

UMWELTSCHUTZ    ENTSORGUNGSTECHNIK

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Fritz  
Prof. Dipl.-Ing. Heinz Kern

# Reinigung von Abgasen

Gesetzgebung zum Emissionsschutz, Maßnahmen zur Verhütung von Emissionen.

Mechanische, thermische, chemische und biologische Verfahren der Abgasreinigung. Entschwefelung und Entstickung von Feuerungsabgasen.

Physikalische Grundlagen, technische Realisierung.

2., völlig neu bearbeitete Auflage

Vogel Buchverlag

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Herausgebers .....	5
Vorwort .....	7
<b>1 Einführung .....</b>	<b>13</b>
1.1 Grundbegriffe zur Luftverunreinigung .....	13
1.2 Gesetzgebung zum Immissionsschutz .....	15
1.3 Schadstoffemissionen .....	20
1.4 Maßnahmen zur Verhütung von Emissionen .....	22
1.5 Verfahren der Abgasreinigung .....	23
<b>2 Abscheidung partikelförmiger Verunreinigungen .....</b>	<b>25</b>
2.1 Allgemeines .....	25
2.2 Kennzeichnung der Abscheideleistung .....	26
2.3 Massenkraftabscheider .....	28
2.3.1 Aufbau und Wirkungsweise .....	28
2.3.2 Auslegung von Zyklonen .....	31
2.3.2.1 Grenzkorngröße .....	31
2.3.2.2 Gesamtabscheidegrad .....	36
2.3.2.3 Gesamtdruckverlust Ap .....	37
2.3.3 Praktische Gesichtspunkte .....	38
2.4 Filternde Abscheider .....	41
2.4.1 Klassifizierung filternder Abscheider .....	41
2.4.2 Abscheidemechanismen .....	42
2.4.3 Berechnung des Abscheidegrades .....	43
2.4.4 Praktische Auslegung von Abreinigungsfiltern .....	44
2.4.4.1 Filterflächenbelastung .....	44
2.4.4.2 Druckverlust .....	45
2.4.5 Bauarten und Einsatzbeispiele .....	48
2.4.5.1 Speicherfilter .....	48
2.4.5.2 Abreinigungsfilter .....	51
2.4.5.3 Schütttschichtfilter .....	59
2.5 Elektrische Abscheider .....	60
2.5.1 Abscheidvorgang .....	61
2.5.1.1 Teilchenaufladung .....	61
2.5.1.2 Teilchentransport .....	62
2.5.1.3 Anhaften und Schichtbildung .....	63
2.5.1.4 Entfernung der Staubschicht .....	65
2.5.2 Theoretische Grundlagen .....	65
2.5.3 Praktische Auslegung .....	68
2.5.4 Bauarten .....	69
2.5.4.1 Rohrelektrofilter .....	69
2.5.4.2 Plattenelektrofilter .....	71

2.5.4.3	Elektrische Einrichtungen	74
2.5.4.4	Technische Weiterentwicklungen	74
2.5.5	Anwendungsbeispiele	74
2.6	Naßarbeitende Abscheider	77
2.6.1	Abscheidvorgang	78
2.6.1.1	Relativbewegung von Teilchen und Tropfen	79
2.6.1.2	Bindung der Teilchen am Tropfen	79
2.6.1.3	Abführung der staubbeladenen Flüssigkeit	80
2.6.2	Berechnungsgrundlagen	80
2.6.2.1	Abscheidung der Staubteilchen am Einzeltropfen	80
2.6.2.2	Reinigungswirkung eines Einzeltropfens	82
2.6.2.3	Änderung des Staubgehaltes im Abscheider	83
2.6.3	Bauarten und Anwendungsbeispiele	85
2.6.3.1	Waschturm, Füllkörperkolonne	85
2.6.3.2	Strahlwäscher	87
2.6.3.3	Wirbelwäscher	87
2.6.3.4	Rotationswäscher	87
2.6.3.5	Venturiwäscher	89
2.6.3.6	Sonderbauarten	90
2.6.4	Vergleich der verschiedenen Wäschertypen	91
2.6.5	Tropfenabscheidung	93
2.6.6	Waschwasserkreislauf	93
2.6.7	Anwendungsbeispiele	95
2.7	Auswahlkriterien für Staubabscheider	96
2.7.1	Leistungsfähigkeit	97
2.7.2	Gesamtkosten	97
2.7.3	Betriebsicherheit	98
<b>3</b>	<b>Abscheidung dampf- und gasförmiger Schadstoffe</b>	<b>101</b>
3.1	Kondensationsverfahren	101
3.2	Absorption	103
3.2.1	Absorption, Desorption, Erläuterungen der Begriffe, Schema, Beispiele	103
3.2.2	Physikalisch-chemische Grundlagen	103
3.2.3	Anforderungen, Arten, Bedarf und Regenerierung von Lösungs- bzw. Waschmitteln	109
3.2.3.1	Anforderungen an Waschmittel und Arten	109
3.2.3.2	Waschmittelbedarf	111
3.2.3.3	Regenerierung von Waschmitteln	112
3.2.4	Auslegung von Absorptionskolonnen	113
3.2.4.1	Belastbarkeit, Kolonnendurchmesser	113
3.2.4.2	Höhe von Absorptionskolonnen	115
3.2.5	Entschwefelung von Abgasen	119
3.2.5.1	Übersicht, Verfahren	119
3.2.5.2	Gips erzeugende Verfahren der Abgasentschwefelung	121
3.2.5.3	Ammoniakverfahren (Verfahren der Firma Walther)	126
3.2.5.4	Wellmann-Lord-Verfahren	128
3.2.5.5	Sprühabsorption	130
3.3	Bauformen von Absorptionsapparaten	133
3.4	Adsorption	137
3.4.1	Absorption, Desorption, Erläuterungen der Begriffe, Schema, Beispiele	137
3.4.2	Physikalisch-chemische Grundlagen	138
3.4.3	Anforderungen, Bedarf und Regenerierung von Adsorptionsmitteln	142
3.4.3.1	Anforderungen an Adsorptionsmittel	142

3.4.3.2	Adsorbensbedarf	143
3.4.3.3	Regenerierung von Adsorptionsmitteln	144
3.4.4	Auslegung von Adsorptionsapparaten	144
3.4.5	Adsorption mit kohlenstoffhaltigen Adsorbentien	147
3.4.5.1	Entfernung von organischen Lösungsmitteln	147
3.4.5.2	Entfernung von Geruchs- und Giftstoffen	153
3.4.6	Entfernung schwefelhaltiger Verbindungen aus Abgasen	156
3.4.6.1	Sulfosorbon-Verfahren (Verfahren der Fa. Lurgi)	156
3.4.6.2	BF-Verfahren (Verfahren der Bergbauforschung)	159
3.4.7	Bauformen von Adsorbentien	160
3.5	Entstickung von Feuerungsabgasen	164
3.5.1	Einleitung, Übersicht, Verfahren der Abgasentstickung	164
3.5.2	Naßverfahren zur Abgasentstickung	166
3.5.2.1	EDTA-Verfahren (Komplexsalz-Verfahren)	167
3.5.2.2	Walther-Verfahren	167
3.5.3	Trockenverfahren zur Abgasentstickung	167
3.5.3.1	SNCR-Verfahren	169
3.5.3.2	SCR-Verfahren	169
3.6	Simultane Entschwefelung und Entstickung von Feuerungsabgasen (Simultanverfahren)	175
3.6.1	Aktivkoksverfahren (BF-Uhde-Verfahren)	175
3.6.2	Elektronenstrahlverfahren (Alsiga-Verfahren der Firmen AEG/Lurgi)	178
3.6.3	Desonox-Verfahren (Degussa/Lurgi/Lentjes)	179
3.6.4	EDTA-, Walther-, Ciba-Geigy- und Sprühabsorptionsverfahren	179
3.7	Oxidationsverfahren	180
3.7.1	Begriff, Verfahrensschema, Verfahrensbeispiele	180
3.7.2	Thermische Nachverbrennung von Schadstoffen	182
3.7.2.1	Physikalisch-chemische Grundlagen der Verbrennung	182
3.7.2.2	Mengenbilanz bei der Verbrennung, Luftbedarf, Rauchgasmenge	184
3.7.2.3	Wärmebilanz bei der Verbrennung, Verbrennungstemperatur	186
3.7.2.4	Gesichtspunkte zur Auswahl und Dimensionierung thermischer Verbrennungsanlagen	188
3.7.3	Katalytische Nachverbrennung von Schadstoffen	194
3.7.3.1	Physikalisch-chemische Grundlagen der Katalyse	194
3.7.3.2	Eigenschaften von Katalysatoren, Anforderungen	196
3.7.3.3	Gesichtspunkte zur Dimensionierung katalytischer Nachverbrennungsanlagen, Bauformen	202
3.7.4	Wirtschaftlichkeit von Oxidationsverfahren, Beispiele ausgeführter Verbrennungsanlagen	204
3.7.5	Katalytische Motorabgasreinigung	210
3.8	Spezielle Verfahren der Abgasreinigung	212
3.8.1	Übersicht, Problemstellung	212
3.8.2	Chemisch-oxidative Gaswaschverfahren	212
3.8.3	Biologische Sorptionsverfahren	214
<b>4</b>	<b>Kombinationsverfahren der Gasreinigung</b>	<b>219</b>
	Formelzeichen und Einheiten	225
	Literaturverzeichnis	229
	Stichwortverzeichnis	237