

Wasserstofferzeugung im Flugzeug durch Dehydrierung ausgewählter Kerosinfraktionen

Bachelorarbeit

von

Sabrina Spitzl

Matr.-Nr.: 626729

Vorgelegt am
27.08.2010

an der
Hochschule Mannheim

Bearbeitet am
Institut für Technische Thermodynamik des DLR
(Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.)

Betreuer Hochschule Mannheim: Herr Prof. Dr. Thorsten Röder

Betreuerin DLR: Frau Dipl.-Ing. Karolina Swiecki

Vorwort

Die Bachelorarbeit mit dem Thema „Wasserstofferzeugung in Flugzeugen durch Dehydrierung ausgewählter Kerosinfraktionen“ wurde am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Stuttgart durchgeführt. Die Fachgruppe Fuel Processing, zu deren Themengebiet diese Arbeit gehört, ist ein Teil der Abteilung Thermische Prozesstechnik des Instituts für Technische Thermodynamik. Bei diesem Thema handelt es sich darum einen neuen Weg der Wasserstofferzeugung für mobile Anwendungen zu untersuchen. Die Bachelorarbeit wurde von Frau Dipl.-Ing. Karolina Swiecki seitens des DLR und von Herrn Prof. Dr. Dipl.-Ing. Thorsten Röder seitens der Hochschule Mannheim betreut. Ich möchte mich bei ihnen und bei meinen anderen Kollegen herzlich für die Unterstützung bedanken.

Abstrakt

In modernen Verkehrsmaschinen wird heutzutage immer mehr elektrische Energie benötigt. Dies liegt unter anderem daran, dass einige mechanische und hydraulische Systeme durch elektrische ersetzt werden. Strom wird in Verkehrsmaschinen durch eine Auxiliary Power Unit erzeugt. Hierbei handelt es sich um eine Turbine, in der Kerosin verbrannt wird. Bei diesem Prozess entstehen umweltschädliche Abgase. Diese Abgase sollen reduziert werden. Aus diesem Grund kam die Idee auf, die Auxiliary Power Unit durch ein umweltfreundliches Brennstoffzellensystem zu ersetzen. Hierfür wird Sauerstoff und Wasserstoff benötigt. Sauerstoff kann der Atmosphäre entnommen werden, Wasserstoff muss dagegen an Bord des Flugzeuges erzeugt werden. Eine Lagerung im Flugzeug wäre wirtschaftlich nicht sinnvoll.

In der Bachelorarbeit soll untersucht werden, ob der benötigte Wasserstoff durch Dehydrierung von Kerosin erzeugt werden kann. Hierfür wird zunächst mit einer Prozesssimulation untersucht, bei welchen Prozessbedingungen eine Dehydrierung möglich ist. Wünschenswert wäre eine Dehydrierung in der Flüssigphase, da dies am energieeffizientesten wäre. Im Anschluss an die Simulation soll mit Vorversuchen geprüft werden, bei welchen Prozessbedingungen eine Dehydrierung auch praktisch möglich ist. Hier werden außerdem für die Auslegung einer Technikumsanlage benötigte Messwerte erfasst, wie zum Beispiel die Reaktionstemperatur, die Ausbeute und die Reaktionszeit. Mit den Erfahrungen aus der Simulation und den Versuchen soll abschließend noch ein Anlagenkonzept für die Technikumsanlage erstellt werden. Hierfür werden Kreativitäts- und Analysemethoden aus dem Qualitätsmanagement angewandt.

Inhaltsverzeichnis

<i>Formelzeichen</i>	9
1 Einführung	11
1.1 More Elektrical Aircraft, Reduzierung des Brennstoffverbrauchs und der Emissionen	11
1.2 APU und Brennstoffzellen	13
1.3 Verfügbarkeit von Wasserstoff für Brennstoffzellen	14
1.4 Methoden der Wasserstofferzeugung aus flüssigen Brennstoffen	16
1.5 Dehydrierung in industriellen Anlagen	20
1.6 Gesamtkonzept der Katalytischen Dehydrierung von Kerosin für Brennstoffzellenanwendungen in Flugzeugen	24
2 Grundlagen	25
2.1 Chemische Grundlagen der Dehydrierung	25
2.2 Eigenschaften von Kerosin	27
2.3 Katalysatoren für die Dehydrierung	28
2.4 Reaktorkonzepte im Labormaßstab	30
2.5 Grundlagen der Prozesssimulation mit ASPEN	32
2.6 Wahl des Reaktorkonzeptes für die Voruntersuchungen	36
2.7 Wahl des Reaktorkonzeptes für die Auslegung	37
3 Simulation des Prozesses	38
3.1 Simulationsmodell des Prozesses	38
3.2 Simulation und Ergebnisse	41
3.3 Diskussion und Folgerungen der Simulation	48
4 Experimenteller Teil	49
4.1 Versuchsaufbau	49
4.2 Messtechnik	51
4.3 Vorberechnungen	51
4.4 Versuchsplan	59

4.5	Versuchsdurchführung	60
4.6	Versuchsergebnisse	62
4.7	Vergleich der Versuchsergebnisse	68
4.8	Diskussion der Versuchsergebnisse	70
5	<i>Reaktorwahl</i>	72
5.1	Verfahrensschema und Fließbild	72
5.2	Reaktorauswahl	75
6	<i>Zusammenfassung und Ausblick</i>	81
6.1	Zusammenfassung und Fazit	81
6.2	Ausblick	82
	<i>Formelverzeichnis</i>	83
	<i>Tabellenverzeichnis</i>	84
	<i>Abbildungsverzeichnis</i>	86
	<i>Literaturverzeichnis</i>	88
	<i>Anhang</i>	91
I.	Simulationstabellen	91
II.	Versuchsanleitung	102
III.	Versuchstabellen	104
IV.	Tabellen für Reaktorwahl (Erklärungen)	107