
Industrielle Gasanalyse

von
Dr. phil. nat. Joachim Staab

Mit 232 Bildern und 11 Tabellen

R. Oldenbourg Verlag München Wien 1994

Inhalt

Vorwort	9	(b) Photo-akustische Spektrometrie (PAS)	76
1 Einleitung	11	(c) Gasfilterkorrelationsverfahren (GFC)	77
2 Einführende Darstellung der Absorptionsspektrometrie	15	Geometrie der spektrometrischen Anordnung	79
2.1 Molekülspektren	15	(1) Zeitliche Zweistrahlordnung (Beispiele)	81
2.1.1 Elektronenspektren	17	(a) IFC/GFC-Spektrometer	81
2.1.2 Rotations-Schwingungsspektren	19	(b) Fouriertransform-Spektrometer	82
2.1.3 Rotationsspektren	21	(2) Räumliche Zweistrahlordnung (Beispiele)	82
2.1.4 Form und Abstand der Spektrallinien	21	(a) NDIR-Spektrometer mit optisch-pneumatischem Detektor	83
Druckverbreiterung	23	(b) Gitterspektrometer	83
Doppler-Verbreiterung	24	(c) Diodenlaserspektrometer	83
Natürliche Linienbreite	25	Vielkanalverfahren	84
Übergangsbereich	25	(1) Multidetektor-Spektrometer	84
Linienintensität	26	(2) Multiplex-Spektrometer	85
2.2 Spektrometer: Physikalische Grundlagen, Meßprinzipien, Funktion und Aufbau	26	Literatur	85
2.2.1 Gesetzmäßigkeiten der Absorption von Strahlung in Medien	27	3 Entstehung, Struktur und Darstellung der Absorptionsspektren	89
2.2.2 Spektrales Auflösungsvermögen	31	3.1 Energieaustausch	89
2.2.3 Charakteristische Spektrometerkonfigurationen	32	3.2 Ramanspektrum	89
Dispersive spektrometrische Verfahren	33	3.3 Bewegte elektrische Ladungen	91
(1) Gittermonochromatoren	34	3.4 Wellenmechanik	92
(2) Interferenzfilter	37	3.5 Elektronenspektren	92
(3) Interferometer	40	3.6 Schwingungsspektren	93
(a) Michelson-Interferometer	40	3.7 Rotationsspektren	99
(b) Mach-Zehnder-Interferometer	51	3.8 Rotations-Schwingungsspektren	101
(c) Fabry-Perot-Interferometer	53	3.9 Intensitätsverteilung der Rotationslinien	102
(4) Durchstimmbare optische Filter	54	Literatur	103
Nicht-dispersive spektrometrische Verfahren	55	4 Strahlungsabsorption und Spektren	105
(1) Selektive Strahlungsquellen	56	4.1 Linien- und Bandenstruktur der Spektren	105
(a) Laser	56	4.2 Einzelheiten zu Linienform und Linienabstand	106
(b) Gasselektive Emittier (Resonanzabsorption)	63	4.3 Oberschwingungen	109
(c) Mikrowellenspektrometrie	65	4.4 Absorption in Gasschichten	110
(2) Gaskorrelationsverfahren (NDIR-Spektrometer)	69	4.4.1 Kontinuierliche Spektren	111
(a) Optisch-pneumatischer Detektor (OPD)	71		

4.4.2	Rotations-Schwingungsspektren	111			
4.4.3	Absorption von Laserlinien	114			
	Literatur	115			
5	Bewertungskriterien	116			
5.1	Selektivität, spektrales Auflösungsvermögen	116			
5.2	Meßempfindlichkeit, Nachwelsgrenze	118			
5.3	Dynamischer Bereich	119			
5.4	Kalibrierkonzept	119			
5.5	Stabilität des Meßsignals	120			
5.6	Zeitverhalten, zeitliche Auflösung	121			
5.7	Vielkomponentenmessung	123			
5.8	Handhabbarkeit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit	123			
	Literatur	124			
6	Prüfgase	125			
6.1	Angabe der Gasreinheit und der Zusammensetzung der Gasgemische	125			
6.2	Gasmengenberechnungen	127			
	Literatur	128			
7	Geräteausführungen	129			
7.1	Geräte für den ultravioletten, sichtbaren und nahen Infrarotbereich	131			
7.1.1	Strahlungsquellen	132			
	Wolfram-Halogen-Lampen	132			
	Deuteriumlampen	132			
	Quecksilbertampen	132			
	Xenon-Bogenlampen	133			
	Lumineszenzdioden und Laserdioden	133			
	Lichtleiter	135			
7.1.2	Wellenlängenselektivierungsmedien	137			
	Selektive Lichtquellen	137			
	Optische Interferenzfilter	138			
	Optische Gitter	138			
7.1.3	Detektoren	139			
	Photozellen	139			
	Photoleiter	139			
	Photoelemente und Photodioden	140			
7.1.4	Gerätebeispiele	141			
	(1) Geräte mit optischen Interferenzfiltern	142			
	Prozeßphotometer SPECTRAN VIS/NIR	142			
	Prozeßphotometer FAGOS	142			
	Sigrist Absorptionsmeßgerät	144			
	(2) Geräte mit Selektivstrahlern	144			
	Gasanalysator BINOS UV/VIS	144			
	Prozeßphotometer DEFOR 3	144			
	NDUV-Betriebsphotometer RADAS	146			
	(3) Geräte mit optischem Gitter	148			
	SO ₂ - und NO ₂ -Meßgerät GM 30	148			
	Simultanspektrometer MCS	149			
	(4) Spezielle Selektivierungsmethoden	149			
	Prozeß-Spektrometer LIMOR	149			
	Ammoniak-Meßsystem SAAB DIODAIR 2000	151			
7.2	Geräte für den mittleren Infrarotbereich	152			
7.2.1	Geräte mit optischen Interferenzfiltern	156			
	Gerätebeispiele	157			
	IFC-Gasanalysator FINOR	157			
	Infrarot-Gasanalysator MIRAN	158			
	Gasanalysator MEXA-1300 FRI	159			
	Multigasmonitor Typ 1302	160			
	Siemens CO ₂ -Controller	161			
7.2.2	Geräte nach dem NDIR-Verfahren (Gaskorrelation)	162			
	(1) Geräte nach dem Verfahren der Gasfilterkorrelation	165			
	Gerätebeispiele	165			
	Mehrkomponenten-Emissionsmeßsystem MCS 100	165			
	IFC/GFC-Gasanalysator DEFOR	166			
	Mobiles Abgasmeßsystem MEXA 1440	166			
	(2) NDIR-Gasanalysergeräte mit optisch-pneumatischem Empfänger	167			
	(a) Prinzipielle Bauteile und Funktion	167			
	Meßfühler	167			
	1. Membrankondensator	168			
	2. Mikroströmungsfühler	169			
	Funktionelle Anordnung der Empfängerammern	170			

1. Einschichtsysteme	172	8	Analysensysteme	210
2. Zweischichtsysteme	173	8.1	Analysensysteme mit <i>einem</i> Analysengerät	211
Meßsignalverlauf bei Einschicht- und Zweischichtsystemen	176	8.2	Analysenanlagen mit mehreren individuellen Analysengeräten	212
(b) Gerätebeispiele	178	8.3	Vielkomponentenanalysensysteme	212
NDIR-Betriebsphotometer URAS	179	Literatur		215
Gasanalysengeräte ULTRAMAT	180			
NDIR-Gasanalysator UNOR	182	9	Anforderungsorientierte Bewertung	216
Gasanalysensystem BINOS	182	9.1	Selektivität	216
Infrarot-Analysatoren VIA und IRA	184	9.2	Meßempfindlichkeit (Nachweisgrenze)	218
7.2.3 Geräte mit Halbleiterdiodenlasern als selektive Strahlungsquellen	185	9.3	Dynamischer Bereich	219
Gerätebeispiele (Prototypen)	188	9.4	Stabilität des Meßsignals	221
7.2.4 Geräte nach dem Verfahren der Fouriertransforminfrarot(FTIR)-Spektrometrie	191	9.5	Kalibrierkonzept	221
Gerätebeispiele	201	9.6	Zeitliche Auflösung	222
Vielkomponentenabgasanalysator SESAM (System for Emission Sampling and Measurement)	201	9.7	Multikomponentenmessung	223
Vielkomponentenabgasanalysator AMA-FTIR	202	9.8	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Handhabbarkeit	223
Motorenabgasanalysator MEXA-4000FT	203	Sachregister		225
FTIR-Betriebsspektrometer 9100	204			
7.2.5 Geräte für den Mikrowellenbereich	204			
Gerätebeispiel	207			
Mikrowellen-Prozeß-Gasanalysator MIPAN	207			
Literatur	208			