

W. Bartknecht

# Explosionen

Ablauf und Schutzmaßnahmen

Zweite, überarbeitete und ergänzte Auflage

Mit 259, zum Teil farbigen Abbildungen  
und 34 Tabellen

Springer-Verlag  
Berlin Heidelberg New York 1980

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Explosionsablauf

<i>1</i>	<i>Einleitung</i> . . . . .	3
<i>2</i>	<i>Explosionen in geschlossenen Behältern</i> . . . . .	5
2.1	Brenngase . . . . .	5
2.1.1	Explosionsgrenzen . . . . .	5
2.1.2	Explosionsdruck – Explosionsheftigkeit . . . . .	8
	Brenngas (Dampf-)/Luft-Gemische . . . . .	8
	Brenngas/Sauerstoff-Gemische . . . . .	24
	Chlor/Wasserstoff-Gemische . . . . .	26
2.2	Brennbare Stäube . . . . .	28
2.2.1	Vorbemerkung . . . . .	28
2.2.2	Explosionsgrenzen . . . . .	28
2.2.3	Explosionsdruck – Explosionsheftigkeit . . . . .	28
2.2.4	Minimale Mindestzündenergie . . . . .	45
2.3	Hybride Gemische . . . . .	50
2.3.1	Vorbemerkung . . . . .	50
2.3.2	Explosionsgrenzen . . . . .	51
2.3.3	Explosionsdruck – Explosionsheftigkeit . . . . .	52
2.3.4	Minimale Mindestzündenergie . . . . .	55
2.4	Folgerungen . . . . .	57
<i>3</i>	<i>Explosionen – Detonationen in Rohrstrecken</i> . . . . .	58
3.1	Vorbemerkung . . . . .	58
3.2	Brenngase . . . . .	59
3.3	Brennbare Stäube . . . . .	68
3.4	Folgerungen . . . . .	72
<i>4</i>	<i>Literaturhinweise</i> . . . . .	73

## Teil II Schutzmaßnahmen gegen das Entstehen von Explosionen und gegen Explosionsauswirkungen

<i>1</i>	<i>Vorbemerkungen</i> . . . . .	77
<i>2</i>	<i>Sicherheitsmaßnahmen gegen das Entstehen von Explosionen</i> . . . . .	79

X	Inhaltsverzeichnis	
2.1	Inertisierung . . . . .	79
2.1.1	Vorbemerkung . . . . .	79
2.1.2	Brenngase . . . . .	79
2.1.3	Brennbare Stäube . . . . .	85
2.1.4	Folgerungen . . . . .	88
3	<i>Sicherheitsmaßnahmen gegen die Auswirkungen von Explosionen in Behältern und Räumen</i> . . . . .	89
3.1	Vorbemerkung . . . . .	89
3.2	Explosionsfeste Bauweise . . . . .	89
3.2.1	Druckbehälter . . . . .	89
3.2.2	Der druckstoßfeste Behälter . . . . .	89
3.2.3	Folgerungen . . . . .	91
3.3	Explosionsdruckentlastung . . . . .	91
3.3.1	Vorbemerkung . . . . .	91
3.3.2	Beschreibung der Druckentlastung . . . . .	92
	Druckentlastung von Behältern . . . . .	92
	Druckentlastung von Räumen . . . . .	93
3.3.3	Ausführung und Eigenschaften von Druckent- lastungseinrichtungen . . . . .	94
	Vorbemerkung . . . . .	94
	Berstscheiben . . . . .	95
	Berstscheiben aus sprödem, nicht verformungs- fähigem Werkstoff . . . . .	95
	Berstscheiben aus verformungsfähigem Werkstoff . . . . .	96
	Fremdbetätigte Berstscheiben . . . . .	102
	Explosionsscheiben . . . . .	103
	Selbsttätig schließende Entlastungseinrichtungen . . . . .	104
	Explosionsklappen . . . . .	104
	Federbelastete Entlastungseinrichtungen . . . . .	105
	Folgerungen . . . . .	107
3.3.4	Dimensionierung von Druckentlastungsflächen . . . . .	108
	Vorbemerkung . . . . .	108
	Brenngase . . . . .	111
	Brennbare Stäube . . . . .	117
	Gefahrlose Ableitung der Druckwelle, der Flamme und der Gase . . . . .	119
	Langgestreckte Behälter (Silos) . . . . .	123
3.3.5	Grenzen der Anwendbarkeit . . . . .	128
3.4	Explosionsunterdrückung . . . . .	129
3.4.1	Vorbemerkung . . . . .	129
3.4.2	Verfahrensbeschreibung . . . . .	129

3.4.3	Auswahl des Detektorsystems . . . . .	131
3.4.4	Beschreibung der Löschsysteme . . . . .	133
3.4.5	Auswahl des günstigsten Löschmittels . . . . .	135
3.4.6	Grenzen der Anwendbarkeit . . . . .	143
3.4.7	Löschmittelbedarf . . . . .	145
3.4.8	Spezielle Anwendungsprobleme . . . . .	150
	Einfluß des Vordruckes . . . . .	150
	Unterdrückung der Explosionen von organischen Peroxyden . . . . .	150
3.5	Folgerungen . . . . .	152
<b>4</b>	<b><i>Sicherheitsmaßnahmen gegen die Auswirkungen von Explosionen in Rohrleitungen . . . . .</i></b>	<b>153</b>
4.1	Flammensperren . . . . .	153
4.1.1	Vorbemerkung . . . . .	153
4.1.2	Mechanische Flammensperren . . . . .	161
	Vorbemerkung . . . . .	161
	Explosionssichere Armaturen . . . . .	162
	Dauerbrandsichere Armaturen . . . . .	165
	Detonationssichere Armaturen . . . . .	169
4.1.3	Automatische Löschmittelsperre . . . . .	171
4.2	Explosionsdruckentlastung . . . . .	178
4.2.1	Vorbemerkung . . . . .	178
4.2.2	Endständige Entlastungseinrichtungen . . . . .	179
	Berstscheiben, fremdbetätigte Berstscheiben . . . . .	179
	Explosionsklappen . . . . .	181
	Federventile . . . . .	183
4.3	Schnellschlußorgane . . . . .	186
4.4	Folgerungen . . . . .	190
<b>5</b>	<b><i>Zusammenfassung . . . . .</i></b>	<b>191</b>
<b>6</b>	<b><i>Literaturhinweise . . . . .</i></b>	<b>192</b>

**Teil III Anwendung von Schutzmaßnahmen an Apparaten  
und Apparaturen**

<b>1</b>	<b><i>Vorbemerkungen . . . . .</i></b>	<b>199</b>
<b>2</b>	<b><i>Schutzmaßnahmen an Apparaten . . . . .</i></b>	<b>201</b>
2.1	Mühlen . . . . .	201
2.1.1	Vorbemerkung . . . . .	201
2.1.2	Einflußnahmen auf den zeitlichen Druckverlauf von Explosionen . . . . .	201
2.1.3	Folgerungen . . . . .	205

XII	Inhaltsverzeichnis	
2.2	Sackzerreißmaschinen	205
2.2.1	Vorbemerkung	205
2.2.2	Anwendung von kombinierten Schutzmaßnahmen	207
2.3	Wirbelschicht-Trockner und -Granulatoren	208
2.3.1	Vorbemerkung	208
2.3.2	Anwendung sekundärer Schutzmaßnahmen	210
	Grundsätzliche Apparateanforderungen	210
	Eckige Bauform	210
	Runde Bauform	211
	Folgerungen	214
	Explosionsdruckentlastung	214
	Vor dem Filter	214
	Nach dem Filter	219
	Explosionsunterdrückung	222
	Zusatzforderungen	223
2.4	Staubabscheidefilter	226
2.4.1	Vorbemerkung	226
2.4.2	Taschenfilter	227
	Anwendung der Explosionsdruckentlastung	227
	Folgerungen	231
2.4.3	Schlauchfilter	231
	Anwendung der Explosionsdruckentlastung	231
	Anordnung der Zündquelle im Filtergehäuse	231
	Explosionsübertragung aus einer Rohrleitung	233
	Anwendung der Explosionsunterdrückung	237
2.4.4	Folgerungen	238
3	<i>Schutzmaßnahmen an Apparaturen</i>	240
3.1	Vorbemerkung	240
3.2	Mahlanlage	240
3.2.1	Schutzmaßnahme Inertisierung	240
3.2.2	Schutzmaßnahme Explosionsdruckentlastung	243
3.2.3	Schutzmaßnahme Explosionsunterdrückung	243
3.3	Zerstäubungstrocknungsanlagen	246
3.3.1	Schutzmaßnahme Inertisierung	248
3.3.2	Schutzmaßnahme Explosionsdruckentlastung	249
3.3.3	Schutzmaßnahme Explosionsunterdrückung	251
3.4	Folgerungen	252
4	<i>Schlußwort</i>	254
5	<i>Literaturhinweise</i>	256
	Sachverzeichnis	259