

Positionspapier

Herausforderungen und Notwendigkeit einer E-Fuels-Wirtschaft für die Luftfahrt

EINLEITUNG

Der Luftfahrtsektor steht vor einer erheblichen Herausforderung, seine CO₂-Emissionen zu reduzieren, da er auf flüssige Kraftstoffe angewiesen ist. E-Fuels, synthetische Kraftstoffe auf Basis von Grünem Wasserstoff und Kohlenstoff (beispielsweise CO₂), bieten eine vielversprechende Lösung, um die Defossilisierung der Luftfahrt zu ermöglichen. Der Aufbau einer E-Fuels-Wirtschaft birgt jedoch zahlreiche Herausforderungen, insbesondere im Hinblick auf die Rohstoffversorgung (insbesondere Wasserstoff) und die spezifischen Anforderungen der Luftfahrtbranche.

1. NOTWENDIGKEIT EINER E-FUELS-WIRTSCHAFT IN DER LUFTFAHRT

Die Luftfahrt ist einer der schwer zu elektrifizierenden Sektoren, und Alternativen wie batterieelektrische Flugzeuge oder Wasserstoff-Brennstoffzellen sind aufgrund von Gewichts- und Reichweitenbeschränkungen kurzfristig keine Option für den kommerziellen Luftverkehr. E-Fuels bieten hingegen die Möglichkeit, bestehende Flugzeugtriebwerke zu nutzen und dabei die CO₂-Emissionen drastisch zu senken. Ohne eine Umstellung auf defossilisierte Kraftstoffe ist die Erreichung der Klimaziele im Luftfahrtsektor nicht möglich.

2. HERAUSFORDERUNGEN BEI DER WASSERSTOFFPRODUKTION

a) Hoher Energiebedarf für die Herstellung von Grünem Wasserstoff

Grüner Wasserstoff, der durch Elektrolyse unter Einsatz von erneuerbarer Energie hergestellt wird, bildet die Basis für die Produktion von E-Fuels. Die großflächige Erzeugung von Wasserstoff erfordert enorme Mengen an erneuerbarem Strom. Um den Bedarf der Luftfahrt zu decken, müssen Kapazitäten an Wind- und Solarenergie massiv ausgebaut werden. Der

schleppende Ausbau dieser erneuerbaren Energien in Deutschland stellt eine große Hürde dar.

Forderung: Ein beschleunigter Ausbau der erneuerbaren Energien ist notwendig, um ausreichend Grünen Wasserstoff für die E-Fuels-Produktion bereitzustellen. Hierfür müssen regulatorische Hürden abgebaut und Investitionen gefördert werden. Zusätzlich müssen entsprechende Mengen an Grünem Wasserstoff importiert werden.

b) Hohe Produktionskosten

Die Kosten für die Herstellung von Grünem Wasserstoff sind aktuell noch deutlich höher als für fossile Kraftstoffe. Elektrolyseure sind teuer und erreichen bei der derzeitigen Produktionsmenge keine Skaleneffekte. Dies macht E-Fuels für die Luftfahrt ohne staatliche Unterstützung unwirtschaftlich.

Forderung: Um die Produktionskosten von Grünem Wasserstoff zu senken, müssen massive Investitionen in den Aufbau von Produktionsanlagen fließen. Subventionen, CO₂-Bepreisung und staatliche Anreize sind notwendig, um die Wirtschaftlichkeit von E-Fuels zu verbessern.

c) Fehlende Produktionskapazitäten und Infrastruktur

Der aktuelle Wasserstoffmarkt bietet nicht genügend Kapazitäten, um die für E-Fuels benötigten Mengen an Grünem Wasserstoff bereitzustellen. Zudem gibt es nur begrenzt Infrastruktur zur Speicherung und zum Transport von Wasserstoff, insbesondere in Regionen, die über wenig erneuerbare Energien verfügen.

Forderung: Es bedarf eines umfassenden Plans für den Aufbau von Elektrolyseuren sowie einer begleitenden Wasserstoffinfrastruktur, die sowohl nationale als auch internationale Märkte abdeckt. Internationale Energiepartnerschaften könnten den Import von Grünem Wasserstoff aus Regionen mit hohem Potenzial für erneuerbare Energien ermöglichen.

3. TECHNOLOGISCHE HERAUSFORDERUNGEN BEI DER E-FUELS-PRODUKTION

CO₂-Abscheidung

Für die Synthese von E-Fuels wird Kohlenstoff benötigt, der beispielsweise aus industriellen Prozessen abgeschieden werden kann. Die dafür eingesetzten Technologien sind aktuell noch vergleichsweise kostenintensiv und befinden sich in der Weiterentwicklung. Die Bereitstellung von CO₂ in ausreichenden Mengen und zu wettbewerbsfähigen Kosten stellt daher eine Herausforderung dar.

Forderung: Investitionen in Technologien zur CO₂-Abscheidung müssen verstärkt werden, um die Verfügbarkeit von CO₂ für die E-Fuels-Produktion sicherzustellen.

4. HERAUSFORDERUNGEN IN DER LUFTFAHRTBRANCHE

a) Hohe Kosten und mangelnde Wettbewerbsfähigkeit

E-Fuels sind derzeit deutlich teurer als fossiles Kerosin. Die Luftfahrtbranche ist stark preissensibel, und höhere Treibstoffkosten könnten Fluggesellschaften erheblich belasten. Ohne staatliche Anreize oder international wirkende regulatorische Maßnahmen sind Fluggesellschaften nicht in der Lage, die hohen Kosten von E-Fuels zu tragen.

Forderung: Weltweit sollten einheitliche Quotenregelungen für den Einsatz von E-Fuels in der Luftfahrt eingeführt werden und finanzielle Unterstützung bereitstehen, um die Einführung von E-Fuels wirtschaftlich tragbar zu machen – also eine internationale Einigung auf Emissionsziele und gleiche Voraussetzungen für die Kraftstoffe. Die aktuellen Regelungen der EU benachteiligen europäische Airlines im internationalen Wettbewerb. Zudem könnte eine CO₂-Bepreisung fossiler Kraftstoffe die Wettbewerbsfähigkeit von E-Fuels erhöhen.

b) Sicherheitsanforderungen und Zertifizierungen

E-Fuels müssen die strengen Sicherheitsanforderungen der Luftfahrt erfüllen und umfangreiche Zertifizierungsprozesse durchlaufen. Dies stellt einen erheblichen Zeit- und Kostenfaktor dar und verzögert die Markteinführung von E-Fuels.

Außerdem müssen die Zertifizierungskriterien grundsätzlich überarbeitet werden, da die aktuellen Kerosinarten (JET-A und JET-A1) Grundwerte an Aromaten enthalten. Diese Aromaten sind Verunreinigungen aus der fossilen Rohstoffquelle, welche insbesondere zur Rußbelastung und zu Kondensstreifen führen. E-SAF hat keine solchen Verunreinigungen. Per aktuellen Zertifizierungskriterien müssten diese allerdings zugesetzt werden.

Forderung: Internationale Standards, Zertifizierungsprozesse und -kriterien sollten beschleunigt und überarbeitet werden, um die Einführung von E-Fuels in der Luftfahrt zu erleichtern. Hierzu sollten Industrie und Regierungen eng zusammenarbeiten.

c) Globale Verfügbarkeit und Infrastruktur

Die Luftfahrtbranche ist global tätig und benötigt eine weltweite Verfügbarkeit von E-Fuels. Die derzeitige Produktions- und Verteilungsinfrastruktur für das Blending mit E-Fuels ist jedoch unzureichend, um die Luftfahrt global zu versorgen. Flughäfen müssen mit Lager- und Distributionsmöglichkeiten für geblendetes E-Fuel ausgestattet werden.

Forderung: Der Aufbau einer globalen Infrastruktur für die Produktion, Lagerung und Verteilung von E-Fuels muss international koordiniert und gefördert werden. Flughäfen sollten schrittweise für die Abwicklung von E-Fuels vorbereitet werden.

5. REGULATORISCHE UND POLITISCHE HERAUSFORDERUNGEN

a) Fehlende politische Anreize

Es fehlen klare internationale regulatorische Vorgaben und Anreize, die den Einsatz von E-Fuels in der Luftfahrt fördern. Ohne starke politische Unterstützung werden die Erzeugungsindustrie und Fluggesellschaften kaum die notwendigen Investitionen in E-Fuels tätigen können.

Forderung: Es sollte eine verbindliche CO₂-Bepreisung oder internationale Quotenregelung für den Einsatz von E-Fuels in der Luftfahrt eingeführt werden. Zusätzlich sollten Subventionen und Steuererleichterungen angeboten werden, um den Umstieg auf E-Fuels zu erleichtern.

b) Internationale Koordination

Die Luftfahrt ist ein globales Geschäft, und supranationale Alleingänge reichen nicht aus, um die Einführung von E-Fuels zu fördern. Es bedarf einer internationalen Koordination und Harmonisierung der Standards und politischen Vorgaben, um den globalen Einsatz von E-Fuels in der Luftfahrt zu unterstützen.

Forderung: Die EU sollte sich auf internationaler Ebene für verbindliche Standards und Regelungen zur Förderung von E-Fuels in der Luftfahrt einsetzen.

FAZIT

Der Aufbau einer E-Fuels-Wirtschaft ist unerlässlich, um die Defossilisierung der Luftfahrt voranzutreiben. Die Herausforderungen sind jedoch beträchtlich, insbesondere in Bezug auf die Verfügbarkeit von Grünem Wasserstoff, die hohen Kosten und die fehlende Infrastruktur. Um diese Hindernisse zu überwinden, bedarf es einer umfassenden politischen Unterstützung, massiver Investitionen und internationaler Zusammenarbeit.

Die nächsten Schritte für den Wandel in der Luftfahrt im Hinblick auf die Produktion und den Einsatz von E-SAF lassen sich in kurzfristige, mittelfristige und langfristige Maßnahmen unterteilen:

1. Kurzfristig: Demonstration der Großproduktion von E-SAF

Der erste wichtige Schritt ist die Etablierung und Demonstration der großtechnischen Produktion von E-SAF. Deutschland kann hier eine Schlüsselrolle spielen, indem es seine technologischen Kapazitäten und Forschungsstärke nutzt, um als Technologievorreiter international aufzutreten. Dies bedeutet:

- Aufbau von Pilot- und Demonstrationsanlagen zur Herstellung von E-SAF, um die Machbarkeit und Effizienz der Prozesse zu zeigen.
- Förderung von Forschung und Innovation, insbesondere in der Elektrolysetechnologie und Power-to-Liquid-Prozessen, die die Grundlage für die Produktion von E-SAF bilden.
- Enge Zusammenarbeit zwischen der Industrie und der Wissenschaft, um eine schnelle Skalierung zu ermöglichen.
- Politische Unterstützung und finanzielle Anreize für Unternehmen, die in diese Technologien investieren.

2. Mittelfristig: Aufbau der weltweiten E-SAF Produktion an global günstigen Standorten

Mittelfristig wird es entscheidend sein, die Produktion von E-SAF an Standorten aufzubauen, die aufgrund natürlicher Bedingungen, wie günstiger Energiekosten aus erneuerbaren Quellen (Solar- und Windenergie), ideal sind. Während Deutschland eine Vorreiterrolle in der Technologieentwicklung einnimmt, wird es auf globaler Ebene vermutlich nicht zu den günstigsten Produktionsstandorten gehören. Die Maßnahmen umfassen:

- Aufbau von Produktionsstätten in Regionen mit günstigem Zugang zu erneuerbaren Energien, wie etwa in sonnen- oder windreichen Gebieten (z. B. in Nordafrika, Australien oder dem Mittleren Osten).
- Globale Kooperationen zwischen Technologieanbietern und Energieproduzenten, um die Produktionskosten zu senken.
- Sicherstellung einer effizienten und nachhaltigen globalen Lieferkette für E-SAF, die sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch tragfähig ist.
- Entwicklung internationaler Märkte und Handelsabkommen, um die Verfügbarkeit und den Preis von E-SAF zu stabilisieren.

3. Langfristig: Entwicklung von Technologien für treibhausgasneutrales Fliegen

Langfristig geht der Wandel über die Produktion von E-SAF hinaus. Da mehr als die Hälfte der Treibhauswirkung des Flugverkehrs nicht aus CO₂-Emissionen, sondern aus indirekten Effekten wie Kondensstreifen und Stickoxiden (NO_x) resultiert, müssen Technologien entwickelt werden, die auch diese indirekten Treibhauseffekte minimieren oder vollständig eliminieren. Das erfordert:

- Forschung und Entwicklung neuer Flugzeugtechnologien, die auf alternative Antriebskonzepte wie elektrische oder wasserstoffbasierte Systeme setzen.
- Weiterentwicklung von E-SAF zu Treibstoffen, die in der Atmosphäre keine Kondensstreifen oder ähnliche Effekte hervorrufen.
- Integration von neuen Luftfahrttechnologien, die klimaneutral arbeiten, in die globalen Luftverkehrssysteme.
- Stärkung von Forschung und Innovationsprogrammen, um revolutionäre Flugkonzepte, wie etwa emissionsfreie Flugzeuge, zu entwickeln und zur Marktreife zu bringen.

Insgesamt muss dieser Weg durch eine enge Kooperation zwischen Industrie, Wissenschaft und Politik begleitet werden, um nicht nur die technischen Hürden zu überwinden, sondern auch die nötigen wirtschaftlichen

und regulatorischen Rahmenbedingungen zu schaffen. Deutschland kann als Technologievorreiter den ersten Schritt machen, auch wenn die Produktion mittelfristig in anderen Ländern günstiger stattfinden wird.

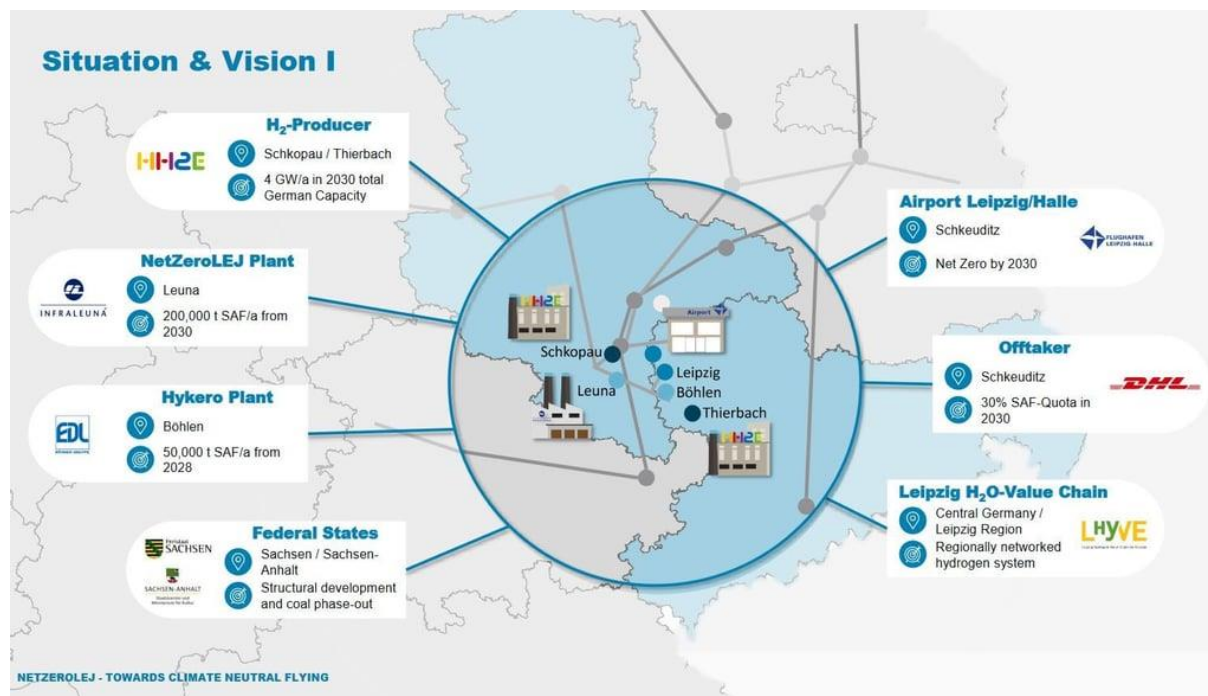
UNTERSTÜTZENSWERTE AKTIVITÄTEN IN MITTELDEUTSCHLAND:

In Leuna, Sachsen-Anhalt, wird eine Forschungsanlage für grünen Flugtreibstoff, finanziert durch die Bundesregierung, gebaut, die das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) vorantreibt. Ziel der Anlage ist die Produktion von synthetischem Flugtreibstoff, genannt Sustainable Aviation Fuel (SAF), der mit Hilfe von Ökostrom hergestellt wird und so den CO₂-Ausstoß im Luftverkehr senken soll. Die geplante Anlage, deren Betrieb bis 2032 mit 75 Millionen Euro unterstützt wird, hat in ihrer endgültigen Form jedoch eine deutlich reduzierte Produktionskapazität von 2.000 Tonnen pro Jahr. Dies reicht jedoch für Forschungszwecke aus, auch wenn ursprünglich eine Kapazität von 10.000 Tonnen angestrebt war.

Parallel dazu plant die Chemieparkgesellschaft Infra-Leuna mit dem Logistikunternehmen DHL ein weitaus größeres Projekt. Am Flughafen Leipzig/Halle soll die weltweit größte Produktionsanlage für grünen Flugtreibstoff, das sogenannte NetZeroLEJ-Projekt, entstehen. Diese Anlage soll ab 2030 jährlich 200.000 Tonnen e-SAF produzieren. Das Projekt umfasst den Bau von Elektrolyseuren in Schkopau und Thierbach, die vier Gigawatt grünen Strom zur Wasserstoffproduktion liefern sollen. Dieser Wasserstoff würde dann in Leuna zu e-SAF weiterverarbeitet. DHL plant, bis 2030 eine SAF-Beimischungsquote von 30 % im Luftfrachtverkehr zu erreichen, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren.

Allerdings steht die Realisierung der Projekte noch vor großen Herausforderungen, da die Produktionskosten von e-SAF derzeit dreimal höher sind als die von herkömmlichem Kerosin. NetZeroLEJ setzt auf günstigere Strompreise und stabile regulatorische Bedingungen. Außerdem ist der Bau der erforderlichen Infrastruktur mit Investitionen in Milliardenhöhe verbunden.

Abbildung 1: Schematische Darstellung NetZeroLEJ



Weitere Informationen und Umsetzungsprojekte finden Sie unter [E-Fuels - HYPOS e. V. \(hypos-germany.de\)](https://www.hypos-germany.de)

ANSPRECHPARTNER

Jörn-Heinrich Tobaben

1. stellvertretender Vorsitzender des HYPOS e.V.
Geschäftsführer der Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH

Dr. Christoph Mühlhaus

Vorstand des HYPOS e.V.
Sprecher des Kooperationsnetzwerks Chemie+

Tobias Richter

HYPOS e.V.
Projekt- und Clustermanager
✉ richter@hypos-germany.de
☎ +49 (0) 176 242 523 78