

**Schriftenreihe Umweltingenieurwesen**

Band 82

Dissertation

*Adam Feher*

**Untersuchungen zur Bioverfügbarkeit von  
Mikronährstoffen für den Biogasprozess**

Professur

**Abfall-  
und Stoffstromwirtschaft**

Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät

**Universität  
Rostock**



Traditio et Innovatio

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abkürzungsverzeichnis	iii
Verzeichnisse der Abbildungen und Tabellen	xi
<b>1 Einleitung und Zielsetzung</b>	<b>1</b>
<b>2 Stand des Wissens und der Technik</b>	<b>7</b>
2.1 Anaerober Abbau von organischen Stoffen	7
2.1.1 Vier-Phasen-Modell und beteiligte Mikroorganismen	8
2.1.2 Makro- und Mikronährstoffe	13
2.1.3 Funktion der Mikronährstoffe	15
2.1.4 Aufnahme der Mikronährstoffe in die Zelle	21
2.1.5 Bioverfügbarkeit von Mikronährstoffen	27
2.2 Speziesanalytik und Fraktionierung	31
2.2.1 Definitionen	32
2.2.2 Methoden der Speziierung und Fraktionierung	33
2.2.3 Sequentielle Extraktion	37
<b>3 Material und Methoden</b>	<b>65</b>
3.1 Allgemeine Beschreibung des Versuchsdesigns	65
3.2 Versuchsanlagen	67
3.2.1 Batch-Untersuchungen	67
3.2.2 Halbkontinuierliche Untersuchungen	68
3.3 Versuchsdurchführung und -auswertung	70
3.3.1 Sequentielle Extraktion und Methodenoptimierung	70
3.3.2 Verarmung von Reaktoren an Nickel	79
3.3.3 Batch-Untersuchungen	84
3.3.4 Halbkontinuierliche Untersuchungen	90
3.3.5 Messprogramm an Biogasanlagen	90
3.4 Analysenmethoden	92

<b>4 Ergebnisse und Diskussion</b>	<b>95</b>
4.1 Verarmung von Reaktoren an Nickel	95
4.1.1 Raumbelastung und realisierte Varianten	95
4.1.2 Elementkonzentrationen	97
4.1.3 Prozessanalytische Untersuchungen	99
4.1.4 Raumbelastungsabhängige Zielkonzentrationen	103
4.2 Batch-Untersuchungen	108
4.2.1 Verbindungsspezifische Verteilung vor den Batch-Tests	108
4.2.2 Gasbildungskinetik	115
4.2.3 Topologische Sortierung der Verbindungen	121
4.2.4 Verbindungsspezifische Verteilung nach den Batch-Tests	123
4.3 Halbkontinuierliche Untersuchungen	131
4.3.1 Raumbelastung, realisierte Varianten und Elementkonzentrationen	131
4.3.2 Prozessanalytische Untersuchungen	132
4.3.3 Verbindungsspezifische Verteilung	134
4.4 Messprogramm an großtechnischen Biogasanlagen	137
4.4.1 Charakterisierung der untersuchten Proben	137
4.4.2 Ergebnisse der sequentiellen Extraktion	140
4.5 Methodenoptimierung	142
4.5.1 Probenvorbereitung	143
4.5.2 Extraktionstemperatur	144
4.5.3 Dauer der Extraktionsschritte	144
<b>5 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>147</b>
Literaturverzeichnis	151
Thesen	161
Selbstständigkeitserklärung	163
Lebenslauf	165