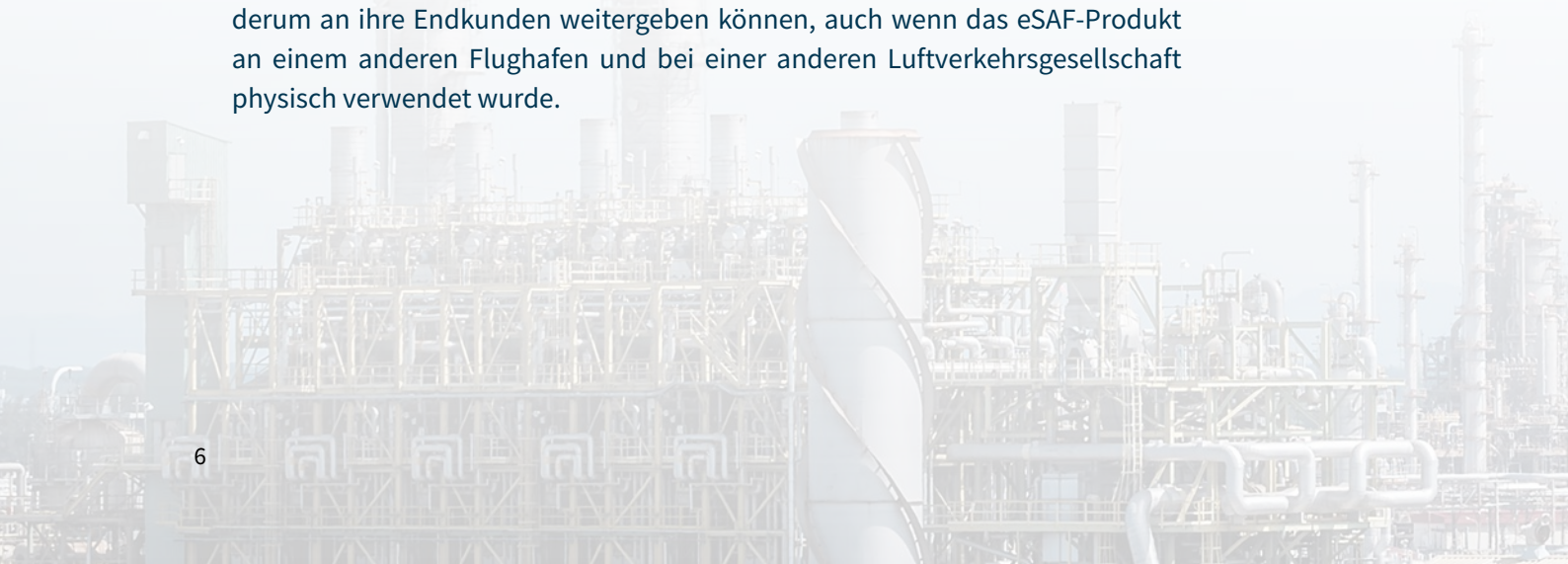
Die Ausgangslage

- Durch die Einführung einer verpflichtenden Beimischungsquote für SAF in JET A-1 wird SAF durch die Mineralölgesellschaften „ex refinery“ dem Kerosin zugemischt und als Gemisch an die Verkehrsflughäfen in Deutschland ausgeliefert.
- Die Beimischung des SAF wird in das bestehende Preismodell gleitender Monatspreise integriert und der Mehraufwand durch den Zukauf von SAF in Form eines höheren Formelpreises ausgeglichen.
- Mit der Einführung einer gesetzlichen Unterquote für PtL-Kerosin (eSAF) benötigen die deutschen Verkehrsflughäfen in 2030 ca. 200.000 t eSAF als eigenständige Zumischung im JET A-1 ungeachtet weiterer Zumischungen anderer SAF-Sorten, wie z.B. HEFA und AtJ.
- Da alle eSAF-Inverkehrbringer ab 2026 die PtL-Unterquote erfüllen müssen, bietet der freiwillige Handel mit PtL-Zertifikaten eine kostensenkende Lösung, da eSAF nicht physisch durch die Bundesrepublik Deutschland zu den Raffineriestandorten transportiert und von dort als Gemisch wiederum zu den Flughäfen transportiert werden muss.
- Das Book&Claim-Verfahren bietet die Möglichkeit, eSAF physisch nur an einem oder zwei größeren Flughäfen einzuspeisen, die produktionsmengenabhängigen eSAF-Zertifikate jedoch beliebig zu stückeln und so von den Inverkehrbringern an die Luftverkehrsgesellschaften im Umfang ihrer quotenkonformen eSAF-Mengen zu verkaufen.
- Die Integration der eSAF-Mengen in das Formelpreismodell der Mineralölgesellschaften kann damit entfallen.
- Von den ca. 200.000 t eSAF entfallen ca. 65 % auf die deutschen Luftverkehrsgesellschaften als Endverbraucher und ca. 35 % auf die sogenannten „visiting airlines“, die Deutschland im gewerblichen Linienverkehr anfliegen.



Die EDL-Alleinstellungsmerkmale für das eSAF PtX Fuels®

- Für die in Deutschland benötigte eSAF-Menge von 50.000 t in 2026 und 200.000 t in 2030 werden aufgrund der Herstellkosten voraussichtlich nur 2–3 PtL-Anlagen gebaut und betrieben. Die Produktionsmengen werden zu den Inverkehrbringern transportiert und an ihren Raffineriestandorten dem JET A-1 beigemischt. Daraus resultieren für den Luftverkehr höhere Kosten und eine verschlechterte Emissionsbilanz ohne Mehrwert.
- Mit ihrer über 100-jährigen Ingenieurkompetenz im Raffinerie- und Anlagenbau wird EDL die für 2026 benötigte eSAF-Produktionsmenge von 50.000 t PtX Fuels® mit der bereits in Planung befindlichen Anlage in Böhlen-Lippendorf produzieren. Die innovative Anlagenkonzeption ermöglicht durch vollständige Nutzung der Prozessgase innerhalb der Anlage einen ökobilanziell emissionsfreien Anlagenbetrieb. Mit der Ausbaustufe (75.000 t/a) wird mehr als 50 % der in 2030 benötigten PtL-Menge zu optimalen Herstellkosten für den deutschen Luftverkehr bereits 2026 in Deutschland verfügbar sein.
- Mit dem Bau einer weiteren Anlage an einem deutschen Raffineriestandort wird EDL den Gesamtbedarf von 200.000 t für die Erfüllung der deutschen PtL-Kerosinunterquote bereitstellen, kostenoptimal produzieren und emissionsminimal an einem oder zwei ausgewählten Flughäfen in Verkehr bringen können.
- Für das EDL-Konzept muss festgelegt werden, an welchen Flughäfen in Deutschland die eSAF-Menge physisch eingespeist werden kann. Mit Unterstützung von einer oder zwei Fluggesellschaften kann die gesamte eSAF-Menge an diese Gesellschaften abgegeben werden, wobei die Abnehmer final nur den eSAF-Preis im Umfang der für ihre Unterquotenerfüllung erforderlichen Menge entrichten. Für diese Mengen werden namentliche Zertifikate ausgestellt. Die verbleibenden freien Zertifikate werden an die sonstigen Inverkehrbringer für JET A-1 verkauft, die damit ihre Quotenverpflichtung erfüllen und die eSAF-Zertifikate wiederum an ihre Endkunden weitergeben können, auch wenn das eSAF-Produkt an einem anderen Flughafen und bei einer anderen Luftverkehrsgesellschaft physisch verwendet wurde.



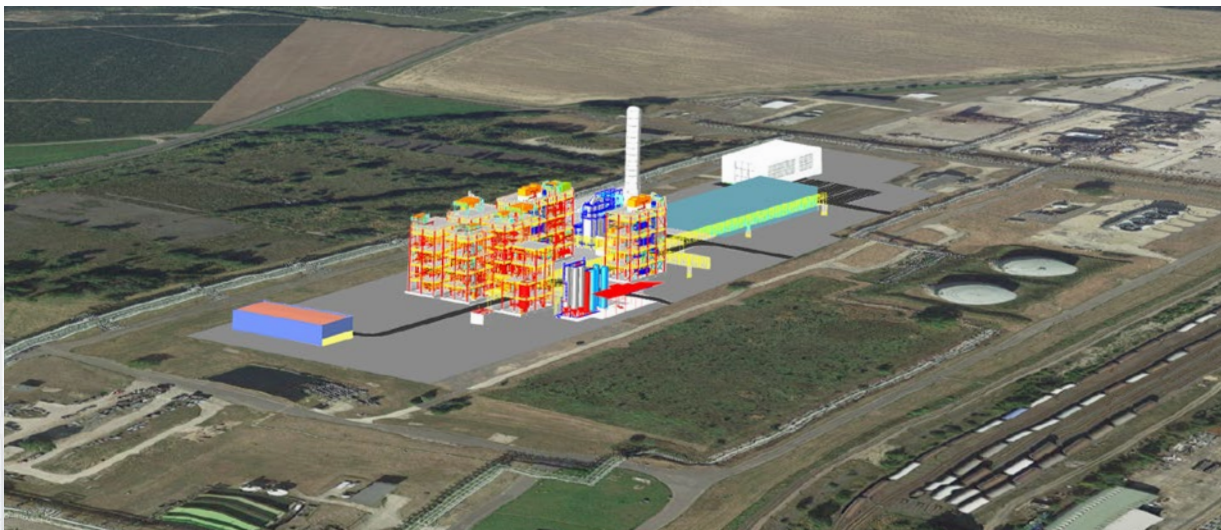
Der Produktionsprozess für das eSAF PtX Fuels®

- Der von EDL entwickelte „HyKero“-Produktionsprozess nutzt erprobte Prozesstechnologien und erlaubt eine zuverlässige und effiziente Herstellung des eSAF PtX Fuels®.
- Die erste HyKero-Anlage zur Herstellung von 50.000 t pro Jahr eSAF wird südlich von Leipzig im Industriepark Böhlen-Lippendorf errichtet. Der Anlagenstandort bietet ideale Infrastrukturbedingungen und liegt zudem unweit des Flughafens Leipzig-Halle.
- Der für den Prozess benötigte grüne Wasserstoff wird mit einer 110 MW Elektrolyseanlage aus Wasser und erneuerbarem Strom erzeugt.
- In weiteren Prozessschritten wird aus grünem Wasserstoff (H₂), nachhaltigem Kohlenstoff und Kohlendioxid (CO₂) ein Synthesegas (H₂ + CO) erzeugt, das mittels

Fischer-Tropsch-Synthese und nachfolgendem Hydrocracking zu eSAF weiterverarbeitet wird.

- Die HyKero-Anlage ist als „ZERO EMISSIONS“-Anlage konzipiert und damit praktisch emissionsfrei.
- Das eSAF wird mit allen erforderlichen Additiven ausgerüstet, um als nachhaltiger „drop-in“ Flugturbinenkraftstoff dem JET A-1 nach ASTM D 1655 beigemischt zu werden.
- Begleitend zur HyKero-Anlage wird der Bau von standortnahen PV- und Windkraft-Anlagen zur preiswerten direkten Versorgung mit erneuerbarem Strom geprüft.

POWER2X
EDL•TECHNOLOGY



Über EDL Anlagenbau

Die EDL Anlagenbau Gesellschaft mbH ist eines der führenden technologieorientierten Anlagenbauunternehmen Deutschlands und blickt auf mehr als 100 Jahre Firmengeschichte der Edeleanu und des Chemieanlagenbaus Leipzig-Grimma zurück. Seit 2003 ist EDL fester Bestandteil der österreichischen Pörner Gruppe nach vielen Jahren der Zugehörigkeit zu RWE/DEA und Texaco.

Der Schwerpunkt der EDL-Expertise liegt im verfahrenstechnischen Anlagenbau mit Auftraggebern in der Raffinerie-, petrochemischen und chemischen Industrie. Seit mehreren Jahrzehnten entwickelt EDL intelligente und nachhaltige Konzepte und Lösungen für die Prozessindustrie. Hunderte erfolgreich realisierter Neubau-, Erweiterungs- und Umbauprojekte belegen die hohe fachliche Kompetenz, Professionalität und Zuverlässigkeit des Unternehmens.

Als Technologieunternehmen und Systemintegrator entwickelt EDL industrielle Lösungen zur Erzeugung von strombasiertem Sustainable Aviation Fuel (eSAF). PtX Fuels® ist ein solcher eSAF, welcher in der Luftfahrt auch als PtL-Kerosin bekannt ist.

EDL ist Mitglied in zahlreichen Initiativen und hat sich zum Ziel gesetzt, die Herstellung und Nutzung des eSAF voranzutreiben. Unter anderem ist EDL Mitglied der deutschen Luftfahrtinitiative aireg e.V., Berlin, der Initiative Clean Skies for Tomorrow des World Economic Forum, Genf, der Arbeitsgemeinschaft P2X4A (Power-to-X for Applications) des VDMA, Frankfurt, und unterstützt die European Clean Hydrogen Alliance (ech2a).





Die Marktsituation für SAF

Historischer Verlauf

- Zulassung FT-SPK (BtL) in 2009; Zulassung HEFA 2011.
- Geringe Mengenverfügbarkeit zu hohen Preisen wirkten prohibitiv auf das Nachfrageverhalten.
- Praxistest der Lufthansa über sieben Monate in 2011 mit 40% Bundesmitteln finanziert.
- Weltweit wenige SAF-Flüge. SAF-Markt bricht 2014 bei Rohölpreis von 40 USD/bbl. ein.

Trendwende 2019

- „Fridays for Future“ bringt Klimapolitik im Verkehrssektor erneut auf die Agenda.
- CORSIA-Einigung auf ein globales Emissionshandelssystem im Luftverkehr.
- EU-RED II verschärft Anforderungen an Rohstoffe und Produktion des SAF.
- Das Luftfrachtgeschäft wird zum Vorreiter der Energiewende im Luftverkehr.
- Die USA verstärken ihre Anstrengungen zur Markteinführung des SAF: Die ASTM lässt weitere Herstellungsverfahren zu. US-Luftverkehrsgesellschaften schließen langfristige Lieferverträge für SAF und der Markthochlauf wird durch die steuerliche Anrechnung von SAF-Kerosinmengen durch sogenannte „RIN“ in Form von Steuergutschriften gefördert.
- In Europa schließt die Deutsche Post DHL Group einen langfristigen Liefervertrag für HEFA-Kerosin und untermauert damit ihre Nachhaltigkeitsziele für den langfristig klimaneutralen Lufttransport.

Derzeitige SAF– Beschaffungsalternativen

Portfoliobetrachtung für die derzeitigen SAF-Herstellungsverfahren

- HEFA und AtJ sind kurzfristig verfügbar.
- Die erwartete Nachfrage kann jedoch aus den bestehenden Produktionsanlagen nicht bedient werden. Beide Verfahren stehen in hoher Abhängigkeit ihrer jeweiligen Rohstoffbasis.
- Jede Verknappung der Rohstoffbasis wirkt preiserhöhend. Investitionen in die Rohstoffherzeugung sind profitabler als Investitionen in Produktionsanlagen.

Portfoliobetrachtung für das eSAF PtX Fuels®

- eSAF aus skaliertem Produktionsverfahren wird ab 2026 verfügbar sein und befindet sich im Wachstumspfad des Produktlebenszyklus.
- Die Rohstoffbasis ist unkompliziert und abgesichert.
- Das Herstellungsverfahren ist technologisch ausgereift mit höheren Herstellkosten im Vergleich zur aktuellen HEFA-/AtJ-Produktion.
- Die deutsche Unterquote für „fortschrittliche Biokraftstoffe“ sichert den Absatzmarkt im Wettbewerb.
- eSAF erreicht als derzeit einziges Herstellungsverfahren eine gleichbleibende THG-Emissionseinsparung von mehr als 80 %. Das EDL-Produktionsverfahren arbeitet emissionsneutral, jedoch werden Emissionen der Vorkette bzw. der Vorprodukte in der THG-Berechnung mitgeführt. Bei optimierter Liefer- und Prozesskette erreicht PtX Fuels® Emissionsminderungen von über 90 %.

Investments in wasserstoffbasierte Technologien sind als Anlageobjekt begehrt.

Das HyKero-Projekt zur Herstellung des eSAF PtX Fuels®

- EDL Anlagenbau Gesellschaft mbH realisiert zusammen mit namhaften Partnern den Bau und Betrieb der HyKero-Anlage im Industriepark Böhlen-Lippendorf zur Herstellung von eSAF unter der Markenbezeichnung **PtX Fuels®**.
- Das eSAF PtX Fuels® entspricht der Zulassungsnorm ASTM D7566 Annex 1 und ist für eine Beimischung zu JET A-1 von bis zu 50 % zugelassen.
- Produziert wird das eSAF aus Wasserstoff und nachhaltigem Kohlenstoff unter Verwendung von grünem Strom.
- Die effektive CO₂-Emissionseinsparung beträgt über 85 % (verbleibende Emissionen entstammen der Vorkette) und liegt damit weit über dem THG-Mindestwert von 70 % für SAF!
- Durch die geographisch gute Lage des Produktionsortes in der Region Leipzig können mehrere Verkehrsflughäfen (bzw. Raffineriestandorte) per Straßentankwagen und/oder Eisenbahn-Kesselwagentransporte mit sehr geringen THG-Emissionen erreicht werden. Im Hinblick auf die maximal mögliche Emissionsvermeidung sollte das eSAF **PtX Fuels®** physisch nur über 2–3 Flughäfen ausgeflogen werden.
- Die initiale eSAF-Produktionsmenge ist auf 50.000 t/a ausgelegt und kann in Böhlen-Lippendorf um weitere 75.000 t/a ausgebaut werden.
- Für weitere 75.000 t/a besteht eine Option an einem deutschen Raffineriestandort. Damit kann EDL die in Deutschland benötigte Gesamtmenge an eSAF für alle deutschen Inverkehrbringer ab 2030 herstellen.



Der Produktionsstandort Böhlen-Lippendorf

- Die eSAF-Produktion erfolgt auf eigenem Gelände im Industriepark Böhlen-Lippendorf.
- Das Gelände ist planfestgestellt und zur Produktion von flüssigen Kohlenwasserstoffen geeignet und zugelassen.
- Die Wasserstoffproduktion wird zudem an den Wasserstoff-Pipeline-Ring Leipzig (LHyVE) angeschlossen. Dieser Ring ist wiederum an den European Hydrogen Backbone angeschlossen und stellt für die HyKero-Anlage eine zusätzliche Versorgungssicherheit und eine größere Flexibilität bei der Wasserstoffproduktion dar. Die HyKero-Anlage verfügt über einen Zugang zu dem vorhandenen Gleisanschluss für Kesselwagentransporte sowie für die TKW-Verladung zum Straßentransport.
- Der Aufbau der eSAF-Produktion in Böhlen-Lippendorf wird durch den Freistaat Sachsen sowie den Bund unterstützt.
- Die Teilprojekte „LHyVE-Erzeugung DE17“ und „LHyVE HyKero DE72“ werden unter dem Förderregime IPCEI Wasserstoff der EU gefördert.



Abkürzungsverzeichnis

a	Annum (Jahr)
ASTM	American Society for Testing and Materials
AtJ	Alcohol-to-Jet
bbL	Barrel (Fass, Volumen 156 l)
BtL	Biomass-to-Liquid
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
eSAF	Strombasierte Sustainable Aviation Fuels
EU	Europäische Union
FT-SPK	Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene
HEFA	Hydrotreated Esters and Fatty Acids
H ₂	Wasserstoff (Hydrogen)
H ₂ O	Wasser
IPCEI	Important Projects of Common European Interest
Jet A-1	Flugturbinenkraftstoff
LHyVE	Leipzig Hydrogen Value Chain for Europe
MW	Megawatt
PtL	Power-to-Liquid
PV	Photovoltaikanlage
RED II	Renewable Energy Directive (der EU)
RIN	Renewable Identification Number
SAF	Sustainable Aviation Fuels
t	Tonne(n)
THG	Treibhausgas
TKW	Tanklastkraftwagen

Impressum

EDL Anlagenbau Gesellschaft mbH
Lindenthaler Hauptstraße 145
04158 Leipzig

Geschäftsführer

Dr.-Ing. Michael Haid
Tel.: +49 341 4664-400
E-Mail: gf@edl.poerner.de

Leiter PtX-Projekte

Dr. Rüdiger Schwarz
Tel.: +49 341 4664-201
E-Mail: ruediger.schwarz@edl.poerner.de

Druck

Druckerei + Werbezentrum
Peik Bechmann
Handwerkerhof 17
04316 Leipzig

Gedruckt auf Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft



„Mit ausgereifter Technologie und Anlagen sowie mit optimierten Investitions- und Betriebskosten stellen wir unseren Kunden nachhaltige fortschrittliche Kraftstoffe und Chemiegrundstoffe mit exzellenten THG-Minderungsquoten zur Verfügung und schaffen damit schon heute **grüne Lösungen** für eine signifikante Verbesserung des CO₂-Fußabdrucks.“

Dr.-Ing. Michael Haid, CEO der EDL Anlagenbau Gesellschaft mbH

www.edl.poerner.de