

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
2 Grundlagen des Kontaktverhaltens feiner Partikel.....	5
2.1 Haftkräfte zwischen feinen, trockenen Partikeln.....	5
2.1.1 Oberflächen- und Feldkräfte	5
2.1.2 Materialbrücken zwischen Partikeloberflächen	6
2.1.3 Formschlüssige Bindungen	7
2.2 Konstitutive Kontaktmodelle unter Normalbelastung mit lastabhängiger Haftung	8
2.2.1 Elastische Kontaktdeformation	9
2.2.2 Elastisch-plastische Kontaktdeformation	12
2.2.3 Plastische Kontaktdeformation	14
2.2.4 Entlastung des Partikelkontaktes.....	15
2.2.5 Charakteristische Haftkraft-Normalkraft-Funktion.....	22
2.2.6 Zyklische Be- und Entlastung des Partikelkontaktes	23
2.2.7 Restitutionskoeffizient	25
2.3 Kontaktverhalten unter Tangentialbelastung mit lastabhängiger Haftung	26
2.4 Kontaktverhalten unter Rollen mit lastabhängiger Haftung	29
2.5 Kontaktverhalten unter Torsion mit lastabhängiger Haftung.....	31
3 Versuchsaufbau und Messmethoden.....	34
3.1 Untersuchung der physikalischen Stoffeigenschaften.....	34
3.1.1 Laserbeugungsspektroskopie zur Partikelgrößenanalyse	34
3.1.2 Statische Kontaktwinkelmessung.....	36
3.1.3 Rasterelektronenmikroskopie.....	36
3.1.4 Spezifische Oberflächenbestimmung mittels Stickstoffadsorption.....	37
3.1.5 Bestimmung der Wasserdampf-Adsorptionsisotherme.....	39

3.2	Untersuchung der mikromechanischen Stoffeigenschaften	40
3.2.1	Rasterkraftmikroskopie	40
3.2.2	Oberflächenrauigkeitsbestimmung mittels AFM	43
3.2.3	Nanoindentation	45
3.2.4	Druckversuchsapparatur	48
3.2.5	Ringscherversuche	49
4	Versuchsmaterialien und deren Modifizierung.....	53
4.1	Mikroglaspartikel.....	53
4.1.1	Hydrophilisierung.....	58
4.1.2	Hydrophobierung	59
4.1.3	Beschichtung mit Titandioxid	62
4.2	Titandioxid, Calciumcarbonat, Aluminiumoxid, Polystyrol	67
5	Modellgestützte Auswertung der mikromechanischen Stoffeigenschaften	70
5.1	Adhäsiver Partikel-Partikel-Kontakt	70
5.1.1	Elastischer adhäsiver Partikel-Partikel-Kontakt.....	70
5.1.2	Elastisch-plastischer adhäsiver Partikel-Partikel-Kontakt	71
5.1.3	Entlastung des adhäsiven Partikel-Partikel-Kontaktes.....	72
5.2	Wand-Partikel-Wand-Kontakt.....	74
5.2.1	Elastischer Wand-Partikel-Wand-Kontakt beim Druckversuch	74
5.2.2	Elastisch-plastischer Wand-Partikel-Wand-Kontakt beim Druckversuch	76
5.2.3	Entlastung des Wand-Partikel-Wand-Kontaktes beim Druckversuch	77
5.3	Tangential-, Roll- und Torsionsreibungsgrenzen	78
5.3.1	Tangentialreibungsgrenzen	78
5.3.2	Rollreibungsgrenzen.....	79
5.3.3	Torsionsreibungsgrenzen	80
5.4	Partikelschüttungen - Mikro-Makro-Übergang.....	81
6	Ermittlung der mikromechanischen Stoffeigenschaften	87

6.1	Beschreibung der Einzelpartikel.....	88
6.1.1	Direkte Haftkraftmessung mittels Rasterkraftmikroskopie.....	88
6.1.2	Ermittlung der Stoffeigenschaften mittels Nanoindentation	91
6.1.2.1	<i>Direkte Haftkraftbestimmung.....</i>	<i>92</i>
6.1.2.2	<i>Stoffeigenschaften beim Partikel-Partikel-Kontakt</i>	<i>94</i>
6.1.2.3	<i>Stoffeigenschaften beim Partikel-Wand-Kontakt</i>	<i>100</i>
6.1.2.4	<i>Stoffeigenschaften bei zyklischer Be-/Entlastung am Beispiel der Titandioxid-beschichteten Partikel</i>	<i>106</i>
6.1.3	Ermittlung der Stoffeigenschaften mittels Druckversuchen	112
6.1.3.1	<i>Stoffeigenschaften bei Einzelbelastung eines Wand-Partikel-Wand- Kontaktes.....</i>	<i>113</i>
6.1.3.2	<i>Stoffeigenschaften bei zyklischer Be-/Entlastung eines Wand-Partikel- Wand-Kontaktes</i>	<i>130</i>
6.2	Beschreibung der granularen Medien	143
6.2.1	Fließeigenschaften sphärischer Partikel	143
6.2.2	Fließeigenschaften nicht-sphärischer Partikel.....	148
6.3	Bewertung der Prozessgüte und Vergleich der Ergebnisse	151
7	Zusammenfassung und Ausblick	155
8	Literaturverzeichnis.....	160
 Anhang A - Ergebnisse der Wasserdampfadsorptionsisothermen		
 Anhang B - Bestimmung der Tangentialreibungsgrenzen		
 Anhang C - Bestimmung der Rollreibungsgrenzen		
 Anhang D - Torsionsreibungsgrenzen		
 Anhang E - Ergänzende Ergebnisse der zyklischen Druckversuche		
 Anhang F - Ergänzende Ergebnisse der Ringscherversuche		
 Anhang G - Messgrenzen der verwendeten Methoden und Apparaturen		