

# Inhaltsverzeichnis

Symbol- und Größenverzeichnis ..... V

Abkürzungsverzeichnis ..... VII

**1 Motivation und Zielstellung ..... 1**

**2 Grundlagen ..... 3**

    2.1 Katalyse ..... 3

        2.1.1 Einführung reaktionstechnischer Kenngrößen ..... 3

        2.1.2 Heterogene Katalyse ..... 6

    2.2 Höhere Alkohole ..... 9

    2.3 Fischer-Tropsch Synthese ..... 12

        2.3.1 Reaktionsmechanismus ..... 12

        2.3.2 Produktverteilung ..... 17

        2.3.3 Katalysatorsysteme und Desaktivierung ..... 21

**3 Stand der Wissenschaft ..... 27**

    3.1 Synthese höherer Alkohole durch Hydrierung von CO ..... 27

    3.2 Einflussgrößen ..... 30

        3.2.1 Betriebsbedingungen ..... 30

        3.2.2 Promotoren ..... 34

        3.2.3 Systematische Studien ..... 43

    3.3 Sekundärer Reaktionsablauf und dessen Untersuchung ..... 45

        3.3.1 Sekundärreaktionen ..... 45

        3.3.2 Methoden zur in-situ Charakterisierung ..... 47

    3.4 Schlussfolgerung und Arbeitsschwerpunkte ..... 49

**4 Experimentalaufbau und Methoden ..... 51**

    4.1 Katalysatorherstellung und -charakterisierung ..... 51

    4.2 Katalysatorcharakterisierung ..... 54

    4.3 Katalytische und reaktionstechnische Untersuchungen ..... 56

        4.3.1 Untersuchungen am Integral-Rohrreaktor ..... 57

        4.3.2 Aufnahme von Konzentrationsprofilen ..... 63

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.4 Produktanalytik .....                                                   | 70         |
| 4.5 Versuchsauswertung und Bilanzierung .....                               | 73         |
| 4.6 Versuchsplanung.....                                                    | 74         |
| <b>5 Ergebnisse und Diskussion .....</b>                                    | <b>81</b>  |
| 5.1 Strukturanalytik der Katalysatoren .....                                | 81         |
| 5.1.1 Spezifische Oberfläche durch Stickstoff-Physisorption.....            | 82         |
| 5.1.2 Elementarzusammensetzung mittels ICP-OES .....                        | 83         |
| 5.1.3 Elektronenmikroskopische Messungen.....                               | 85         |
| 5.2 Identifikation geeigneter Betriebsbedingungen und Promotorgehalte ..... | 88         |
| 5.2.1 Variation der Promotorelemente Kalium, Kupfer und Molybdän.....       | 89         |
| 5.2.2 Variation der Betriebsbedingungen .....                               | 96         |
| 5.3 Untersuchungen zu orts aufgelösten Konzentrationsprofilen.....          | 107        |
| 5.3.1 Voruntersuchungen .....                                               | 107        |
| 5.3.2 Einfluss der Betriebsbedingungen .....                                | 113        |
| 5.3.3 Beeinflussung der Konzentrationsprofile durch Promotoren.....         | 116        |
| <b>6 Zusammenfassung und Ausblick.....</b>                                  | <b>125</b> |
| <b>A Literaturverzeichnis .....</b>                                         | <b>127</b> |
| <b>B Abbildungsverzeichnis .....</b>                                        | <b>134</b> |
| <b>C Tabellenverzeichnis .....</b>                                          | <b>142</b> |
| <b>D Anhang .....</b>                                                       | <b>143</b> |
| D 1 Chemikalien - Katalysatorsynthese.....                                  | 143        |
| D 2 Chemikalien - Kalibrierung und Analytik .....                           | 143        |
| D 3 Kalibrierung der online-Gaschromatographie .....                        | 144        |
| D 4 Versuchsübersicht – Durchgeführte Experimente.....                      | 145        |
| D 5 Versuchsübersicht – Katalytische Eigenschaften.....                     | 146        |
| D 6 Katalytische Eigenschaften – Betriebsbedingungsvariation .....          | 147        |
| D 7 Versuchsübersicht - Bilanzierung .....                                  | 147        |
| D 8 Exemplarische Chromatogramme .....                                      | 148        |