



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Kurzfassung | 1 |
| Abstract | 2 |
| Symbol- und Abkürzungsverzeichnis | 3 |
| 1. Stand des Wissens | 7 |
| 1.1 Ionische Flüssigkeiten | 7 |
| 1.2 Die Umesterungsreaktion | 14 |
| 1.2.1 Ester- Vorkommen, Herstellung und Anwendung | 14 |
| 1.2.2 Die Umesterungsreaktion und deren Katalysatoren | 16 |
| 1.3 Integration von Reaktion und destillativer Stofftrennung | 20 |
| 1.4 Ökobilanzierung | 22 |
| 1.4.1 Grundlagen der Ökobilanzierung | 22 |
| 1.4.2 Aufbau einer Ökobilanz | 24 |
| 1.4.3 Ökobilanzierung in Forschung und Entwicklung (F&E) | 28 |
| 1.5 Motivation und Zielsetzung der Forschungsarbeiten | 30 |
| 2. Material und Methoden | 32 |
| 2.1 Untersuchte IL-Katalysatoren | 32 |
| 2.2 Verwendete Chemikalien | 33 |
| 2.3 Geräte und Aufbauten für Reaktionsversuche und Analytik | 35 |
| 2.4 Ökobilanzmethoden | 40 |
| 2.4.1 Beschreibung der Ökobilanzsoftware | 40 |
| 2.4.2 Die Ökobilanzmethode Ecoindicator99 | 41 |
| 2.4.3 Das EHS Modell nach Heinzle (Sabento) | 42 |
| 2.4.4 Der Kumulierte Energieaufwand (KEA) | 44 |
| 3. Untersuchung geeigneter IL Katalysatoren | 45 |



| | | |
|-----|---|-----|
| 3.1 | Katalytische Leistungen hydrogensulfatfunktionalisierter IL-Katalysatoren | 45 |
| 3.2 | Kinetische Charakterisierung der Modellreaktion | 47 |
| 3.3 | Katalytische Leistungen sulfonsäurefunktionalisierter IL-Katalysatoren | 52 |
| 3.4 | IL-Katalysatoren im Vergleich zu anderen Umesterungskatalysatoren | 56 |
| 4. | Diskontinuierliche Versuche im Miniplantreaktor | 58 |
| 4.1 | Die Umesterungsreaktion im Miniplantmaßstab | 58 |
| 4.2 | Technische Charakterisierung und Betriebsverhalten des Miniplantreaktors | 66 |
| 5. | Kontinuierliche Versuche im Miniplantreaktor | 70 |
| 6. | Katalysatorrecycling | 79 |
| 7. | Ökologische Bewertungen | 85 |
| 7.1 | Herausforderungen und Motivation | 85 |
| 7.2 | Verfahrensmodell und Bilanzgrenzen | 86 |
| 7.3 | Ergebnisse und Schlussfolgerungen | 89 |
| 8. | Reaktivrektifikationsversuche im Labormaßstab | 96 |
| 8.1 | Warum Reaktivrektifikation ? | 96 |
| 8.2 | Einfluss ionischer Flüssigkeiten auf Azeotrope in der Modellreaktion | 98 |
| 8.3 | Reaktivrektifikationsversuche im Labormaßstab | 102 |
| 9. | Zusammenfassung | 111 |
| 10. | Literaturverzeichnis | 113 |
| 11. | Lebenslauf | 130 |