

**Lehrstuhl für Landtechnik der Technischen Universität
München**

**Vergleich klima- und umweltrelevanter Emissionen aus
Haltungssystemen für Mastschweine**

Dipl.-Ing. agr. (Univ.) Barbara Rathmer

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften (Dr. agr.) genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. H.-R. Fries

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. (AE Keszthely) J. Schön
2. Univ.-Prof. Dr. U. Schmidhalter

Die Dissertation wurde am 27.09.2001 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 05.11.2001 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Stand des Wissens.....	3
2.1	Verschiedene Haltungssysteme in der Mastschweinehaltung.....	3
2.2	Messmethoden.....	7
2.2.1	Anforderungen an Messungen zur Emissionsratenbestimmung.....	7
2.2.1.1	Dauermessungen in der Mastschweinehaltung.....	8
2.2.1.2	Dauermessketten im Praxiseinsatz.....	9
2.2.1.3	Spezielle technische Anforderungen an Dauermesseinrichtungen in Ställen...	10
2.2.2	Messmethoden zur Volumenstrombestimmung.....	11
2.2.2.1	Bilanzmethoden.....	12
2.2.2.2	Tracergasmethode.....	17
2.2.2.3	Kammertechniken.....	20
2.2.2.4	Differenzdruckmethode.....	21
2.2.3	Messmethoden zur Multigasanalyse.....	22
2.2.3.1	NDIR (Nichtdispersive Infrarot-Spektroskopie).....	24
2.2.3.2	Photoakustische Infrarot-Spektroskopie PAS.....	25
2.2.3.3	Fouriertransformierte Infrarotspektroskopie (FTIR).....	26
2.2.3.4	Einsatz der Multigasmesstechnik in der Literatur.....	29
2.3	Bekannte Emissionsraten aus der Mastschweinehaltung.....	32
2.3.1	Ammoniak-Emissionsraten.....	32
2.3.2	Lachgas-Emissionsraten.....	34
2.3.3	Methan-Emissionsraten.....	36
2.4	Gasemissionen aus dem Stall.....	37
2.4.1	Ammoniak (NH ₃):.....	38
2.4.2	Methan (CH ₄):.....	41
2.4.3	Distickstoffoxid (N ₂ O):.....	43
2.4.4	Kohlendioxid (CO ₂):.....	44
2.5	Modell zur Emissionsratenermittlung.....	46
3	Zielsetzung.....	47
4	Material und methodisches Vorgehen.....	49
4.1	Versuchsställe.....	49
4.1.1	Adaption der Versuchsabteile im Außenklimastall.....	49
4.1.2	Adaption der Versuchsabteile im konventionellen Warmstall.....	51
4.2	Errichtung einer Dauermesskette.....	51
4.3	Messung von Einflussfaktoren und Randparametern.....	54
4.4	Untersuchungszeiträume.....	59
4.5	Statistische Auswertung.....	60
5	Entwicklung und Überprüfung einer Methode zur kontinuierlichen Messung von Emissionsraten aus Außenklimaställen für Mastschweine.....	62
5.1	Gaskonzentrationsmessung mit Photoakustischer Infrarot-Spektroskopie.....	62
5.1.1	Adaption der Messtechnik.....	64
5.1.2	Kalibration des Messgerätes.....	65
5.1.3	Qualitätssicherung der Gaskonzentrationsmesstechnik.....	67
5.1.3.1	Methodik der Linearitätsüberprüfung der optischen Filter.....	69
5.1.3.2	Methodik der Überprüfung im Labor.....	69
5.1.3.3	Methodik der Überprüfung im Feldversuch mit FTIR-Spektroskopie.....	70

5.1.4	Ergebnisse der Qualitätssicherung der Gaskonzentrationsmesstechnik	71
5.1.4.1	Linearität der optischen Filter	71
5.1.4.2	Ergebnisse der Laborüberprüfung	72
5.1.4.3	Ergebnisse der Praxisüberprüfung	74
5.2	Volumenstrommessung	75
5.2.1	Volumenstrombestimmung im Warmstall	75
5.2.2	Volumenstrombestimmung in den Außenklima-Versuchsabteilungen	78
5.2.2.1	Kapselung und Regelung; Prinzip einer großen dynamischen Kammer	78
5.2.2.2	Kalibration der Messventilatoren	80
5.2.3	Qualitätssicherung der Volumenstrommessung	82
5.2.4	Ergebnisse der Validierung der Methode der Kapselung der Außenklima- Versuchsabteilung	83
5.2.4.1	Vergleich stallklimatischer Kenngrößen	83
5.2.4.2	Vergleich der Soll- und Isttemperaturen der Temperaturregelung	84
5.2.4.3	Punktuelle Vergleich der Strömungsgeschwindigkeiten und -richtungen	85
6	Emissionsraten der untersuchten Haltungssysteme	91
6.1	Emissionsraten aus den untersuchten Mastdurchgängen	91
6.1.1	Tiergewichte	91
6.1.2	Temperaturen	93
6.1.3	Gaskonzentrationen	95
6.1.3.1	Ammoniak	95
6.1.3.2	Methan	97
6.1.3.3	Lachgas	99
6.1.3.4	Kohlendioxid	101
6.1.3.5	Wasser	104
6.1.4	Volumenströme	106
6.1.5	Emissionsraten	110
6.1.5.1	Ammoniak	110
6.1.5.1.1	Gründe für die hohen NH ₃ -Emissionsraten aus dem Warmstall mit Teilspaltenboden	112
6.1.5.1.2	Vergleich der gemessenen NH ₃ -Emissionsraten aus dem Warmstall mit modellierten NH ₃ -Emissionsraten	114
6.1.5.1.3	Diurnale Effekte der NH ₃ -Emissionen	116
6.1.5.2	Methan	117
6.1.5.3	Lachgas	120
6.1.5.4	Kohlendioxid	122
6.1.5.4.1	Vergleich der CO ₂ -Emissionsraten mit CO ₂ -Produktionsmodellen aus der Literatur	124
6.1.5.5	Wasser	126
6.2	Quantifizierung der Einflussfaktoren auf die Emissionsraten	129
6.2.1	Ammoniak	132
6.2.1.1	Temperatur	132
6.2.1.2	Volumenstrom	134
6.2.1.3	Zeit nach dem Einstellen	135
6.2.1.4	Haltungssystem und Mastdurchgang	136
6.2.1.5	Allgemeines Lineares Modell für NH ₃	137
6.2.1.5.1	Vergleich der modellierten mit den gemessenen NH ₃ -Emissionsraten	139
6.2.1.5.2	Abschätzung mittlerer NH ₃ -Emissionsraten	139
6.2.1.5.3	Vergleich mit NH ₃ -Emissionsraten aus der Literatur	143
6.2.2	Methan	143

6.2.2.1	Allgemeines lineares Modell	144
6.2.2.1.1	Vergleich der modellierten mit den gemessenen CH ₄ -Emissionsraten	145
6.2.2.1.2	Abschätzung mittlerer CH ₄ -Emissionsraten	145
6.2.2.1.3	Vergleich mit CH ₄ -Emissionsraten aus der Literatur	147
6.2.3	Lachgas	148
6.2.4	Kohlendioxid	148
6.2.4.1	Allgemeines lineares Modell	148
6.2.4.1.1	Vergleich der modellierten mit den gemessenen CO ₂ -Emissionsraten	149
6.2.4.1.2	Abschätzung mittlerer CO ₂ -Emissionsraten	150
6.2.4.1.3	Vergleich mit CO ₂ -Emissionsraten aus der Literatur	155
6.3	Vergleich der mittleren modellierten und gemessenen Emissionsraten	155
7	Schlussfolgerungen	158
8	Zusammenfassung und Ausblick	163
9	Summary	170
10	Literatur	174
11	Anhang	185