

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis..... VII

1. Einleitung und Zielstellung..... 1

2. Theoretische Grundlagen 4

2.1. Haftkräfte zwischen feinen Partikeln 4

2.1.1 Oberflächen- und Feldkräfte im Partikelkontakt 4

2.1.1.1 Van-der-Waals-Kräfte 4

2.1.1.2 Elektrostatische und magnetische Kräfte 5

2.1.2 Materialbrücken zwischen kontaktierenden Partikeln..... 6

2.1.2.1 Flüssigkeits- und Feststoffbrücken..... 6

2.1.2.2 Bindungen durch organische Makromoleküle..... 6

2.1.3 Formschlüssige Bindungen durch mechanische Verhakung 7

2.1.4 Einflussfaktoren auf die Haftkraft 7

2.1.4.1 Abstandsabhängigkeit..... 7

2.1.4.2 Oberflächenrauigkeit 8

2.1.4.3 Adsorptionsschichten 9

2.2 Mechanik der kohäsiven Schüttgüter 9

2.2.1 Spannungszustand in Schüttgütern..... 10

2.2.2 Fließverhalten von Schüttgütern..... 11

2.2.3 Zweiaxiale Spannungszustände in der fließenden Partikelpackung..... 13

2.2.4 Kompressionsverhalten kohäsiver Pulver 16

2.2.5 Mikro-Makro-Übergang und physikalisch begründete Auswertemethodik direkter Scherversuche..... 17

2.3 Ansätze zur Verbesserung des Fließverhaltens 22

2.3.1 Externer Energieeintrag..... 23

2.3.2 Veränderung der Oberflächenkräfte 23

2.3.2.1 Energetischer Zustand an der Grenzfläche und Modifizierung der Grenzflächenenergie..... 23

2.3.2.2 Nanopartikel als Fließhilfsmittel 31

3. Charakterisierungs- und Messmethoden 42

3.1 Einzelpartikel-Untersuchung..... 42

3.1.1 Rasterelektronenmikroskop..... 42

3.1.2 Kontaktwinkel und Oberflächenenergie..... 42

3.2 Untersuchung der Partikelkollektive 44

3.2.1 Dynamische Wasserdampfadsorption 44

3.2.2	Thermogravimetrie	45
3.2.3	Partikelgrößenverteilung	46
3.2.3.1	Statische Lichtstreuung - Laserbeugung.....	46
3.2.3.2	Dynamische Lichtstreuung – Photonenkorrelationsspektroskopie.....	47
3.2.4	Zeta-Potential und Strömungspotential	48
3.2.5	Spezifische Oberfläche	50
3.2.6	Scherversuche	51
4.	Partikelsysteme und Chemikalien.....	54
4.1	Glas-Trägerpartikel	54
4.2	Nanopartikelsysteme – Gastpartikelsysteme	55
4.2.1	Silizium(IV)-oxid	56
4.2.1.1	Der Sol-Gel-Prozess	56
4.2.2	Titandioxid	59
4.2.3	Polystyrol.....	61
4.3	Verwendete Chemikalien	63
4.3.1	Polyelektrolyte.....	63
4.3.2	Organische Silane.....	64
5.	Experimenteller Aufbau und Versuchsdurchführung.....	66
5.1	Vorbehandlung der Oberfläche	66
5.2	Silanisierung.....	66
5.3	Modifizierung der Oberflächenmorphologie durch Heterokoagulation	68
5.4	Messung der Pulverfließigenschaften.....	70
6.	Ergebnisse und Diskussion	71
6.1	Charakterisierung der beschichteten Partikel	71
6.1.1	Glaspartikel mit modifizierter Oberflächenchemie	72
6.1.2	Glaspartikel mit modifizierter Oberflächenmorphologie	84
6.1.2.1	Glaspartikel mit metalloxidischen Gastpartikeln	84
6.1.2.2	Glaspartikel mit polymeren Gastpartikeln.....	92
6.2	Fließverhalten der oberflächenmodifizierten Partikel	95
6.2.1	Fließkennwerte der Glaspartikel mit modifizierter Oberflächenchemie	95
6.2.2	Fließkennwerte der Glaspartikel mit modifizierter Oberflächenmorphologie	102
6.2.2.1	Beschichtung mit metalloxidischen Nanopartikeln	103
6.2.2.2	Beschichtung mit polymeren Nanopartikeln	110
6.2.3	Vergleich zwischen den Fließkennwerten.....	111
6.3	Modellgestützte Rückrechnung der mikromechanischen Eigenschaften	114
6.3.1	Charakteristische Haftkraft.....	114

6.3.2 Elastisch-plastischer Kontaktverfestigungskoeffizient.....	115
6.3.3 Lineare Haftkraftfunktion.....	118
7. Zusammenfassung	122
8. Literaturverzeichnis	127
9. Anhang	133
9.1 Spezifische Oberfläche der silanisierten Partikel	133
9.2 Zeta-Potential als Funktion des pH-Wertes.....	133
9.2 Partikelgrößenverteilungen der Core-Shell-Partikel	134
9.3 REM-Aufnahme von Glas-PS-Core-Shell-Partikeln.....	135
9.4 Kompressionsfunktion der silanisierten Glaspartikel	135