

Lehrstuhl für Landtechnik  
der Technischen Universität München

VJK  
Entwicklung und Validierung einer Chemosensor-Technologie zur  
kontinuierlichen Geruchsmessung in Rinder- und Schweineställen

Barbara Maier

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

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. R. Meyer-Pittroff

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. (AE Keszthely) J. Schön,
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing., Dr.-Ing. h.c. P. A. Wilderer

Die Dissertation wurde am 27.05.2002 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 01.07.2002 angenommen.

## INHALT:

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>STAND DER TECHNIK.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Probenahme .....</b>	<b>14</b>
2.1.1	Probenahme in Gasprobenbeuteln .....	14
2.1.2	Probenahme durch Anreicherung auf Feststoffen.....	15
2.1.3	Probenahme durch Anreicherung in flüssigen Medien.....	16
2.1.4	Bewertung der Probenahmetechniken.....	16
<b>2.2</b>	<b>Volumenstrommessung .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Photoakustische Infrarot Spektroskopie (PAS).....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Methoden zur Geruchsmessung .....</b>	<b>19</b>
2.4.1	Olfaktometrie.....	20
2.4.1.1	Probandenkollektiv.....	21
2.4.1.2	Olfaktometer.....	22
2.4.1.3	Ablauf der olfaktometrischen Untersuchung.....	22
2.4.1.4	Geruchsstoffkonzentrationen.....	23
2.4.1.4.1	Geruchsschwelle (Wahrnehmungsschwelle).....	23
2.4.1.4.2	Erkennungsschwelle .....	24
2.4.1.4.3	Geruchsintensität .....	24
2.4.1.4.4	Hedonische Geruchswirkung.....	25
2.4.2	Chemosensor-Array.....	26
2.4.2.1	Metalloxid-Sensoren.....	27
2.4.2.2	Polymer-Sensoren.....	28
2.4.2.3	Quarz Microbalance-Sensoren.....	28
2.4.2.4	Auswertungen.....	29
2.4.3	Gaschromatographie-Massenspektroskopie .....	31
<b>2.5</b>	<b>Bewertung des Standes der Technik.....</b>	<b>32</b>
<b>3</b>	<b>ZIELSETZUNG .....</b>	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL .....</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Geruchsproben und deren Herstellung .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2</b>	<b>Stallluftproben .....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>METHODEN ERGEBNISSE UND DISKUSSION .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1</b>	<b>Probenahme .....</b>	<b>37</b>
5.1.1	Vergleich von Kunststofffolien für Gasprobenbeutel .....	37
5.1.1.1	Wiederfindungsraten von Methan.....	38

5.1.1.2	Wiederfindungsraten von Ammoniak .....	38
5.1.1.3	Wiederfindungsraten bei Stallluft.....	39
5.1.1.4	Diskussion der Materialien für Gasprobenbeutel:.....	40
<b>5.2</b>	<b>Methode der Olfaktometrie .....</b>	<b>42</b>
5.2.1	Überprüfung des Probandenkollektives .....	43
5.2.1.1	Beispiel einer Überprüfung einer Olfaktometriegruppe mit n-Butanol .....	44
5.2.1.2	Beispiel einer Überprüfung einer Olfaktometriegruppe mit Schwefelwasserstoff .....	45
5.2.2	Konzentrationsmessung mittels Olfaktometrie .....	47
5.2.3	Diskussion der Olfaktometrie .....	50
<b>5.3</b>	<b>Chemosensor-Array .....</b>	<b>52</b>
5.3.1	Methode der Chemosensor-Messungen .....	52
5.3.2	Einfluss der Nullluft auf die Messungen.....	56
5.3.3	Adaption für Aussenmessungen.....	58
5.3.4	Anpassung der Messroutine .....	59
5.3.5	Reproduzierbarkeit des Sensorsummensignals .....	60
5.3.6	Sensorsummensignal bei quantitativen Messungen.....	62
5.3.7	Diskussion der Methodenentwicklung Chemosensor-Array.....	63
<b>5.4</b>	<b>Zusammenführung der Werte der Olfaktometrie und der Chemosensoren (Entwicklung der kontinuierlichen Geruchsmessung).....</b>	<b>64</b>
5.4.1	Diskussion der Zusammenführung der Werte der Olfaktometrie und der Chemosensoren.....	65
5.4.2	Statistik .....	67
<b>5.5</b>	<b>Erprobung des entwickelten Systems bei kontinuierlichen Messungen.....</b>	<b>68</b>
5.5.1	Monitoring an einem Rinderstall.....	68
5.5.1.1	Betrieb .....	68
5.5.1.2	Versuchsaufbau .....	68
5.5.1.3	Kalibration.....	69
5.5.1.4	Monitoring der Geruchsstoffkonzentrationen .....	69
5.5.2	Monitoring an zwei Stallabteilen für Mastschweine .....	70
5.5.2.1	Betrieb .....	71
5.5.2.2	Volumenstrommessung .....	71
5.5.2.3	Versuchsaufbau .....	71
5.5.2.4	Kalibration.....	71
5.5.2.5	Monitoring der Geruchsstoffkonzentrationen .....	73
5.5.2.6	Monitoring der Geruchsemissionsraten.....	74
5.5.3	Vergleich von Haltungssystemen in der Mastschweinehaltung.....	77
5.5.3.1	Betrieb .....	77
5.5.3.2	Versuchsaufbau .....	78
5.5.3.3	Volumenstrommessung .....	79
5.5.3.3.1	Volumenstromermittlung in den Außenklimastall- Versuchsabteilen.....	79
5.5.3.3.2	Volumenstrombestimmung im konventionellen Warmstall.....	79
5.5.3.4	Kalibration.....	80
5.5.3.5	Monitoring der Geruchsstoffkonzentrationen .....	80
5.5.3.6	Monitoring der Geruchsemissionsraten.....	81
5.5.4	Diskussion der Ergebnisse der Monitorings .....	84

---

<b>6</b>	<b>DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN: EIGNUNG DES SYSTEMS ZUR KONTINUIERLICHEN GERUCHSMESSUNG.....</b>	<b>86</b>
<b>7</b>	<b>WEITERFÜHRENDE ARBEITEN.....</b>	<b>88</b>
<b>8</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>89</b>
<b>9</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>92</b>