

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XV
Anhang	XXIII
Abkürzungsverzeichnis	XXVI
1. Einleitung	1
2. Stand des Wissens	7
2.1 Qualität von Biogasgärresten in Abhängigkeit von Substrateinsatz und Biogasprozess	7
2.1.1 Biogassubstrate.....	7
2.1.2 Methanerträge	13
2.1.3 Biogasprozess.....	16
2.1.4 Biogasgärreste	21
2.2 Biogasproduktion im ökologischen Landbau	31
2.2.1 Geschichte und Zielsetzung der Biogasproduktion.....	31
2.2.2 Substratbereitstellung für die Biogasproduktion im ökologischen Landbau	32
2.2.3 Stoffkreisläufe in ökologischen Betrieben mit Biogasanlage	38
2.2.4 Düngung mit Biogasgärresten im ökologischen Landbau.....	40
2.2.5 Ertrags- und Produktqualitätsveränderungen durch Gärrestdüngung	42
2.2.6 Wirkungen von ökologischen Biogassystemen auf Treibhausgasemissionen und Energiebilanzen.....	45
2.3 Wirkungen von Biogasgärresten auf Bodeneigenschaften und Bodenprozesse.....	48
2.3.1 Biogasgärreste und ihre Wirkung auf bodenchemische Eigenschaften und Prozesse	55

2.3.2 Biogasgärreste und ihre Wirkung auf bodenphysikalische Eigenschaften und Prozesse	56
2.3.3 Biogasgärreste und ihre Wirkung auf bodenbiologische Eigenschaften und Prozesse	57
2.4 Indikatoren und Methoden zur Analyse der Wirkungen von Biogasgärresten	59
2.4.1 Chemische Indikatoren	60
2.4.1.1 Organische Substanz	60
2.4.1.2 Methoden zur Bestimmung und Charakterisierung organischer Substanz	62
2.4.2 Bodenphysikalische Indikatoren	64
2.4.2.1 Aggregatstabilität	64
2.4.2.2 Methoden zur Bestimmung der Aggregatstabilität	65
2.4.3 Bodenbiologische Indikatoren	68
2.4.3.1 Regenwürmer	68
2.4.3.2 Methoden zur Bestimmung von Regenwurmabundanz und Biomasse	68
2.4.3.3 Bodenmikroorganismen	70
2.4.3.4 Methoden zur Erfassung der mikrobiellen Biomasse	70
2.5 Stand des Wissens: Zusammenfassung	72
2.6 Arbeitshypothesen	74
3. Material und Methoden	75
3.1 Versuchsstandort	75
3.2 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	81
3.2.1 Versuchsaufbau	81
3.2.2 Räumliche Variabilität des Versuchsfeldes und deren Bedeutung für die Versuchsauswertung	88

3.2.3 Versuchsdurchführung	92
3.3 Gärrest- und Bodenuntersuchungen.....	95
3.3.1 Gärrestuntersuchungen.....	95
3.3.2 Entnahme und Aufbereitung von Bodenproben	96
3.3.3 Bodenuntersuchungen	98
3.4 Statistische Auswertung	101
4. Ergebnisse	102
4.1 Ergebnisse der Gärrestuntersuchung	102
4.2 Ergebnisse der bodenchemischen Untersuchungen	108
4.2.1 C _{org} - und N _t -Gehalte und pH-Werte des Bodens	108
4.2.2 Veränderung von C _{org} - und N _t -Gehalten zwischen 2010 und 2014	114
4.2.3 P ₂ O ₅ - und K ₂ O-Gehalte des Bodens	116
4.2.4 C _{org} - und N _t -Gehalte und pH-Werte im Teilversuch Süd.....	120
4.2.5 C _{hwl} - und N _{hwl} -Gehalte im Teilversuch Süd	124
4.2.6 Ergebnisse der Dichtefraktionierung	130
4.2.7 Ergebnisse der Festkörper- ¹³ C-Kernspinresonanzspektroskopie.....	134
4.2.8 Gesamtbewertung der bodenchemischen Ergebnisse	140
4.3 Ergebnisse der bodenphysikalischen Untersuchungen	143
4.3.1 Trockenrohddichte und Porengrößenverteilung.....	143
4.3.2 Aggregatstabilität.....	145
4.3.3 Gesamtbewertung der bodenphysikalischen Ergebnisse	155
4.4 Ergebnisse der bodenbiologischen Untersuchungen	157
4.4.1 Regenwürmer.....	157

4.4.1.1 Handauslese der Regenwürmer.....	157
4.4.1.2 Vermeidungsprüfungen	160
3.4.2 Bodenmikroorganismen	163
4.4.3 Gesamtbewertung der bodenbiologischen Ergebnisse	167
4.5 Gesamtbewertung der Gärrestwirkungen in Energiepflanzenfruchtfolgen	169
4.5.1 Erträge.....	169
4.5.1.1 Winterweizenerträge der Fruchtfolgen	169
4.5.1.2 Räumliche Verteilung der Winterweizenerträge in den Fruchtfolgen und Versuchsblöcken	171
4.5.1.3 Gesamterträge der Fruchtfolgen	175
4.5.2 Korrelationen der untersuchten Bodenparameter	177
4.5.3 Kohlenstoff- und Stickstoffwiederfindungsraten	184
4.5.3.1 Kohlenstoffwiederfindungsraten	184
4.5.3.2 Stickstoffwiederfindungsraten	188
4.5.3.3 Zusammenhang zwischen Kohlenstoff- und Stickstoffwiederfindungsraten	191
4.5.4 Bewertung	193
5. Diskussion.....	201
5.1 Methodendiskussion.....	201
5.1.1 Experimenteller Ansatz	201
5.1.2 Methodik der bodenchemischen Untersuchungen.....	207
5.1.3 Methodik der bodenphysikalischen Untersuchungen.....	211
5.1.4 Methodik der bodenbiologischen Untersuchungen	214
5.2 Ergebnisdiskussion	218

5.2.1 Gärrestuntersuchungen.....	218
5.2.2 Bodenchemische Untersuchungen	220
5.2.3 Bodenphysikalische Untersuchungen	231
5.2.4 Bodenbiologische Untersuchungen	236
5.2.5 Gesamtbewertung der Gärrestwirkungen in Energiepflanzenfruchtfolgen	243
5.2.6 Prüfung der Arbeitshypothesen.....	246
6. Fazit und Ausblick	249
7. Zusammenfassung	252
8. Summary	258
9. Literaturverzeichnis.....	263
10. Anhang	312
Anhang 1: Substrateinsatz in deutschen Biogasanlagen.....	312
Anhang 2: Bodenchemische Ergebnisse	314
Anhang 3: Bodenbiologische Ergebnisse	323
Anhang 4: Getreideeinheitsschlüssel.....	326
Danksagung	327

Anja Irina Lissy Simon

Langzeitwirkungen von Gärresten in Energiepflanzenfruchtfolgen auf Bodeneigenschaften und Bodenprozesse unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus

2021 / 356 Seiten / 34,95 € / ISBN 978-3-96831-013-8

Verlag Dr. Köster, Berlin / www.verlag-koester.de