

### Kurzfassung

Ziel dieser Masterarbeit ist es, alternative Technologien zur Emissionsreduktion in der Luftfahrt zu identifizieren und deren Einsatz im Betrieb zu implementieren.

Im ersten Teil dieser Masterarbeit soll im Rahmen einer umfassenden Recherche ermittelt werden, welche Ansätze zur CO<sub>2</sub>-Reduktion sich derzeit in der Forschung befinden bzw. welche Technologien bereits im Einsatz sind.

Die Auswertung dieser Recherche zeigt, dass insbesondere die synthetischen Kraftstoffe Power-to-Liquid, Sun-to-Liquid und Biomass-to-Liquid ein großes Potential haben, um in Zukunft den gesamten Luftverkehr mit SAF zu versorgen.

Anschließend werden diese drei Kraftstoffe unter verschiedenen Aspekten analysiert und miteinander verglichen. Aus diesen Kraftstoffen wird die am besten geeignete Technologie ausgewählt. PtL ist aus verschiedenen Gründen die beste Lösung für die kurz- und mittelfristige Umsetzung im Betrieb.

Gründe hierfür sind die hohe technologische Reife, ein besonders niedriger Wasserverbrauch und die Möglichkeit, bereits kurzfristig auf große Mengen zurückgreifen zu können.

Auf Basis der PtL-Technologie werden anschließend die zu erwartenden Preisunterschiede zwischen fossilen und synthetischen Kraftstoffen bis 2050 analysiert. Für eine Prognose dieser Kraftstoffe ist es notwendig, gezielt Parameter zu setzen, die die Entwicklung maßgeblich beeinflussen können. Dazu werden drei verschiedene Szenarien mit jeweils unterschiedlichen Annahmen zur Preisentwicklung erstellt.

Derzeit liegt der Preis für einen Liter PtL mit 4,50 € deutlich über dem von fossilem Kerosin mit 0,52 €. Basierend auf technologischen Fortschritten sowie einer Skalierung der Produktionsanlagen wäre es möglich, die Kosten für die Herstellung eines Liters PtL bis 2050 auf 1,10 € bis 1,80 € zu senken, während der Preis für fossiles Kerosin bis 2050 auf 1,60 € bis über 4,00 € steigen könnte.

Im weiteren Verlauf der Masterarbeit wird nun der prognostizierte Kerosinpreis verwendet, um die Auswirkungen des synthetischen Kraftstoffs PtL anhand von drei verschiedenen Beispielverbindungen abzuschätzen.

Die Beispielverbindungen unterscheiden sich in ihrer Entfernung, es werden eine Kurzstrecke, eine kontinentale und eine interkontinentale Verbindung gewählt.

Die Ziele sind Wien, Palma de Mallorca und Dubai, der Abflughafen ist jeweils Düsseldorf.

Unter der Annahme der oben prognostizierten Kerosinpreise wird der Einfluss der Beimischungsquote auf die Ticketpreise untersucht.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die Beimischungsquote insbesondere kurzfristig einen hohen Einfluss auf die Ticketpreise hat. Grund dafür sind die derzeit hohen Kosten für SAF. Folgt man der EU-Strategie und nutzt den vorgeschlagenen Pfad zur Umsetzung einer

## Kurzfassung

Beimischungsquote, so ist festzustellen, dass die Auswirkungen auf die Ticketpreise keinen großen Einfluss haben.

Bis 2035 erhöht sich der Ticketpreis im Vergleich zu einem Ticket mit 100% fossilem Kerosin für die Strecke Düsseldorf - Dubai um maximal ca. 13% bzw. ca. 50 €. Für die Mittelstrecke nach Palma de Mallorca erhöht sich der Ticketpreis bis 2035 um maximal ca. acht Prozent bzw. zehn Euro und für die Kurzstrecke nach Wien um 6,50 Prozent bzw. acht Euro.

Auch die Entfernung bzw. der Verbrauch der Flugzeuge hat einen Einfluss auf den Anstieg der jeweiligen Ticketpreise.

## Abstract

The aim of this master's thesis is to identify alternative technologies for reducing emissions in aviation and to implement their use in operations.

In the first part of this master's thesis, comprehensive research is to be conducted to determine which approaches to CO<sub>2</sub> reduction are currently being researched and which technologies are already in use.

The evaluation of this research shows that especially the synthetic fuels Power-to-Liquid, Sun-to-Liquid and Biomass-to-Liquid have a great potential to supply the entire air traffic with SAF in the future.

Afterwards, these three fuels will be analysed under different aspects and compared with each other. The most suitable technology will be selected from these fuels. For various reasons, PtL is the best solution for short- and medium-term implementation in operations.

The reasons for this are the high technological readiness level, a particularly low water consumption and the possibility of being able to draw on large quantities at short notice.

Based on the PtL technology, the expected price differences between fossil and synthetic fuels until 2050 will be analysed. For a forecast of these fuels, it is necessary to set specific parameters that can significantly influence the development. For this purpose, three different scenarios are created, each with different assumptions on the price development.

Currently, the price of a litre of PtL at €4.50 is significantly higher than that of fossil paraffin at €0.52. Based on technological progress and a scaling of the production plants, it would be possible to reduce the costs for the production of a litre of PtL to 1.10 € to 1.80 € by 2050, while the price for fossil paraffin could rise to 1.60 € to over 4.00 € by 2050.

In the further course of the master thesis, the predicted paraffin price is now used to estimate the impact of the synthetic fuel PtL using three different example compounds.

The sample connections differ in their distance; a short-haul, a continental and an intercontinental connection are chosen.

The destinations are Vienna, Palma de Mallorca and Dubai, the departure airport is Düsseldorf in each case.

Assuming the paraffin prices forecast above, the influence of the blending ratio on the ticket prices is examined.

As a result, it can be stated that the blending rate has a high influence on ticket prices, especially in the short term. The reason for this is the currently high cost of SAF. If one follows the EU

## Abstract

strategy and uses the proposed path for the implementation of a blending quota, it can be seen that the effects on ticket prices do not have a major impact.

By 2035, the ticket price for the route Düsseldorf - Dubai will increase by a maximum of approx. 13% or approx. 50 € compared to a ticket with 100% fossil paraffin. For the medium-haul route to Palma de Mallorca, the ticket price will increase by a maximum of about eight per cent or ten euros by 2035, and for the short-haul route to Vienna by 6.50 per cent or eight euros.

The distance or the consumption of the aircraft also has an influence on the increase of the respective ticket prices.