

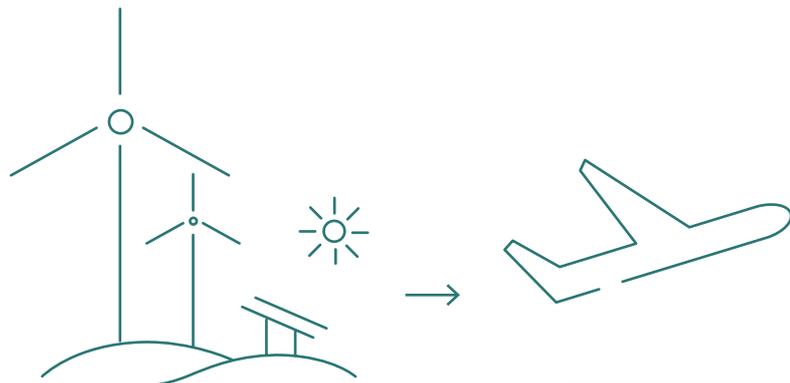
HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen

INFORMATIONEN ZUM THEMA POWER-TO-LIQUID (PTL)

Stand: April 2022



1. Was ist die PtL-Technologie?

Power-to-Liquid (PtL) ist ein Verfahren, mit dem aus Strom, Wasser und Kohlenstoffdioxid Kraftstoff erzeugt wird. Dabei wird zunächst Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten. Danach wird der Wasserstoff mit Kohlenstoffdioxid (CO_2) zu einem Synthesegas weiterverarbeitet. Das CO_2 kann sowohl aus Industrieprozessen, biologischen Abbauprozessen als auch direkt aus der Luft stammen. Aus dem Synthesegas wird abschließend mit Hilfe des Fischer-Tropsch-Prozesses ein Kohlenwasserstoffgemisch erzeugt, das in einer Raffinerie zu Flüssigkraftstoff aufgearbeitet werden kann. Eine weitere Option zur Produktion von PtL ist die Methanolroute. Hier wird aus dem Synthesegas zunächst Methanol hergestellt, das dann weiter zu Kerosin aufgearbeitet werden muss.

.....

2. Welche anderen alternativen Kraftstoffoptionen gibt es grundsätzlich für die Luftfahrt?

Die derzeit noch bedeutendste Option stellen Biokraftstoffe dar. Es gibt mittlerweile mehrere zugelassene Verfahren, Kerosin für Luftfahrtzwecke aus Biomasse herzustellen. Die Nachhaltigkeit dieser Kraftstoffe hängt vor allem davon ab, wo die Biomasse herkommt. Anbaubiomasse führt tendenziell zu einer Tank-Teller-Konkurrenz und wird zunehmend als nicht nachhaltig angesehen. Biomasse aus Abfall- oder Reststoffen kann hingegen nachhaltig sein, ist allerdings in ihrem Aufkommen begrenzt und daher nicht geeignet, mehr als nur einen begrenzten Teil der Menge an fossilen Kraftstoffen zu ersetzen.

Eine Zwitterform zwischen Biokraftstoffen und PtL ist PBtL. Dieses Verfahren ist neu und noch nicht technisch erprobt. Es kombiniert den Einsatz von Methan (CH_4) und elektrischem Strom, wobei das Methan die wichtigere Energiequelle ist. Wenn das Methan aus Biomasse gewonnen wird, gelten bezüglich der Nachhaltigkeit die gleichen Ausführungen wie zu den Biokraftstoffen.

Eine weitere Alternative sind die Solarkraftstoffe (Sun-to-Liquid; StL). Hierbei wird Solarenergie nicht zu Strom verwandelt, sondern über Spiegel gebündelt und direkt für die Erzeugung eines Synthesegases eingesetzt, aus dem dann über eine anschließende Synthese Flüssigkraftstoffe gewonnen werden können. Vorteil dieses Verfahrens ist der höhere Wirkungsgrad, da die Energieverluste bei Strom- und Wasserstoffherstellung entfallen. Nachteil sind Kosten und Platzbedarf für die erforderlichen nachführbaren – also sich dem wechselnden Stand der Sonne ausrichtende – Spiegel sowie der Umstand, dass hier nur Sonnenenergie, aber nicht Windkraft genutzt werden kann. Auch dieses Verfahren befindet sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium.

.....

3. Welche ökologischen Vorteile hat die PtL-Technologie?

Der große Vorteil der PtL-Kraftstoffe ist, dass diese vollständig CO_2 -neutral hergestellt werden können und die erforderlichen Ressourcen, also Wasser, CO_2 und regenerative Energie aus Sonne und Wind, prinzipiell unbegrenzt verfügbar sind. Der Platzbedarf liegt um ein Vielfaches unter dem für den Anbau von Biomasse. Nachteilig sind die hohen Umwandlungsverluste bei Wasserstoffherzeugung und Kerosinsynthese. PtL ist daher nur dann nachhaltig, wenn der Strom auf regenerativem Wege gewonnen wird. Bei Stromgewinnung aus Erdgas oder Erdöl wäre eine direkte Umwandlung der fossilen Rohstoffe zu Kraftstoffen effizienter als die PtL-Route.

.....

4. Gibt es realistische Alternativen zu PtL, um den Luftverkehr CO₂-neutral zu machen?

Diskutierte Alternativen zum Einsatz von Kerosin sind Wasserstoff- oder Elektroantriebe. Vor dem Einsatz dieser Antriebe im Luftverkehr sind jedoch einige grundsätzliche Hindernisse zu bewältigen. Im Falle des Elektroantriebs besteht das Hauptproblem in der geringen Energiedichte von Batterien, die nur einen kleinen Bruchteil der Energiedichte von Flüssigkraftstoffen beträgt. Der Effizienzvorteil von Elektromotoren wird durch den Nachteil der geringen Energiedichte überkompensiert, sobald längere Strecken zurückzulegen sind. Es ist daher davon auszugehen, dass es auch in mehreren Jahrzehnten elektrobetriebene Verkehrsflugzeuge allenfalls im Kurzstreckenbereich geben wird. Im Falle von Wasserstoff besteht das Problem darin, dass Wasserstoff ein Gas ist. Er muss daher entweder in Drucktanks oder in verflüssigter Form transportiert werden. Im ersten Fall ist das hohe Gewicht der Drucktanks problematisch, und im zweiten Fall der hohe Energiebedarf für die Verflüssigung. Sowohl beim Elektroantrieb als auch beim Wasserstoffantrieb können die existierenden Flugzeuge nicht weiter genutzt werden. Es bedarf völlig neuer Flugzeugkonzepte, die gegenwärtig noch Gegenstand der Forschung sind, sowie einer perspektivisch weitgehend an die neuen Rahmenbedingungen anzupassende Flughafeninfrastruktur.

Diese möglichen technischen Antriebsalternativen zielen jedoch auf kleinere Flugzeuge ab. Nach heutigem Kenntnisstand wird es zumindest bei Langstrecken bzw. im Interkontinentalverkehr im Luftverkehr auch langfristig keine technisch sinnvollen Alternativen zu Antrieben mit dem sehr energiedichten Kerosin geben. Daher ist die Wende hin zu Kerosin aus erneuerbaren Energien für den Flughafen Frankfurt als internationalem Hub besonders wichtig.

.....

5. Was ist Stand der Technik und was genau ist in Hessen geplant?

PtL-Versuchsanlagen im Labormaßstab gibt es bereits seit einigen Jahren. Die erste Anlage, die den Labormaßstab übersteigen wird, ist die im vergangenen Jahr fertig gestellte Anlage der Solarbelt in Werlte (Emsland). Diese Synthesanlage wurde von der Ineratec gebaut und installiert und geht 2022 in Betrieb. Die Kapazität dieser Anlage beträgt jährlich 350 Tonnen des PtL-Vorprodukts, des sogenannten Fischer-Tropsch-Zwischenprodukts. Die jetzt im Industriepark Höchst von Ineratec geplante Anlage wird eine bis zu zehnmals größere Produktionskapazität haben und nach Inbetriebnahme damit die größte PtL-Anlage der Welt sein.

Hinzu kommt: Bei allen bisher existierenden PtL-Anlagen erfolgte die Stromversorgung kontinuierlich aus dem Netz. Das langfristige Ziel aber ist ja, den Strom für die Erzeugung von klimafreundlichem PtL aus Erneuerbaren Energien zu nutzen. Im Rahmen des Projekts RePoSe (Renewable Power Supply for e-Fuels) des Kompetenzzentrums für Klima- und Lärmschutz im Luftverkehr (CENA) soll daher erstmals eines der geplanten Anlagenmodule der Ineratec-Anlage im Industriepark Höchst unter Bedingungen betrieben werden, die einer regenerativen Stromerzeugung aus Wind- oder Solarkraft entsprechen. Die Variabilität der Stromversorgung könnte in diesem Falle teilweise durch einen Wasserstoffspeicher abgepuffert werden, der bei hoher Stromverfügbarkeit gefüllt und bei niedriger Stromverfügbarkeit geleert wird. Darüber hinaus würde die Leistung der Synthese teilweise variabler, um denjenigen Perioden zu begegnen, in denen das Wasserstofflager für den Ausgleich nicht ausreicht. Das Ziel ist, mit RePoSe wesentliche Erkenntnisse für den zukünftigen Umgang mit schwankend verfügbaren regenerativen Strom zu gewinnen, wie zum Beispiel zur Dimensionierung des Wasserstoffspeichers und der Optimierung des Betriebs der Anlage. Daher wurde für Projekt eine Förderung durch die Bundesregierung beantragt.

.....

6. Was ist die Aufgabe des CENA bei RePoSe?

RePoSe wurde von CENA konzeptionell entwickelt und über mehrere Vorstudien vorbereitet. Für das Projekt ist CENA Konsortialführer und wird die mit der PtL-Produktion bei variabler Stromversorgung verbundenen konzeptionellen Fragen wissenschaftlich untersuchen. Relevante Fragen sind beispielsweise die Optimierungen der Größe des Wasserstoffspeichers sowie die Integration in das Gesamtsystem.

.....

7. Wie groß ist die Menge an synthetischem Kerosin, dass in Hessen produziert wird?

Bei der aktuell vorgestellten Anlage von Ineratec handelt es sich um eine modulare Anlage mit einer Ausbaupazität von bis insgesamt zu 3.500 Tonnen/Jahr an PtL-Vorprodukt. Das für RePoSe eingesetzte Modul wird hierbei eine Kapazität von bis zu 350 Tonnen/Jahr haben. Ein wesentlicher Teil dieses PtL-Vorprodukts wird sich zu Kerosin weiterverarbeiten lassen.

Weitere Anlagenkonzepte verschiedener Unternehmen zur Realisierung im Industriepark Höchst sind in Prüfung und Vorbereitung. Außerdem arbeitet das Bundesverkehrsministerium an weiteren Fördermöglichkeiten, z.B. für den Markthochlauf von PtL im Luftverkehr. Ziel des hessischen Verkehrsministeriums und des CENA ist, dass durch entsprechende Kooperationen weitere Vorhaben zur Erprobung und Herstellung alternativer Kraftstoffe in Hessen angesiedelt sein werden.

.....

8. Woher kommen CO₂ und erneuerbarer Wasserstoff?

Das biogene CO₂ stammt aus der größten Biogasanlage Deutschlands, die im Industriepark Frankfurt Höchst betrieben wird. Auch der Wasserstoff kann mit Elektrolysekapazitäten vor Ort gedeckt werden. Über Stromzertifikate gewährleistet Ineratec die Nutzung von erneuerbar erzeugtem Strom.

.....

9. Wann wird das erste Kerosin aus Hessen in einem Flugzeug eingesetzt?

Das erste PtL-Vorprodukt wird voraussichtlich 2023 produziert und muss anschließend in einer Raffinerie aufgearbeitet werden. Der genaue Zeitplan dafür wird derzeit erarbeitet.

.....

10. Lösen die jetzt geplanten Anlagen die Emissionsprobleme der Luftfahrt?

Der jährliche Kerosinbedarf des Frankfurter Flughafens liegt unter normalen Bedingungen bei mehreren Millionen Tonnen. Der Aufbau von Anlagen für die nachhaltige Herstellung derartiger Mengen wird Jahrzehnte dauern.

Vom Bund veröffentlichte Förderprogramme für die Erzeugung von PtL bewirken voraussichtlich in den nächsten Jahren, dass nicht nur im IPH, sondern auch an weiteren Standorten Anlagen entstehen werden. Gleichwohl werden diese ersten Produktionsmengen nur einen kleinen Bruchteil der benötigten Kraftstoffmengen im Luftverkehr abdecken. Hinzu kommt, dass aufgrund der ho-

hen Energiedichte, die Kerosin auszeichnet, bei der Herstellung von PtL am Ende der Prozesskette nur ein Teil der eingespeisten Menge an Kohlenstoff und Energie in Kerosin nutzbar gemacht werden kann. Es gibt technisch bedingt immer auch Anteile anderweitiger Kraftstoffe wie Diesel oder zum Beispiel in der Chemieindustrie benötigte Wachse. Die Anlagen bieten aber die Möglichkeit, Betriebserfahrung zu sammeln und verschiedene Bedingungen zu erproben, wie beispielsweise den Betrieb der Anlage auf Basis einer variablen Stromversorgung durch Wind- und Sonnenenergie. Dies schafft die Voraussetzung, die Verfahren zu verbessern und in einem nächsten Schritt wesentlich größere Anlagen zu bauen. Derartige Entwicklungen tragen zudem dazu bei, dass Deutschland seine führende Position behauptet, um derartige Anlagen nicht nur zu betreiben, sondern auch künftig auf dem Weltmarkt zu platzieren.

.....

11. Ist PtL auch eine Lösung für andere Verkehrssektoren?

Die Herstellung von PtL-Treibstoffen verbraucht außerordentlich viel Energie; deshalb sollten sie vorrangig dort eingesetzt werden, wo es - wie im Flugverkehr - keine Alternative gibt (Prinzip: efficiency first). Für besondere Transportbedarfe, wie zum Beispiel bestimmte Bereiche des Schwerlastverkehrs oder den Schiffsverkehr, werden synthetische Kraftstoffe als dauerhafte Alternative in Frage kommen.

.....

12. Reicht die Menge an verfügbaren erneuerbaren Energien aus, um die Bedarfe zu decken?

Nein, es wird einen massiven Ausbau von erneuerbaren Energiequellen innerhalb und außerhalb der EU geben müssen, zumal es Nutzungskonkurrenzen bei dem mittels erneuerbarer Energien hergestellten Wasserstoffs als Eingangsstoff für PtL mit anderen Anwendungsbereichen für grünen Wasserstoff geben wird (z. B. für Antriebe mittels Brennstoffzellen und industrielle Prozesse).

.....

13. Was fehlt PtL gegenwärtig zur Marktreife?

Neben technologischen Fragen sind auch regulatorische Fragen zu beantworten: Wie können PtL-Kraftstoffe wettbewerbsfähig werden, wenn sie in der Herstellung dauerhaft deutlich teurer sein werden als das bisherige fossile Kerosin? Wie wird ein sukzessiver Übergang weg vom fossilen Kerosin gestaltet? Welche Umweltaspekte sind zu beachten, welcher Zertifizierungen bedarf es? Wie wird sichergestellt, dass europäische Fluggesellschaften, wenn sie die europäischen und nationalen Vorgaben einhalten, keine erheblichen Wettbewerbsnachteile gegenüber Fluggesellschaften von außerhalb Europas haben?

Um einen Absatzmarkt für PtL-Kerosin zu schaffen, wurde 2021 in Deutschland durch eine entsprechende Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes eine PtL-Quote für den Luftverkehr von 0,5 Prozent ab 2026, 1 Prozent ab 2028 und 2 Prozent ab 2030 eingeführt. Diese Quote ist grundsätzlich geeignet, den Produzenten eine Absatzsicherheit zu verschaffen. Die in diesem Zusammenhang an PtL gestellten Nachhaltigkeitsanforderungen stehen allerdings unter dem Vorbehalt der Vereinbarkeit mit entsprechenden Regelungen auf der EU-Ebene, deren Verabschiedung mittlerweile deutlich hinter dem ursprünglichen Zeitplan zurückliegt. Solange hier keine Entscheidung gefällt wurde, besteht eine erhebliche Rechtsunsicherheit für Investitionen in

PtL-Anlagen. In der Praxis wird es eine Mischung aus verbindlichen Vorgaben, freiwilligen Selbstverpflichtungen von Fluggesellschaften, Energie- und Kraftstoffunternehmen sowie ökonomischen und regulatorischen Instrumenten brauchen.

**Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Energie, Verkehr und Wohnen**

Referat Presse, Öffentlichkeitsarbeit
Kaiser-Friedrich-Ring 75, 65185 Wiesbaden
Telefon 0611 815-2020
presse@wirtschaft.hessen.de
<https://wirtschaft.hessen.de>
