

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur iv

Abbildungsverzeichnis viii

Tabellenverzeichnis xv

1 Einleitung 1

2 Stand des Wissens..... 3

2.1 Stand der Technik 3

2.1.1 Spurensauerstoffentfernung aus Koksofengas 3

2.1.2 Nicht-thermisches Plasma zur Entfernung von Spurenkomponenten aus komplexen Gasmischungen 6

2.2 Plasmaphysikalische Grundlagen 7

2.2.1 Erzeugung eines Plasmas im elektrischen Feld nach Townsend..... 8

2.2.2 Streamer-Mechanismus 12

2.2.3 Technische Klassifizierung von Plasmen 14

2.2.4 Reaktoren zur Erzeugung nicht-thermischer Plasmen bei Atmosphärendruck 16

2.3 Sauerstoffumsetzung im Koksofengas über nicht-thermisches Plasma sowie Katalysatoren 18

2.3.1 Grundlagen der nicht-thermischen Plasmachemie im Koksofengas 18

2.3.2 Grundlagen zu katalytischen Umsetzungen 24

2.3.3 Plasmakatalyse 27

2.4 Dielektrische Barrierenentladung (DBE) 31

2.4.1 Aufbau und Funktionsweise 31

2.4.2 Betriebsparameter und Entladungscharakteristiken 35

2.4.3 Dielektrische Barrierenentladung im Festbettreaktor 36

2.5 Fragestellungen und Mehrwert der Arbeit 38

3 Materialien und Methoden 39

3.1 Aufbau der plasmachemischen Versuchsanlage 40

3.1.1 Plasmareaktor 41

3.1.2 Gasversorgung 49

3.1.3 Gasanalytik und Messtechnik 49

3.1.4	Verwendete Chemikalien und Katalysatoren	50
3.2	Auswertung der Messdaten und Fehlerbetrachtung	51
4	Machbarkeitsstudie zur plasmachemischen Sauerstoffentfernung.....	55
4.1	Referenzszenario: Thermokatalytische Sauerstoffentfernung	56
4.2	Plasmachemische Spurensauerstoffentfernung	58
4.2.1	Experimentelle Bestimmung geeigneter Generatorparameter zur Plasmaerzeugung	58
4.2.2	Anwendung des nicht-thermischen Plasmas zur Spurensauerstoffumsetzung	63
4.3	Plasmakatalytische Spurensauerstoffentfernung	70
5	Plasmachemische Reaktivität der Koksofengaskomponenten	77
5.1	Plasmachemische Aktivität der Elektronendonatoren für Sauerstoff	79
5.1.1	Plasmachemische O ₂ -Umsetzung in H ₂ /N ₂ -Gemischen.....	79
5.1.2	Plasmachemische O ₂ -Reaktivität von H ₂ , CO und CH ₄	83
5.2	Plasmachemische Aktivität der Komponenten ohne Elektronendonatorfunktion	90
5.2.1	Verhalten von CO ₂ im nicht-thermischen Plasma	91
5.2.2	Verhalten von H ₂ O im nicht-thermischen Plasma	92
6	Optimierung der plasmachemischen Sauerstoffentfernung	95
6.1	Betriebsgrenzen eines nicht-optimierten Systems.....	96
6.2	Elektrische Parameter.....	99
6.2.1	Primärspannung.....	100
6.2.2	Frequenz und Ausschaltzeit	103
6.3	Rektoraufbau	106
6.3.1	Dielektrische Packungsmaterialien und Katalysatoren	106
6.3.2	Geometrie der Hochspannungselektrode	111
6.4	Gegenüberstellung von NT-Plasma und thermischen Katalysatoren.....	115
7	Zusammenfassung und Ausblick	117
7.1	Zusammenfassung	117
7.2	Ausblick	119
	Referenzen	121
A	Anhang	I
A.1	Abschätzung der Reaktionswärme der Sauerstoffumsetzung im Koksofengas	I

A.2	Paschen-Parameter	II
A.3	Berechnung der Resonanzfrequenz im Schwingkreis des Plasmareaktors	IV
A.4	Berechnung der Phasenverschiebung der Messsignale am Oszilloskop	VI
A.5	Messbereiche Mass Flow Controller und Kalibrierungsmessung	VIII
A.6	Berechnung Reproduktionsfehler	IX
A.7	Fehlerfortpflanzung für X_{O_2} und EE	X
A.8	Temperaturabschätzungen	XI
A.9	Ergänzende Versuchsergebnisse	XII
B	Lebenslauf und wissenschaftliche Beiträge	XIV
B.1	Lebenslauf	XIV
B.2	Betreute wissenschaftliche Arbeiten	XV
B.3	Veröffentlichungen	XV