



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