

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1. Einleitung	1
2. Stoffe im Feuerfestbau	3
2.1 Allgemeines	3
2.2 Geformte dichte Stoffe	5
2.2.1 Feuerfeste Steine auf der Grundlage des Systems $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$	5
2.2.1.1 Silikasteine	6
2.2.1.2 Schamottesteine	9
2.2.1.3 Tonerdereiche Steine	12
2.2.2 Basische feuerfeste Steine	13
2.2.2.1 Magnesiasteine	14
2.2.2.2 Chrommagnesia- und Magnesiachromsteine	15
2.2.2.3 Chromitsteine	16
2.2.2.4 Forsteritsteine	17
2.2.2.5 Dolomitsteine	17
2.2.3 Feuerfeste Steine auf der Grundlage des Systems $\text{ZrO}_2\text{-SiO}_2$	18
2.2.4 Nichttoxische feuerfeste Steine	20
2.2.4.1 Kohlenstoffsteine	20
2.2.4.2 Siliciumcarbidsteine	21
2.2.5 Elektrisch erschmolzene Erzeugnisse	22
2.2.5.1 Schmelzgegossene Erzeugnisse	22
2.2.5.2 Schmelzgezogene Erzeugnisse	25
2.3 Geformte wärmedämmende Stoffe	25
2.3.1 Allgemeines	25
2.3.2 Feuerleicht- und Wärmedämmsteine	27
2.3.2.1 Feuerleichtsteine	33
2.3.2.2 Wärmedämmsteine	34
2.3.3 Platten und Formteile	36
2.3.3.1 Vermiculit-Platten und -Formteile	36
2.3.3.2 Calciumsilicat-Platten und Formteile	37
2.3.3.3 Platten- und Formteile aus mikroporösen Dämmstoffen	39

2.4	Ungeformte feuerfeste Stoffe	40
2.4.1	Allgemeines	40
2.4.2	Feuerleicht- und Feuerbetone	40
2.4.2.1	Hydraulisch abbindende Feuerbetone	40
2.4.2.2	Chemisch abbindende Feuerbetone	40
2.4.2.3	Zementarme Feuerbetone	40
2.4.3	Plastische Massen	41
2.4.4	Rammassen	41
2.4.5	Trockenmassen	41
2.4.6	Heißreparaturmassen	41
2.4.7	Verfugungsstoffe	42
2.4.7.1	Feuermörtel	42
2.4.7.2	Feuerkitte	42
2.5	Stoffe aus keramischen Fasern	42
2.5.1	Allgemeines	42
2.5.2	Herstellung	42
2.5.3	Lieferformen	43
2.5.4	Klassifikationstemperatur und Anwendungsgrenzen	44
2.6	Metalle	45
2.6.1	Allgemeines	45
2.6.2	Definitionen	46
2.6.3	Charakteristisches Verhalten	47
2.6.3.1	Zustandseigenschaften	47
2.6.3.2	Thermische Dehnung	47
2.6.3.3	Sigma-Phasen-Versprödung	47
2.6.3.4	Oxidation	47
2.6.3.5	Verhalten gegenüber Schadstoffen	48
2.6.4	Auswahlkriterien und Anwendung	49
2.7	Oberflächenschutz	50
2.7.1	Allgemeines	50
2.7.2	Schutz metallischer Oberflächen	51
2.7.3	Schutz keramischer Oberflächen	51
2.8	Sonstige Stoffe	51
2.8.1	Mauerziegel und Kalksandsteine	51
2.8.2	Betone mit Calciumsilicat-Zementen	51
2.8.3	Schmelzbasalt	53
2.8.4	Dehnfugen- und Ausbrennstoffe	53
2.8.5	Füllstoffe	54
2.8.6	Trennschichten	54
2.8.7	Anmachwasser für Betone und Mörtel	55
2.8.7.1	Allgemeines	55
2.8.7.2	Beurteilungskriterien	55
2.8.7.3	Wasserhärte	56
2.8.7.4	Natürliches und „künstliches“ Wasser	56
2.9	Transport, Verpackung und Lagern von feuerfesten Stoffen	57
2.9.1	Transport	57
2.9.2	Verpackung	57
2.9.3	Lagern	57

3. Konstruktion	61
3.1 Allgemeines	61
3.2 Vorbereitung	61
3.2.1 Erfassen der Betriebsdaten	61
3.2.2 Auswahlkriterien für feuerfeste und wärmedämmende Stoffe	62
3.2.3 Vorschriften und Bedingungen am Bauort	63
3.3 Konstruieren mit geformten dichten Stoffen	63
3.3.1 Allgemeines	63
3.3.2 Einheitsformate	63
3.3.3 Formsteine	71
3.3.4 Verankerungen	72
3.3.5 Fugen	73
3.3.6 Bezeichnung der Schichten und Verbände	78
3.3.7 Konstruktionsbeispiele	78
3.4 Konstruieren mit geformten wärmedämmenden Stoffen	103
3.4.1 Einheitsformate	103
3.4.2 Formsteine	103
3.4.3 Verankerungen	103
3.4.4 Fugen	106
3.4.5 Konstruktionsbeispiele	107
3.5 Konstruieren mit ungeformten feuerfesten Stoffen	116
3.5.1 Allgemeines	116
3.5.2 Verankerungen	116
3.5.3 Fugen	122
3.5.4 Konstruktionsbeispiele	123
3.5.5 Auskleiden zylindrischer Gefäße	131
3.6 Konstruieren mit Stoffen aus keramischen Fasern	132
3.6.1 Lieferformen	132
3.6.2 Verankerungen	133
3.6.3 Konstruktions- und Anwendungsbeispiele	134
3.7 Wärmetechnische Berechnungen	141
3.7.1 Allgemeines	141
3.7.2 Wärmeübertragung	142
3.7.2.1 Wärmeleitung	142
3.7.2.1.1 Wärmeleitung in einer ebenen, einschichtigen Wand	143
3.7.2.1.2 Wärmeleitung in einer ebenen, mehrschichtigen Wand	144
3.7.2.1.3 Wärmeleitung in einer zylindrischen Rohrwand	145
3.7.2.2 Wärmeübergang	146
3.7.2.2.1 Wärmeübergang durch Konvektion	147
3.7.2.2.2 Wärmeübergang durch Strahlung	147
3.7.2.3 Wärmedurchgang	148
3.7.2.3.1 Wärmedurchgang durch eine ebene, einschichtige Wand	148
3.7.2.3.2 Wärmedurchgang durch eine ebene, mehrschichtige Wand	150
3.7.2.3.3 Wärmedurchgang durch eine mehrschichtige, zylindrische Rohrwand	151
3.7.3 Praktische Hinweise	154
3.7.3.1 Definition	154
3.7.3.1.1 Wärmeleitfähigkeit	154

3.7.3.1.2	Strahlungskoeffizient	154
3.7.3.1.3	Wärmeübergangskoeffizient	154
3.7.3.2	Wärmedurchgang bei verschiedenen Wandaufbauten	156
3.7.3.3	Wärmedurchgang bei extrem dünnen Wandaufbauten	157
3.7.3.4	Wärmedurchgang bei extrem niedrigen Außenwandtemperaturen	157
3.7.3.5	Nachträgliche Wärmedämmung in bestehenden Anlagen	157
3.7.3.5.1	Zusätzliche Wärmedämmung außen	157
3.7.3.5.2	Zusätzliche Wärmedämmung innen	157
3.7.4	Berechnungsbeispiele	161
3.7.4.1	Berechnungsbeispiele ohne EDV-Unterstützung	161
3.7.4.2	Berechnungsbeispiele mit EDV-Unterstützung	165
3.8	Statische Berechnungen tragender Teile unter Berücksichtigung des Temperatureinflusses	166
3.8.1	Allgemeines	166
3.8.2	Aufheizgeschwindigkeit	168
3.8.3	Schichtspannungen	173
3.8.4	Balken	176
3.8.5	Gewölbe und Bögen	177
3.8.6	Kuppeln	180
3.8.7	Schachtofen	182
3.9	Dehnungsberechnungen	185
4.	Verarbeiten	189
4.1	Allgemeines	189
4.2	Arbeitsvorbereitung	189
4.2.1	Unterlagen und Daten	190
4.2.2	Arbeitsverzeichnis und Arbeitsablaufplan	190
4.2.3	Personaleinsatzplan	192
4.2.4	Ausrüstung der Baustelle	192
4.2.5	Baustelleneinrichtungsplan	196
4.2.6	Baustelleneröffnung	196
4.3	Geformte dichte und wärmedämmende Stoffe	197
4.3.1	Allgemeines	197
4.3.2	Grundregeln für feuerfestes Mauerwerk	198
4.3.3	Wandmauerwerk	199
4.3.4	Böden	200
4.3.4.1	Allgemeines	200
4.3.4.2	Verlegen von großformatigen Bodensteinen in Herdöfen	201
4.3.4.3	Böden aus Kohlenstoff- oder Graphitsteinen	201
4.3.4.4	Verlegen von großformatigen Bodensteinen in Glasöfen	202
4.3.5	Hängedecken	203
4.3.6	Rohrleitungen	204
4.3.7	Drehrohröfen	205
4.3.7.1	Allgemeines	205
4.3.7.2	Arbeitsvorbereitung	207
4.3.7.3	Ausbrechen des Ofenfutters	207
4.3.7.4	Allgemeine Verarbeitungsrichtlinien	207
4.3.7.5	Spindelmethode	211

4.3.7.6	Klebemethode	211
4.3.7.7	Ausmauerungsgerät	213
4.3.8	Gewölbe und Bögen	215
4.3.8.1	Montage eines Flachgewölbes am Beispiel eines Etagenofens	215
4.3.8.2	Sonstige Gewölbe und Bögen	215
4.4	Ungeformte feuerfeste Stoffe	216
4.4.1	Lagern und Anliefern	216
4.4.1.1	Feuerleicht- und Feuerbetone	216
4.4.1.2	Plastische und Ramm-Massen	216
4.4.2	Anmachen	216
4.4.2.1	Feuerleicht- und Feuerbetone	216
4.4.2.2	Plastische und Ramm-Massen	218
4.4.2.3	Sommer- und Winterbedingungen	218
4.4.3	Verarbeiten	220
4.4.3.1	Feuerleicht- und Feuerbetone	220
4.4.3.2	Spritzen	223
4.4.3.3	Plastische und Ramm-Massen	225
4.4.4	Ausschalen	228
4.4.4.1	Feuerleicht- und Feuerbetone	228
4.4.4.2	Plastische und Ramm-Massen	228
4.4.5	Nachbehandlung	228
4.4.5.1	Feuerleicht- und Feuerbetone	228
4.4.5.2	Plastische und Ramm-Massen	228
4.4.6	Zustellung von Stiftröhrwänden	228
4.4.6.1	Allgemeines	228
4.4.6.2	Auskleiden von Hand und mit Maschine	229
4.4.6.3	Nachbehandlung	230
4.4.6.4	Reparaturen	231
4.4.7	Warm- und Heißspritzenreparaturen	231
4.5	Stoffe aus keramischen Fasern	232
4.5.1	Allgemeines	232
4.5.2	Tapezieren	232
4.5.3	Lagenbauweise	233
4.5.4	Fasermodule	234
4.5.5	Spritzen	234
4.5.6	Coatings	234
4.6	Metallische Werkstoffe	235
4.6.1	Allgemeines	235
4.6.2	Lichtbogen-Bolzenschweißverfahren	236
4.6.2.1	Prinzip	236
4.6.2.2	Form der Bolzen	238
4.6.2.3	Schweißpositionen	238
4.6.2.4	Werkstückdicke	238
4.6.2.5	Geräte	238
4.6.2.6	Ausführung der Bolzenschweißverbindungen	238
4.6.2.7	Praktische Hinweise	238
4.6.2.8	Prüfen der Bolzenschweißverbindungen	239
4.7	Verankerungen	243

5. Trocknen, Anheizen, Auf- und Abheizen	245
5.1 Allgemeines	245
5.2 Vorgänge beim Trocknen	245
5.2.1 Allgemeines	245
5.2.2 Getrennt betrachtete Vorgänge	246
5.2.3 Der Trocknungsvorgang als Ganzes	250
5.3 Empfehlungen	251
5.3.1 Allgemeines	251
5.3.2 Feuerbetone	252
5.3.3 Plastische Massen	252
5.3.4 Mauerwerk	254
5.3.5 Gemischte Auskleidung	254
5.4 Temperaturmessung	255
5.5 Beispiel aus der Praxis	255
6. Gefahrstoffe und Entsorgung	263
6.1 Wichtige Auflagen der Gefahrstoffverordnung	263
6.2 Gefahrstoffgruppen	264
6.2.1 Geformte und ungeformte feuerfeste Erzeugnisse	264
6.2.2 Lösungsmittelhaltige Stoffe	265
6.2.3 Faserstoffe	265
6.2.4 Ausbruch- und Abbruchmaterial	265
6.3 Sicherheitsdatenblätter	266
6.4 Betriebsanweisung	269
6.5 Ausbruch und Entsorgung	269
6.5.1 Ausbruch kontaminierter Baustoffe	269
6.5.2 Entsorgung	269
6.5.2.1 Entsorgung von Restbaustoffen	271
6.5.2.2 Entsorgung von Aus- und Abbruchstoffen	272
6.6 Entsorgung von Verpackungsreststoffen	272
7. Qualitätssicherung	275
7.1 Probenahme und Prüfung	275
7.1.1 Allgemeines	275
7.1.2 Begriffe	276
7.1.3 Probenahme und Prüfung geformter feuerfester Stoffe	278
7.1.3.1 Attributprüfung oder Gut-Schlecht-Prüfung	278
7.1.3.2 Variable Prüfung	283
7.1.4 Probenahme und Prüfung ungeformter feuerfester Stoffe	287
Anhang	
A.1 Begriffe	289
A.2 Normen, Richtlinien, Merkblätter und Werkstoffblätter	307
A.2.1 Allgemeines	307

A.2.2	DIN-Normen	307
A.2.3	ISO-Normen	314
A.2.4	DIN-ISO-Normen	315
A.2.5	PRE-Empfehlungen und -Merkblätter	316
A.2.6	Stahl-Eisen-Werkstoffblätter (SEW)	316
A.2.7	ASTM-Normen	317
A.2.8	ZH-1-Schriften zur Unfallverhütung	320
A.2.9	Sonstige	323
A.3	Kennziffernschlüssel für ungeformte feuerfeste und feuerbeständige Stoffe	325
A.4	Schrifttum	335
A.5	Autoren	339
A.6	Stichwortverzeichnis	341