



Untersuchungen zur katalytischen Dampfreformierung von Biodiesel

Masterarbeit

am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Institut für Technische Thermodynamik

Dr. rer. nat. Rainer Tamme

Institut für Technische Thermodynamik und Thermische

Verfahrenstechnik

Prof. Dr.-Ing. Joachim Groß

Fakultät 4: Energie-, Verfahrens- und Biotechnik

Universität Stuttgart

vorgelegt von

Moritz Hummel

Matrikelnummer: 2642521

Betreuer: Dipl.-Geoökol. Dipl.-Ing. Stefan Martin

Juni 2012

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis:.....	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
Liste der verwendeten Symbole	VII
Lateinische Zeichen	VII
Griechische Zeichen.....	VIII
Indizes	IX
1 Aufgabenstellung.....	2
2 Einleitung.....	3
2.1 Biodiesel: Herstellung.....	4
2.2 Wasserstoff als alternativer Energieträger im Verkehr.....	5
2.3 Projekt NEMESIS2+	6
2.4 Reformierung.....	6
2.4.1 Dampfreformierung (Steamreforming).....	7
2.4.2 Partielle Oxidation	8
2.4.3 Autotherme Reformierung	8
3 Stand des Wissens.....	10
4 Simulation mit AspenPlus®.....	13
4.1 Thermodynamische Grundlagen	13
4.1.1 Zustandsgleichungen	14
Die Isofugazitätsbedingung für Zustandsgleichungen lautet:.....	14
4.1.2 Aktivitätskoeffizientenmodelle	15
4.1.3 Gibbs-Reaktor	16
4.2 Nachbildung des betrachteten Systems in AspenPlus®	17
4.3 Modellsubstanz	19
4.4 Ergebnisse der Simulation mit AspenPlus®.....	20
5 Numerische Optimierung.....	23
5.1 Ergebnis der numerischen Optimierung.....	23
5.1.1 Teststand ohne Berücksichtigung des Brenners	23
5.1.2 Teststand mit Berücksichtigung des Brenners	24
6. Experimentelle Methodik	26
6.1 Laborteststand.....	26
6.2 Versuchsdesign	27
6.3 Grundlagen zur Versuchsauswertung	27
6.3.1 Konzentration an Wasserstoff im Reformatgas	27

Inhaltsverzeichnis

6.3.2 Zielgröße Wasserstoffeffizienz:	28
6.3.3 Massenströme der entstehenden Gase	28
6.3.4 Umsatz Biodiesel.....	28
6.4.6. Deaktivierung.....	30
7 Auswertung und Interpretation der Ergebnisse	31
7.1 Exemplarische Versuchsauswertung	31
7.2 Einfluss der Parameter Druck, S/C und Temperatur.....	35
7.2.1 Einfluss des Druckes	36
7.2.2 Einfluss des S/C-Verhältnisses	36
7.2.3 Einfluss der Temperatur	37
7.3 Deaktivierung	37
7.4 Biodiesel-Umsatz	39
7.5 Fehlerbetrachtung	41
8 Diskussion und Zusammenfassung	42
9 Literaturverzeichnis	45
Anhang A: Analysenergebnisse Petrolab.....	47
Anhang B: Diagramme Aspen Plus®: System mit Brenner.....	52
Anhang C: Diagramme Aspen Plus®: System ohne Brenner	55
Anhang D: Fließbilder.....	58
Anhang E: verwendete Geräte	63
Anhang F: Versuchsdurchführung.....	70
Anhang G: Zusammenfassung der Messergebnisse	73
Anhang H: Wasserstoffeffizienzen bei unterschiedlichen S/C	74
Anhang I: Wasserstoffeffizienzen bei unterschiedlichen Drücken.....	75
Anhang J: Datenblatt Dodecan	76
Anhang K: Berechnungstabelle für Wasserdurchflüsse (S/C).....	79
Anhang L: Löslichkeit von CO ₂ in Dodecan.....	80
Anhang M: Löslichkeit von CO ₂ in Wasser.....	81
Anhang N: Datenblatt Biodiesel	82
Anhang O: Datenblatt Katalysator.....	86
Anhang P: Vergleich Gaskonzentrationen ABB – Varian GC	95
Anhang Q: CD-Rom mit allen Daten	96