

Inhalt

Vorwort	V
Autoren	VII
1. Verbrennungslehre	1
1.1 Stöchiometrie	1
1.1.1 Reaktionselemente technischer Brennstoffe	1
1.1.2 Charakteristische Größen für die Zusammensetzung von gasförmigen Brennstoffen	2
1.1.2.1 Charakteristische Atomsummen bei gasförmigen Brennstoffen	2
1.1.3 Verbrennungsrechnung	4
1.1.3.1 Berechnung des Luftbedarfs	5
1.1.3.2 Berechnung der Abgasmenge und der Abgaszusammensetzung	7
1.2 Energieströme im Ofenraum	11
1.2.1 Kennzeichnende Ofenflächen	11
1.2.2 Charakteristische Leistungen und Wärmeströme	11
1.2.3 Energiebilanz	14
1.2.4 Wirkungsgrade	14
1.2.4.1 Feuerungstechnischer Wirkungsgrad	14
1.2.4.2 Ofentechnischer Wirkungsgrad	18
1.2.4.3 Wärmetechnischer Wirkungsgrad	18
1.2.5 Brennstoffersparnis bei Luftvorwärmung	19
2. Strömungstechnik	21
2.1 Ideales Gas	21
2.2 Kontinuitätsgleichung	23
2.3 Bernoullische Gleichung	24
2.4 Turbulenter Freistrahler	27
2.5 Druckverluste in Rohrleitungen	28
3. Wärmeübertragung	30
3.1 Mechanismen des Wärmetransports	30
3.2 Wärmestrahlung	32
3.2.1 Elektromagnetisches Spektrum	32
3.2.2 Stefan-Boltzmannsches Gesetz	33
3.2.3 Plancksches Verteilungsgesetz	34
3.2.4 Reflexion, Absorption, Transmission	34
3.2.5 Kirchhoffsches Gesetz	35
3.2.6 Richtungsabhängige und diffuse Strahlung	36

3.2.7	Strahlungsaustausch	36
3.2.7.1	Strahlungsdichte	36
3.2.7.2	Strahlungsaustausch zwischen zwei Körpern	37
3.2.8	Gasstrahlung	41
3.3	Wärmeleitung	41
3.3.1	Differentialgleichung des Temperaturfeldes	41
3.3.2	Stationäre, eindimensionale Wärmeleitung	42
3.3.2.1	Ebene Wände mit vorgegebenen Oberflächentemperaturen	42
3.3.2.2	Ebene Wände mit konvektivem Wärmeübergang	43
3.3.3	Instationäre Wärmeleitung	43
3.3.3.1	Körper mit sehr großer Wärmeleitfähigkeit	43
3.4	Konvektion	45
3.4.1	Anwendung der Ähnlichkeitstheorie zur Darstellung von Wärmeübertragungsgesetzen	46
3.4.2	Längs und quer angeströmter Zylinder	47
4.	Brennertechnik	49
4.1	Verbrennungstechnik	49
4.1.1	Buschfeuer	50
4.1.2	Offenes Rostfeuer	50
4.1.3	Einfacher Ofen	51
4.1.4	Feuerung mit Brennern	51
4.1.5	Entstehung der Flamme	51
4.1.6	Flammengeschwindigkeit	53
4.1.7	Einteilung von Flammen	54
4.2	Klassifizierung von Brennern und Flammen	55
4.2.1	Luftzufuhr	55
4.2.2	Brennstoff/Aggregatzustand	55
4.2.3	Stabilisierungsart	56
4.2.4	Flammefarbe	57
4.2.5	Luft- oder Brennstoffstufung	57
4.2.6	Flammenform	57
4.2.7	Strömungsgeschwindigkeit	58
4.2.8	Direkte und indirekte Beheizung	58
4.2.9	Luftvorwärmung	59
4.2.10	Stoichiometrie	60
4.2.11	Leistungsanpassung	60
4.3	Flammlose Oxidation	60
4.3.1	Prinzip	61
4.3.2	Berechnungen und Versuchsergebnisse	65
4.3.3	Feldmessungen	66
4.3.4	Anwendungen	70
4.3.5	Wesentliche Merkmale	71

5. Computersimulation	72
5.1 Aufbereiten der Aufgabenstellung	72
5.1.1 Berechnungsgitter	72
5.1.2 Stationäre oder instationäre Berechnung	74
5.1.3 Stoffeigenschaften	75
5.1.4 Randbedingungen	75
5.1.5 Rechen-Modelle	77
5.2 Lösen der Gleichungen	79
5.3 Ergebnisdarstellung	79
6. Schadstoffminderung	81
6.1 NO _x -Minderung durch Flammenkühlung	83
6.2 Magere Vormischverbrennung	84
6.3 Flammenstufung	85
6.4 Abgasrezirkulation	86
6.5 Sauerstoffverbrennung	86
6.6 Begrenzung der Luftvorwärmung	87
6.7 Brennstoff NO-Reduzierung	87
6.8 Abgasentstickung	87
6.9 NO _x -Maßeinheiten	87
6.10 NO _x -Messungen	89
7. Wärmetauscher	91
7.1 Grundbauarten	92
7.2 Kenngrößen	95
7.3 Bestimmung von Wirkungsgraden	98
7.3.1 Bestimmung des Leerwertes	99
7.3.2 Messung der Luftvorwärmtemperatur	103
7.3.3 Messung der Abgastemperatur	103
8. Industriebrenner	105
8.1 Kaltluftbrenner	105
8.1.1 Vorgemischbrenner	105
8.1.2 Mündungsmischbrenner	105
8.1.3 Gebläsebrenner	111
8.1.4 Oberflächenbrenner	111
8.1.5 Porenbrenner	112
8.1.6 Flachflammenbrenner	113
8.1.7 Schwach- und Sondergasbrenner	113
8.1.8 Mehrstoffbrenner	114
8.1.9 Brenner für sauerstoffangereicherte Luft	116

8.2	Warmluftbrenner	118
8.2.1	Stetig geregelte Warmluftbrenner mit Zentralrekuperator	121
8.2.2	Getaktete Warmluftbrenner mit Zentralrekuperator	123
8.2.3	Warmluftbrenner mit Zentralregenerator	127
8.2.4	Stetig geregelte Warmluftbrenner mit Zonenreku oder Drehbettregenerator	129
8.3	Rekuperatorbrenner	130
8.3.1	Rekuperatorbrenner mit Eduktor	134
8.3.2	Rekuperatorbrenner mit Abgasklappe	138
8.4	Regeneratorbrenner	139
8.4.1	Regenerator-Brenner-Paare	140
8.4.2	Regenerator-Brenner	142
8.5	Strahlheizrohre	145
8.5.1	Strahlrohrbauformen	145
8.5.2	Wärmerückgewinnung bei Strahlheizrohren	148
8.5.3	Temperaturgleichmäßigkeit	152
8.5.4	Regelung von Strahlheizrohren	152
8.5.5	Strahlrohranordnung und Auslegung	154
9.	Normen und gesetzliche Vorschriften	157
9.1	Einleitung und Grundsätzliches	157
9.2	Normungsorganisationen	157
9.3	Normen, Normungsbezeichnungen und deren Wirkungsbereich	158
9.3.1	DIN-Norm	160
9.3.2	EN-Norm und DIN EN-Norm	160
9.3.3	ISO-Norm, DIN ISO-Norm, EN ISO-Norm und DIN EN ISO-Norm	160
9.4	Grundsätzliches zur europäischen Normungsarbeit	160
9.4.1	EG-Binnenmarktrichtlinien	161
9.4.2	Neue Konzeption (New Approach)	161
9.4.3	Zusammenhang zwischen Richtlinie und Normung	162
9.4.4	Anwendung europäischer Harmonisierter Normen	163
9.5	Die EG-Maschinenrichtlinie.....	163
9.5.1	Allgemeine Anforderungen an Maschinen	164
9.5.2	Grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen	165
9.5.3	Konformitätserklärung	167
9.5.4	Verfahren für unvollständige Maschinen	168
9.5.5	CE-Kennzeichen	169
9.5.6	Schutzklauselverfahren	170
9.6	Weitere EG-Richtlinien	170
9.6.1	Druckgeräterichtlinie (PED)	170
9.6.2	Gasgeräterichtlinie (GAD)	171
9.7	Normungsstruktur zur Maschinenrichtlinie	171
9.8	Wichtige Typ A- und Typ B-Normen für Industriebrenner	172
9.8.1	Wichtige Typ A-Normen für Thermoprozessanlagen und Industriebrenner	172
9.8.1.1	DIN EN ISO 12100	172

9.8.2	Wichtige Typ B-Normen für Thermoprozessanlagen und Industriebrenner	173
9.8.2.1	DIN EN 614-1 Ergonomische Gestaltungsgrundsätze	173
9.8.2.2	DIN EN 953	173
9.8.2.3	DIN EN 1037 Vermeidung von unerwartetem Anlauf	174
9.8.2.4	DIN EN ISO 13732-1 Kontakt mit heißen Oberflächen	174
9.8.2.5	DIN EN ISO 13849-1 sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen	175
9.8.2.6	DIN EN ISO 13850 NOT-HALT-Einrichtung	176
9.8.2.7	DIN EN 60204-1	176
9.8.2.8	DIN EN 61496-1	177
9.9	Wichtige Typ C-Normen für Industriebrenner	177
9.9.1	DIN EN 746-1	177
9.9.2	DIN EN 746-2	179
9.10	Normen für Komponenten von Industriebrennern	180
9.10.1	DIN EN 161	180
9.10.2	DIN EN 225-1	180
9.10.3	DIN EN 225-2	181
9.10.4	DIN EN 230	181
9.10.5	DIN EN ISO 23553-1	181
9.10.6	DIN EN 298	182

9.10.7	DIN EN 1643	183
9.10.8	DIN EN 1854	183
9.10.9	DIN EN 12067-1	184
9.10.10	DIN EN 12067-2	184
9.11	Normen für Kompaktbrenner	185
9.11.1	DIN EN 267	185
9.11.2	DIN EN 676	186
9.12	Normen für Thermoprozessanlagen	186
9.12.1	DIN EN 746-3	186
9.12.2	DIN EN 746-4	187
9.12.3	DIN EN 746-5	188
9.12.4	prEN 746-6	189
9.12.5	prEN 746-7	190
9.12.6	DIN EN 746-8	191
9.12.7	DIN EN 1547	192
9.12.8	DIN EN 1539	193
9.13	Wie liest man eine Norm	194
Anhang	195
	GWI-Arbeitsblätter	195
	Wärmetechnische Begriffe	257
	Weitere Informationen zum Fach	260
	Gaswärme International - Veröffentlichungen (1998-2010)	267
Stichwortverzeichnis	281
Inserentenverzeichnis	285