

# **GERUCHSMANAGEMENT**

## **Methoden zur Bewertung und Verminderung von Geruchsemissionen**

Vom Promotionsausschuss der  
Technischen Universität Hamburg-Harburg  
zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)  
genehmigte Dissertation

von

Mirko Schlegelmilch

aus

Bremerhaven

2008

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RECHTLICHE GRUNDLAGEN FÜR DIE BEURTEILUNG UND VERMEIDUNG VON GERUCHSEMISSIONEN IN DEUTSCHLAND</b>	<b>3</b>
2.1	Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	3
2.2	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)	3
2.3	30. Bundes-Immissionsschutzverordnung (30. BImSchV)	5
2.4	Geruchsimmissions-Richtlinie (GIRL)	5
2.5	Zusammenfassung	7
<b>3</b>	<b>GERÜCHE</b>	<b>9</b>
3.1	Physiologische Geruchswahrnehmung	9
3.2	Psychologische Geruchswahrnehmung	13
3.3	Messung von Gerüchen	15
3.4	Eigenschaften von Geruchsstoffen	16
3.4.1	<i>Flüchtigkeit</i>	16
3.4.2	<i>Löslichkeit</i>	17
3.4.3	<i>Struktureller Aufbau</i>	18
3.5	Messung von Geruchsstoffen	19
3.5.1	<i>Probenanreicherung</i>	19
3.5.2	<i>Analysemethoden</i>	22
<b>4</b>	<b>TECHNISCHE BEHANDLUNGSVERFAHREN ZUR REDUZIERUNG VON GERUCHSEMISSIONEN</b>	<b>27</b>
4.1	Adsorptionsverfahren	28
4.2	Absorptionsverfahren	30
4.3	Biologische Verfahren	31
4.3.1	<i>Biofilter</i>	32
4.3.2	<i>Biowäscher und Biotropfkörper</i>	36

4.3.3	<i>Kombination von Biowäscher und Biofilter</i> .....	37
<b>5</b>	<b>THEORETISCHE GRUNDLAGEN</b> .....	<b>39</b>
5.1	Geruchsminderungsgrad .....	39
5.2	Statistische Versuchsplanung.....	39
<b>6</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN</b> .....	<b>45</b>
6.1	Gasanalytik.....	45
6.1.1	<i>Probenahme</i> .....	45
6.1.2	<i>Olfaktometrie</i> .....	46
6.1.3	<i>SPME-GC/MS-Methode</i> .....	47
6.2	Feststoffanalytik.....	48
6.2.1	<i>Wassergehalt</i> .....	48
6.2.2	<i>Wasserhaltekapazität</i> .....	49
6.2.3	<i>Schüttdichte</i> .....	50
6.2.4	<i>Luftporenvolumen</i> .....	50
6.2.5	<i>Chemisch-physikalische Analysen im Eluat</i> .....	51
6.2.6	<i>Chemisch-physikalische Analysen von Feststoffproben</i> .....	53
6.2.7	<i>Keimzahlbestimmung</i> .....	54
6.3	Emissionsquellen.....	56
6.3.1	<i>Öl – und Fettveredelung (Desodorierung)</i> .....	56
6.3.2	<i>Schokoladenmasseherstellung (Conchieren)</i> .....	57
6.3.3	<i>Kaffeeveredelung</i> .....	58
6.4	Versuchsanlagen .....	59
6.4.1	<i>Statisches Testsystem</i> .....	59
6.4.2	<i>Dynamisches Testsystem</i> .....	61
6.4.3	<i>Versuchsanlage im Technikumsmaßstab</i> .....	64
6.4.4	<i>Versuchsanlage im Containermaßstab</i> .....	65
6.5	Medien/Materialien zur Reinigung geruchsbeladener Abluft.....	71
6.5.1	<i>Biofiltermaterialien</i> .....	71
6.5.2	<i>Adsorbentien</i> .....	77
6.5.3	<i>Absorbentien</i> .....	77

<b>7</b>	<b>ENTWICKLUNG EINES GERUCHSMANAGEMENTKONZEPTE</b> .....	<b>79</b>
7.1	Erfassung grundlegender Informationen.....	80
7.2	Erstellung eines Geruchskatasters .....	81
7.2.1	<i>Erfassung von Emissionsquellen</i> .....	82
7.2.2	<i>Charakterisierung und Bewertung der Geruchsquellen</i> .....	84
7.3	Vermeidung und Erfassung von Geruchsemissionen.....	86
7.4	Untersuchungen mit Testsystemen .....	89
7.5	Erhebung von Auslegungsdaten und technische Umsetzung.....	89
<b>8</b>	<b>GERUCHSSPEZIFISCHE DATENBANK</b> .....	<b>91</b>
8.1	Struktur der Datenbank.....	92
8.2	Verwaltung der Informationen innerhalb der Datenbank.....	94
8.3	Dateneingabe .....	99
<b>9</b>	<b>CHEMISCH-ANALYTISCHE BEURTEILUNG VON GERUCHSEMISSIONEN ÜBER HAUPTGERUCHSSTOFFE</b> .....	<b>101</b>
9.1	Bestimmung von Hauptgeruchsstoffen .....	101
9.2	Abschätzung der Aussagekraft von Hauptgeruchsstoffen zur Beurteilung von Gerüchen (Odour-Index-Methode) .....	107
9.2.1	<i>Versuchsbedingungen</i> .....	107
9.2.2	<i>Beschreibung von Konzentrationsänderungen über den Odour-Index</i> .....	108
9.2.3	<i>Beschreibung der Änderung des Geruchseindruckes über den Odour-Index</i> .....	119
9.3	Zusammenfassung .....	121
<b>10</b>	<b>OPTIMIERUNG DER TESTSYSTEME</b> .....	<b>123</b>
10.1	Optimierung des statischen Testsystems .....	123
10.1.1	<i>Vorversuche (Abluft aus Schokoladenherstellung)</i> .....	125
10.1.2	<i>Simultane Optimierung der Zielgröße</i> .....	130
10.2	Optimierung dynamisches Testsystem .....	153
10.2.1	<i>Abluft aus der Öl- und Fettveredelung</i> .....	153

10.2.2	<i>Abluft aus Schokoladenmasseherstellung</i> .....	154
10.2.3	<i>Optimale Versuchsbedingungen für das dynamische Testsystem</i> .....	156
10.3	Optimierte Versuchsbedingungen für die Testsysteme .....	157
<b>11</b>	<b>BEURTEILUNG DER AUSSAGEKRAFT DER TESTSYSTEME</b> .....	<b>159</b>
11.1	Geruchsabbau durch Biofiltermaterialien.....	160
11.1.1	<i>Halbtechnische Versuchsanlage</i> .....	160
11.1.2	<i>Statisches Testsystem</i> .....	161
11.1.3	<i>Dynamisches Testsystem</i> .....	162
11.2	Einzelstoffabbau durch Biofiltermaterialien.....	163
11.2.1	<i>Statisches Testsystem</i> .....	165
11.2.2	<i>Dynamische Testsystem</i> .....	166
11.3	Vergleich und Diskussion der Ergebnisse .....	166
<b>12</b>	<b>BEURTEILUNG DER REINIGUNGSLEISTUNG UNTERSCHIEDLICHER     ABLUFTHANDLUNGSVERFAHREN</b> .....	<b>169</b>
12.1	Biologische Verfahren.....	169
12.2	Adsorption .....	175
<b>13</b>	<b>ANWENDUNG DES GERUCHSMANAGEMENTKONZEPTS AM BEISPIEL     EINES ÖL- UND FETTVERARBEITENDEN BETRIEBES</b> .....	<b>179</b>
13.1	Grundlegende Informationen über Geruchsemissionen bei der Öl- und Fettveredelung .....	179
13.2	Erstellung eines Geruchskatasters .....	180
13.2.1	<i>Bestimmung und Bewertung der Geruchsquellen</i> .....	180
13.2.2	<i>Bestimmung der Hauptgeruchsstoffe</i> .....	183
13.3	Auswahl geeigneter Behandlungsverfahren .....	187
13.3.1	<i>Voruntersuchungen mit Testsystemen</i> .....	188
13.3.2	<i>Überprüfung bisheriger Ergebnisse im Technikumsmaßstab</i> .....	190
13.3.3	<i>Vergleich von Biofiltermaterialien im Pilotmaßstab</i> .....	203
13.4	Auslegungsberechnungen anhand von Messwerten aus Pilotversuchen .	206

---

13.4.1	<i>Auslegung eines Biofilters</i> .....	206
13.4.2	<i>Auslegung einer Adsorptionsstufe</i> .....	209
13.5	<b>Kostenabschätzung für die technische Umsetzung</b> .....	210
13.5.1	<i>Biofilter</i> .....	211
13.5.2	<i>Adsorption</i> .....	212
13.5.3	<i>Biofilter/Adsorption-Kombination</i> .....	213
13.6	<b>Zusammenfassung</b> .....	214
<b>14</b>	<b>AUSBLICK</b> .....	<b>217</b>
<b>15</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>219</b>
<b>16</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>221</b>
<b>17</b>	<b>EIGENE VERÖFFENTLICHUNGEN</b> .....	<b>235</b>
<b>18</b>	<b>ANHANG</b> .....	<b>241</b>