

**Inhaltsverzeichnis**

I. Abkürzungen .....	iii
II. Formelzeichen und Indizes.....	v
1. Einleitung .....	1
1.1. Motivation und Zielstellung .....	1
1.2. Einordnung in das Fachgebiet .....	1
1.3. Gliederung der Arbeit .....	2
2. Grundlagen regenerativer Brennstoffzellensysteme .....	5
2.1. Alkalische Brennstoffzelle .....	6
2.1.1. Aufbau .....	6
2.1.2. Elektrochemische Grundlagen .....	8
2.1.3. Thermodynamische Grundlagen .....	10
2.1.4. Eigenschaften und Stand der Technik .....	14
2.2. Alkalischer Elektrolyseur .....	16
2.2.1. Aufbau .....	16
2.2.2. Elektrochemische Grundlagen .....	18
2.2.3. Thermodynamische Grundlagen .....	18
2.2.4. Eigenschaften und Stand der Technik .....	19
2.3. Regeneratives Brennstoffzellensystem .....	21
2.3.1. Aufbau .....	21
2.3.2. Betrieb .....	23
2.3.3. Speichermethoden .....	25
2.3.4. Eigenschaften und Stand der Technik .....	26
3. Raumfahrtspezifische Auslegungskriterien eines RFCS .....	29
3.1. Elektrolysebetrieb und Speicherung der Gase bei hohem Druck .....	29
3.2. Brennstoffzellenbetrieb bei hoher Temperatur .....	33
3.3. Geschlossenheit der Stoffkreisläufe .....	38
3.3.1. Wasser .....	39
3.3.2. Wasserstoff und Sauerstoff .....	40
3.3.3. Kaliumhydroxidlösung .....	43
3.4. Sonstige Kriterien .....	44
4. Experimenteller Aufbau .....	45
4.1. Elektrolyseur und Brennstoffzelle .....	45
4.2. Teststand .....	48

4.2.1.	Wasserstoffsegment .....	49
4.2.2.	Sauerstoffsegment .....	50
4.2.3.	Wassersegment und Heizkreislauf .....	51
4.2.4.	Stickstoffsegment .....	52
4.2.5.	Elektrik und Elektronik .....	53
5.	Optimierung der alkalischen Brennstoffzelle.....	55
5.1.	Optimierung der Struktur.....	55
5.2.	Optimierung der elektrischen Eigenschaften.....	59
5.3.	Optimierung der Betriebsparameter .....	64
5.4.	Fazit .....	73
6.	Test und Charakterisierung des experimentellen RFCS .....	75
6.1.	Elektrolysebetrieb bei hohem Druck .....	75
6.2.	Brennstoffzellenbetrieb bei hoher Temperatur .....	78
6.3.	Geschlossenheit .....	82
6.3.1.	Wasser .....	82
6.3.2.	Wasserstoff und Sauerstoff .....	84
6.3.3.	Kaliumhydroxidlösung .....	87
6.4.	Zyklische Energiespeicherung.....	90
6.5.	Fazit .....	95
7.	Diskussion und Bewertung der RFCS-Ergebnisse.....	97
7.1.	Vergleich mit den Ergebnissen bisheriger Arbeiten.....	97
7.2.	Vergleich mit realen Szenarien.....	98
7.3.	Offene Punkte und weitere Optimierungsmöglichkeiten .....	102
7.4.	Konzeption eines Weltraumexperiments.....	106
8.	Zusammenfassung und Ausblick .....	109
9.	Literaturverzeichnis.....	113
Anhang A	- Stoffwerte und Berechnungen .....	123
Anhang B	- Brennstoffzellen: Stand der Technik .....	125
Anhang C	- Energiespeichertechnologien.....	135
Anhang D	- Fließbild RFCS-Teststand .....	137
Anhang E	- Brennstoffzellenbauteile .....	139
Anhang F	- Thesen .....	141