

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Symbole	14
1. Einführung	21
2. Allgemeines zu Zerkleinerungs- und Klassierprozessen und zur Kennzeichnung körniger Stoffe	23
2.1. Ziel der Zerkleinerung und Klassierung	23
2.2. Eigenschaften körniger Stoffe und ihre Kennzeichnung	24
3. Gesichtspunkte zur Entwicklung, Konstruktion und zum Betrieb von Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen	28
3.1. Methoden zur Berechnung und Konstruktion	28
Empirisches Vorgehen 29; Interpolation 29; Ähnlichkeitsmechanik-Modellgesetze 29	
3.2. Technisch-ökonomische Kennwerte	32
Durchsatz 32; Leistungsbedarf 33; Spezifischer Arbeitsbedarf 34; Spezifische Oberflächenarbeit und Mahlbarkeit 34; Spezifischer Leistungsbedarf, Durchsatz und Verschleiß 35; Spezifische Kosten 35; Zerkleinerungsverhältnis 36	
3.3. Gesichtspunkte zur Instandhaltung	37
4. Zerkleinerungsmaschinen	38
4.1. Einteilung der Zerkleinerungsprozesse und -maschinen	38
Zerkleinerungsprozesse 38; Zerkleinerungsmaschinen 39	
4.2. Theoretische Grundlagen der Zerkleinerung	40
4.2.1. Bruchmechanische Grundlagen	41
4.2.2. Energiebeziehungen für Zerkleinerungsprozesse	43
Technische Zerkleinerungsarbeit 43; »Zerkleinerungsgesetze« 44	
4.2.3. Mikroprozesse der Zerkleinerung	46
4.3. Backenbrecher	48
4.3.1. Pendelschwingerbrecher	49
4.3.1.1. Berechnungsgrundlagen	50
Einzugswinkel 51; Drehzahl der Antriebswelle 51; Schwingerhub am Austragspalt 53; Geometrische Abmessungen des Brechraumes 54; Durchsatz 54; Leistungsbedarf 55; Stützkräfte 57; Schwungmassen 58; Schwingerückholung 59	
4.3.1.2. Gesichtspunkte zur Konstruktion	59
Brecherahmen 60; Exzenterwelle 60; Zugstangenkörper 62; Überlastsicherung 62; Schwingerbrechbacke 63; Druckplatten 64; Panzerplatten 65	
4.3.2. Kurbelschwingerbrecher	66

4.3.3.	Sonderbauarten	68
	Pendelkurbel-Schwingenbrecher 68; Pendelschwingenbrecher mit Direktantrieb (Direktbrecher) 68; Zweischwingenbrecher 70; Schlagbrecher mit geneigtem Brechraum 70; Backenbrecher mit hydraulischem Antrieb 70	
4.4.	Kegelbrecher	72
4.4.1.	Steilkegelbrecher	73
4.4.1.1.	Berechnungsgrundlagen	74
	Einzugswinkel 74; Drehzahl der Exzenterbuchse 74; Brechkegelhub am Austragspalt 75; Durchsatz 75; Leistungsbedarf 76; Geometrische Abmessungen des Brechraumes 77; Stützkräfte 77	
4.4.1.2.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	78
4.4.2.	Flachkegelbrecher	83
4.4.2.1.	Berechnungsgrundlagen	84
	Drehzahl der Exzenterbuchse 84; Brechkegelhub am Austrittsspalt 85; Durchsatz 85; Leistungsbedarf 85; Geometrische Abmessungen des Brechraumes 86; Stützkräfte 86	
4.4.2.2.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	87
4.5.	Walzenbackenbrecher	91
4.5.1.	Berechnungsgrundlagen	93
	Einzugswinkel 93; Exzenterwellen-Drehzahl 93; Durchsatz 93; Leistungsbedarf 93; Stützkräfte 94	
4.5.2.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	95
4.6.	Walzenbrecher	95
4.6.1.	Glattwalzenbrecher	96
4.6.1.1.	Berechnungsgrundlagen	96
	Einzugsverhältnisse und Mindestdurchmesser der Walzen 96; Walzenumfangsgeschwindigkeit 98; Durchsatz 100; Leistungsbedarf 100; Stützkräfte 100	
4.6.1.2.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	101
4.6.2.	Profilwalzenbrecher	103
4.6.2.1.	Berechnungsgrundlagen	103
4.6.2.2.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	104
4.7.	Wälzmühlen	106
4.7.1.	Berechnungsgrundlagen	107
	Maximale Aufgabegut-Korngröße 107; Mahlbahngeschwindigkeit 108; Relativgeschwindigkeiten zwischen Mahlkörper und Mahlbahn 110; Mahlkörper-Anpreßkräfte 111; Leistungsbedarf 111; Durchsatz 112	
4.7.2.	Bauarten	113
4.7.2.1.	Kollergänge (Schwerkraftmühlen)	113
4.7.2.2.	Feder- oder Fremdkraftmühlen	117
	Wälzmühlen mit horizontaler bzw. geneigter Mahlbahn und geradliniger Wälzfläche 117; Wälzmühlen mit horizontaler Mahlbahn und muldenförmiger Wälzfläche 120; Kugelring-Wälzmühlen 121; Walzenringmühlen 123; Fliehkraft-Wälzmühlen 124	
4.7.3.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	125
	Mahlbahnlagerung 125; Hauptgetriebe 127; Antriebsmotoren 128; Mühlengehäuse 129; Verschleißelemente 130; Regelung 130	
4.8.	Prallbrecher und -mühlen	131
4.8.1.	Prozeßgrundlagen	131
4.8.2.	Prallbrecher mit Schlagrotoren	135

4.8.2.1.	Berechnungsgrundlagen	136
	Durchsatz 136; Leistungsbedarf 137; Stützkräfte 140	
4.8.2.2.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	140
4.8.3.	Prallbrecher mit Schleuderrrotoren (Prallspalter)	149
4.8.4.	Prallmühlen	152
4.9.	Hammerbrecher und -mühlen	152
4.9.1.	Berechnungsgrundlagen	154
	Durchsatz 154; Leistungsbedarf 155; Stützkräfte 158	
4.9.2.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	159
	Hammerbrecher 159; Hammermühlen 164; Shredder 164	
4.10	Schläger- und Feinprallmühlen	169
4.10.1.	Bauarten und Hinweise zur Konstruktion von selbstsaugenden Schläger-, Schlagrad- und Gebläseschlägermühlen	171
4.10.1.1.	Schlägermühlen	173
4.10.1.2.	Schlagradmühlen (Ventilatormühlen)	179
4.10.1.3.	Gebläseschlägermühlen	182
4.10.2.	Bauarten und Hinweise zur Konstruktion von mechanischen Feinprallmühlen	183
4.10.2.1.	Feinprallmühlen ohne periphere Mahlbahn oder Siebeinlage (Stiftmühlen und Desintegratoren)	184
	Berechnung des Abstandes der Schlagelemente 185; Leistungsbedarf 186; Durch- satz 187	
4.10.2.2.	Feinprallmühlen mit peripherer Mahlbahn oder Siebeinlage	189
	Universalmühlen 189; Pralltellermühlen 190; Feinprallmühlen mit pneumatischer Gutförderung (Luftstrommühlen) 190; Schleuderprallmühlen 192	
4.11.	Strahlmühlen	193
4.11.1.	Berechnungsgrundlagen	195
4.11.2.	Bauarten und Hinweise zur Konstruktion	197
	Spiralstrahlmühlen (Micronicer) 197; Ovalrohr-Strahlmühlen (Jet-O'Mizer) 199; Gegenstrahlmühlen 200; Fließbett-Strahlmühlen 201; Prallplatten-Strahlmühlen mit einem Strahlrohr 203	
4.12.	Sturzmühlen	204
4.12.1.	Berechnungsgrundlagen	207
4.12.1.1.	Betrachtungen zur Mahlkörperbewegung	207
4.12.1.2.	Leistungsbedarf	212
	Leistungsbedarf beim Kaskadenzustand 212; Leistungsbedarf beim Katarakt- zustand 213; Leistungsbedarf zur Überwindung der Lagerreibung 213; Leistungs- bedarf nach Erfahrungswerten 214; Bestimmung des Leistungsbedarfes aus Mahl- versuchen in Modellmühlen 214	
4.12.1.3.	Durchsatz	216
4.12.1.4.	Entlüftung, Kühlung und Mahltrocknung	217
	Entlüftung und Kühlung 217; Mahltrocknung 217; Wärmebilanz bei der Küh- lung und Mahltrocknung 219	
4.12.2.	Bauarten	222
4.12.2.1.	Rohrmühlen	222
	Durchlaufmühlen (Verbundmühlen) 223; Mehrrohr-Durchlaufmühlen 223; Ein- und Mehrkammer-Rohrmühlen im Kreislaufbetrieb mit Stromklassierern 224; Ein- und Mehrkammermühlen mit Vortrocknungskammer 225; Luftstrommühlen	

4.12.2.2.	Trommelmühlen	226
	Diskontinuierliche Trommelmühlen 227; Kontinuierliche Trommelmühlen 227	
4.12.2.3.	Autogenmühlen	229
4.12.3.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	233
4.12.3.1.	Dimensionierung des Mahlraumes und des Mahlkörpers	233
4.12.3.2.	Lagerung des Mühlenkörpers	234
	Wälzlager 234; Hydrodynamische Gleitlager 235; Hydrostatische Gleitlager 235; Gleitschuhlager 237	
4.12.3.3.	Antriebe	238
	Antriebsmotoren 239; Zahnkranzantriebe 240; Zentralantriebe 241	
4.12.3.4.	Mahlraumpanzerungen und -einbauten	243
	Panzerplattengestaltung 244; Panzerplattenbefestigung und -montage 245; Trennwände und sonstige Einbauten 246	
4.12.3.5.	Mahlkörper und deren Verschleißverhalten	247
	Verschleißfunktion für Mahlkörper 248; Mahlkörperformen und Füllungsgrade 249	
4.13.	Planetenmühlen	250
4.13.1.	Berechnungsgrundlagen	251
	Mahlkörperbewegung und Drehzahlen 251; Leistungsbedarf und Durchsatz 253	
4.13.2.	Bauarten und Gesichtspunkte zur Konstruktion	254
4.14.	Schwingmühlen	255
4.14.1.	Berechnungsgrundlagen	257
	Mahlkörperbewegung 257; Schwingungstechnische Berechnung 257; Leistungsbedarf 260; Durchsatz 261	
4.14.2.	Bauarten, Gesichtspunkte zur Konstruktion und Schwingantriebe	262
4.14.2.1.	Bauarten	262
	Diskontinuierliche Schwingmühlen 262; Kontinuierliche Schwingmühlen 263	
4.14.2.2.	Gesichtspunkte zur Konstruktion der Mahlräume	265
4.14.2.3.	Schwingantriebe	266
	Wellenunwuchtantriebe 267; Massenwalzenantriebe 269; Exzenter- bzw. Kurbelantriebe 270	
4.14.2.4.	Stützfedern und Schwingungsisolierung	270
4.15.	Maschinen für die Naßfeinstzerkleinerung	270
4.15.1.	Rührwerksmühlen	271
4.15.2.	Disperser	275
4.15.3.	Naßrotormühlen (Kolloidmühlen)	275
4.15.4.	Walzenstühle	276
4.15.5.	Kneter	277
4.16.	Maschinen zur Weichzerkleinerung	277
4.16.1.	Schneidmühlen	277
4.16.2.	Tonhobel und -raspler	279
4.17.	Ausrüstungen zur Zerkleinerung fester mineralischer Stoffe ohne mechanische Beanspruchung	279
4.17.1.	Elektrothermische Zerkleinerung	280
4.17.2.	Elektrohydraulische Zerkleinerung	281
4.17.3.	Snyder-Prozeß	281
4.17.4.	Erzeugung von Wärmespannungen mittels energiereicher Strahler	282

5.	Klassiermaschinen	283
5.1.	Methoden und Gesichtspunkte zur Herstellung granulometrischer Zustände und deren Kennzeichnung.	283
	Trennkorngröße 284; Trennungs- oder Siebgütegrad 284; Fehlkornanteile im Grob- und Feingut 285	
5.2.	Siebmaschinen	285
5.2.1.	Prozeßgrundlagen und Einflußgrößen	286
	Teilwahrscheinlichkeit für die Bewegung der Unterkornpartikel durch die Trennfläche $W_{D_1}(d/w)$ 288; Teilwahrscheinlichkeit für die Wanderung der Unterkornpartikel durch die Siebgutschicht $W_{D_2}(h_F/h)$ 289; Teilwahrscheinlichkeit für den Kontakt der unterschiedlichen Kornklassen mit der Trennfläche $W_{D_3}(m_i)$ 289	
5.2.1.1.	Siebguteigenschaften	290
	Maschinentechnische Maßnahmen zur Verbesserung des Trennerfolges 291; Maßnahmen zur Verringerung der Haftkräfte 291	
5.2.1.2.	Maschinenparameter	291
	Kreisschwinger (Massenkraft-, Exzenter- oder Kurbelantrieb) 292; Linear- und Bogenschwinger 293	
5.2.1.3.	Betriebsbedingungen	294
5.2.2.	Siebböden	294
5.2.2.1.	Form, Weite und Anordnung der Sieböffnungen	295
5.2.2.2.	Siebbodenarten	297
	Stabroste 297; Gewebesiebböden 297; Gittersiebböden 297; Plattensiebböden 298; Spaltsiebböden 298; Geklammerte und Harfensiebböden 298; Siebböden aus Gummi und Plastwerkstoffen (Polyurethan) 299	
5.2.2.3.	Siebbodenbefestigung	300
	Plansiebfelder 302; Spannsiebfelder aus Gummi 302; Formteilsiebböden 303	
5.2.3.	Unbewegte feste Roste und Siebe	304
	Feste Roste 304; Feste Siebe 305	
5.2.4.	Bewegte Roste	306
	Rollenroste 306; Kettenroste 307; Stangenroste 307; Schwingroste 307	
5.2.5.	Trommelsiebmaschinen	308
	Horizontale und geneigte Trommelsiebmaschinen 308; Vertikale Trommelsiebmaschinen 310	
5.2.6.	Schwingsiebmaschinen	311
5.2.6.1.	Kreis-Schwingsiebmaschinen	311
	Exzenter-Schwingsiebmaschinen 311; Doppelkurbel-Schwingsiebmaschinen 312; Kreiswucht-Schwingsiebmaschinen 312; Berechnungsgrundlagen 313; Gesichtspunkte zur Konstruktion 316	
5.2.6.2.	Linear-Schwingsiebmaschinen	319
	Schubkurbel-Schwingsiebmaschinen 319; Linearwucht-Schwingsiebmaschinen 320; Resonanz-Schwingsiebmaschinen mit linearer Schwingungscharakteristik 320	
5.2.6.3.	Ellipsen-Schwingsiebmaschinen	322
5.2.6.4.	Sonderformen von Kreis-, Ellipsen- und Linear-Schwingsiebmaschinen	324
	Siebmaschinen mit unterschiedlicher Trennflächenneigung 324; Doppelfrequenz-Siebmaschinen 325; Siebmaschinen mit unterschiedlicher Schwingweite, -form und -richtung 325; Mogensen-Sizer 326; Linear-Schwingsiebmaschinen mit Sieb- gutrückführung (Mehrdeck-Siebmaschine) 328	

5.2.6.5.	Siebmaschinen mit direkter Siebbodenerregung (Belagschwinger)	330
	Stößel-Schwingsiebmaschinen 330; Spannwellen-Siebmaschinen 332; Stoß-	
	maschinen-Siebmaschinen 333; Siebmaschinen mit rostförmiger Trennfläche	
	(System Umbra) 334	
5.2.6.6.	Plan-Schwingsiebmaschinen	334
	Plan-Schwingsiebmaschinen mit linearer Schwingung 335; Plan-Schwingsieb-	
	maschinen mit kreisförmiger Schwingung 336; Taumelsiebmaschinen bzw. Vi-	
	brations-Rundsiebmaschinen 336	
5.3.	Stromklassierer	338
5.3.1.	Prozeßgrundlagen	339
5.3.1.1.	Ideale Einzelteilchenbewegung	339
5.3.1.2.	Reale Teilchenbewegung	340
	Einfluß der Teilchendichte 340; Einfluß der Teilchenform 342; Einfluß der gegen-	
	seitigen Teilchenbehinderung 342; Einfluß der Wandreibung 343	
5.3.2.	Allgemeine Gesichtspunkte zur Beurteilung und Konstruktion von Strom-	
	klassierern	344
5.3.2.1.	Windsichter	346
5.3.2.2.	Naßstromklassierer	348
5.3.2.3.	Gesichtspunkte zur Konstruktion	348
5.3.3.	Sichterbauarten	349
5.3.3.1.	Schwerkraftsichter	349
	Horizontalstromsichter 349; Aufstromsichter (Gegenstromsichter) 349; Gegen-	
	strom-Umlenksichter 350; Zickzacksichter 350; Vibrator- und Pulsatorsichter	
	351	
5.3.3.2.	Zentrifugalkraftsichter	352
	Zentrifugalkraftsichter mit umlaufendem Klassierraum 352; Zentrifugalkraft-	
	sichter mit ruhendem Klassierraum 354; Zentrifugalkraftsichter mit Streuteller	
	(Streusichter) 357; Zentrifugalkraftsichter mit Strahlwindsichtung 361	
5.3.4.	Naßstromklassierer-Bauarten	361
5.3.4.1.	Schwerkraft-Naßklassierer	361
	Horizontalstromklassierer 362; Aufstromklassierer 363; Mechanische Naßstrom-	
	klassierer 364; Schüsselklassierer (Hydroseparatoren) 368; Rechenklassierer	
	mit Schüssel 368	
5.3.4.2.	Zentrifugalkraftklassierer	369
	Hydrozyklone 369; Dekanter (Vollmantelzentrifugen) 371	
6.	Zuteiler für Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen	373
6.1.	Zuteiler ohne Klassiereffekt	374
	Bunkerverschlüsse zur Grobdosierung 374; Kettenaufgeber 374; Schubaufgeber 375;	
	Schwingaufgeber 375; Bandaufgeber 376; Trogketten- bzw. Kratzkettenaufgeber 376;	
	Schneckenaufgeber 377; Walzenaufgeber 377; Zellenradaufgeber 377; Drehtellerlaufgeber	
	378; Pendelschleusen 378; Kastenbeschicker 379; Schlitzbunker- und Haldenräumer 379	
6.2.	Zuteiler mit Klassiereffekt	379
7.	Zerkleinerungs- und Klassieranlagen	381
7.1.	Durchlaufsysteme	381
7.2.	Kreislaufsysteme	382
7.3.	Innere Kreisläufe	383

7.4.	Ausgewählte Zerkleinerungs- und Klassieranlagen	385
7.4.1.	Brech- und Klassieranlagen für Schotter und Splitt.	385
7.4.2.	Mobile Vorbrechanlagen	385
7.4.3.	Mahlanlage mit Sturzmühle.	388
7.4.4.	Wälzmahlanlage	388
8.	Probleme der Instandhaltung von Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen	390
8.1.	Schädigungsprozesse an den Arbeitsorganen von Zerkleinerungs- und Klassiermaschinen	390
8.2.	Verschleißabwehr und Verschleißwerkstoffe	391
8.2.1.	Metallische Werkstoffe	392
	Austenitische Mangan-Hartstähle 393; Legierte Walz- und Gußstähle 393; Karbidhaltige Sondergußqualitäten 394	
8.2.2.	Metallische Verbundlösungen	394
	Verbundguß 394; Kornguß 395; Hartauftragschweißen 395	
8.2.3.	Metallische Sinterwerkstoffe.	395
8.2.4.	Nichtmetallische Verschleißwerkstoffe	396
	Gummi und Kunststoffe 396; Hartkeramik 397	
8.3.	Austausch von Verschleißelementen.	397
	Literaturverzeichnis	400
	Sachwörterverzeichnis	419