



Inhaltsverzeichnis

I	Kurzdarstellung	1
I.1	Aufgabenstellung	1
I.2	Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	3
I.3	Planung und Ablauf des Verfahrens	3
I.4	Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde	4
I.4.1	Stand der Technik	5
I.4.1.1	Industrielle Prozesse zur Entschwefelung	5
I.4.1.1.1	Hydrierende Entschwefelung	5
I.4.1.1.2	Der S-Zorb Prozess	7
I.4.1.2	Neue Lösungsansätze zur dezentralen Entschwefelung von Mitteldestillaten	8
I.4.1.2.1	Hydrierende Entschwefelung mit Vorsättiger	8
I.4.1.2.1.1	Grundlagen	9
I.4.1.2.1.2	Stand der Technik	10
I.4.1.2.1.3	Bewertung	11
I.4.1.2.2	Adsorption	11
I.4.1.2.2.1	Grundlagen	12
I.4.1.2.2.2	Stand der Technik	14
I.4.1.2.2.3	Bewertung	17
I.4.1.2.3	Ionische Flüssigkeiten	18
I.4.1.2.3.1	Grundlagen	18
I.4.1.2.3.2	Stand der Technik	19
I.4.1.2.3.3	Bewertung	20
I.4.1.2.4	Selektive Oxidation	20
I.4.1.2.4.1	Plasmaentschwefelung	20
I.4.1.2.4.2	Photooxidation	21
I.4.1.2.4.3	Oxidation mit Peroxyden	22
I.4.1.2.4.4	Biologische Verfahren	23
I.4.1.2.5	Entschwefelung mit überkritischen Fluiden	24
I.4.1.2.6	Destillative Abtrennung	25
I.4.1.2.6.1	Grundlagen	25
I.4.1.2.6.2	Stand der Technik	25
I.4.1.2.6.3	Bewertung	26
I.4.1.2.7	Membranprozesse	27
I.4.1.2.7.1	Grundlagen	27
I.4.1.2.7.2	Grundlagen der Pervaporation	28
I.4.1.2.7.3	Stand der Technik	30
I.4.1.2.7.4	Bewertung	31
I.4.1.3	Katalytische Verbrennung für Brennstoffzellensysteme	32
I.4.1.4	Systemerstellung Reforming	34

Verbundvorhaben ELBASYS

Teilprojekt Integration eines Brennstoffzellen-Systems



I.4.1.4.1	Brennstoffzellentyp und prinzipieller Systemaufbau	34
I.4.1.4.2	Reformierung	36
I.4.1.4.2.1	Grundlagen der Reformierung	36
I.4.1.4.2.2	Reformierung von Kohlenwasserstoffen	37
I.4.1.4.2.3	Spezielle Arbeiten zur Kerosinreformierung	38
I.4.1.4.2.4	Gasnachbehandlung für HT-PEFC und PEFC	41
I.4.1.4.2.5	Systementwicklung	43
I.4.2	Angabe bekannter Konstruktionen	45
I.4.3	Verfahrens- und Schutzrechte	45
I.4.4	Angaben zur Fachliteratur	46
I.4.5	Informations- und Dokumentationsdienste	53
I.5	Zusammenarbeit mit Dritten	54
II	Eingehende Darstellung	57
II.1	Verwendung der Zuwendung, erzielte Ergebnisse und Gegenüberstellung zu den ursprünglichen Zielen	57
II.1.1	Verwendung der Zuwendung	57
II.1.2	Erzielte Ergebnisse	57
II.1.2.1	Entschwefelung von Kerosin	57
II.1.2.1.1	Hydrierende Entschwefelung mit Vorsättiger	57
II.1.2.1.2	Entschwefelung von Kerosin durch ein kombiniertes Verfahren aus Pervaporation und Adsorption	64
II.1.2.1.2.1	Experimente zur Pervaporation	64
II.1.2.1.2.2	Experimente zur Adsorption	69
II.1.2.1.2.3	Bewertung der experimentellen Daten für das kombinierte Verfahren aus Pervaporation und Adsorption	74
II.1.2.2	Katalytbrennersysteme zur Tankinertisierung	76
II.1.2.2.1	Reaktorentwicklung	78
II.1.2.2.2	Modulbau	83
II.1.2.2.3	Technikumsversuche	85
II.1.2.3	Systementwicklung Reforming	87
II.1.2.3.1	Verfahrensanalyse HT-PEFC	90
II.1.2.3.2	Verfahrensanalyse PEFC insbesondere CO-Feinreinigung	97
II.1.2.3.3	Auswertung von experimentellen Daten zur CO-Feinreinigung	103
II.1.2.3.3.1	Präferentielle CO-Oxidation	104
II.1.2.3.3.2	Selektive CO-Methanisierung	104
II.1.2.3.4	Einbindung Entschwefelung	105
II.1.2.3.4.1	Einbindung eines zweistufigen Entschwefelungsverfahrens bestehend aus fraktionierender Destillation und Adsorption	105
II.1.2.3.4.2	Einbindung eines zweistufigen Entschwefelungsverfahrens bestehend aus Pervaporation und Adsorption	108
II.1.2.3.4.3	Einbindung einer hydrierenden Entschwefelung mit Vorsättiger	108
II.1.2.3.5	Basic Engineering	109
II.1.2.3.6	Auswertung von Systemdaten der PEFC und der HT-PEFC	113



II.1.2.3.6.1	Stromerzeugung am Boden	113
II.1.2.3.6.2	Wasserbilanz	118
II.1.2.3.6.3	Tankinertisierung	142
II.1.2.3.6.4	Wärmenutzung	147
II.1.2.3.7	Detailed Engineering	152
II.1.2.4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	153
II.1.2.4.1	Technische Aspekte bei der Brenngaserzeugung für PEFC und HT-PEFC Systeme	153
II.1.2.4.2	Stromerzeugung	155
II.1.2.4.3	Nutzung der Brennstoffzellenabgase zur Tankinertisierung	157
II.1.2.4.4	Nutzung der Brennstoffzelle für Anti-Icing Maßnahmen	158
II.1.2.4.5	Nutzung der Brennstoffzelle zur Wassergewinnung	159
II.1.2.4.6	Zusammenfassung Systemanalyse	163
II.1.2.5	Zusammenfassung	164
II.1.2.6	Literatur	168
II.1.3	Gegenüberstellung zu den ursprünglichen Zielen	170
II.2	Wichtige Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	171
II.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	172
II.4	Fortgeschriebener Verwertungsplan	173
II.4.1	Wirtschaftliche Erfolgsaussichten	173
II.4.2	Verzahnung von Forschungs- und Produktionsstrategien	173
II.4.3	Ökonomische Umsetzungs- und Transferchancen	173
II.4.4	Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit	175
II.5	Bekannte Veröffentlichungen anderer Stellen (2007 – 2008)	176
II.5.1	Stand der Technik in Deutschland	176
II.5.1.1	Entschwefelung	176
II.5.1.2	Katalytische Verbrennung	176
II.5.1.3	Systemerstellung Reforming	179
II.5.2	Stand der Technik im Ausland, insbesondere U.S.A und Japan	181
II.5.2.1	Entschwefelung	181
II.5.2.1.1	Adsorption	181
II.5.2.1.2	Extraktion mit ionischen Flüssigkeiten (IL)	182
II.5.2.1.3	Pervaporation	182
II.5.2.1.4	Hydrierende Entschwefelung (HDS)	183
II.5.2.1.5	Selektive Oxidation	183
II.5.2.1.6	Biologische Verfahren	184
II.5.2.2	Katalytische Verbrennung	184
II.5.2.2.1	Zusammenfassung	187
II.5.2.3	Systemerstellung Reforming	187
II.5.3	Literaturangaben	195
II.5.4	Erfolgte Veröffentlichungen	202
II.5.5	Geplante Veröffentlichungen	202