Abkürzungen und Symbole VIII

1 Einleitung und Zielsetzung 1

2 Stand des Wissens 2
2.1 Gasförmige Emissionen 2
2.1.1 Klima- und Umweltwirkungen 3
2.1.1.1 Kohlendioxid, Methan und Lachgas 3
2.1.1.2 Ammoniak 4
2.1.2 Enstehung und Freisetzung im Stallbereich 6
2.1.2.1 Ammoniak 6
2.1.2.2 Lachgas 11
2.1.2.3 Methan 12
2.1.2.4 Kohlendioxid 15
2.2 Geruchsemissionen 17
2.2.1 Entstehung und Freisetzung von Geruchsstoffen 17
2.2.2 Geruchsemissionen aus der Mastschweinehaltung 18
2.3 Emissionsminderung im Stallbereich 19
2.4 Mikrobiologische Grundlagen 22
2.4.1 Stickstoffabbau 22
2.4.1.1 Ammonifikation 22
2.4.1.2 Nitrifikation 23
2.4.1.3 Denitrifikation 28
2.4.1.4 Lachgasbildung 30
2.4.2 Aerober Kohlenstoffabbau 32
2.4.3 Methangärung 33
2.5 Flüssigmistbehandlung 34
2.5.1 Mechanische Aufbereitung 34
2.5.2 Biologische Aufbereitung 37
2.5.2.1 Verfahren der Stickstoffelimination 37
2.5.2.2 Belüftungssysteme 40

3 Material und Methoden 42
3.1 Entwicklung des Aufbereitungsverfahrens 42
3.1.1 Anforderungen 42
3.1.2 Beschreibung 43
3.2 Zeitlicher Verlauf des Forschungsvorhabens 45
3.3 Aufbereitungsanlage 46
3.3.1 Kontinuierlicher Betrieb der Biologie (Versuch 1) 46
3.3.2 Diskontinuierlicher Betrieb der Biologie (Versuch 2) 48
3.3.3 Apparatedaten und maschinelle Ausrüstung 50
3.3.4 Messtechnik der Aufbereitungsanlage 51
3.4 Stallsystem 52
3.5 Emissionsmessungen 54
3.5.1 Luftvolumenströme, Temperatur und Luftfeuchte 55

3.5.2 Gaskonzentrationen 56
3.5.3 Geruchsstoffkonzentration 58
3.6 Beprobung und Laboranalysen 60
3.6.1 Beprobung der Flüssigmist-Aufbereitung 60
3.6.2 Kohlenstoffanalytik 61
3.6.3 Stickstoffanalytik 62
3.6.4 Bestimmung von Trockenmasse, Phosphor und Kalium 63
3.7 Auswertung der Mess- und Analysedaten 63
3.7.1 Flockung und Sedimentation 63
3.7.2 Aerober Kohlenstoffabbau 65
3.7.3 Nitrifikation 66
3.7.4 Denitrifikation 67
3.7.5 Weitere Abwassertechnische Parameter 68
3.7.6 Massenbilanzen 69
3.7.7 Abluft-Emissionen 71
3.7.8 Deskriptive Statistik 72

4 Ergebnisse 73
4.1 Flockung und Sedimentation 73
4.1.1 Auswahl eines Flockungsmittels (Vorversuch) 73
4.1.2 Stoffkonzentrationen 75
4.1.3 Massenströme und Abscheidegrade für N, C und P 76
4.2 Biologische Aufbereitung 78
4.2.1 Zulaufbedingungen 78
4.2.2 Kohlenstoffabbau 82
4.2.3 Aerobe Stickstoffumsetzung 87
4.2.4 Denitrifikation 93
4.2.5 Reaktionsverlauf bei Batch-Betrieb 97
4.3 Abluftemissionen des Bioreaktors 99
4.3.1 Emissionsmuster des Bioreaktors bei kontinuierlichem Betrieb 100
4.3.2 Emissionsmuster des Bioreaktors bei Batch-Betrieb 101
4.3.3 Emissions-Massenströme des Bioreaktors 105
4.3.4 Einflüsse auf die NH_3-Desorption im Bioreaktor 107
4.3.5 Einflüsse auf die N_2O-Emissionen des Bioreaktors 108
4.3.6 Einflüsse auf die CH_4-Emissionen des Bioreaktors 109
4.4 Gasförmige Emissionen aus dem Stallbereich 110
4.4.1 Ammoniak 111
4.4.1.1 Mastdurchgang 1 111
4.4.1.2 Mastdurchgang 2 113
4.4.1.3 Mastdurchgang 3 116
4.4.1.4 NH_3-Gesamtemissionen in den Stallabteilen 118
4.4.1.5 NH_3-Emissionsverlauf in den Stallabteilen 119
4.4.2 Lachgas 121
4.4.3 Methan 123

4.4.4 Kohlendioxid ... 126
4.5 Geruchsemissionen ... 128
4.6 Massenströme für Stickstoff und Emissionen ... 130
4.6.1 Stickstoff-Massenströme der Spülflüssigkeitsaufbereitung ... 130
4.6.2 Emissionsmassenströme ... 132

5 Diskussion ... 134
5.1 Flockung und Sedimentation ... 134
5.1.1 Einordnung der Untersuchungsergebnisse ... 134
5.1.2 Technologische Bewertung ... 136
5.2 Biologische Aufbereitung ... 137
5.2.1 Zulaufbedingungen ... 137
5.2.2 Kohlenstoffabbau ... 139
5.2.3 Aerobe Stickstoffumsetzung ... 141
5.2.4 Denitrifikation ... 144
5.3 Abluftemissionen des Bioreaktors ... 146
5.3.1 Ammoniak und Einfluss des Kohlendioxids ... 146
5.3.2 Lachgas ... 148
5.3.3 Methan ... 150
5.4 Abluftemissionen aus dem Stallbereich ... 151
5.4.1 Ammoniak ... 151
5.4.2 Lachgas ... 156
5.4.3 Methan ... 157
5.4.4 Kohlendioxid ... 159
5.5 Geruchsemissionen aus dem Stallbereich ... 161
5.6 Bewertung der Verfahrensvarianten ... 162
5.6.1 Prozessstabilität und Wartungsaufwand ... 162
5.6.2 Kosten ... 163
5.6.3 Gesamtbewertung ... 166
5.7 Bewertung der Mess- und Analysentechnik ... 166
5.7.1 Gasmesstechnik ... 166
5.7.2 Probenahme und Laboranalysen ... 168
5.8 Ausblick ... 170
5.8.1 Konstruktive Verbesserungen ... 170
5.8.2 Weiterer Forschungsbedarf ... 171

6 Zusammenfassung ... 172

Literaturverzeichnis ... 175

Anhang ... 186