

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen

Zusammenfassung	1
1 Einleitung und Aufgabenstellung	4
2 Stand des Wissens	6
2.1 Feststoffmischen	6
2.1.1 Bauformen von Feststoffmischern	6
2.1.2 Mischprinzipien und Mischaufgaben	8
2.2 Kontinuierliches Feststoffmischen	13
2.2.1 Schwerkraftmischer und statische Mischer	14
2.2.2 Drehrohr und Trommelmischer	17
2.2.3 Wendelband-Mischer	22
2.2.4 Schaufelmischer und Paddelmischer	47
2.2.5 Bewertung	65
3 Theorie der Verweilzeit und der Mischgüte	68
3.1 Modellierung des Verweilzeitverhaltens	68
3.1.1 Modelle des idealen Verweilzeitverhaltens	68
3.1.2 Modelle des realen Verweilzeitverhaltens	72
3.2 Charakterisierung von Mischungen	98
3.2.1 Produkteigenschaft	99
3.2.2 Mischgüte-Maße	100
3.2.3 Probenanzahl	101
3.2.4 Probengröße	104
3.2.5 Mischtechnisch bestmöglicher Mischzustand	104
3.2.6 Geforderte Mischgüte	105
3.2.7 Genauigkeit der Analysen-Messmethode	106
3.2.8 Konsumenten/Produzenten-Risiko	107
3.2.9 Darstellung und Interpretation der Ergebnisse	109
3.3 Kopplung von Verweilzeit-Verteilung und Mischgüte	111
3.3.1 Materialtransport und Mischgüte beim diskontinuierlichen Feststoffmischen	111
3.3.2 Ansatz von Danckwerts	116
3.3.3 Analogieansatz zur chemischen Reaktionstechnik	118
3.4 Dämpfung von Dosierschwankungen	119
4 Versuchsstand und Versuchsmaterial	121
4.1 Kontinuierliche Mischversuchsanlage	121
4.2 Dosieranlage	122
4.2.1 Nachweis der Normalverteiltheit der Messwerte	124
4.2.2 Überprüfung der Dosiergenauigkeit	126

4.3	Mischapparatur	128
4.4	Konzentrationsmessung mittels Reflexionsspektroskopie	134
4.4.1	Theoretische Grundlagen der Reflexionsspektroskopie	135
4.4.2	CCD-Kamera	137
4.4.3	Beleuchtung	138
4.4.4	Verweilzeit-Messapparatur	142
4.4.5	Kalibrierung	144
4.5	Mischgüte-Analytik	146
4.5.1	Probenahme beim kontinuierlichen Feststoffmischen	146
4.5.2	Siebanalyse	149
4.5.3	Sinusförmige Dosierprofile	153
4.6	Versuchsmaterial	155
4.6.1	Versuchsmaterial für die Verweilzeit-Analysen	155
4.6.2	Versuchsmaterial für Mischgüte-Analysen und Dämpfungsversuche	158
4.7	Versuchsplanung und -durchführung	160
5	Simultane Verweilzeit- und Mischgüte-Analysen	163
5.1	Verweilzeit-Analysen	164
5.1.1	Einfluss des Stoffsystems	164
5.1.2	Einfluss der Werkzeug-Froude-Zahl	172
5.1.3	Einfluss des Dosier-Massenstrom	185
5.1.4	Einfluss des Füllgrads	193
5.1.5	Modellierung des Verweilzeit-Verhaltens	204
5.2	Mischgüte-Untersuchungen	212
5.2.1	Einfluss des Dosier-Massenstrom	212
5.2.2	Einfluss der Werkzeug-Froude-Zahl	219
5.2.3	Einfluss des Füllgrads	224
5.2.4	Vergleich mit anderen Mischsystemen	234
5.3	Kopplung von Verweilzeit-Verteilung und Mischgüte	241
5.3.1	Ansatz nach Danckwerts	247
5.3.2	Analogieansatz zur chemischen Reaktionstechnik	251
6	Dämpfung sinusförmiger Dosierschwankungen	255
6.1	Varianzreduktion	255
6.2	Vergleich der Mischgüte bei gravimetrischer und volumetrischer Komponenten-Dosierung	268
7	Technische Folgerungen und Ausblick	273
8	Literaturverzeichnis	275
	Anhang	283